



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

«Καταγραφή βιομηχανικών μονάδων στην βιομηχανική ζώνη Οινοφύτων και μελέτη μεθόδων εξυγίανσης ρυπασμένων υπογείων υδάτων.»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Της

Αναγνωστοπούλου Γεωργίας

Επιβλέπων Καθηγητής: Καρατζάς Γεώργιος, Καθηγητής Σχολής Μη.Περ

Ευχαριστίες

Το παρόν κείμενο αποτελεί τη διπλωματική εργασία της τελειόφοιτης φοιτήτριας της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος Αναγνωστοπούλου Γεωργίας, το οποίο κατατέθηκε στην ακόλουθη Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή:

- Καρατζά Γεώργιο, Καθηγητή Σχολής Μη.Περ (Επιβλέπων)
- Δόκου Ζωή , Μηχανικό Περιβάλλοντος PhD
- Νικολαΐδη Νικόλαο, Καθηγητή Σχολής Μη.Περ

Με την εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια να αναδειχθεί η διάσταση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων της περιοχής του Ασωπού ποταμού.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της διπλωματικής, κ. Καρατζά Γεώργιο, Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης για την ανάθεση αυτού του ενδιαφέροντος και πολύ σημαντικού θέματος και για την πολύτιμη καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας. Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παλόγο Ιωάννη για την τεράστια βοήθειά του και συνεισφορά του στην εκπόνηση του παρόντος τεύχους αλλά και γενικότερα σε ολόκληρη την φοιτητική μου πορεία.



Αφιερωμένη στις αδερφές μου
Κωνσταντίνα και Νατάσα

Περίληψη

Οι ποταμοί είναι οι φυσικοί αγωγοί του ρέοντος νερού πάνω στην επιφάνεια της Γης. Το νερό είναι ο κυριότερος παράγοντας διαμόρφωσης του επιφανειακού ανάγλυφου και ο βασικός μεταφορέας των υλικών της ξηράς προς τους ωκεανούς. Τα νερά των ποταμών ο άνθρωπος τα αξιοποιεί προς όφελός του με διάφορους τρόπους από πολύ παλιά. Κάποιοι από αυτούς είναι η ύδρευση των κατοικημένων περιοχών, η άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια με τη βοήθεια των υδροηλεκτρικών φραγμάτων.

Αντικείμενο και στόχο της παρούσης διπλωματικής εργασίας αποτελεί η καταγραφή των βιομηχανιών στην ευρύτερη περιοχή των Οиноφύτων και η πρόταση επίλυσης του προβλήματος της σοβαρής ρύπανσης του ποταμού Ασωπού από υγρά τοξικά απόβλητα.

Το πρόβλημα που αναδείχτηκε από μετρήσεις στην περιοχή Ασωπού- Οινόφυτων αφορά στην ρύπανση του υπεδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα από την επικίνδυνη ουσία του εξασθενούς χρωμίου [Cr(VI)]. Όπως προέκυψε από αυτοψίες, βρέθηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις [Cr(VI)] στους απορροφητικούς βόθρους ορισμένων βιομηχανιών, οι οποίες χρησιμοποιούσαν Χρώμιο ή ενώσεις Χρωμίου στην παραγωγική τους διαδικασία και προέβαιναν σε υπεδάφια διάθεση των αποβλήτων τους. Στην σύνταξη της παρούσας Μελέτης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από υφιστάμενες μελέτες και δημοσιεύσεις, οι οποίες συνοψίζονται στο τέλος του κειμένου.

Summary

The rivers are the natural conductors of the flowing water on the surface of the Earth. Water is the main factor shaping the surface and the main carrier of materials transferring them from land to the oceans.

The waters of the rivers are exploited by humans as to their benefit in various ways from old times. Some of them are to use the water as to supply populated areas, or to irrigate cultivated land, the production of electricity from hydroelectric factories with the use of hydroelectric barriers.

The purpose and objective of this thesis is for the industries in the region of Oinofyta to be recorded and suggestions to be made as to solve the problem of serious pollution of Asopos river by liquid toxic waste.

The problem that emerged from measurements in Asopos - Inofita area, concerns the pollution of ground and groundwater from the hazardous substance of hexavalent chromium [Cr (VI)].

As it has resulted from the autopsies, very high concentrations of [Cr (VI)] were found in absorbent cesspools of certain industries which were using Chrome or Chromium compounds in the production process and disposed their waste through subsurface.

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο -ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	7
1.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ	68
1.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΧΡΩΜΙΟ	73
2.1 Η ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ.....	74
2.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ Cr(VI).....	74
2.3 Η ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	84
3.1 Βιομηχανική ρύπανση	85
3.2 Ρύποι και ρυπαντικά φορτία	86
3.3 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ.....	120
5.1 Κατηγορία πλαστικά	120
5.2 Κατηγορία: Χημικά Προϊόντα	121
5.3 Κατηγορία: Βιομηχανίες Παραγωγής και επεξεργασίας Αλουμινίου	122
5.4 Κατηγορία:Τρόφιμα.....	123
5.5 Κατηγορία:Καλλυντικά.....	125
5.6 Κατηγορία: Φαρμακευτικά Είδη και Προϊόντα	125
5.7 Κατηγορία: Μέταλλα	126
5.8 Κατηγορία: Ηλεκτρικά Είδη και Υλικά.....	126
5.9 Κατηγορία: Χρώματα και Βερνίκια	127
5.10 Κατηγορία: Οικοδομικά, Στεγανωτικά υλικά και υλικά συσκευασίας	127
5.11 Κατηγορία: Έπιπλα-Κουφώματα	128
5.12 Κατηγορία:Γαλβανιστήρια	128

5.13 Κατηγορία: Γερανοί.....	129
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ	130
6.1 Μέθοδος Pump and Treat (Άντληση και Θεραπεία)	130
6.2 Διαπερατοί ενεργοί φραγμοί.....	173
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	180
CONCLUSIONS.....	182
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	184

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο -ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Εισαγωγή

Ο Βοιωτικός Ασωπός πηγάζει από το οροπέδιο των Λεύκτρων, στις βόρειες κλιτύες του Κιθαιρώνα. Η λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού έχει έκταση 690Km² και περίμετρο 170Km (Παπαϊωάννου κ.α, 1999). Νότια οριοθετείται από την ορεινή σειρά Πάρνηθας – Πάστρας – Κιθαιρώνα γενικής διεύθυνσης Α-Δ. Δυτικά από την λεκάνη της Άσκρης διεύθυνσης Β-N, βόρεια από το Αόνιον πεδίο στην περιοχή της Θήβας και ανατολικά από την λεκάνη της Μαροσουβάλας διεύθυνσης Β-N. έχει μήκος 75 Km και αποχετεύει τα νερά του νότιου τμήματος της πεδιάδας των Θηβών, συνεχίζει με διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά, εισέρχεται στην βόρεια Αττική και τελικά εκβάλλει στον Ευβοϊκό Κόλπο, κοντά στον Ωρωπό.

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται όλα εκείνα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα προκειμένου να αναλυθεί η κατάσταση του περιβάλλοντος (ιδιαίτερα του υδατικού) της περιοχής μελέτης.

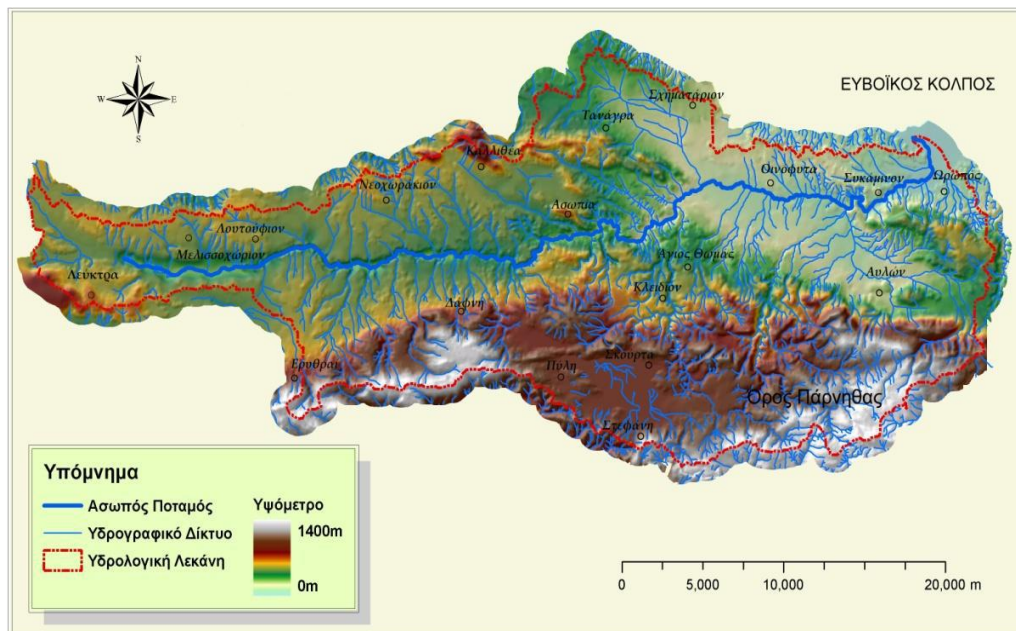
1.1.1 Φυσικό περιβάλλον

Μορφολογία

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονο κατακόρυφο διαμελισμό. Γενικά, οι μορφολογικές μονάδες της περιοχής παρουσιάζουν χαρακτηριστική παράλληλη επέκταση και η δημιουργία τους οφείλεται σε τεκτονικά γεγονότα γι' αυτό και τα όριά τους είναι πολύ διακριτά.

Το νότιο τμήμα συγκρατεί την βορειοανατολική Πάρνηθα. Ψηλές κορυφές με απότομες κλιτύες διαδέχονται βαθιές κοιλάδες και μεμονωμένα υψίπεδα. Η μορφολογία ανέρχεται ταχέως προς τα νότια και σε απόσταση 8 Km από το χωριό Αυλώνα ως την υψηλότερη κορυφή της πάρνηθας, την Όζα (1413 m), φθάνει στα 1250m. στον κύριο

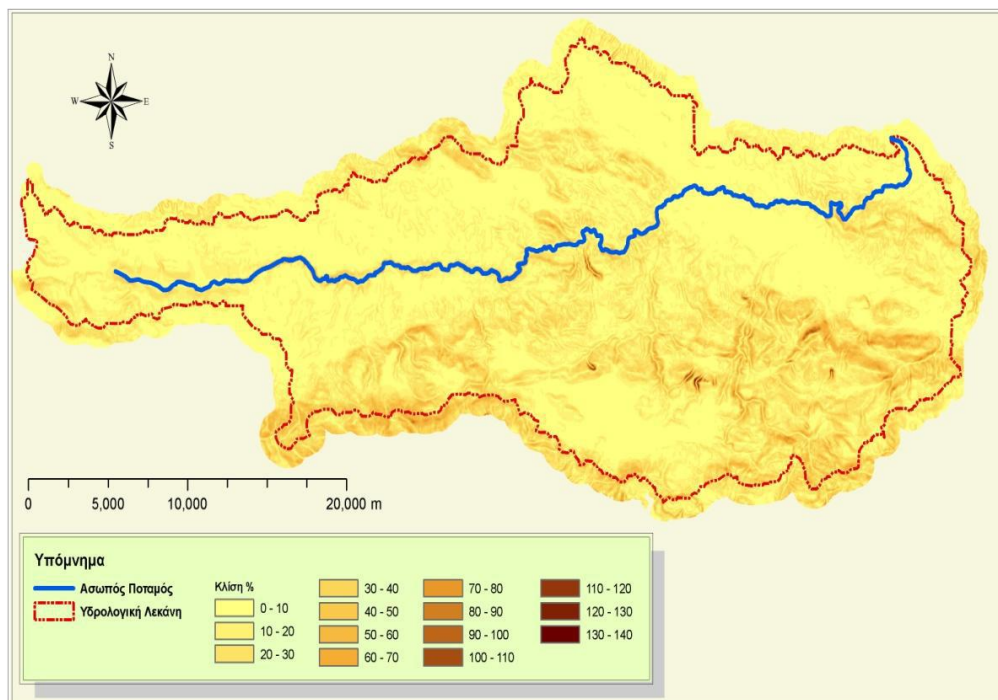
άξονα της οροσειράς της Πάρνηθας, που διευθύνεται από δυτικά προς ανατολικά, βρίσκονται οι ψηλότερες κορυφές, όπως το Παλιόκαστρο, το Μεγάλο Βουνό(886 m), ο Μονγκουλτός (959 m), το Ξεροβούνι (1125m) και το Κατσιμίδι (Χατούπης κ.α 2004). Ένα δεύτερο συγκρότημα κορυφών μικρότερων υψομέτρων, παράλληλο προς το πρώτο, σχηματίζεται 5-8 Km βορειότερα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα για το σύστημα αυτό είναι ο κάθετος διαμελισμός του από βαθιές χαράδρες. Μεταξύ των ραχιαίων σχηματισμών διαμορφώνονται ομαλά τμήματα. Μεγάλο ενδιαφέρον από γεωμορφολογική και γεωλογική άποψη παρουσιάζει η κοινότητα των Σκούρτων, που ξεχωρίζει στην δυτική περιοχή για την ομαλή της επιφάνεια. Ο μεγαλύτερος άξονας ανέρχεται στα 7 Km και διατηρεί γενικά την διεύθυνση της οροσειράς της Πάρνηθας. Προς τα ανατολικά, η πόλη των Σκούρτων παρουσιάζει χαρακτηριστικά υψίπεδου, ενώ η αποστράγγιση των υδάτων γίνεται δια της ομωνύμου καταβόθρας. Ως όριο του υψιπέδου μπορεί να θεωρηθεί η κοιλάδα του Μαυρορέματος (Δούνας κ.α, 1978).



Σχήμα 1 : Γεωμορφολογικός χάρτης της λεκάνης του Ασωπού
(Πηγή: Μασούρα Γ. κατά Δούνα κ.ά, 1978)

Το ορεινό τμήμα της Πάρνηθας διαδέχεται η λεκάνη Οινοφύτων – Μαλακάσας που τα όριά της διαγράφονται πολύ έντονα κατά μήκος του μεγάλου μορφολογικού τόξου Αγίου Θωμά – Αυλώνας – Μαλακάσας.

Γενικά η λεκάνη παρουσιάζει ομαλή μορφολογία. Μεμονωμένοι λόφοι παρατηρούνται στην περιοχή των Οινοφύτων και μεταξύ Αυλώνας και Μαλακάσας, των οποίων το απόλυτο ύψος κυμαίνεται από 130 έως 345 m. Το χαμηλότερο σημείο της λεκάνης βρίσκεται στην θέση Παλαιοκαντούντι, στην Κοιλάδα του Ασωπού και έχει υψόμετρο περίπου 70 m. Η λεκάνη επεκτείνεται από δυτικά προς ανατολικά, μειώνοντας σταθερά το πλάτος της, ιδιαίτερα στην περιοχή της Μαλακάσας, όπου ήδη παρατηρούνται τα μεγαλύτερα υψόμετρα. Η λεκάνη πληρώνεται από νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις.



Σχήμα 2 : Κλίσεις του ανάγλυφου της λεκάνης του Ασωπού
(πηγή : Μασούρα Γ. 2008, κατά Δούνα κ.Α 1978)

Η σημερινή γεωμορφολογική εικόνα της λεκάνης οφείλεται κυρίως στις αποθέσεις των χειμάρρων και την διαβρωτική ενέργειά τους, κυρίως του Ασωπού ποταμού. Η βάση της διάβρωσης του Ασωπού βρίσκεται περίπου 5 m κάτω από την επιφάνεια, ενώ σε μερικά σημεία αποκαλύπτεται το τριαδικό υπόβαθρο.

Στην έξοδο της κοιλάδας, στο ύψος του χωριού Αυλώνα, παρατηρείται κώνος χειμάρρου, μεγάλης εκτάσεως, αποτελούμενος από κροκαλοπαγή και κροκάλες.

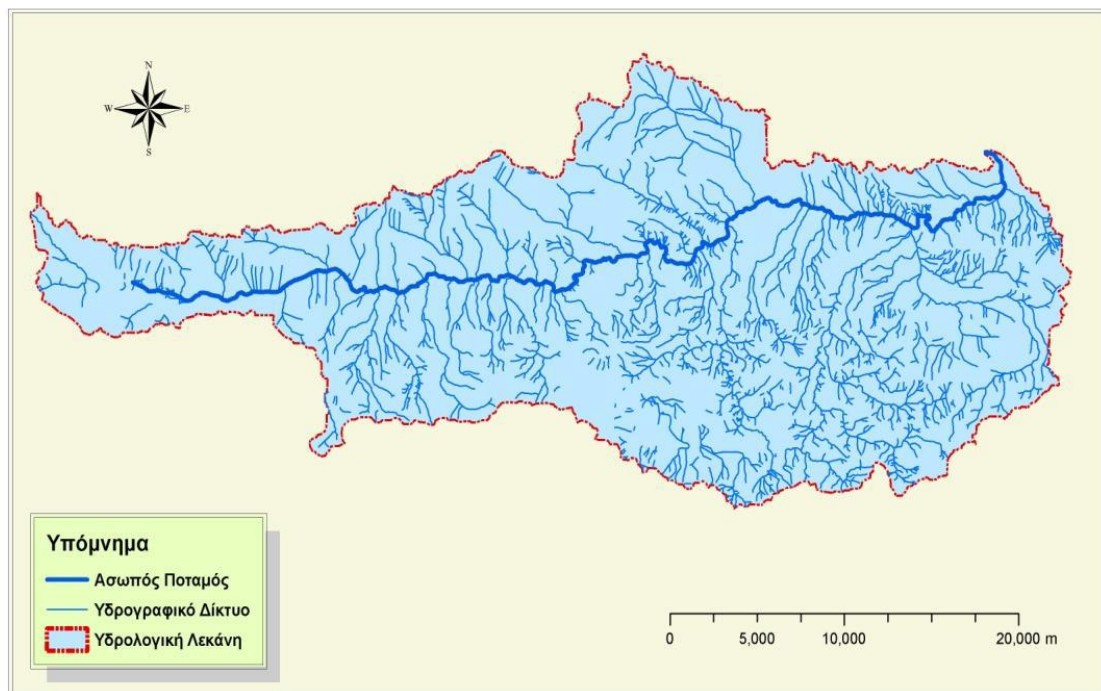
Βορειοανατολικά από την λεκάνη Οινόφυτα – Μαλακάσα εκτείνεται η ομαλή οροσειρά ωρωπός – Κάλαμος που καταλήγε στον Ευβοϊκό Κόλπο, όπου επικρατούν χαμηλά υψόμετρα, με το μεγαλύτερο να φτάνει περίπου 500 m. Στο ύψος της Μαλακάσας συνδέεται με την ορεινή περιοχή της Πάρνηθας.

Το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο είναι ασήμαντο, διότι η περιοχή καλύπτεται σχεδόν στο σύνολό της από ανθρακικά πετρώματα, που συνήθως παρουσιάζουν υψηλό βαθμό αποκάρσωσης (Παπαϊωάννου κ.α, 1999). Μόνο σε περιοχές που αναπτύσσονται στεγανοί νεοπαλαιοζωϊκοί σχιστόλιθοι και νεώτερες αργιλικές αποθέσεις, παρατηρούνται μικροί χειμάρροι που διατηρούν την ροή του νερού για μικρό διάστημα όπως είναι ο Λατινικός και ο Γκούρας, που διασχίζουν τους νεοπαλαιοζωϊκούς σχιστόλιθους βόρεια από το Πλατύ Βουνό. Τα νερά των χειμάρρων μόλις φθάνουν στην περιοχή, που η κοίτη τους διέρχεται από ασβεστόλιθους, εξαφανίζονται κατεισδύοντας εντός αυτών. Εποχική ροή παρουσιάζεται στο ρέμα Λιβέα βορειοδυτικά από την Μαλακάσα, το οποίο διάνοιξε την κοίτη του μέσα στις τεταρτογενείς αργίλους αποστραγγίζοντας την περιοχή. Ακόμα και ο Ασωπός ποταμός, παρά την μεγάλη επιφάνεια απορροής του, μόνο για ελάχιστο χρόνο διατηρούσε νερό στην κοίτη του, λόγω των αυξημένων κατεισδύσεων προς τους υδροφόρους ορίζοντες της λεκάνης. Όμως, σήμερα, λόγω του υψηλού ρυπαντικού φορτίου που δέχεται ο ποταμός, υπάρχει σ' αυτόν νερό ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι, από χείμαρρος έχει μετατραπεί σε ποταμοχείμαρρο (υδατόρευμα).

Σύμφωνα με την ταξινόμηση του υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler ο κύριος κλάδος είναι 6^{ης} τάξης, αναπτύσσονται 3 κλάδοι 5^{ης} τάξης, 10 κλάδοι 4^{ης} τάξης, ενώ αναπτύσσεται ένας μεγάλος αριθμός κλάδων 1^{ης} (Πιν. 1).

Πίνακας 1 : Ταξινόμηση του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης
Του Ασωπού κατά Stahler. (Χατούπης, 2003)

Τάξη κλάδων	Αριθμός κλάδων
1η	1.036
2η	241
3η	49
4η	10
5η	3
6η	1



Σχήμα 3 : Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης του Ασωπού
(Πηγή : Μασούρα Γ. 2008, κατά Δούνα κ.ά, 1978)

Γεωλογικές – Υδρολιθολογικές συνθήκες

Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος εντάσσεται γεωτεκτονικά στην Πελαγονική ενότητα (Παπανικολάου, 1986, κ.α). αναλυτικότερα, δομείται από ποικίλες λιθολογικές ενότητες που περιλαμβάνουν ιζήματα του Τεταρτογενούς και του Νεογενούς (Αν.Μειόκαινο), ενώ το αλπικό υπόβαθρο εντάσσεται στην ενότητα της Πελαγονικής. Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής έχουν μελετηθεί συστηματικά από διάφορους ερευνητές (Δούνας κ.α, 1978, 1980, Παπανικολάου κ.α.,1988, Μέττος, 1992, Χατούπης, 2003, 2004).

Τεταρτογενές:

- Ολόκαινο: διακρίνεται σε επιμέρους σχηματισμούς όπως αλλουβιακές αποθέσεις, σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί άμμων, θίνων και ιλύς τεναγών, πρόσφατα ασύνδετα αργιλοαμμώδη και αργιλομιγή υλικά με κροκάλες και λατύπες ποικίλης σύστασης και μεγέθους καθώς και παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα.

Γενικά, οι σχηματισμοί αυτοί είναι υδροπερατοί με εξαίρεση τις λεπτομερείς αργιλικές ενστρώσεις. Συνήθως, αναπτύσσουν ελεύθερους υδροφόρους ορίζοντες αλλά σε μερικές περιπτώσεις λόγω της παρεμβολής αργιλικών ενστρώσεων αναπτύσσονται τοπικά υδροφορείς υπό πίεση.

- Πλειστόκαινο (Pt): περιλαμβάνει καστανόχρωμα ιζήματα που επίκεινται σε ασυμφωνία πάνω στις υποκείμενες Άνω – Μειοκαινικές αποθέσεις. Στην περιοχή Σχηματαρίου – Οινοφύτων αποτελούνται από μη συνεκτικά κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με αποθέσεις καστανόχρωμων άμμων και πηλών. Στην περιοχή της Ριτσώνας αποτελούνται από πάγκους κροκαλολατυποπαγών με αργιλοψαμμίτικο συνδετικό υλικό. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού είναι 120-150 m.

Οι σχηματισμοί αυτοί είναι υδροπερατοί ως ημιπερατοί, ανάλογα με την λιθολογική τους σύσταση και το ποσοστό ανάμιξης των λεπτομερέστερων φάσεων. Παρουσιάζουν ασθενείς υδροφορίες.

Νεογενές : Οι σχηματισμοί ανήκουν σχεδόν εξ ολοκλήρου στο Αν. Μειόκαινο. Διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με την τοποθεσία και την λιθολογική τους σύσταση στις ακόλουθες ενότητες :

- Ποταμοχερσαίες αποθέσεις περιοχής Δήλεσι – Αυλίδας : Καταλαμβάνουν ολόκληρη την περιοχή από την Αυλίδα έως την περιοχή Ωρωπού – Μαρκόπουλου. Αποτελούν την πλευρική και την προς τα πάνω μετάβαση των υποκείμενων μαργών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Συνίσταται από κροκαλοπαγή, μικρής και μεγάλης συνεκτικότητας που εναλλάσσονται με ψαμμίτες και καστανέρυθρους πηλούς και αργίλους. Οι κροκάλες είναι ανθρακικής, ψαμμιτικής ή πηλητικής σύστασης, έχουν ποικίλο μέγεθος με αργιλικό, ψαμμιτικό ή κροκαλοψαμμιτικό συνδετικό υλικό και προέρχονται από το προ-Νεογενές υπόβαθρο της Πάρνηθας καθώς και από μεταμορφωμένα πετρώματα και βαθύτερα μέλη των Νεογενών. Το πάχος του σχηματισμού ανέρχεται περίπου στα 300 m.
- Μάργες, άργιλοι, πηλοί, κροκάλες και άμμοι περιοχής Σχηματαρίου – Οινοφύτων : τα βαθύτερα μέλη του σχηματισμού αυτού αποτελούνται από πλακώδεις μάργες, αμμούχους πηλούς και λεπτά στρώματα αργίλων. Εντός των αποθέσεων αυτών αναπτύχθηκαν κοιτάσματα λιγνιτών. Η λιθολογική σύσταση των στρωμάτων αυτών ποικίλει από περιοχή σε περιοχή. Βόρεια του Σχηματαρίου, μεταβαίνουν προς τα πάνω υπόλευκες, τεφρές μάργες που εναλλάσσονται με πηλούχες μάργες, αμμούχους πηλούς, πλακώδεις μαργαϊκούς πηλίτες και φυλλώδεις μάργες. Δυτικότερα του Σχηματαρίου μεταβαίνουν σε αποθέσεις που συνίστανται από εναλλαγές χαλαρών κροκάλων με άμμους εντός των οποίων παρεμβάλλονται πηλούχες – αργιλούχες ενστρώσεις. Στην περιοχή των Οινοφύτων, νοτιοανατολικά της περιοχής όπου αποκαλύπτεται το ανθρακικό υπόβαθρο απαντούν τα βαθύτερα μέλη των σχηματισμών που αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλοπαγών, συνεκτικών αργίλων και πηλών. Το πάχος του σχηματισμού στο σύνολό του είναι της τάξης των 500-600 m.
- Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι : Εμφανίζονται συνήθως σε μορφή φακοειδών ενστρώσεων ή και εκτεταμένων οριζόντων πάχους από λίγα έως και περισσότερα από 100 m.

- Μάργες περιοχής Συκαμίνου : Στους βαθύτερους ορίζοντες συνίσταται από λεπτοπλακώδεις, σκληρές κατακερματισμένες μάργες οι οποίες προς τα πάνω μεταβαίνουν σε μαργαϊκά υλικά. Τα ανώτερα μέλη του αποτελούνται από τραβερτίνες που εναλλάσσονται με μαργαϊκούς ασβεστόλιθους.
- Μάργες, άργιλοι, ψαμμίτες, άμμοι και κροκάλες περιοχής Θηβών – Τανάγρας – Ασωπίας : Πρόκειται για λιμναίας φάσης σχηματισμό που παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη με έντονες λιθοφασικές μεταβολές. Στην περιοχή της Τανάγρας απαντούν δελταϊκά κροκαλοπαγή τα οποία στα βαθύτερα τμήματά τους αποτελούνται από μάργες και πηλούς. Στην περιοχή της Ασωπίας υπάρχουν άργιλοι, πηλοί και αμμούχες μάργες με φακοειδείς ενστρώσεις λεπτόκοκκων ψαμμιτών. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 200-250 m.

Όλοι οι παραπάνω σχηματισμοί του Νεογενούς χαρακτηρίζονται ως ημιπερατοί ενώ σε μερικές θέσεις, ανάλογα με την λιθολογική τους σύσταση, χαρακτηρίζονται ως πρακτικά αδιαπέρατοι. Αξιόλογη υδροπερατότητα παρουσιάζουν οι μαργαϊκοί – τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι που απαντούν σε διάσπαρτες θέσεις από την περιοχή του Καλάμου έως το Μήλεσι και το Ασπροχώρι, οι αδρομερείς ενστρώσεις των Νεογενών και ιδιαίτερα αυτές που αναπτύσσονται σε βαθύτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες. Οι εκμεταλλεύσιμες υδροφορίες αναπτύσσονται σε βάθη συνήθως μεγαλύτερα των 100-150 m στις περιοχές Σχηματαρίου – Οινοφύτων.

Ενότητα της Πελαγονικής: Η ενότητα αυτή απαντάται στην ευρύτερη περιοχή σε όλη σχεδόν την στρωματογραφική στήλη και διακρίνεται στους ακόλουθους σχηματισμούς.

- Φλύσχης : Συνίσταται από αναλλασσόμενα στρώματα αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμίτες με ενστρώσεις ψαμμούχων και λεπτοστρωματοειδών ασβεστόλιθων καθώς και τεφρών ασβεστολίθων στα κατώτερα μέλη.
Χαρακτηρίζεται γενικά ως πρακτικά αδιαπέρατος σχηματισμός και δεν απαντά στην στενή περιοχή ενδιαφέροντος.
- Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού : Διακρίνονται σε δύο τμήματα, το ανώτερο και το κατώτερο. Το ανώτερο αποτελείται από λεπτο- έως μεσο στρωματώδεις και

μερικές φορές φυλλώδεις ασβεστόλιθους πάχους από ελάχιστα έως και 100 m. Συχνά εναλλάσσονται με κλαστικούς ψαμμούχους και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους με συχνές ενσutrώσεις πυριτολίθων. Απαντώνται σε ασυμφωνία πάνω στους ασβεστόλιθους του κατώτερου στρώματος. Το κατώτερο τμήμα αποτελείται κυρίως από νηριτικούς μεσοστρωματώδεις και κατά θέσεις παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους.

Οι ασβεστόλιθοι του κατώτερου τμήματος παρουσιάζουν αποκάρσωση από αυτούς του ανώτερου και κατά συνέπεια υψηλότερη υδροπερατότητα. Στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται ως υδροπερατοί σχηματισμοί με αξιόλογη συμμετοχή στους μηχανισμούς λειτουργίας και την κίνηση του υπόγειου νερού στο καρστικό σύστημα της Πάρνηθας.

- Σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα : Αναπτύσσονται σε φακοειδή μορφή, κατά θέσεις και κατά μήκος της επαφής των Άνω-Κρητιδικών ασβεστολίθων με τους υποκείμενους Τριαδικούς- Ιουραστικούς ασβεστόλιθους. Η περιεκτικότητά του σε νικέλιο είναι γενικά χαμηλή. Τα κοιτάσματα αυτά αναφέρονται και ως «πισολιθικός χρωμονικελιούχος λειμωνίτης» και είναι ανάλογα με αυτά της περιοχής Λάρυμνας – Λοκρίδας. Οι μάζες υπερβασικών πετρωμάτων (Ο) και οι ηφαιστιοϊζηματο γενείς σχηματισμοί αποτελούν το «Ηωελληνικό Τεκτονικό Κάλυμμα» και βρίσκονται πάνω στην προ- Κρητιδική πλατφόρμα της Πελαγονικής. Τα υπερβασικά αυτά πετρώματα αποτελούνται από σερπεντινιωμένους περιδοτίτες, οι οποίοι σε πολλές θέσεις εγκλείουν κοιτάσματα λευκόλιθου. Στην σύσταση του σχηματισμού συμμετέχει λίγος χρωμίτης, οξειδωμένος σε μαγνητίτη, κόκκοι μαγνητίτη και λίγα οξειδία σιδήρου. Διασχίζεται από άφθονα φλεβίδια ασβεστίτη και μερικά χρυσοτίλη.

Τόσο οι υπερβασικοί σχηματισμοί όσο και τα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα δεν εμφανίζουν ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον και χαρακτηρίζονται ως ημιπερατοί έως πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί, ανάλογα με το δευτερογενές πορώδεις. Από την άλλη μεριά, οι σχηματισμοί παρουσιάζουν υδρο-γεωχημικό ενδιαφέρον που εστιάζεται στα γύρω κοιτάσματα και ορυκτά χρωμίου τα οποία

θα μπορούσαν ενδεχομένως να συμβάλλουν στον υδροχημικό χαρακτήρα των υπογείων νερών της ευρύτερης περιοχής.

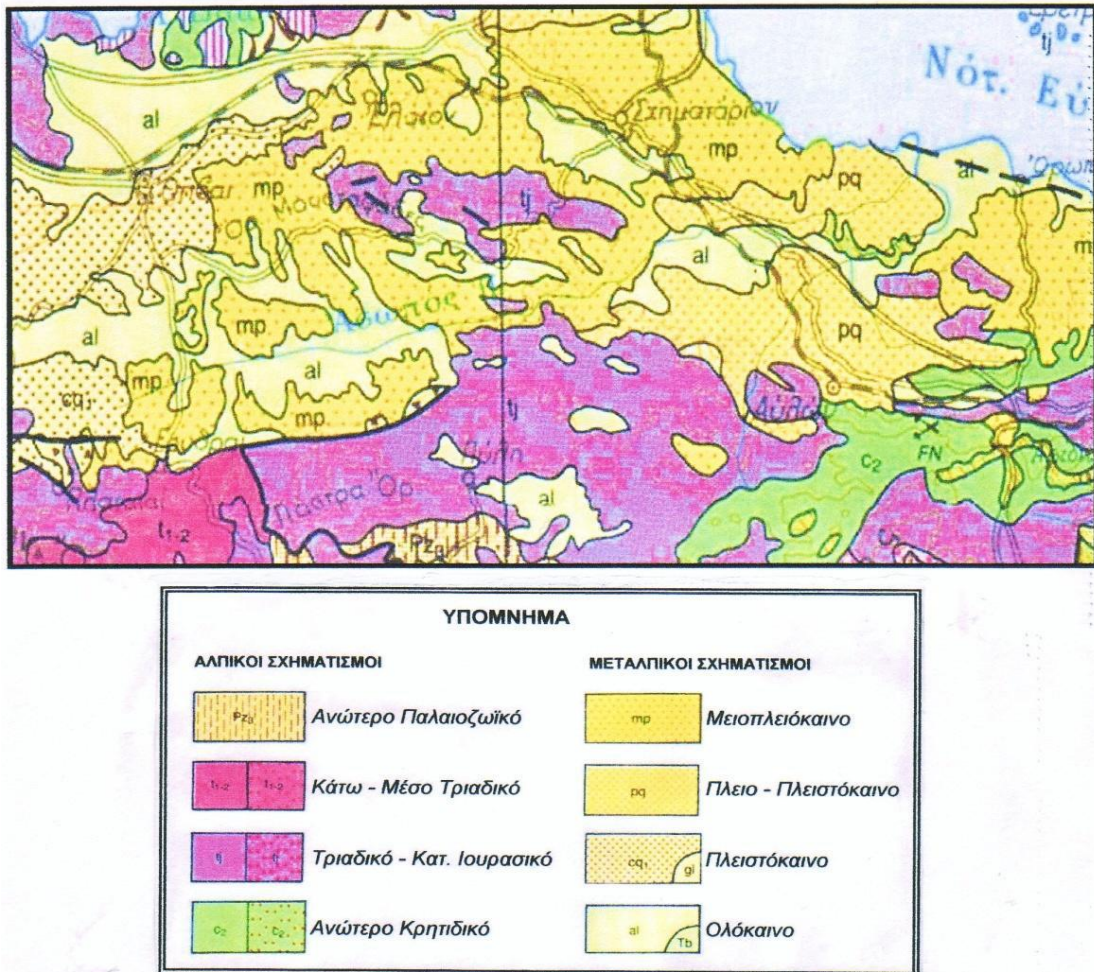
- Τριαδικοί- Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι : Είναι ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες, μέσο- έως παχυστρωματώδεις, κατά θέσεις άστρωτοι και έντονα τεκτονισμένοι. Νότια της Τανάγρας και της Ασωπίας απαντούν ως μελανότεφροι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι με κονδύλους κερατολίθων. Το συνολικό τους πάχος φτάνει έως 1000 m.

Ο σχηματισμός αυτός παρουσιάζει υψηλή σχετικά καθαρότητα με CaCO_3 , έως 99% και 100%, έντονο τεκτονισμό και υψηλό βαθμό καρστικοποίησης. Κατά συνέπεια χαρακτηρίζεται ως υδροπερατός έως πολύ υδροπερατός σχηματισμός εντός του οποίου αναπτύσσονται αξιόλογοι καρστικοί υδροφόροι σχηματισμοί.

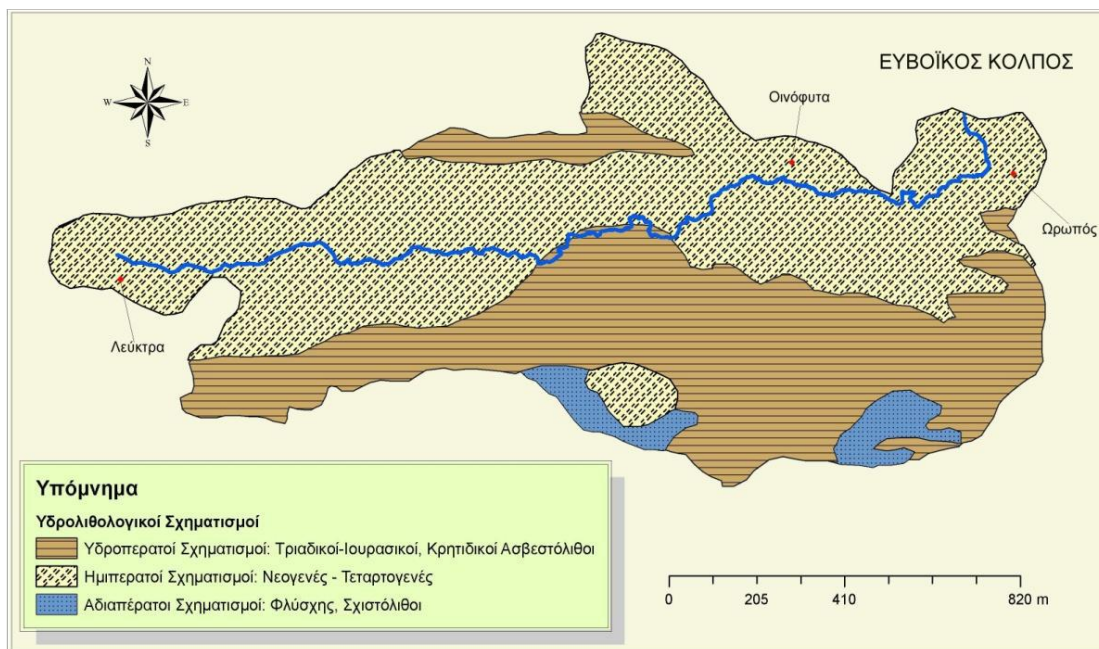
- Σχιστοκερατόλιθοι : Πρόκειται για ένα σχηματισμό που περιλαμβάνει ψαμμίτες, μικροκροκαλοπαγή και αργιλικούς σχιστόλιθους. Είναι ελαφρά μεταμορφωμένη σειρά που περιλαμβάνει επίσης φακοειδείς ενστρώσεις ασβεστόλιθων και ηφαιστειακών σχηματισμών , σπιλίτες βασάλτες καθώς και διάφορους τοφφίτες. Η σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση αποτελεί το πρακτικά αδιαπέρατο υπόβαθρο των προηγούμενων σχηματισμών, το οποίο αναδύεται στις βόρειες παρυφές της περιοχής ενδιαφέροντος και εμφανίζεται στο βόρειο τμήμα του όρους Κτυπός έως την περιοχή της Ριτσώνας και της Χαλκίδας. Τοπικής σημασίας υδροφορίες αναπτύσσονται εντός των ανθρακικών τους ενστρώσεων οι οποίες ενισχύονται κατά μήκος ρηξιγενών ζωνών και διαρρήξεων.
- Παλαιοζωικό υπόβαθρο : Περιλαμβάνει σχηματισμούς ηλικίας Αν. Λιθανθρακοφόρου έως Μέσου Τριαδικού. Συνίσταται από αρκόζες, γραουβάκες, αργιλικούς σχιστόλιθους και ψαμμίτες σε εναλλαγές με φυλλίτες και χαλαζιακά κροκαλοπαγή. Κατά θέσεις περιλαμβάνει ανθρακικές ενστρώσεις.

Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί το πρακτικά αδιαπέρατο υπόβαθρο των Τριαδικο – Ιουρασικών ασβεστόλιθων της Πελαγονικής και αναδύεται σε αντικλινική μορφή κατά μήκος της οροσειράς της Πάρνηθας αποτελώντας έτσι και το νότιο υδραυλικό όριο της υδρογεωλογικής λεκάνης του Ασωπού ποταμού. Υδρογεωλογικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η εμφάνιση ανθρακικών σχηματισμών,

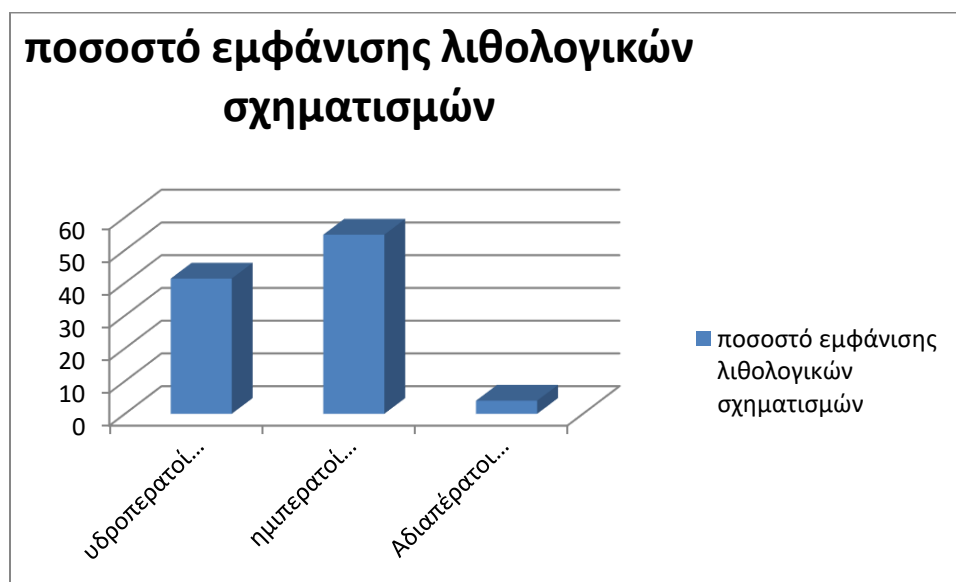
είτε σε μορφή φακοειδών ενστρώσεων είτε αυτόνομων εμφανίσεων, η οποία σε συνδυασμό με την ρηξιγενή τεκτονική είναι δυνατόν να συμβάλλει στην δημιουργία υδροφόρων οριζόντων, τοπικής όμως σημασίας.



Σχήμα 4: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης, Κλίμακα 1:500,000 (ΙΓΜΕ, 1983)



Σχήμα 5: Χάρτης Υδρολιθολογικών Σχηματισμών, Κλίμακα: 1:200,000
(Πηγή: Μασούρα Γ, 2008, κατά Δούνα κ.ά, 1978)



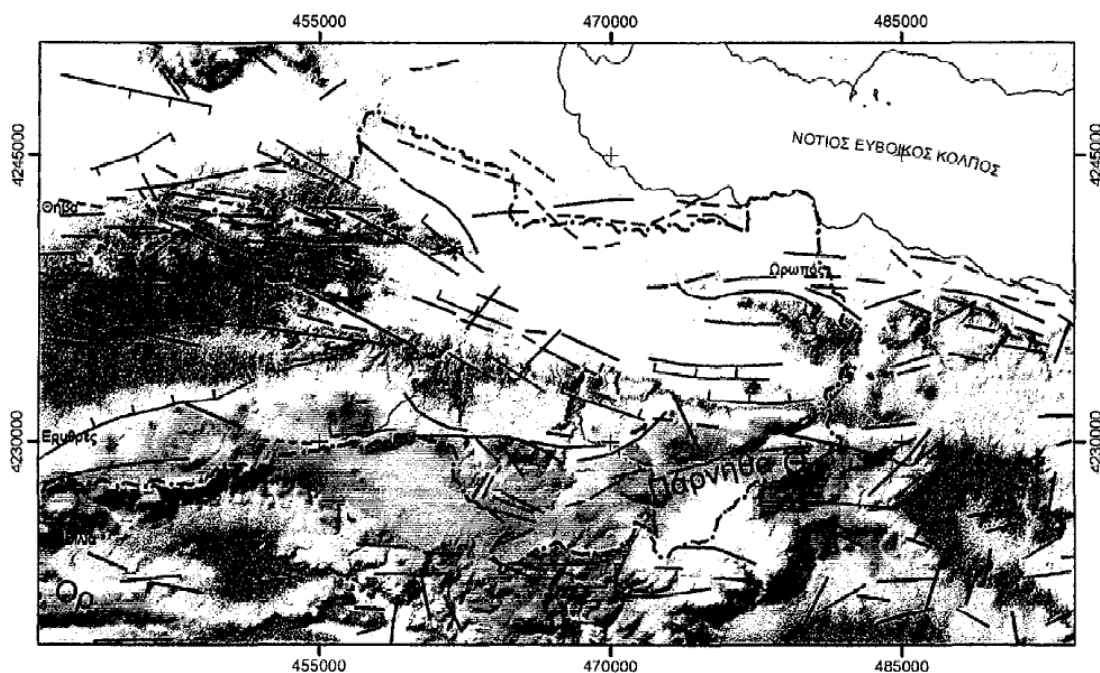
Σχήμα 6: Ποσοστό εμφάνισης των λιθολογικών σχηματισμών στην λεκάνη του Ασωπού
(Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)

Τεκτονική

Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από ρηξιγενή πτυχωσιγενή τεκτονική. Οι παραμορφωτικές φάσεις που οδήγησαν στην πτυχωσιγενή τεκτονική, είναι τουλάχιστον τρεις:

- Μια παλαιότερη με ισοκλινείς πτυχώσεις ΒΑ-ΝΔ
- Μια δεύτερη με μεγάλη ποικιλία πτυχώσεων
- Μια Τρίτη με δομές θραυσιγενούς τύπου που αντιπροσωπεύεται αποκλειστικά από ρήγματα και διακλάσεις.

Οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες διακρίνονται σε τρεις κύριες διευθύνσεις (ΒΑ-ΝΔ, Α-Δ και ΒΔ-ΝΑ). Οι δύο πρώτες αντιστοιχούν στην δεύτερη φάση των πτυχώσεων ενώ η Τρίτη είναι πιθανώς Πλειστοκαινικής ηλικίας και συνεχίζει να είναι ενεργή έως σήμερα. Στο τέλος του Πλειστοκαίνου ακολούθησαν κατακόρυφες κινήσεις γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ έως Δ-Α που οδήγησαν στην διάρρηξη των Διλουβιακών κροκαλοπαγών και των παλαιότερων πετρωμάτων και στην δημιουργία του Ευβοϊκού κόλπου.



Σχήμα 7: Κατανομή ρηγμάτων στην ευρύτερη περιοχή
(Πηγή : Γιαννουλόπουλος 2008, κατά Μέττο, 1992)

Υδροφόροι ορίζοντες

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία (Δούνας κ.α, 1978, Μόρφης, 1995) και από επί τόπου παρατηρήσεις που έχουν γίνει (Ι.Γ.Μ.Ε) προκύπτει ότι οι υδροφόροι ορίζοντες που αναπτύσσονται στην περιοχή είναι οι εξής :

Υδροφόροι ορίζοντες χαλαρών αλλουβιακών αποθέσεων και προσχώσεων: Οι αποθέσεις αυτές αναπτύσσονται σε τρεις διαφορετικές ζώνες οι οποίες συνθέτουν και τους αντίστοιχους υδροφόρους ορίζοντες:

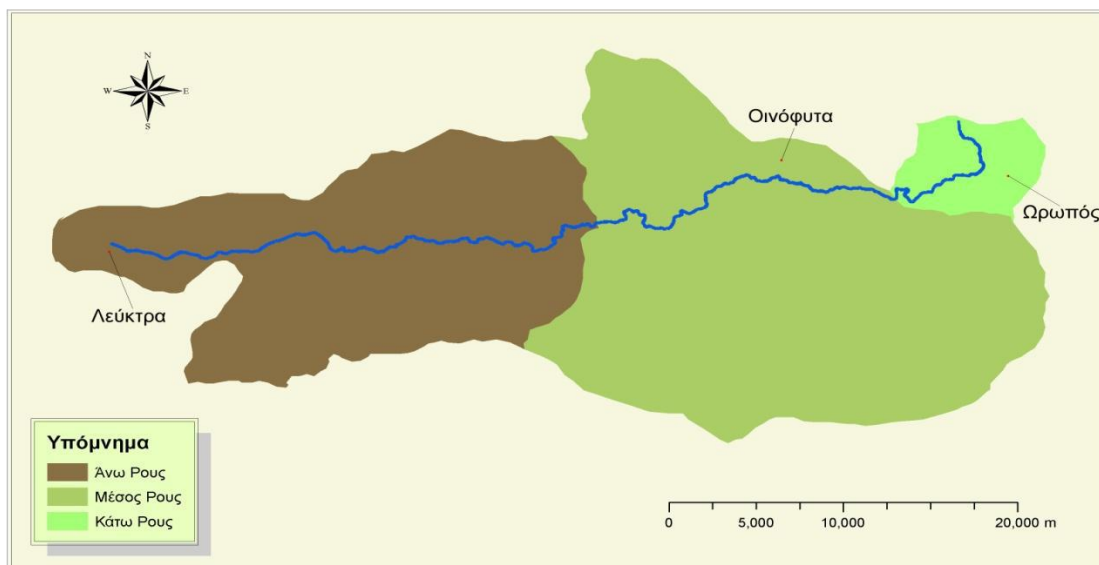
- Εκατέρωθεν και κατά μήκος της κοίτης του Ασωπού ποταμού στην περιοχή των οينوφύτων. Οι αποθέσεις αυτές παρουσιάζουν μικρό σχετικά πάχος αξιόλογη φρεάτια υδροφορία παρουσιάζουν κατάντη (ανατολικά) της εθνικής οδού η οποία υφίσταται περιορισμένη εκμετάλλευση για αρδευτικές κυρίως χρήσεις δια μέσου φρεάτων. Στο τμήμα δυτικά της εθνικής οδού η εκμετάλλευση έχει πλέον μεταβεί σε βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες υποκείμενων στρωμάτων (Νεγενών και καρστικών). Ο προσχωματικός αυτός υδροφορέας βρίσκεται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με τον Ασωπό ποταμό.
- Αλλουβιακό – προσχωματικό πεδίο του Ωρωπού. Εντός των αποθέσεων και των προσχώσεων αυτών αναπτύσσεται ελεύθερος υδροφόρος σχηματισμός ο οποίος υφίσταται εκμετάλλευση για αρδευτικές χρήσεις διαμέσου πληθώρας φρεάτων και γεωτρήσεων. Ο υδροφορέας βρίσκεται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με τον Ασωπό ποταμό.
- Αλλουβιακό – προσχωματικό πεδίο περιοχής Βάθεος – Φάρου Αυλίδας. Στην περιοχή αυτή αναπτύσσονται αλλουβιακές αποθέσεις οι οποίες φιλοξενούν ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα ο οποίος υφίσταται εκμετάλλευση διαμέσου φρεάτων για αρδευτική κυρίως χρήση.

Υδροφόρος ορίζοντας των Πλειο – πλειστοκαινικών ψαμμιτοκροκαλοπαγών: Τα ιζήματα αυτά παρουσιάζουν σημαντική ανάπτυξη στις λοφώδεις περιοχές μεταξύ Αυλίδας –

Ωρωπού – Καλάμου καθώς και στα βόρεια κράσπεδα της Πάρνηθας μεταξύ Οινοφύτων και Αυλώνας. Εντός των αποθέσεων αυτών αναπτύσσονται υδροφόροι ορίζοντες που έχουν υποστεί σημαντική εκμετάλλευση για την κάλυψη υδατικών αναγκών πολλών περιοχών ιδιαίτερα στην ζώνη Αυλίδας – Ωρωπού – Καλάμου. Πρόκειται κυρίως για ελεύθερο υδροφόρο σχηματισμό, ο οποίος υφίσταται εκμετάλλευση με γεωτρήσεις βάθους μεγαλύτερου των 100-150 m υποβιβάζοντας συνεχώς την στάθμη του υπογείου νερού σε επίπεδα ακόμη και κάτω από την στάθμη της θάλασσας (περιοχή Χρυσοπηγής Ωρωπού).

Καρστικό υδροφό σύστημα Τριαδικών – Ιπυρασικών και Κρητιδικών ασβεστολίθων:

Πρόκειται κατά βάση για το καρστικό υδροφόρο σύστημα των μεσοζωικών ασβεστολίθων της ΒΑ Πάρνηθας. Το σύστημα των ασβεστολίθων αυτών στην περιοχή ενδιαφέροντος δεν περιορίζεται μόνο στην ΒΑ Πάρνηθα αλλά αποτελεί σε πολλές θέσεις το υπόβαθρο των Νεογενών σχηματισμών στην ευρύτερη περιοχή. Αναδύεται και παρουσιάζει επιφανειακή ανάπτυξη στην περιοχή των Οινοφύτων, στην περιοχή μεταξύ Τανάγρας και Ασωπίας καθώς και βόρεια στις νότιες παρυφές του όρους Κτυπάς. Ερωτήματα όπως η πιθανή φυσική και υδραυλική συνέχεια μεταξύ των εμφανίσεων αυτών, η υπόγεια διασύνδεσή τους καθώς και η ανάπτυξή τους στο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής καθορίζουν αντίστοιχα και την έκταση του πιθανολογούμενου καρστικού υποβάθρου των Νεογενών της περιοχής και ως εκ τούτου παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον. Ο υδροφορέας αυτός είναι από τους πιο σημαντικούς της περιοχής. Η κύρια περιοχή τροφοδοσίας του είναι οι επιφανειακές του εμφανίσεις στους βόρειες παρυφές της Πάρνηθας καθώς και οι μικρότερες εμφανίσεις του στην ευρύτερη περιοχή. Η ροή των υπογείων υδάτων κατευθύνεται προς την περιοχή της Μαυροσουβάλας, όπου απαντάται και το πεδίο γεωτρήσεων της ΕΥΔΑΠ και η τελική του φόρτιση γίνεται στις υφάλμυρες παρυφές του Καλάμου (Δούνας κ.α, 1978, Μόρφης, 1995). Σε ότι αφορά τα υδατικά αποθέματα, αυτά αποτελούν στρατηγικά υπόγεια αποθέματα αφού σε περιόδους λειψυδρίας χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση της ύδρευσης του λεκανοπεδίου.



Σχήμα 8: Χάρτης Υδρογεωλογικών Ενοτήτων λεκάνης Ασωπού, Κλίμακα : 1:200.000
(Πηγή: Μασούρα Γ., 2008, κατά Δούνα κ.ά, 1978)

Κίνηση του υπόγειου νερού

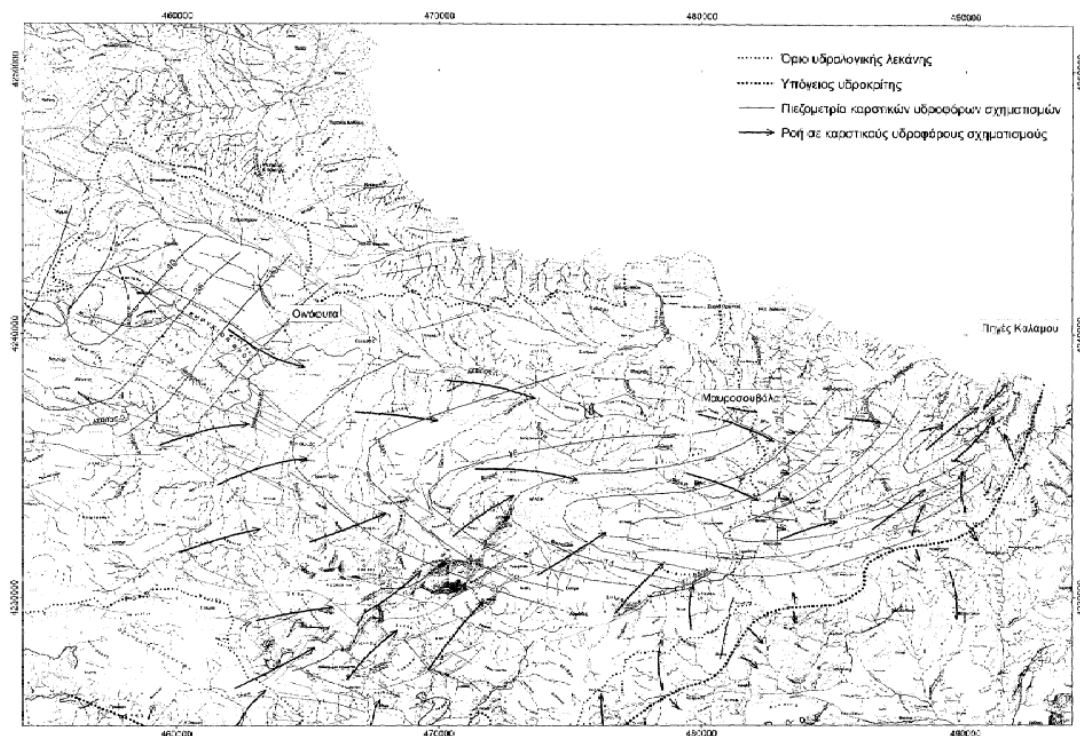
Η κίνηση του υπόγειου νερού στους επιμέρους υδροφόρους σχηματισμούς προκύπτει από την σύνθεση και επεξεργασία ποικίλων γεωλογικών, υδρογεωλογικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών τους. Από τα μέχρι τώρα στοιχεία προκύπτουν τα ακόλουθα:

Οι υδροφόροι ορίζοντες που συνθέτουν το υδρογεωλογικό σύστημα του Ασωπού οριοθετούνται βόρεια από το μεσοζωικό σχιστοψαμμιτικό υπόβαθρο που εμφανίζεται κατά μήκος του όρους Κτυπάς και νότια από την κορυφογραμμή της Πάρνηθας όπου αναδύεται σε αντικλινική μορφή το παλαιοζωικό υπόβαθρο. Το δυτικό του όριο δεν είναι με ακρίβεια γνωστό, αλλά σύμφωνα με τα πιεζομετρικά δεδομένα φαίνεται ότι διέρχεται βόρεια του άξονα Σχηματαρίου – Τανάγρας και οριοθετεί το υδροφόρο σύστημα του Ασωπού με αυτό του Βιωτικού Κηφισού. Το σύστημα του Βιωτικού Κηφισού εκφορτίζεται στον Ευβοϊκό κόλπο διαμέσου της Υλίκης και της Παραλίμνης ενώ το

σύστημα του Καπαρελίου που αναπτύσσεται δυτικότερα εκφορτίζεται στον Κορινθιακό κόλπο. Στην περιοχή ενδιαφέροντος η κίνηση του υπόγειου νερού διαφοροποιείται κατακόρυφα και οριζόντια μεταξύ των επιμέρους υδροφόρων οριζόντων.

Σε ότι αφορά στους υδροφόρους ορίζοντες των κοκκωδών Νεογενών και των Πλειστοκαινικών αποθέσεων της περιοχής Σχηματαρίου – Οινοφύτων, τα πιεζομετρικά δεδομένα δείχνουν ότι η επικρατέστερη κίνηση του υπόγειου νερού είναι ΒΑ διεύθυνσης. Επίσης, δυτικά των Οινοφύτων παρατηρείται μια «κλειστή» πτώση της πιεζομετρίας η οποία αποτελεί μια «υδραυλική καταβόθρα». Εκτιμάται ότι η συγκεκριμένη καταβόθρα προκύπτει από την αναθόλωση του υποκείμενου καρστικού υποβάθρου των Τριαδικών – Ιουρασικών ασβεστολίθων οι οποίοι παρουσιάζουν επιφανειακή ανάπτυξη στην θέση «Πύργος Διχαλωτός» των Οινοφύτων.

Ο κατώτερος καρστικός υδροφόρος των Τριαδικών – Ιουρασικών ασβεστολίθων, τροφοδοτείται από κατεισδύοντα όμβρια ύδατα στις βόρειες παρυφές της Πάρνηθας καθώς και σε επιφανειακές εμφανίσεις των ασβεστολίθων αυτών εντός της λεκάνης του Ασωπού. Στην προαναφερόμενη περιοχή, δυτικά των Οινοφύτων, βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με τον υπερκείμενο κοκκώδη υδροφόρο ορίζοντα των Νεογενών και Πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων. Τα υπόγεια νερά του καρστικού υδροφόρου συστήματος από τις περιοχές τροφοδοσίας τους ρέουν ανατολικά προς την περιοχή της Μαυροσουβάλας και εκφορτίζεται στις υφάλμυρες πηγές του Καλάμου. Να σημειωθεί ότι σε ορισμένα τμήματα, ανατολικά της εθνικής οδού, ο Ασωπός ποταμός βρίσκεται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα.



Σχήμα 10: Ροή του υπόγειου νερού στους καρστικούς υδροφόρους σχηματισμούς
(Πηγή : Γιαννουλόπουλος 2008, κατά Δούνα κ.α., 1978)

1.1.2 Εδαφολογικά στοιχεία

Σε αντιστοιχία με την γεωλογική σύσταση της περιοχής συναντώνται οι ακόλουθες κατηγορίες εδαφών :

Τα Αλλουβιακά προέρχονται κυρίως από φερτές ύλες του Ασωπού ποταμού και των ρεμάτων. Είναι πλούσια σε άνθρακα και ασβέστιο και χαρακτηρίζονται σαν γεωργικά εδάφη υψηλής παραγωγικότητας (με λαχανικά ή αρδευόμενες μεγάλες καλλιέργειες). Τα εδάφη αυτά συναντώνται στις κοίτες του Ασωπού ποταμού και στην πεδινή περιοχή εκβολών του επίσης και νότια της Μαλακάσας.

Τα εδάφη των Πλειστοκαινικών αποθέσεων (Διλουβιακά) απαρτίζονται από μάργες, ψαμμίτες και κροκαλλοπαγή. Συναντώνται στην ζώνη των χαμηλών λόφων της παραλίας.

Χαρακτηρίζονται από καλλιέργειες οπωροφόρων, αμπελώνων ή συνδυασμό δενδρωδών και χαμηλών καλλιεργειών. Η βλάστησή τους περιλαμβάνει αραιά δάση πεύκων.

Τα εδάφη του νεογενούς συστήματος συναντώνται κυρίως στην εγκάρσια ζώνη γεωγραφικής ενότητας και απαρτίζονται από μαργαϊκούς, τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους και μάργες, ψαμμίτες, κροκαλλοπαγή. Συναντώνται επίσης και ασβεστόλιθοι του μη μεταμορφωμένου συστήματος της Πάρνηθας. Τα εδάφη αυτά καλύπτονται από δασική βλάστηση ή δενδρώδεις καλλιέργειες.



Εικόνα 1 : Απόρριψη λυμάτων στον Ασωπό ποταμό

Στοιχεία κοίτης – ροής Ασωπού

Ο ποταμός έχει ελάχιστη ροή πέρα από βρόχινα νερά και αποχετευόμενα λύματα και απόβλητα. Όσον αφορά στην κατάσταση της κοίτης του ποταμού, από μακροσκοπική παρατήρηση της περιοχής, το κύριο χαρακτηριστικό είναι τα υδροχαρή φυτά που την κατακλύζουν.

Προβλήματα κατάκλισης από πλημμύρες αναφέρονται μόνο στο ανάντη τμήμα του Ασωπού και ιδιαίτερα στο Λουτούφι. Θεωρείται όμως βέβαιο, λόγω της μικρης ποσότητας υδάτων, ότι το πρόβλημα μπορεί να λυθεί μετά τον καθαρισμό της υδροχαρούς βλάστησης.

Στην εκβολή του ποταμού έχουμε την είσοδο της θάλασσας σε αρκετή απόσταση. Δεν υπάρχουν προβλήματα στην πλειοψηφία των διαβάσεων, πέραν ορισμένων αγροτικών δρόμων δευτερευούσης σημασίας που δεν χρησιμοποιούνται μάλιστα τον χειμώνα και βρίσκονται σε πολύ χαμηλό ύψος πάνω από τον πυθμένα του ποταμού.

Σε πολύ υψηλό ποσοστό τους θερινούς μήνες δεν υπάρχει νερό στον Ασωπό. Συνεπώς οι εισροές αστικών και βιομηχανικών λυμάτων έχουν μεγάλη συμβολή στην διαμόρφωση της υδρογραφίας κατά την ξηρή περίοδο.



Εικόνα 2 : Ασωπός ποταμός

1.1.3 Κλιματολογικά στοιχεία

Τα όρη που περιβάλλουν τα χαμηλά λεκανοπέδια του νομού Βοιωτίας εμποδίζουν τις θαλάσσιες επιδράσεις να φτάσουν ως εκεί. Για τον λόγο αυτό, το κλίμα στο εσωτερικό του νομού προσγγίζει το ηπειρωτικό, με κύριο χαρακτηριστικό το μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος.

Για την εξέταση του μικροκλίματος και των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που προήλθαν από τον ΜΣ Τανάγρας ο οποίος λόγω της θέσης και της τοπογραφίας της περιοχής επηρεάζει περισσότερο την περιοχή μελέτης.

Θερμοκρασία – Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα

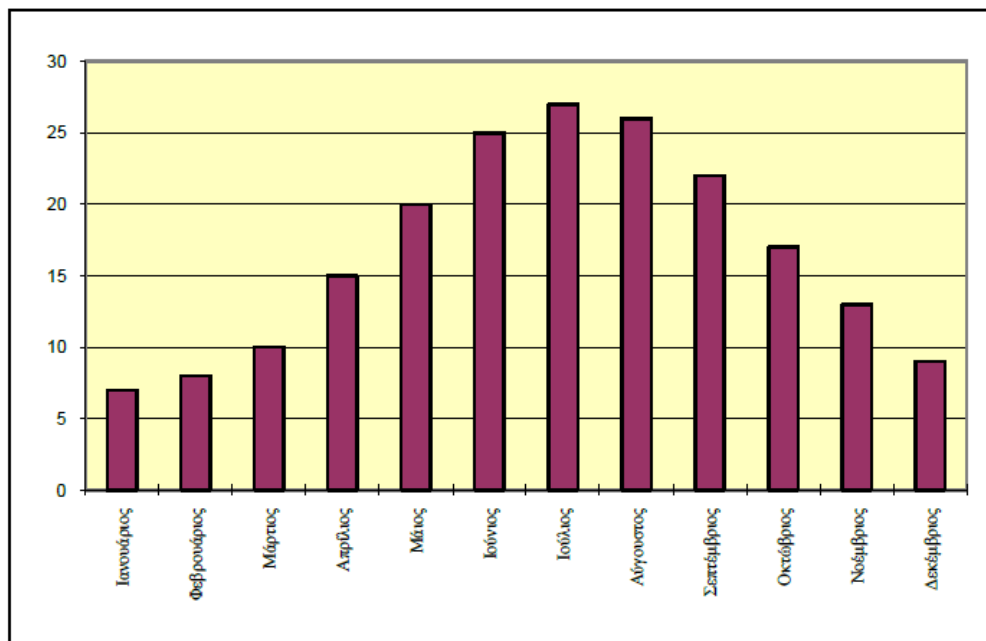
Από τα δεδομένα του Πίνακα 2 παρατηρείται ότι η μέση μέγιστη θερμοκρασία είναι τον μήνα Ιούλιο με 31.9°C ενώ η μέση ελάχιστη θερμοκρασία είναι τον μήνα Ιανουάριο με 3.2 °C. Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία θερμοκρασία παρατηρείται τον Ιούλιο (27.3 °C) ενώ η μικρότερη τον μήνα Ιανουάριο (7.4 °C). Την περίοδο 1986 – 1992 παρατηρήθηκαν απόλυτες ελάχιστες θερμοκρασίες της τάξεως των -16.6 °C τον μήνα Φεβρουάριο, απόλυτες μέγιστες θερμοκρασίες της τάξεως των 46 °C τον μήνα Ιούλιο.

Η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 47.5% το καλοκαίρι (Ιούλιος) και φτάνει το 77.5% τον χειμώνα (Δεκέμβριος).

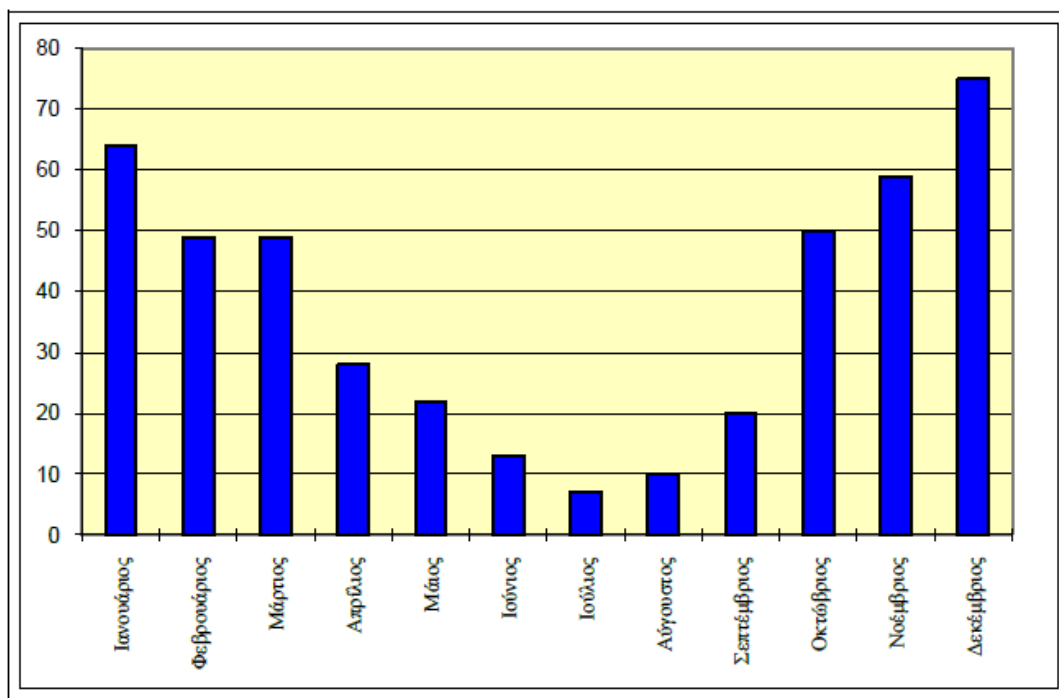
Ο μήνας με το μεγαλύτερο ύψος βροχής είναι ο Δεκέμβριος (74.9 mm), ενώ το καλοκαίρι παρατηρούνται τα μικρότερα ύψη βροχής (Ιούνιος 12.8 mm, Ιούλιος 6.9 mm, Αύγουστος 10.3 mm).

Μήνες	Μέση Θερμοκρασία	Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	Σχετική Υγρασία %	Συνολικό h βροχής mm	Μέγιστο h βροχής 24h mm
Ιανουάριος	7.4	11.7	3.2	23.4	-10,4	77.0	64.5	169.3
Φεβρουάριος	8.2	12.7	3.4	26.0	-16,6	74.5	49.9	54.2
Μάρτιος	10.3	14.9	4.6	26.6	-6,4	72.7	49.2	42.0
Απρίλιος	14.6	19.5	7.2	32.8	-6	66.3	27.9	47.3
Μάιος	19.9	24.9	11.1	38.2	1.1	58.9	21.7	56.0
Ιούνιος	25.1	30.0	15.5	42.4	7.0	49.4	12.8	58.0
Ιούλιος	27.3	31.9	18.1	46.0	11.0	47.5	6.9	27.0
Αύγουστος	26.6	31.6	18.1	43.7	10.5	49.3	10.3	55.5
Σεπτέμβριος	22.3	27.9	14.9	39.0	5.8	58.7	20.4	51.5
Οκτώβριος	17.2	22.4	11.4	37.2	0.0	68.7	50.5	67.0
Νοέμβριος	12.9	17.7	8.0	29.4	-3	75.7	58.8	52.2
Δεκέμβριος	9.4	13.6	4.9	23.8	-6	77.5	74.9	77.0

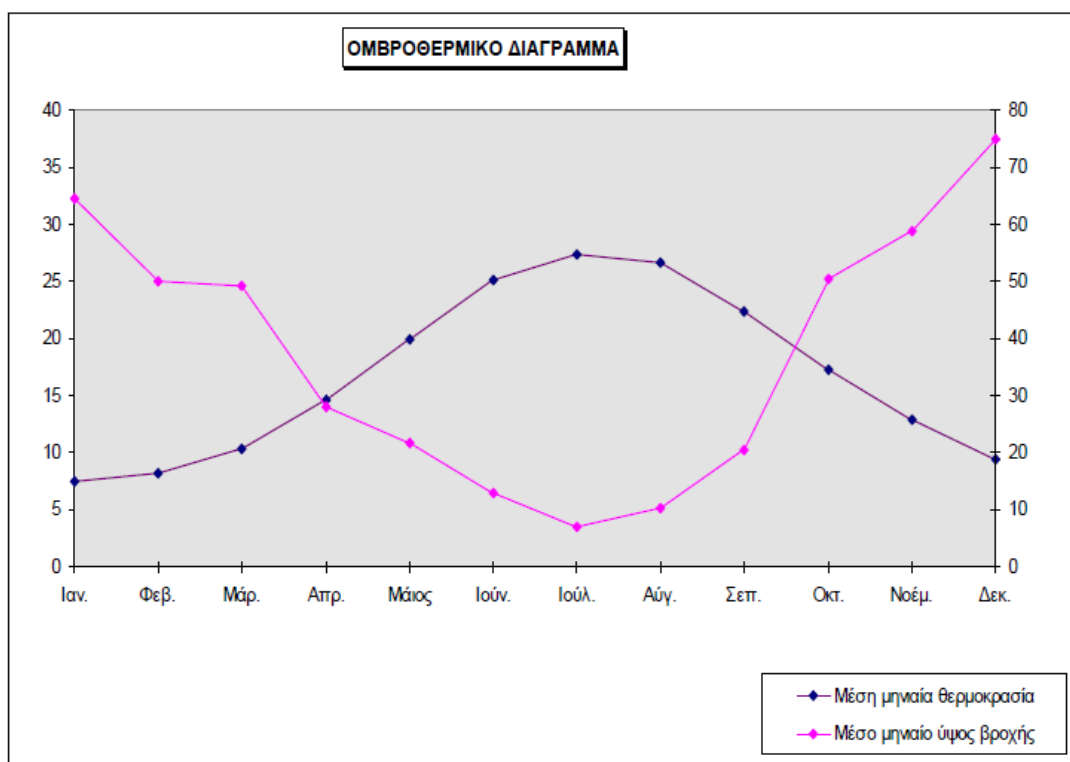
Πίνακας 2: Μετεωρολογικά στοιχεία σταθμού Τανάγρας (1986-1992) (Πηγή : Ε.Μ.Υ)



Σχήμα 11: Κατανομή μέσης θερμοκρασίας (°C), (Μετεωρολογικός σταθμός Τανάγρας)



Σχήμα 12 : Κατανομή μέσου ύψους βροχής (mm), (Μετεωρολογικός σταθμός Τανάγρας)



Σχήμα 13 : Ορθορομβικό διάγραμμα περιόδου 1986 – 1992 (Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)

Άνεμοι

Η ένταση των ανέμων δεν ξεπερνάει τα όρια των μετρίων αφού σε ποσοστό 95% κυμαίνεται μεταξύ 0-4 B με το ποσοστό άπνοιας να είναι 35.879%. οι ισχυροί έως και πολύ ισχυροί άνεμοι έντασης 5-7 B καλύπτουν ποσοστό μόνο 4.94% ενώ οι θυελλώδεις άνω των 7 είναι σχεδόν ανύπαρκτοι.

Στην περιοχή μελέτης επικρατούν Βόρειοι και ΒΔ άνεμοι σε ποσοστό 16.25% και 13.87% αντίστοιχα. Έπονται οι Δυτικοί άνεμοι με ποσοστό 11.2%, οι ΒΑ με 6.32%, οι ΝΔ με 4.95%, οι Ανατολικοί με 4.57%, οι Νότιοι με 4.74% και οι ΝΑ με 2.21%.

Τον Νοέμβριο εμφανίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό άπνοιας ενώ τον Ιούλιο το μικρότερο με ποσοστό 42.8% και 25.62% αντίστοιχα.

Ένταση ανέμου	B	BA	A	A	N	Δ	Δ	ΒΔ	Νηνεμία	Σύνολο
0										35.879
1	0.252	0.120	0.197	0.077	0.077	0.055	0.449	0.340		1.567
2	3.023	1.807	1.851	0.690	0.843	0.898	4.162	4.491		17.765
3	5.422	2.903	1.796	0.745	1.413	1.380	4.042	5.246		22.947
4	5.794	1.391	0.646	0.504	1.654	1.829	1.939	3.067		16.824
5	1.413	0.088	0.055	0.120	0.537	0.591	0.427	0.581		3.812
6	0.296	0.011	0.011	0.055	0.164	0.153	0.131	0.110		0.931
7	0.044	0.000	0.011	0.011	0.044	0.033	0.033	0.022		0.198
8	0.011	0.000	0.000	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011		0.066
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000		0.011
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
Σύνολο	16.255	6.320	4.567	2.213	4.743	4.950	11.205	13.868	35.879	100.000

Πίνακας 3: Ετήσια συχνότητα διεύθυνσης και έντασης ανέμου στον Μ.Σ Τανάγρας

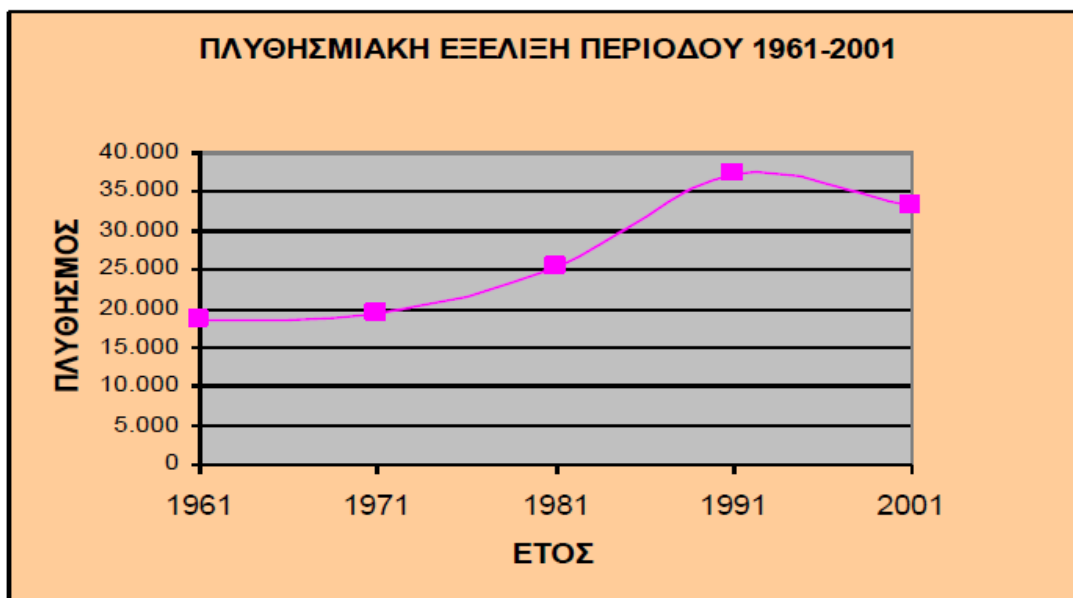
(Πηγή : Ε.Μ.Υ)

1.1.4 Ανθρωπογενές περιβάλλον

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες επιταχύνουν τις φυσικές διαδικασίες όπως την διάβρωση και την στράγγιση των εδαφών. Αυξάνουν την εισροή φυσικών αλάτων και θρεπτικών συστατικών στα ποτάμια ύδατα λόγω της χρήσης ανόργανων λιπασμάτων αλλά και συνθετικών συστατικών, κυρίως οργανικών όπως διαλύτες, φυτοφάρμακα και αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Επίσης, ένα μεγάλο μέρος των ρυπαντών που εισέρχονται στα ποταμοχειμάρρια υδροσυστήματα, προέρχεται από σημειακές πηγές όπως τα βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα. Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφεται το ανθρωπογενές περιβάλλον και οι πιέσεις που επηρεάζουν την ποιότητα των υπογείων νερών της περιοχής ενδιαφέροντος.

1.1.5 Πληθυσμιακή εξέλιξη – Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Η πληθυσμιακή εξέλιξη των Δήμων και κοινοτήτων που εντάσσονται στην λεκάνη του ποταμού Ασωπού σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή για την χρονική περίοδο 1961 – 2001 παρουσιάζονται στους πίνακες και τα σχήματα που ακολουθούν.



Σχήμα 14 : Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής μελέτης
(Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)

Δημοτικά- Κοινοτικά Διαμερίσματα	Πληθυσμός 1961	Πληθυσμός 1971	Πληθυσμός 1981	Πληθυσμός 1991	Πληθυσμός 2001
Δ.Δ ΤΑΝΑΓΡΑΣ	1.305	1.985	1.097	1.085	1.121
Δ.Δ ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	580	623	576	865	682
Δ.Δ ΑΣΩΠΙΑΣ	1.054	1.094	1.087	1.038	1.192
Δ.Δ ΔΑΦΝΗΣ	221	295	288	233	139
Δ.Δ ΣΚΟΥΡΤΩΝ	633	693	766	816	907
Δ.Δ ΠΥΛΗΣ	741	686	957	1.195	812
Δ.Δ ΣΤΕΦΑΝΗΣ	213	404	230	453	261
Δ.Δ ΛΟΥΤΟΥΦΙΟΥ	295	347	304	398	307
Δ.Δ ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ	633	751	731	800	594
Δ.Δ ΛΕΥΚΤΡΩΝ	1.137	1.225	1.159	1.447	936
Δ.Δ ΑΓΙΟΥ ΘΩΜΑ	1.183	1.222	1.398	1.628	1.425

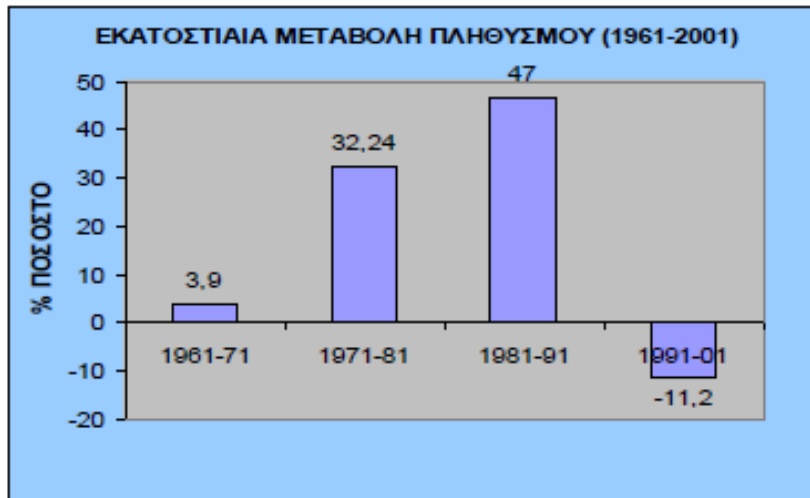
Δ.Δ ΚΛΕΙΔΙΟΥ	377	382	374	412	365
Δ.Δ ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	915	523	2.535	7.051	6.079
Δ.Δ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	1.848	1.389	3.287	7.302	7.092
Δ.Δ ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	509	550	594	695	521
Κ.Δ ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	501	464	589	1.045	1.299
Κ.Δ ΩΡΩΠΟΥ	423	434	672	924	1.224
Δ.Δ ΑΥΛΩΝΑ	2.608	2.681	5.215	6.441	5.085
Δ.Δ ΕΡΥΘΡΩΝ	3.303	3.466	3.550	3.519	3.105
ΣΥΝΟΛΟ	18.484	19.214	25.409	37.347	33.146

Πίνακας 4 : Πληθυσμιακή Εξέλιξη περιόδου 1961- 2001 (ΕΛ. ΣΤΑΤ.)

Παρατηρείται ότι οι πρώην δήμοι Οινοφύτων, Σχηματαρίου και Αλώνα παρουσιάζουν αξιοσημείωτη πληθυσμιακή ανάπτυξη ιδιαίτερα κατά την περίοδο 1971 – 1991 ενώ στους υπόλοιπους πρώην δήμους της λεκάνης δεν σημειώθηκε ιδιαίτερα μεταβολή. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με την έντονη αναπτυξιακή τάση της ευρύτερης περιοχής Σχηματαρίου – Οινοφύτων – Αυλώνα που παρατηρήθηκε την περίοδο αυτή, οδηγώντας σε κύμα εσωτερικής μετανάστευσης μεγάλου ποσοστού πληθυσμού λόγω των εργασιακών δυνατοτήτων που δημιουργήθηκαν στην περιοχή.

Την τελευταία δεκαετία παρατηρείται ύφεση και τάση μείωσης του πληθυσμού τόσο στην στενή περιοχή της βιομηχανικής ζώνης, όσο και στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης. Αυτό ερμηνεύεται από την διαμόρφωση νέων τάσεων στην βιομηχανική παραγωγή, που εκτόπισαν σε έναν μεγάλο βαθμό το ανθρώπινο δυναμικό από τις παραγωγικές διαδικασίες.

Αντίστοιχα, βάσει της εκατοστιαίας μεταβολής του πληθυσμού της ευρύτερης περιοχής, παρατηρείται αλματώδης αύξηση κατά την περίοδο 1971 – 1991 στην ευρύτερη περιοχή των Οινοφύτων.



Σχήμα 15 : Εκατοστιαία μεταβολή του πληθυσμού της περιοχής ενδιαφέροντος
(Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)

Η βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής προσέλκυσε ένα μεγάλο ποσοστό πληθυσμού, επιφέροντας έντονη οικιστική δόμηση και σημαντικές μεταβολές στην κοινωνική δομή της περιοχής. Η πληθυσμιακή έξαρση, ωστόσο, στην περιοχή δεν συνδιάστηκε με αντίστοιχη δημιουργία κατάλληλων υποδομών και σχεδίων διαχείρισης, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν επιπρόσθετες πιέσεις στο οικοσύστημα και το υδατικό δυναμικό της ποτάμιας λεκάνης.

Δημοτικά-Κοινοτικά Διαμερίσματα	1961 - 1971	1971 - 1981	1981 - 1991	1991 - 2001
Δ.Δ ΤΑΝΑΓΡΑΣ	52,1	-44,7	-1,1	3,3
Δ.Δ ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	7,4	-7,5	50,1	-26,8
Δ.Δ ΑΣΩΠΙΑΣ	3,8	-0,6	-4,5	14,8
Δ.Δ ΔΑΦΝΗΣ	33,4	-2,3	-19,1	-40,3
Δ.Δ ΣΚΟΥΡΤΩΝ	9,5	10,5	6,5	11,1
Δ.Δ ΠΥΛΗΣ	-7,4	39,5	24,8	-32

Δ.Δ ΣΤΕΦΑΝΗΣ	89	-43,1	97	-42,4
Δ.Δ ΛΟΥΤΟΥΦΙΟΥ	17,6	-12,4	30,9	-22,8
Δ.Δ ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ	18,6	-2,6	9,4	-25,7
Δ.Δ ΛΕΥΚΤΡΩΝ	7,7	-5,3	24,8	-35,3
Δ.Δ ΑΓΙΟΥ ΘΩΜΑ	3,2	14,4	16,4	-12,5
Δ.Δ ΚΛΕΙΔΙΟΥ	1,3	-2,1	10,1	-11,4
Δ.Δ ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	-42,8	384,7	178,1	-13,8
Δ.Δ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	-24,8	136,6	122,1	-2,8
Δ.Δ ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	8	8	17	-25
Κ.Δ ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	-7,3	26,9	77,4	24,3
Κ.Δ ΩΡΩΠΟΥ	2,6	54,8	37,5	32,4
Δ.Δ ΑΥΛΩΝΑ	2,8	94,5	23,5	-21
Δ.Δ ΕΡΥΘΡΩΝ	4,7	2,4	-0,8	-11,7
ΣΥΝΟΛΟ	3,9	32,24	47	-11,2

Πίνακας 5 : Εκατοστιαία μεταβολή του πληθυσμού περιόδου 1961 – 2001 (ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

1.1.6 Χρήσεις γης

Η κατανομή των χρήσεων γης στις βασικές κατηγορίες στο σύνολο της λεκάνης του ποταμού Ασωπού ανά κοινότητα/δήμο σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν από την Ελληνική Στατιστική αρχή για το έτος 2005 δίνεται στους πίνακες που ακολουθούν.

Δήμοι - Κοινότητες	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ					
	Αρόσιμη γη	Μόνιμες καλλιέργειες	Βοσκότοποι - Μεταβατικές δασώδεις / θαμνώδεις εκτάσεις	Βοσκότοποι-Συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης	Βοσκότοποι - Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές
Δ. ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΩΝ	21,6	3,7	0	14,5	0,3	33
Δ. ΠΛΑΤΑΙΩΝ	60,5	6,8	0,3	4,8	0,3	22,8
Δ. ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	23,5	8,7	0	4,2	0	25,6
Δ. ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	9,5	2,2	0	0	0	15,8
Κ. ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	1,1	7,4	0	0	0	5,5
Κ. ΩΡΩΠΟΥ	0	3,4	0	0	0	4,6
Δ. ΑΥΛΩΝΟΣ	4,8	6,6	0	1,6	1,7	34,3
Δ. ΕΡΥΘΡΩΝ	28,9	8,9	0	0	0	0
Δ. ΤΑΝΑΓΡΑΣ	76,1	7,9	0	3,9	0,2	9,5
Δ.Δ ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	14,7	0,06	0	0	0	0

Πίνακας 6 : Οι γεωργικές εκτάσεις ανά δήμο/ κοινότητα (ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2005) (χιλ.στρέμματα)

Δήμοι - Κοινότητες	ΔΑΣΗ ΗΜΙ-ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ			
	Δάση	Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις	Συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης	Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση
Δ. ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΩΝ	39,5	26,6	81,8	0,3
Δ. ΠΛΑΤΑΙΩΝ	12,8	12,7	50,8	0,2

Δ.ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	4,3	0	8,4	0
Δ.ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	0	0,6	4,1	0
Κ. ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	0,8	0	2	0,4
Κ. ΩΡΩΠΟΥ	0	0	3,3	0
Δ. ΑΥΛΩΝΟΣ	13,1	12,9	26,7	2
Δ. ΕΡΥΘΡΩΝ	3,4	0,1	18,2	0,8
Δ.ΤΑΝΑΓΡΑΣ	0,4	0,4	21,8	0
Δ.Δ ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	0,4	0,1	1	0

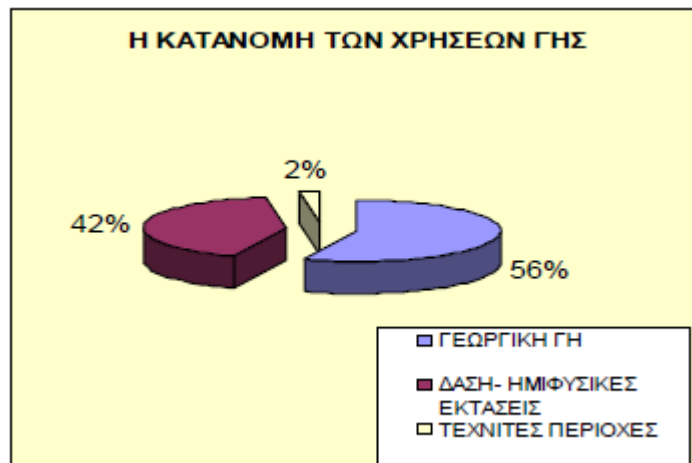
Πίνακας 7 : Οι δασώδεις – ημιφυσικές εκτάσεις ανά δήμο / κοινότητα (ΕΛ.ΣΤΣ. 2005)
(χιλ.στρέμματα)

Δήμοι - Κοινότητες	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ			
	Αστική οικοδόμηση	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	Δίκτυα συγκοινωνιών	Ορυχεία, χώροι απόρριψης απορριμμάτων και εργοτάξια
Δ. ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΩΝ	0,5	0	0	0,2
Δ.ΠΛΑΤΑΙΩΝ	1,2	0	0	0
Δ.ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	0,9	1	0,3	0,1
Δ.ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	0,5	0	4,7	0
Κ. ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	0,2	0	0	0
Κ. ΩΡΩΠΟΥ	0,2	0	0	0
Δ. ΑΥΛΩΝΟΣ	0,6	2,2	0,9	0
Δ. ΕΡΥΘΡΩΝ	0,6	0	0	0,1
Δ.ΤΑΝΑΓΡΑΣ	0,9	0	2,4	0,1
Δ.Δ ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	0,2	0	0,1	0

Πίνακας 8 : Οι τεχνητές περιοχές ανά δήμο / κοινότητα (ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2005) (χιλ. στρέμματα)

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι η μεγαλύτερη από την μισή έκταση της λεκάνης (56%) καλύπτεται από γεωργική γη, ένα σημαντικό ποσοστό (42%) από δάση και ημιφυσικές εκτάσεις ενώ οι αστικές περιοχές αποτελούν μόλις το 2% της συνολικής έκτασης.

Η βιομηχανική δραστηριότητα εντοπίζεται στους πρώην δήμους Οινοφύτων και Αυλώνας, δηλαδή στην λεκάνη του μέσου ρου του ποταμού Ασωπού. Στα ανάντη τμήματα του ποταμού κύρια χρήση γης αποτελεί η γεωργία. Εκτεταμένο συγκοινωνιακό δίκτυο εντοπίζεται στους πρώην δήμους Σχηματαρίου, Τανάγρας και Οινοφύτων γεγονός που σχετίζεται άμεσα και με την βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής.



Σχήμα 16 : Κατανομή των χρήσεων γης
(Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)

1.1.7 Η βιομηχανία στην λεκάνη του Ασωπού

Υφιστάμενη κατάσταση

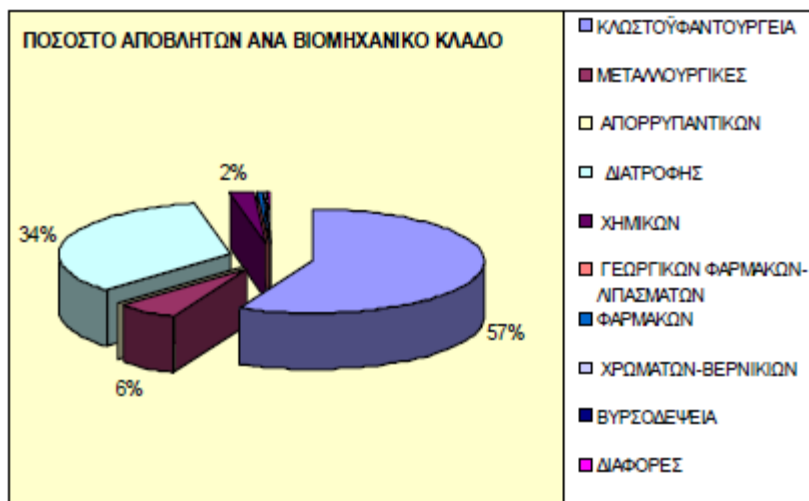
Η γεωγραφική περιοχή που εκτείνεται Βορειοανατολικά της κοίτης του χειμάρρου Ασωπού χαρακτηρίζεται από έντονη βιομηχανική δραστηριότητα.

Η δραστηριότητα αυτή έχει ξεκινήσει από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 και παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη την τελευταία δεκαετία, όπου παρά το γεγονός, ότι μεγάλος αριθμός από τις αρχικές βιομηχανικές μονάδες έχουν κλείσει για διάφορους λόγους, ο αριθμός των υφιστάμενων μονάδων στην περιοχή αυξάνεται συνεχώς.

Συγκεκριμένα, βάσει της καταγραφής (Μασούρα Γ., 2008) των βιομηχανικών και βιοτεχνικών μονάδων στην γεωγραφική περιοχή που εκτείνεται Βορειοανατολικά της κοίτης του ποταμού Ασωπού, σε ζώνη 7 Km υπάρχουν περίπου 407 μονάδες, με ημερήσιο όγκο υγρών αποβλήτων που κυμαίνεται από 0,3 m³/day έως 3000 m³/day ανάλογα με την παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται και το μέγεθος κάθε βιομηχανίας. Τα απόβλητα αυτά παράγονται κυρίως από τα κλωστοϋφαντουργία – βαφεία – φινιριστήρια, τις βιομηχανίες τροφίμων, τις μεταλλουργικές μονάδες, τις χημικές μονάδες καθώς επίσης και από τις κτηνοτροφικές μονάδες.

Σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη στην περιοχή (Λοϊζίδου κ.α, 1997), ο συνολικός όγκος παραγόμενων βιομηχανικών αποβλήτων για το έτος 1997 ανερχόταν στα 9.500 m³/day, ενώ βάσει πρόβλεψης που είχε πραγματοποιηθεί για τα επόμενα 40 χρόνια εκτιμάται ότι ο όγκος αποβλήτων για το έτος 2008 ανέρχεται στα 12.150 m³/day, δηλαδή παρουσιάζει αύξηση της τάξεως του 30%.

Βάσει προσδιορισμού των παραγόμενων αποβλήτων, προέκυψε ότι σχεδόν το 57% των παραγόμενων αποβλήτων προέρχεται από τον κλάδο της κλωστοϋφαντουργίας, ακολουθεί ο κλάδος των μονάδων διατροφής με ποσοστό 34% και ο κλάδος της μεταλλουργίας με ποσοστό 6%, ενώ οι υπόλοιποι κλάδοι συμμετέχουν σε μικρό ποσοστό.



Σχήμα 17 : Αναλογία των αποβλήτων ανά βιομηχανικό κλάδο (Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)

Η απουσία ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των παραγόμενων υγρών, στερεών και αερίων αποβλήτων της περιοχής έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ένα από τα κύρια προβλήματα είναι η ανεξέλεγκτη διάθεση των επεξεργασμένων ή μη υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στους διάφορους φυσικούς αποδέκτες και κυρίως τον Ασωπό ποταμό ή παραποτάμους του, γεγονός που έχει οδηγήσει στην επιβάρυνση του χειμάρρου με υψηλά ρυπαντικά φορτία και σε σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας τους.



Εικόνα 3 : Ποιοτική υποβάθμιση των υδάτων του Ασωπού



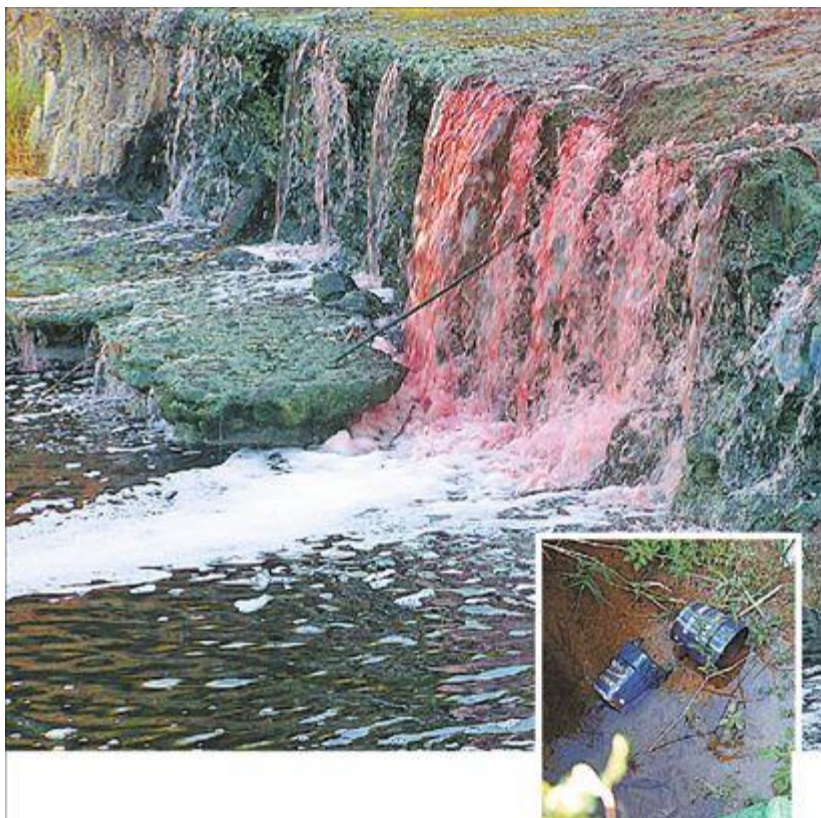
Εικόνα 4 : Ποιοτική υποβάθμιση των υδάτων του Ασωπού

Ας σημειωθεί ότι ένας μικρός αριθμός βιομηχανιών διαθέτει ολοκληρωμένα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας των αποβλήτων ενώ η πλειονότητα των βιομηχανικών μονάδων είτε δεν διαθέτει συστήματα επεξεργασίας ή στην περίπτωση που υπάρχουν, η απόδοσή τους δεν είναι ικανοποιητική.



Εικόνα 5 : Επιβάρυνση ποταμού με υγρά απόβλητα

Ανάλογη είναι και η κατάσταση όσον αφορά στα στερεά απόβλητα. Στην περιοχή δεν υπάρχει κρατικός χεδιασμός για ολοκληρωμένη διαχείριση των παραγόμενων στερεών βιομηχανικών αποβλήτων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η απρογραμματίστη και πολλές φορές παράνομη διάθεσή τους σε ρέματα, αυτοσχέδιες χωματερές καθώς και στην χωματερή των Λιοσίων. Η άτακτη διάθεση των στερεών αποβλήτων σε ανεξέλεγκτους χώρους αποτελεί σημαντικό παράγοντα διαφυγής ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά μέσω της επιφανειακής απορροής και της αποστράγγισης των εδαφών.



Εικόνα 6 : Ανεξέλεγκτη διάθεση των στερεών αποβλήτων

Τέλος, σημαντική είναι και η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τις αέριες εκπομπές των βιομηχανιών. Στην περιοχή δεν έχουν πραγματοποιηθεί συστηματικές μετρήσεις των αερίων ρύπων. Από μακροσκοπική παρατήρηση επί σειρά ετών προκύπτει η συνεχής παρουσία νέφους ιδιαίτερα σε περιόδους νηνεμίας ή ελαφρών ανέμων. Παράλληλα δεν υπάρχει στην περιοχή κάποιος επίσημος μηχανισμός καταγραφής και ελέγχου των αερίων ρύπων.



Εικόνα 7 : Ατμοσφαιρική ρύπανση από βιομηχανίες

Οι πηγές αέριας ρύπανσης στην αέρια περιοχή είναι (Λοϊζίδου κ.α., 1997):

- Καύση μαζούτ για παραγωγικές ανάγκες και για θέρμανση τον χειμώνα
- Παραγωγικές διαδικασίες βιομηχανιών
- Βιομηχανίες ανάκτησης μολύβδου παλαιών συσσωρευτών
- Ανεξέλεγκτη καύση απορριμμάτων
- Καύση περιβλημάτων καλωδίων για ανάκτηση χαλκού

1.1.8 Πρακτικές διάθεσης υγρών αποβλήτων

Οι πρακτικές που ακολουθούνται από τις βιομηχανίες που δραστηριοποιούνται στην υπό μελέτη περιοχή, είναι ανεξάρτητες από το είδος της παραγωγικής διαδικασίας που εφαρμόζεται από κάθε βιομηχανική μονάδα. Οι συνηθέστεροι τρόποι διάθεσης των παραγόμενων υγρών αποβλήτων, ανεξάρτητα από το αν αυτά επεξεργάζονται ή όχι πριν την τελική διάθεσή τους, είναι εξής (Λοϊζίδου κ.α, 1997):

- Απόρριψη στον ποταμό Ασωπό και τους παραποτάμους του
- Επιφανειακή διάθεση
- Συγκέντρωση σε βόθρο

Το βασικό κριτήριο διάθεσης είναι η απόσταση από τον Ασωπό ή παραποτάμους αυτού, κάτι το οποίο βέβαια δεν ισχύει πάντα μιας και υπάρχουν περιπτώσεις βιομηχανιών που παρά την αρκετά μεγάλη απόσταση που έχουν από τον Ασωπό, είναι ο τελικός αποδέκτης των αποβλήτων τους. Επιπλέον σημαντικό κριτήριο είναι η ποσότητα των αποβλήτων που απορρίπτονται από κάποια μονάδα όπου στην περίπτωση που η ποσότητα είναι μεγάλη ο συνηθέστερος τρόπος διάθεσης είναι η απόρριψη στον Ασωπό ποταμό ακόμα και αν βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από την βιομηχανία.

Στην περίπτωση που αποδέκτης είναι ο Ασωπός, συμπεριλαμβάνονται και οι βιομηχανίες οι οποίες αποχετεύουν σε επιφανειακούς αγωγούς όμβριων υδάτων οι οποίοι όμως έχουν ως τελικό προορισμό και πάλι τον Ασωπό.

Ειδικότερα, οι μονάδες που ανήκουν στον κλάδο των βαφείων – φινιστηρίων λόγω του μεγάλου όγκου αποβλήτων που απορρίπτουν καθημερινά χρησιμοποιούν υπεδάφιους αγωγούς οι οποίοι καταλήγουν στον Ασωπό για την απόρριψη των αποβλήτων τους, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις διατίθενται ανεπεξέργαστα. Αποτελέσματα των πρακτικών αυτών είναι να δημιουργούνται εντονότατα περιβαλλοντικά προβλήματα στον ίδιο τον ποταμό Ασωπό και στις περιοχές που διασχίζει όσο και στην θαλάσσια περιοχή των εκβολών του που βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή Χαλκουτσίου – Ωρωπού.



Εικόνα 8 : Απόρριψη υγρών αποβλήτων στον Ασωπό ποταμό

Άλλη πρακτική που ακολουθείται από μεγάλο ποσοστό βιομηχανιών είναι η επιφανειακή διάθεση των υγρών αποβλήτων τους. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η επιφανειακή διάθεση λαμβάνει χώρα για τις στρατσώνες και τα νερά που προέρχονται από την αναγέννηση των απιονιστών που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού των γεωτρήσεων (Λοϊζίδου κ.ά, 1997). Η συγκεκριμένη πρακτική διάθεσης έχει ως αποτέλεσμα τόσο την επιβάρυνση του εδάφους με ανεπιθύμητες ρυπαντικές παραμέτρους (σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις όπως αναμένεται σε αρκετές περιπτώσεις) όσο και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα λόγω της υδατοπερατότητας διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή.



Εικόνα 9 : Επιφανειακή διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων



Εικόνα 10 : Επιφανειακή διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων

Επίσης ιδιαίτερα διαδεδομένη πρακτική διάθεσης είναι η συγκέντρωση των αποβλήτων σε βόθρους. Οι βόθροι αυτοί αν και στην πλειονότητά τους είναι απορροφητικοί, λόγω τόσο του μεγάλου όγκου υγρών αποβλήτων που παράγονται καθημερινά και διοχετεύονται σε αυτούς, όσο και της ποιότητας των αποβλήτων (π.χ. αυξημένα λιπαρά με αποτέλεσμα την επιφανειακή επίστρωση των τοιχωμάτων), γεμίζουν σχετικά γρήγορα και η εκκένωσή τους γίνεται από βυτιοφόρα. Τονίζεται ότι τελικός χώρος διάθεσης είναι φυσικά lagoons που δεν είναι ελεγχόμενα. Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η επιλογή της διάθεσης των αποβλήτων σε βόθρο δεν δίνει ουσιαστική λύση στο πρόβλημα αυτό, αλλά απλά αποτελεί ένα ενδιάμεσο στάδιο διάθεσης. Επιπλέον, λόγω του ότι οι βόθροι είναι απορροφητικοί αναμένεται η ποιότητα του υπόγειου υδροφόρου ορίζονται να έχει επιβαρυνθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό από τις ρυπαντικές παραμέτρους που συναντώνται στα απόβλητα αυτά.

1.1.9 Οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες

Η περιοχή ενδιαφέροντος περιλαμβάνει τις περιοχές Οινόφυτα, Σχηματάρι, Οινόη, Άγιο Θωμάς, Αυλώνας και Δερβενοχώρια. Ο αριθμός των ενεργών μονάδων για το έτος 2007 προέκυψε από το Μητρώο Αδειών που τηρεί η Πυροσβεστική Υπηρεσία Οινοφύτων. Πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των μονάδων σε κύριους βιομηχανικούς κλάδους και στην συνέχεια για κάθε κλάδο πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση των μονάδων σε ομοειδείς παραγωγικές διαδικασίες προκειμένου να εκτιμηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων αποβλήτων. (Μασούρα Γ., 2008).

Οι μονάδες αυτές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών δραστηριοτήτων, ενώ πολλές απ' αυτές είναι δύσκολο να ενταχθούν σε συγκεκριμένους κλάδους. Οι κύριοι βιομηχανικοί κλάδοι που αντιπροσωπεύουν την περιοχή είναι:

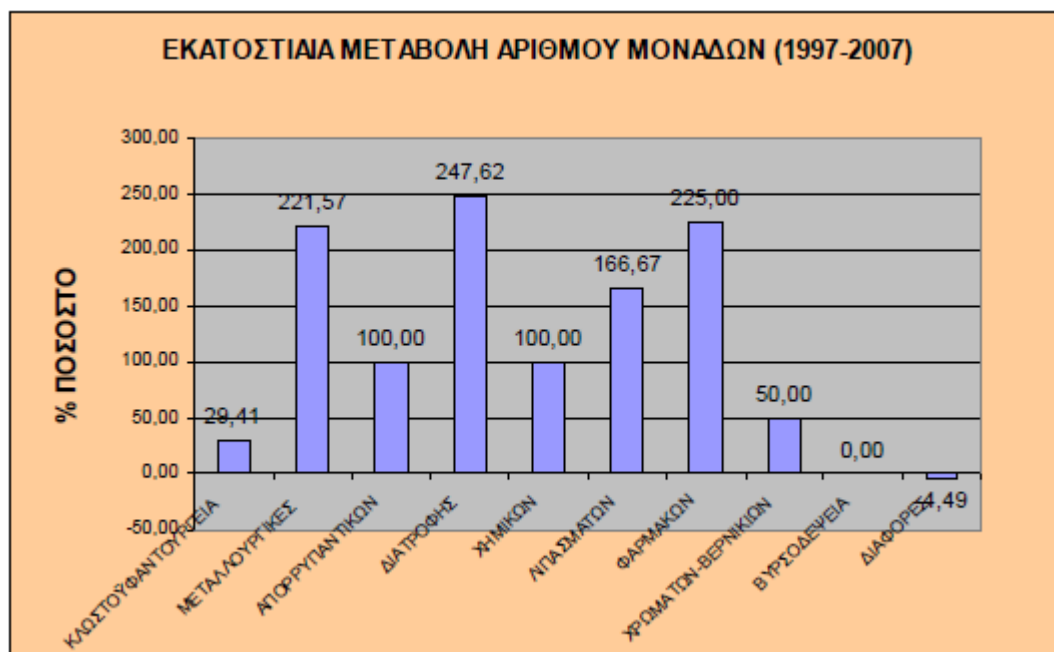
- Κλωστοϋφαντουργεία –Βαφεία – Φινιριστήρια
- Μεταλλουργικές βιομηχανίες
- Βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων
- Βιομηχανίες παραγωγής ανόργανων λιπασμάτων
- Βιομηχανίες παραγωγής γεωργικών φαρμάκων
- Βιομηχανίες παραγωγής φαρμακευτικών προϊόντων
- Βιομηχανίες παραγωγής χρωμάτων
- Βιομηχανίες παραγωγής χημικών ουσιών
- Βιομηχανίες παραγωγής απορρυπαντικών
- Βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων χαρτιού
- Βυρσοδεψία
- Βιομηχανίες παραγωγής πλαστικών προϊόντων
- Βιομηχανίες κατασκευής μηχανημάτων
- Βιομηχανίες παραγωγής ιατρικών ειδών

Το 1997 είχαν καταμετρηθεί στην περιοχή συνολικά 281 μονάδες από τις οποίες καθαρά βιομηχανική – βιοτεχνική δραστηριότητα είχαν οι 208 (Ε.Μ.Π., 1997).

	1997	2007
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΚΛΩΣΤΟΨΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ	17	22
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	51	164
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ	6	12
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΙΔΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	21	73
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	10	20
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ	3	8
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	4	13
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΕΡΝΙΚΙΩΝ	6	9
ΒΥΡΣΟΔΕΨΕΙΑ	1	1
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ	89	85
ΣΥΝΟΛΟ	208	407

Πίνακας 9 : Αριθμός μονάδων ανά κλάδο

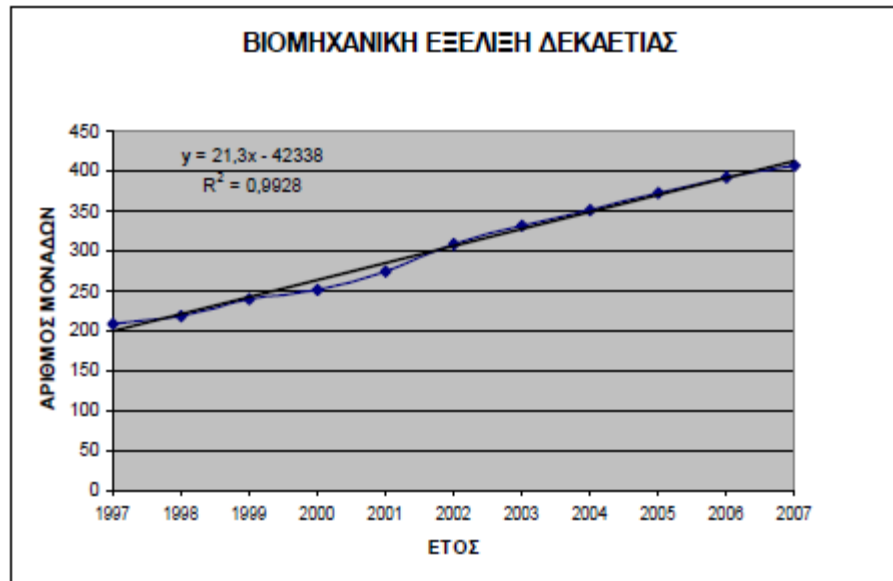
(Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)



Σχήμα 8 : Εκατοστιαία μεταβολή του αριθμού μονάδων
(Πηγή : Μασούρα Γ., 2008)

Παρατηρείται ότι ο συνολικός αριθμός μονάδων έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία κατά 95,7% ενώ αξιοσημείωτη ανάπτυξη παρουσιάζουν ο κλάδος της μεταλλουργίας με αύξηση του αριθμού των μονάδων κατά 221,5% και ο κλάδος προϊόντων διατροφής με αύξηση κατά 247,6%. Σταθερότητα παρατηρείται στον τομέα της βυρσοδεψίας ενώ και ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας δεν σημείωσε ιδιαίτερη ανάπτυξη.

Η ετήσια καταγραφή των εν ενεργεία μονάδων οδηγεί στη διαπίστωση ότι η βιομηχανική εξέλιξη της περιοχής κατά την τελευταία δεκαετία ακολούθησε ανοδική πορεία.



Σχήμα 9 : Βιομηχανική εξέλιξη δεκαετίας

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα αυτό, κατά την τελευταία δεκαετία συντελέστηκε στην περιοχή μια ανεμπόδιστη βιομηχανική ανάπτυξη, που οδήγησε σε πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων παραγομένων αποβλήτων και λυμάτων, χωρίς ωστόσο να δημιουργηθούν οι κατάλληλες υποδομές ώστε να αντέξει το ήδη επιβαρυνόμενο οικοσύστημα την αυξανόμενη πίεση.

1.1.10 Η σημασία του εξασθενούς χρωμίου

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα ρύπανσης που εντοπίζεται στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού, εξαιτίας της βιομηχανικής δραστηριότητας, είναι η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων και ειδικότερα εξασθενούς χρωμίου Cr(VI) σε υδατικά δείγματα που ελήφθησαν τόσο από γεωτρήσεις όσο και από τον ποταμό.

Ορισμένα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα (όπως το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, το Γεωπονικό Πανεπιστημιακό Αθηνών , το ΕΜΠ), Επιστημονικοί Φορείς (όπως το ΙΓΜΕ, η Ένωση Ελλήνων Χημικών , η Πανελλήνια Ένωση Ιατρών

Δημόσια Υγείας) και μεγάλος αριθμός μεμονωμένων επιστημόνων που ασχολήθηκαν με το πρόβλημα της ρύπανσης του Ασωπού και των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής των Οиноφύτων, συμφωνούν, με το ένα ή τον άλλο τρόπο, σε μερικά βασικά συμπεράσματα.

1. α. Οι υψηλές συγκεντρώσεις Cr(VI) στα υπόγεια νερά της εν λόγω περιοχής οφείλεται στην επιβάρυνσή τους με επικίνδυνα απόβλητα (υγρά, ιλύες και λοιπά επικίνδυνα απόβλητα) από την ανεξέλεγκτη βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής. Ενοχοποιούνται κυρίως μονάδες επιμεταλλώσεων και χρωμάτων και χρωμάτων – χρωστικών. Σύμφωνα με την Ένωση Ελλήνων Χημικών (Ε.Ε.Χ) πέραν αυτών, ρύπανση των υδάτων με Cr(III) όσο και με Cr(VI) μπορεί επίσης να προσκληθεί από βυρσοδεψεία και κλωστοϋφαντουργεία (Australian Government, “Chromium (VI) compounds fact sheet”, σελ.13).

β. Η επικινδυνότητα όχι μόνο του εισπνεόμενου αλλά και του καταπινόμενου Cr(VI) είναι εξαιρετικά πιο επικίνδυνη από αυτή του Cr(III). Θα πρέπει συνεπώς να θεσπιστούν ξεχωριστά όρια, και γενικότερα να υπάρξει ξεχωριστή αντιμετώπιση για το εξασθενές χρώμιο σε σχέση με το τρισθενές.

γ. Το ισχύον όριο των 50μg/l (ή 50ppb) που αναφέρεται στο «ολικό χρώμιο», συνεπώς και στο εξασθενές, είναι εξαιρετικά υψηλό, και θα πρέπει να μειωθεί δραστικά. Τούτο προκύπτει τόσο με βάση σχετικές μελέτες και έρευνες, όσο και από το γεγονός ότι στους φυσικούς υδατικούς πόρους, μαζί και στη θάλασσα, η περιεκτικότητα σε Cr(VI) δεν ξεπερνάει το 1μg/L (μέση τιμή). Ειδικότερα το ολικό χρώμιο στα φυσικά νερά των ΗΠΑ κυμαίνεται από <1 έως 30mg/L με ενδιάμεση τιμή 10mg/L ενώ στην θάλασσα η μέση συγκέντρωση είναι 0,3 μg/L (Toxicological Profile for Chromium – ATSDR, ΗΠΑ, σελ.3). Η Ε.Ε.Χ σημειώνει ότι το (ολικό) χρώμιο υπάρχει στα (φυσικά) πόσιμα νερά σε συγκεντρώσεις 2 έως 5 μg/L. Παρουσία (ολικού) χρωμίου πάνω από 10μg/L υποδηλώνει ανθρωπογενή ρύπανση ή/και φυσική ρύπανση από την έκλυση πετρωμάτων.

2. Από την άλλη πλευρά, για τα νερά τα ρυπασμένα με βιομηχανικά υγρά απόβλητα η παράμετρος «ολικό χρώμιο» ή αλλιώς «χρώμιο» είναι παραπλανητική καθώς, όπως διαπιστώθηκε από αναλύσεις στην ευρύτερη περιοχή των Οиноφύτων, το 80% έως 90% του χρωμίου είναι εξασθενές. Τούτο επιβεβαιώνεται και από την εργασία της Ε.Ε.Χ,

σύμφωνα με την οποία, στις περιπτώσεις της ανθρωπογενούς ρύπανσης το εξασθενές χρώμιο βρίσκεται σε ποσοστό 85% - 90% του συνολικού (Australian Government, "Chromium (VI) compounds fact 48 sheet", σελ.3). το φαινόμενο εξηγείται από το γεγονός ότι στα φυσικά νερά, όπου η περιεκτικότητα των αναγωγικών παραγόντων είναι πολύ χαμηλή, οι ενώσεις του εξασθενούς χρωμίου είναι σταθερές, δεν ανάγονται δηλαδή σε ενώσεις τρισθενούς χρωμίου.



Εκόνα 11 : Παρουσία εξασθενούς χρωμίου στον Ασωπό



Εικόνα 12 : Παρουσία εξασθενούς χρωμίου στον Ασωπό



Εικόνα 13 : Επιπτώσεις από την ύπαρξη εξασθενούς χρωμίου στα νερά του Ασωπού

1.1.11 Η γεωργία στην λεκάνη του Ασωπού

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του ποταμού Ασωπού έχει αναπτυχθεί εδώ και δεκαετίες έντονη γεωργική δραστηριότητα που περιλαμβάνει αροτράιες και δενδρώδεις καλλιέργειες. Η κύρια πρακτική άρδευσης που εφαρμόζεται είναι η μέθοδος τεχνητής βροχής, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται μεγάλες απώλειες ύδατος προς τους υπόγειους υδροφόρους και τους επιφανειακούς αποδέκτες. Γενικά παρατηρείται έντονη γεωργική δραστηριότητα στο ανάντη τμήμα του Ασωπού, με το δημοτικό διαμέρισμα των Ερυθρών να κατέχει την μεγαλύτερη έκταση καλλιεργειών. Όσον αφορά στον μέσο ρου του ποταμού, τα πρώην δημοτικά διαμερίσματα του Αυλώνα, των Σκούρτων και του Αγίου Θωμά καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των γεωργικών εκτάσεων, με τις αροτράιες καλλιέργειες να αποτελούν την κύρια μορφή καλλιέργειας.

Η παραγωγική δραστηριότητα της περιοχής χαρακτηρίζεται κυρίως από σιτηρά (σκληρό σιτάρι), βρώμη, βαμβάκι και ορισμένες κατηγορίες κτηνοτροφικών φυτών (κριθάρι για σανό).

Οι κυριότερες καλλιέργειες που απαντώνται στην συνολική έκταση της λεκάνης, με τα αντίστοιχα εκατοστιαία ποσοστά είναι το σκληρό με 43%, τα ελαιόδεντρα με 15%, ακολουθούν οι άμπελοι οινοπαραγωγής με 6,8%, το βαμβάκι με 6,7% (ποτιστικό και ξηρικό) και η κηπευτική με 6,6%. Μεγάλο επίσης είναι και το ποσοστό αγρανάπαυσης που αγγίζει το 10% επί του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Χαρακτηριστικό της υπολεκάνης του μέσου ρου του ποταμού είναι η συνύπαρξη των γεωργικών εκτάσεων με τις υπάρχουσες βιομηχανικές μονάδες, με όλες τις συνέπειες που μπορεί να έχει αυτό στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.



Εικόνα 14 : Συνύπαρξη βιομηχανικών μονάδων – γεωργικής γης

Η κτηνοτροφία στην λεκάνη του Ασωπού

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων μικρής, μεσαίας και μεγάλης δυναμικότητας. Οι κύριοι τύποι εκμεταλλεύσεων είναι οι εξής:

- Χοιροστάσια
- Πτηνοτροφεία
- Βουστάσια
- Προβατοτροφεία

Από τα απόβλητα των πτηνο-κτηνοτροφικών μονάδων, εκείνα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον από την άποψη ρυπαντικού φορτίου είναι τα απόβλητα χοιροστασίων δεδομένου ότι στα πτηνοτροφεία και στα βουστάσια δεν παράγονται αξιόλογες ποσότητες υγρών αποβλήτων εξαιτίας της στερεάς φύσης των αποβλήτων αυτών.

Στις χοιτροφικές μονάδες της περιοχής πραγματοποιείται αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων σε ανοιχτές χωμάτινες δεξαμενές και στην συνέχεια διάθεση σε εδαφικούς αποδέκτες. Με την παραπάνω επεξεργασία επιτυγχάνεται μείωση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων μέχρι και 80%. Ωστόσο σε πολλές μονάδες δεν υπάρχει η κατάλληλη υποδομή με αποτέλεσμα η απόρριψη εντελώς ανεπεξέργαστων αποβλήτων σε υδατικούς και εδαφικούς αποδέκτες να αποτελεί συνήθη πρακτική.

Τα πτηνο-κτηνοτροφικά απόβλητα χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις σε θρεπτικά συστατικά και συγκεκριμένα σε αμμωνιακά (NH_4^+), φωσφορικά (PO_4^{3-}) και κάλιο (K^+), ενώ περιέχουν σε μικρότερες ποσότητες S, Ca, Mg και ιχνοστοιχεία. Επιπλέον χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά (SS) και διαλυτά στερεά (TDS) και υψηλές τιμές BOD και COD.

Υφιστάμενη ρύπανση

Με βάση όσα αναλύθηκαν στις ανωτέρω παραγράφους και σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες που έγιναν στην λεκάνη του Ασωπού ποταμού (Γιαννουλόπουλος, 2008) προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα για την υφιστάμενη ρύπανση στην ευρύτερη περιοχή.

Για την κατανομή των κύριων ιόντων:

- Οι επικρατέστεροι χημικοί τύποι είναι Ca-HCO_3 , Mg-HCO_3 , Cl-Na καθώς και μικτού τύπου νερά. Ο τύπος Ca-HCO_3 αντιστοιχεί σε υπόγεια νερά άμεσης φυσικής τροφοδοσίας (fresh Waters) και απαντά κυρίως στους πρόποδες της Πάρνηθας από τον Άγιο Θωμά έως τον Αυλώνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημειωθεί ότι τα υδροχημικά χαρακτηριστικά των νερών αυτής της περιοχής, στην πλειοψηφία τους αποτελούν σημείο αναφοράς της σύστασης των υπογείων νερών της ευρύτερης περιοχής. Η παρουσία του συγκεκριμένου υδροχημικού τύπου στην περιοχή επιβεβαιώνει τα πορίσματα αναφορικά με

την κίνηση του υπόγειου νερού και τους μηχανισμούς λειτουργίας των υδροφόρων σχηματισμών που αναλύθηκαν σε παραπάνω παράγραφο.

- Τόσο κατά μήκος και εκατέρωθεν του Ασωπού όσο και ανατολικότερα στην ζώνη Οиноφύτων – Σχηματαρίου – Αυλίδας παρατηρείται σταδιακή αύξηση του TDS των υπογείων νερών καθώς και μετάβαση σε μικτού τύπου $Mg-HCO_3$ νερά. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται ως επί το πλείστον σε ρυπογόνους εστίες ενώ στις παράκτιες ζώνες της Αυλίδας και του Ωρωπού υπεισέρχεται επιπλέον και ο μηχανισμός της υφαλμύρισης.
- Σε δείγματα νερού φρεάτων τα οποία ήταν σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με τον Ασωπό, οι συγκεντρώσεις των χλωριόντων ήταν ήδη υψηλές χωρίς να υπάρχει δυνατότητα υδραυλικής επικοινωνίας με την θάλασσα.
- Όσον αφορά στην συγκέντρωση διάφορων ιόντων, οι σημαντικότερες υπερβάσεις παρατηρούνται στα νιτρικά ιόντα και στα χλωριόντα, ενώ αξιόλογη είναι και η παρουσία φωσφορικών ιόντων σε συγκεκριμένες περιοχές ιδιαίτερα πλησίον του Ασωπού.
- Συγκεκριμένα, στα νιτρικά ιόντα παρατηρούνται συγκεντρώσεις έως και διπλάσιες από το όριο ποσιμότητας των 50mg/l. Οι συγκεντρώσεις αυτές παρατηρούνται σε όλες σχεδόν τις περιοχές, χωρίς ιδιαίτερη αύξηση των συγκεντρώσεων τους εκατέρωθεν της κοίτης του Ασωπού. Στον κάμπο Αυλίδας παρατηρήθηκε η υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ίση με 186 mg/l η οποία αποδίδεται σε ποικίλες εστίες ρύπανσης. Το γεγονός δεν παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις ρυπαντικών δεικτών (NO_2 , NH_4) στην περιοχή αυτή, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων οφείλονται σε αγροτικές δραστηριότητες.
- Αυξημένες τιμές ρυπαντικών δεικτών παρατηρούνται κυρίως δυτικά της περιοχής των Οиноφύτων, στη γεώτρηση της Χρυσοπηγής Ωρωπού. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται ως υψηλής ρυπαντικής επικινδυνότητας και φαίνεται να επηρεάζεται άμεσα από τον Ασωπό, ενώ η περιοχή του Σχηματαρίου βρίσκεται πλησίον του ομώνυμου Χ.Α.Δ.Α.

- Οι αυξημένες συγκεντρώσεις φωσφορικών ιόντων τόσο σε ποιοτικά βεβαρημένο νερό του Ασωπού όσο και σε συγκεκριμένες γεωτρήσεις πλησίον του Ασωπού και κοντά στο Σχηματάρι καταδεικνύουν ότι τα συγκεκριμένα ιόντα είναι αποτέλεσμα αστικής και βιομηχανικής ρύπανσης.

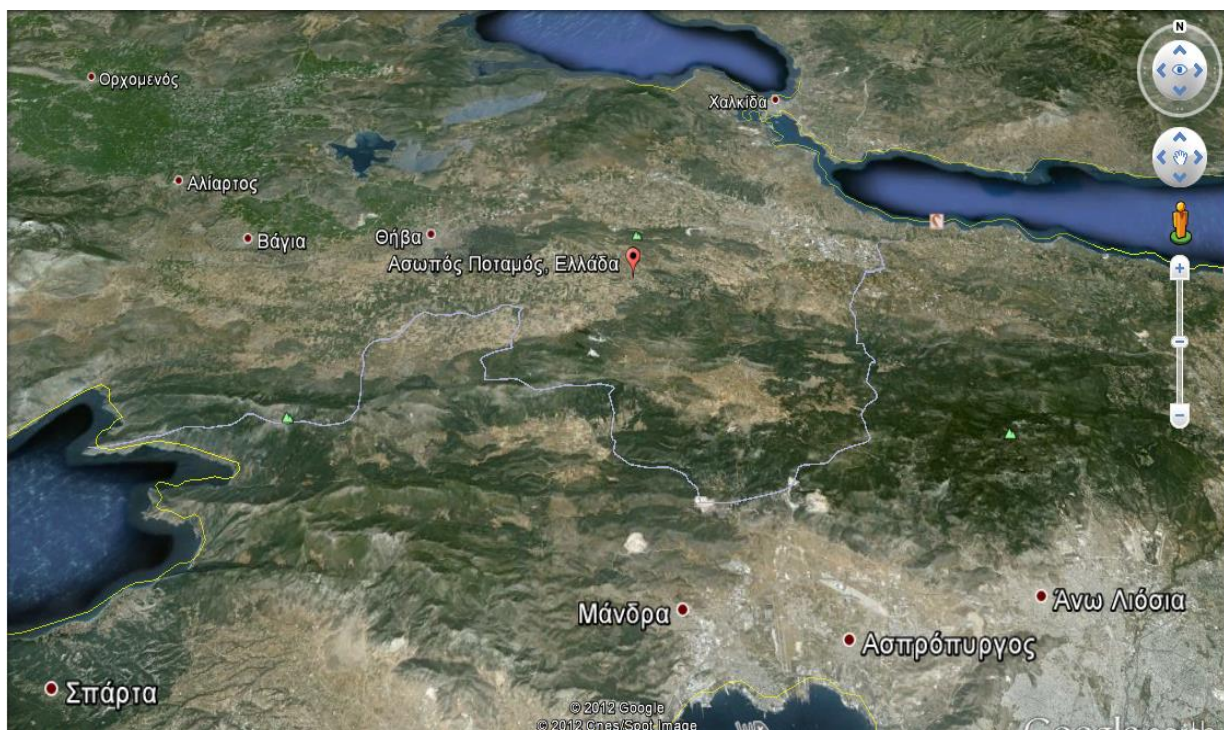
Σε ότι αφορά στην κατανομή των επιμέρους ιχνοστοιχείων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- **Ολικό χρώμιο** - οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην περιοχή της Αυλίδας (180 ppb) και ακολουθούν οι περιοχές εκατέρωθεν του Ασωπού, η ευρύτερη περιοχή του Ωρωπού καθώς και η περιοχή νοτιοανατολικά του Ασωπού έως τον Αυλώνα. Η μέγιστη τιμή εξασθενούς χρωμίου (156 ppb) βρέθηκε σε περιοχή πλησίον της κοίτης του Ασωπού, βόρεια του Αγίου Θωμά, ενώ ανάλογες τιμές καταγράφηκαν στην περιοχή της Αυλίδας και στην ευρύτερη περιοχή του Αυλώνα. Εκτιμάται με βεβαιότητα ότι, οι αυξημένες συγκεντρώσεις του εξασθενούς χρωμίου οφείλονται στην πλειοψηφία τους σε βιομηχανική ρύπανση.
- **Ολικός σίδηρος** – υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν δυτικά του Ωρωπού, νότια των Οиноφύτων, καθώς και μεταξύ Σχηματαρίου και Αυλίδας. Εκτιμάται ότι, οι αυξημένες συγκεντρώσεις του ολικού σιδήρου οφείλονται στην πλειοψηφία τους σε βιομηχανική ρύπανση, αφού συνδέονται και με άλλους ρυπαντικούς δείκτες και αυξημένες συγκεντρώσεις μετάλλων. Η αυξημένη συγκέντρωση που παρατηρήθηκε σε συγκεκριμένη περιοχή του Αυλώνα μπορεί να σχετίζεται με την παρουσία σιδηρονικελιούχου κοιτάσματος που εμφανίζεται επιφανειακά στην περιοχή.
- **Νικέλιο** – αυξημένες τιμές παρατηρούνται εκατέρωθεν της κοίτης του Ασωπού και νοτιοδυτικά της Οινόης. Η συγκεκριμένη κατανομή και παρουσία του νικελίου εκτιμάται με βεβαιότητα ότι προέρχεται από βιομηχανική εστία ρύπανσης.
- **Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)**- η παρουσία και κατανομή του ολικού οργανικού άνθρακα αποτελεί δείκτη ρύπανσης των υπογείων νερών από οργανικές ενώσεις. Παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές, έως και 7,5 mg/l στα νερά

του Ασωπού καθώς και αυξημένες συγκεντρώσεις σε γεωτρήσεις εκατέρωθεν της κοίτης του.

- **Άλλα μέταλλα, αρσενικό (As), μόλυβδος (Pb)**- Αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων αρσενικού και μολύβδου παρατηρήθηκαν σε μεμονωμένες γεωτρήσεις πλησίον του Ασωπού καθώς και στις περιοχές Σχηματάρι, Οινόφυτα και Αυλώνας. Οι περιπτώσεις αυτές αποδίδονται στην πλειοψηφία τους σε σημειακές και διάχυτες εστίες βιομηχανικής ρύπανσης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



Φωτογραφία 1

Η λεκάνη του Ασωπού ποταμού στο Νομό Κορινθίας καλύπτει συνολική έκταση 279 km² και έχει διεύθυνση Νότος-Βορράς. Ο Ασωπός ποταμός με συνολικό μήκος επιμήκους άξονα περίπου 45 km, πηγάζει από τα όρη του Νομού Αργολίδας της Νότιας

Κορινθίας και εκβάλλει στον Κορινθιακό κόλπο. Η λεκάνη του Ασωπού συνορεύει στο ΝΔ/κό τμήμα με τη κλειστή υδρολογική λεκάνη της Στυμφαλίας, από την οποία δέχεται μέρος των επιφανειακών απορροών της, μέσω των αρχαίων σηράγγων Σούρι και Πράθι. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται σε 509 m, που υποδηλώνει ότι μεγάλο τμήμα της βρίσκεται στην ορεινή ζώνη. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από δημογραφική κατάρρευση της υπαίθρου υπέρ των αστικών κέντρων της παράκτιας ζώνης (Κιάτο, Βέλο). Στη λεκάνη παρατηρείται επέκταση των δυναμικών καλλιεργειών και μείωση των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων. Επίσης στη δομή του παραγωγικού συστήματος εμφανίζεται αυξημένος ο τριτογενής τομέας στην παράκτια ζώνη, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα αγροτουριστικό κέντρο.

Οι υδατικές ανάγκες καλύπτονται από την εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων κυρίως της παράκτιας ζώνης και αυτό έχει συμβάλλει στην ποσοτική μείωση και την ποιοτική υποβάθμισή τους. Αυτό εκδηλώνεται με ταπείνωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, την εγκατάσταση αρνητικού ισοζυγίου, την αχρήστευση πολλών υδρομαστευτικών έργων και τη νιτρορρύπανση γεωργικής κυρίως προέλευσης.

Στη Σικυώνα (θέση Δέση) έχει κατασκευασθεί μικροφράγμα εκτροπής, απ' όπου το νερό με αύλακα (ΑΟΣΑΚ) οδηγείται και καλύπτει μέρος των αρδευτικών αναγκών σε όλη την παραλιακή πεδιάδα από Κιάτο μέχρι την Κόρινθο. Στην περιοχή αυτή εφαρμόζεται παραδοσιακά η μέθοδος των χειμερινών αρδεύσεων, που λειτουργεί ως τεχνητός εμπλουτισμός με ιδιαίτερη θετική συμβολή στην ενίσχυση του υδατικού ισοζυγίου του υδροφορέα της παράκτιας ζώνης. Η μέση κλίση της λεκάνης είναι 14,3%. Στο Σχήμα 1

φαίνεται ο γεωλογικός χάρτης της λεκάνης του Ασωπού ποταμού. Η μορφομετρική ανάλυση της λεκάνης έγινε χρησιμοποιώντας το ψηφιακό υπόβαθρο εδάφους με ισοδιάσταση 20 m με το ARCGIS 8.1.

1.1.12 Γεωλογία-Υδρογεωλογία

Γεωλογικά (Σχήμα 1) η λεκάνη του Ασωπού ποταμού περιλαμβάνει στο υπόβαθρό της τμήματα των ζωνών Τρίπολης (φλύσχης) και Πίνδου (ασβεστόλιθοι, φλύσχης). Οι νεώτερες αποθέσεις αποτελούνται από σχηματισμούς του Πλειοκαίνου (κροκαλοπαγή, μάργες, ψαμμίτες) και του Τεταρτογενούς (κροκαλοπαγή, κροκάλες, χάλικες, άμμοι, άργιλοι, ιλύες και μεικτές φάσεις αυτών). Εμβαδομέτρηση των γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης έδωσε: τεταρτογενείς αποθέσεις 77,5 km², λεπτομερείς πλειοκαινικές αποθέσεις (μάργες) 81 km², αδρομερείς πλειοκαινικές αποθέσεις κροκαλοπαγή, ψαμμίτες) 52,5 km², φλύσχης 9 km² και ασβεστόλιθοι- δολομίτες 59 km². Με βάση τα στοιχεία της υδρογεωλογικής έρευνας προκύπτει ότι στα κροκαλοπαγή και στις σύγχρονες αποθέσεις αναπτύσσονται σημαντικοί υδροφόροι ορίζοντες, οι αξιολογώτεροι των οποίων απαντώνται στα ιζήματα των χαλαρών αδρομερών αποθέσεων των ποταμοχειμάρρων. Παρατηρείται μετάβαση από αδρομερή υλικά προς λεπτομερή με την απομάκρυνση από την κοίτη του ποταμού. Το πάχος των προσχώσεων στην παράκτια ζώνη κυμαίνεται από 30- 70 m και εντός αυτών εντοπίζεται η παρουσία ενός φρεάτιου υδροφόρου και συστήματος πολλαπλών υδροφόρων υπό πίεση, που χαρακτηρίζεται από ετερογένεια και ανισοτροπία. Η τροφοδοσία του παράκτιου συστήματος γίνεται με απευθείας κατείσδυση νερού της βροχόπτωσης, διήθηση από την κοίτη του ποταμού, καθώς και υπόγειες πλευρικές μεταγγίσεις από τα ανάντη. Στην περιοχή της Νεμέας επίσης οι πλευρικές διηθήσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην τροφοδοσία του υδροφορέα. Σημαντικοί υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται και στα κροκαλοπαγή, τα οποία έχουν μεγάλο σχετικά πάχος (200 m). Η παροχή των γεωτρήσεων που έχουν ανορυχθεί σε αυτά κυμαίνεται από 40-200 m³/h. Η τεκτονική έχει συμβάλλει στην ανάπτυξη ψευδοκάρστ, που σε συνδυασμό με άλλες ευνοϊκές συνθήκες οδηγούν στη δημιουργία αξιόλογων υδροφόρων εντός των κροκαλοπαγών αυτών. Η ανάπτυξη του καρστικού υδροφορέα σε μεγάλα υψόμετρα στην υψηλή ζώνη δεν ευνοεί την αξιοποίησή του.

Η απόσταση ανάμεσα στην Αθήνα και τα Οινόφυτα είναι μόλις 40 km. Η κοντινή προς την Πρωτεύουσα περιφέρεια, στην οποία θα λέγαμε ότι ανήκει η περιοχή Οиноφύτων αποτελεί το πεδίο για την δορυφορική ανάπτυξη της βιομηχανίας γύρω από το μητροπολιτικό κέντρο. Το φαινόμενο της δορυφορικής ανάπτυξης οφείλεται σε δύο κατηγορίες αιτιών. Η πρώτη κατηγορία σχετίζεται με διάφορες εισροές και κέρδη που αντλεί η βιομηχανία από την Πρωτεύουσα, όπως είναι η προμήθεια πρώτων υλών, εργατικού δυναμικού και η διάθεση των τελικών παραγόμενων προϊόντων στην μεγάλη καταναλωτική αγορά της Αθήνας, με μικρό κόστος και χρόνο μεταφοράς. Στο άρθρο Οι Περιφερειακές Ανισότητες στην Ελλάδα: Μία εναλλακτική Μέθοδος Υπολογισμού των καθηγητών του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Γεωργίου Πετράκου και Γιάννη Ψυχάρη σημειώνεται το εξής: «Όσοι ταξιδεύουν επί του ΠΑΘΕ προς βορά διαπιστώνουν ότι μόλις κανείς διασχίσει τα σύνορα του νομού συναντά στο τρίγωνο Οινόφυτα – Σχηματάρι – Χαλκίδα μια μεγάλη βιομηχανική συγκέντρωση, η οποία αποτελείται κατά κανόνα από μεγάλα εργοστάσια. Την ίδια εικόνα συναντά κανείς στους Αγίους Θεοδώρους, όταν ταξιδεύει προς νότο και περάσει τα σύνορα της Αττικής προς το νομό Κορινθίας. Οι επιχειρήσεις σε αυτές τις βιομηχανικές συγκεντρώσεις ανήκουν σε επιχειρηματίες που κατοικούν στην Αθήνα, έχουν συχνά την έδρα τους στην Αθήνα, απασχολούν χιλιάδες εργαζομένους, οι οποίοι μετακινούνται καθημερινά από την Αθήνα (συχνά με λεωφορεία των επιχειρήσεων) και χρησιμοποιούν πρώτες ύλες, ενδιάμεσες εισροές και υπηρεσίες, που μικρή ή ελάχιστη σχέση έχουν με την οικονομία του νομού Βοιωτίας ή του νομού Κορινθίας.» Η δεύτερη κατηγορία αιτιών που δικαιολογεί το φαινόμενο της δορυφορικής ανάπτυξης αφορά στην επίδραση που υφίστανται οι γειτνιάζουσες προς την Αττική περιοχές, στην προκειμένη περίπτωση η περιοχή Οиноφύτων, λόγω της εγγύτητάς τους με αυτή. Αυτό σημαίνει ότι οι όποιες αλλαγές ή συνθήκες συμβαίνουν στην Αθήνα επηρεάζουν τότε άμεσα και τότε έμμεσα την περιοχή Οиноφύτων. Στη συνέχεια παραθέτονται δύο παραδείγματα προς τεκμηρίωση της παρατήρησης αυτής.

Η σημερινή εικόνα που παρουσιάζει η βιομηχανική ζώνη μοιάζει με τη μορφή δύο πτερυγίων που ξεκινούν από τον οικισμό Οινόφυτων και απλώνονται πάνω και κάτω από την εθνική οδό. Η ενότητα αυτή αποτελεί μία προσπάθεια καταγραφής των διαφόρων φάσεων ανάπτυξης της βιομηχανικής ζώνης καθώς επίσης και μία προσπάθεια ερμηνείας της υφιστάμενης κατάστασης μέσω μιας χρονολογικής σειράς αεροφωτογραφιών, μελετών και κρατικών ρυθμίσεων. Ξεκινώντας από το 1960, δύο χρόνια νωρίτερα από το άνοιγμα της εθνικής οδού, φαίνεται ότι η περιοχή γύρω από τον οικισμό παρουσιάζει μία καθαρά αγροτική χρήση γης, ενώ η κατοικήσιμη έκταση αναπτύσσεται ελεύθερα γύρω από το κέντρο του οικισμού. Μερικά χρόνια αργότερα, το γραφείο Δοξιάδη στη μελέτη του για το «Χωροταξικό Σχέδιο Περιοχής Πρωτεύουσας» πρότεινε την δημιουργία τριών βιομηχανικών περιοχών, στα Οινόφυτα, βόρεια της εθνικής οδού.

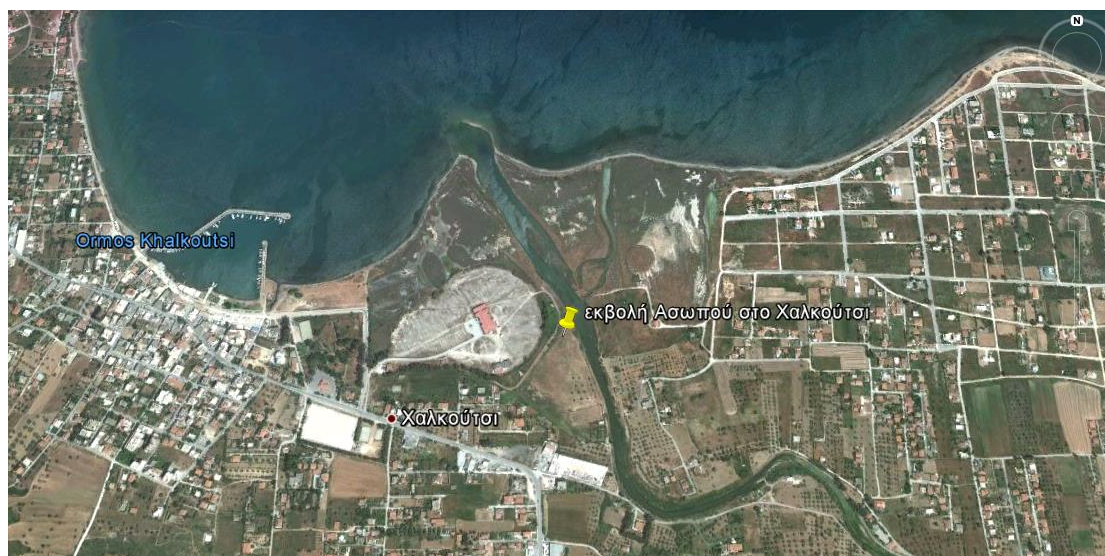
Το 1976 με εγκύκλιο του τότε Υπουργείου Βιομηχανίας απαγορεύεται η ίδρυση ή εγκατάσταση βιομηχανιών στην περιοχή Αγίου Θωμά – Ασωπού ποταμού - σιδηροδρομικής γραμμής – όρους Πάρνηθας. Λόγοι αυτής της απαγόρευσης ήταν: α) η αποφυγή πιθανής αποδυνάμωσης των τριών βιομηχανικών περιοχών που πρότεινε το γραφείο Δοξιάδη σε περίπτωση δημιουργίας περαιτέρω βιομηχανικών περιοχών. β) τα χαρακτηριστικά της περιοχής που προσφέρονται για γεωργική χρήση. γ) η μη ύπαρξη οδικού δικτύου ικανού να εξυπηρετήσει νέες βιομηχανικές μονάδες. δ) η προστασία των υδάτων του Αγίου Θωμά που υδροδοτούσαν τότε τμήματα της Πρωτεύουσας. Το πλαίσιο αυτό τηρήθηκε στο μεγαλύτερο βαθμό. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η ΕΛΒΙΕΜΕΚ (Βιομηχανία Πυρομαχικών) που εγκαταστάθηκε σε τμήμα της ορισμένης από την εγκύκλιο περιοχής που ανήκει στον νομό Αττικής. Σήμερα δεν λειτουργεί. Τα εργαστήρια της ΕΛΒΙΕΜΕΚ ήταν υπόγεια για την αποφυγή ατυχημάτων και μοναδικές εμφανείς εγκαταστάσεις ήταν μερικά μικρά κτίσματα αποθηκών που βρίσκονταν σε απόσταση μεταξύ τους ώστε σε περίπτωση έκρηξης να αποφευχθούν αλληπάλληλες εκρήξεις λόγω επαφής μεταξύ των αποθηκών πυρομαχικών. Το 1987 είναι ήδη εμφανής μία σημαντική συγκέντρωση βιομηχανιών εκατέρωθεν της βιομηχανικής οδού. Οι περισσότερες από αυτές μετεγκαθίστανται από την Αθήνα.

Το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (Γ.Π.Σ.) του 1988 όριζε Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) για την εκτός σχεδίου περιοχή, όπου πρότεινε τη δημιουργία τριών βιομηχανικών πάρκων. Το 1992 συντάχθηκε Ειδική Χωροταξική Μελέτη (Ε.Χ.Μ.) «Εξυγίανσης Ευρύτερης Περιοχής Οиноφύτων Ν. Βοιωτίας και Ν. Ευβοίας» για τον καθορισμό Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) κατωτάτου ορίου κατάτμησης και λοιπών όρων και περιορισμών δόμησης στην εκτός εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου περιοχή.

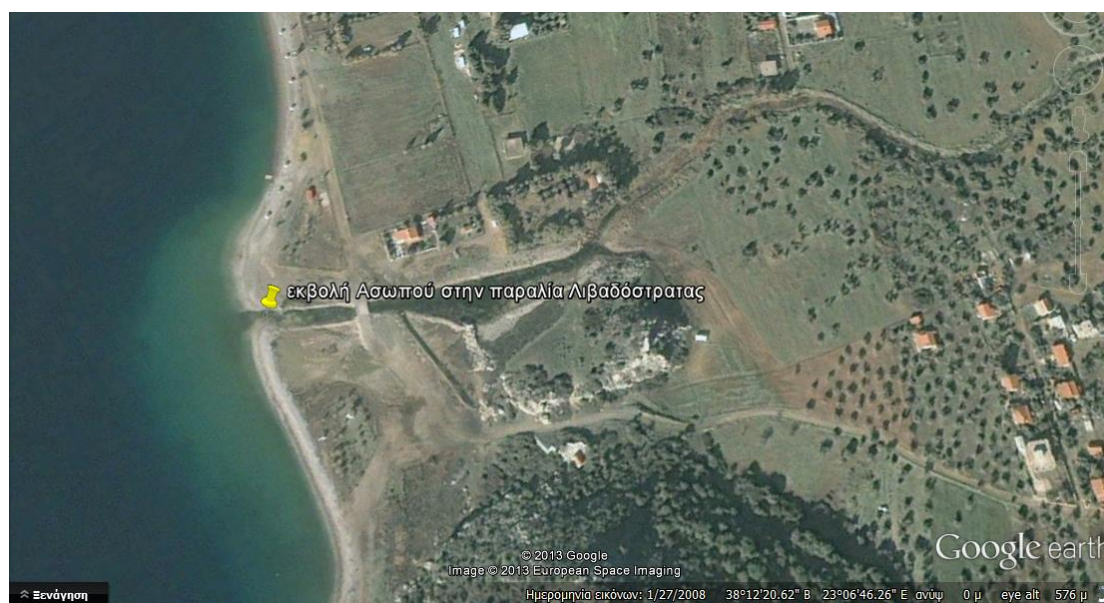
Η Ε.Χ.Μ. δεν εγκρίθηκε αλλά εφαρμόζεται. Στην μελέτη αυτή οι βιομηχανικές περιοχές διαιρούνται σε ζώνες όχλησης και προβλέπονται περιοχές για γεωργική ή άλλη χρήση. Στο σημείο αυτό αναφέρουμε το ρόλο των Ε.Χ.Μ. «Στη χώρα μας, η ανάγκη ρύθμισης των χρήσεων γης της υπαίθρου είναι έντονη λόγω ύπαρξης δύο βασικών ιδιομορφιών. Η πρώτη αφορά την νομοθεσία που ισχύει για την εκτός σχεδίου δόμηση η οποία έχει ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στην ορθολογική χρήση του χώρου καθότι, δίνει το δικαίωμα στον οποιονδήποτε διαθέτει μία ιδιοκτησία στην εκτός σχεδίου περιοχή να μπορεί να κτίσει. Η δεύτερη αφορά το μεγάλο ποσοστό μικροιδιοκτησίας, η οποία έχοντας ως στόχο την αύξηση της γαιοπροσόδου εντείνει τις πιέσεις των δυνατοτήτων δόμησης, ώστε να δημιουργούνται εισοδήματα για όλους.»

Για τις Ε.Χ.Μ. δεν υπήρξε ποτέ μηχανισμός θεσμοθέτησης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι Ζ.Ο.Ε. ως εργαλείο θεσμοθέτησης τους. Οι Ζ.Ο.Ε. δεν προτείνουν χωροθέτηση ζωνών δραστηριοτήτων για περιοχές που δεν παρουσιάζουν κάποια δόμηση, αλλά επιβεβαιώνουν τις τάσεις που ήδη υπάρχουν. Παρομοίως, στην άτυπη βιομηχανική ζώνη Οиноφύτων, η Ζ.Ο.Ε. επιβεβαίωσε την ήδη υφιστάμενη κατάσταση, που δημιουργήθηκε τότε αυθαίρετα και τότε καθοδηγούμενη. Οι χρήσεις γης που προτείνονται στην Ε.Χ.Μ. φαίνεται να συμβαδίζουν με την σημερινή διαμορφωμένη κατάσταση.

Ο Ασωπός ποταμός έχει δύο εκβολές, μία στο Χαλκούτσι (φωτογραφία 2) και μία στην παραλία της Λιβαδόστρατας (φωτογραφία 3)



Φωτογραφία 2: εκβολή του Ασωπού στο Χαλκούτσι



Φωτογραφία 3 : εκβολή του Ασωπού στην παραλία της Λιβαδόστρατας

Υδροφόροι ορίζοντες-Ροή υπογείων υδάτων

Σύμφωνα με την μελέτη του ΙΓΜΕ (Γιαννόπουλος, 2008β) τα ετήσια ανανεώσιμα υδατικά αποθέματα σε όλη την έκταση της λεκάνης του Ασωπού ανέρχονται περίπου σε $144 \times 10^6 \text{ m}^3$ από τα οποία τα 111 αντιστοιχούν σε καρστικούς ενώ τα $32 \times 10^6 \text{ m}^3$ σε προσχωματικούς - κοκκώδεις υδροφόρους σχηματισμούς (Μόρφης, 1995). Το υδατικό δυναμικό του συγκεκριμένου υδροσυστήματος είναι σημαντικά υψηλότερο εάν ληφθούν υπόψη και τα μόνιμα - γεωλογικά αποθέματα του υπόγειου νερού.

Στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού αναπτύσσονται δυο κύριοι υδροφόροι ορίζοντες:

1. Ο ανώτερος κοκκώδης υδροφόρος εντός των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων, και
2. Ο βαθύτερος καρστικός εντός των ανθρακικών των Τριαδικό - Ιουρασικών ασβεστολίθων (που εκτείνεται σχεδόν σε όλη την ευρύτερη περιοχή μελέτης, από τις παρυφές της Πάρνηθας έως τις πηγές των Αγ.Αποστόλων - Καλάμου), ο οποίος στο πεδινό τμήμα Αυλώνα - Σχηματαρίου - Οινοφύτων καλύπτεται από Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα.

Επίσης, προσχωματικοί ελεύθεροι υδροφόροι, αναπτύσσονται σε αποθέσεις εκατέρωθεν της κοίτης του Ασωπού, και στα παράκτια προσχωματικά πεδία του Ωρωπού και στην Αυλίδα. Ο υδάτινος αποδέκτης των υπερκείμενων Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων είναι σε γενικές γραμμές ο άξονας του Ασωπού ποταμού, καθώς και ο υποκείμενος καρστικός υδροφόρος ορίζοντας ο οποίος με την σειρά του εκφορτίζεται στις πηγές των Αγ. Αποστόλων Καλάμου.

Οι παραπάνω υδροφόροι ορίζοντες τροφοδοτούνται :

1. Ο μεν ανώτερος από τα κατεισδύοντα νερά της βροχής και από τις διηθήσεις χειμαρρικών υδάτων, συμπεριλαμβανομένου και του Ασωπού ποταμού, και
2. Ο βαθύτερος καρστικός από τις Β.Α παρυφές της Πάρνηθας, από κατακόρυφες διηθήσεις σε τμήματα όπου παρουσιάζει επιφανειακή ανάπτυξη στην ευρύτερη

περιοχή του Ασωπού, καθώς επίσης και από κατακόρυφες μεταγγίσεις από τον υπερκείμενο κοκκώδη υδροφόρο των Πλειο - Πλειστοκαινικών ιζημάτων, ιδιαίτερα στην περιοχή δυτικά των Οиноφύτων.

Η ροή των υπογείων υδάτων στον ανώτερο κοκκώδη υδροφόρο διαμορφώνεται από τις εκάστοτε πιεζομετρικές συνθήκες και τις ασκούμενες πιέσεις. Σε γενικές γραμμές παρατηρείται μια "υδραυλική καταβόθρα" δυτικά των Οиноφύτων, η οποία φαίνεται να αποτελεί τον βασικότερο αποδέκτη της ροής των υπογείων νερών του κοκκώδους υδροφόρου προς τον υποκείμενο καρστικό υδροφόρο. Τα διηθούμενα αυτά νερά στην συνέχεια, ακολουθούν την κατεύθυνση της ροής των υπογείων νερών του υποκείμενου καρστικού υδροφόρου ορίζοντα βορειοανατολικά προς την περιοχή της Μαυροσουβάλας, όπου απαντούν και τα υδροληπτικά έργα του πεδίου των υδρογεωτρήσεων της ΕΥΔΑΠ, και στην συνέχεια εκβάλλουν ανατολικότερα στις υφάλμυρες πηγές του Καλάμου Αττικής.

Η κίνηση των νερών στο καρστικό υδροσύστημα σε γενικές γραμμές έχει κατεύθυνση ανατολική - βορειοανατολική και αφού διέλθει από την ευρύτερη περιοχή της Μαυροσουβάλας έχει ως τελικό αποδέκτη τις ανωτέρω πηγές (Δούνας κ.α. 1978). Η συγκεκριμένη κατεύθυνση ροής των υπόγειων νερών, και η υδραυλική σχέση μεταξύ του κοκκώδους και του υποκείμενου καρστικού υδροφόρου επιτρέπει τον χαρακτηρισμό του τελευταίου ως υδροφόρου υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας από ρυπογόνες εστίες και δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην ευρύτερη λεκάνη του Ασωπού.

1.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Με βάση την μελέτη του ΙΓΜΕ (Γιανουλόπουλος, 2008β) τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπογείων νερών εξετάστηκαν και ταξινομήθηκαν σε δύο διαφορετικές ενότητες, στα κύρια ιόντα και στα ιχνοστοιχεία. για την κατανομή των κύριων ιόντων διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- 1) Τα υπόγεια νερά είναι στην πλειονότητά τους βεβαρημένα σε νιτρικά ιόντα με συγκεντρώσεις διπλάσιες περίπου από τα θεσμοθετημένα όρια του πόσιμου νερού των 50mg/L. Επίσης, αυξημένη είναι και η συγκέντρωσή τους σε χλωριόντα, ενώ κατά μήκος του Ασωπού παρατηρήθηκε και αύξηση σε φωσφορικά ιόντα. Επιπλέον, σε ορισμένες περιοχές καταγράφηκαν και αυξημένες τιμές νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων.
- 2) Η προέλευση των νιτρικών ιόντων είναι κυρίως αγροτοχημική (αζωτούχα λιπάσματα), ενώ η παρουσία νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων αποδίδεται σε αστικές και βιομηχανικές εστίες ρύπανσης.
- 3) Σε βιομηχανικές εστίες ρύπανσης αποδίδονται και οι αυξημένες τιμές των χλωριόντων και των φωσφορικών ιόντων. Η αύξηση των χλωριόντων στους προσχωματικούς παράκτιους υδροφορείς του Ωρωπού και της Αυλίδας αποδίδεται στον μηχανισμό της υπαλμύρωσης.

Για την κατανομή των διαφόρων ιχνοστοιχείων και μετάλλων διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- 1) Καταγράφηκαν αυξημένες τιμές διαφόρων μετάλλων και ιχνοστοιχείων, όπως το ολικό και το εξασθενές χρώμιο, το νικέλιο και ο σίδηρος και σε περιορισμένες αναλύσεις το αρσενικό και ο μόλυβδος. Τα ιχνοστοιχεία που ανιχνεύτηκαν παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά μήκος και εκατέρωθεν του Ασωπού, στην περιοχή του Ωρωπού, καθώς και στην περιοχή της Αυλίδας.
- 2) Ολικό χρώμιο (Cr_{tot}). Οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στην περιοχή της Αυλίδας (180 ppb) και ακολουθούν οι περιοχές εκατέρωθεν του Ασωπού (40 - 107 ppb) μέχρι

την ευρύτερη περιοχή του Ωρωπού (17 - 85 ppb), καθώς και η περιοχή νοτιοανατολικά του Ασωπού μέχρι την ευρύτερη περιοχή του Αυλώνα (20 - 118 ppb).

Οι παραπάνω μετρήσεις επιτρέπουν την εκτίμηση ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι αυξημένες αυτές τιμές του ολικού χρωμίου είναι αποτέλεσμα βιομηχανικής ρύπανσης. Αυξημένες τιμές χρωμίου παρατηρήθηκαν και σε γεώτρηση η οποία βρίσκεται πλησίον της κοίτης του Ασωπού βόρεια του Αγ. Θωμά (163 ppb).

3) Επισημαίνεται ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις του ολικού χρωμίου καταγράφηκαν στην περιοχή νότια και νοτιοανατολικά του Ασωπού, η οποία ταυτίζεται με την βασική διεύθυνση της ροής των υπογείων νερών στον καρστικό υδροφόρο και όχι ανάντη αυτής, όπως η περιοχή βορειοδυτικά του Ασωπού δηλαδή η περιοχή Οινόης - Σχηματαρίου.

4) Οι συγκεντρώσεις του εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) παρουσιάζουν κατανομή ανάλογη με αυτή του ολικού χρωμίου. Οι μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν ανέρχονται σε 156 ppb σε γεώτρηση που βρίσκεται πλησίον της κοίτης του Ασωπού, βόρεια του Αγ. Θωμά. Ανάλογες τιμές παρουσιάζουν και οι γεωτρήσεις και τα φρέατα στην περιοχή της Αυλίδας (140 ppb), καθώς επίσης και στην ευρύτερη περιοχή του Αυλώνα (μέχρι 108 ppb). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις του εξασθενούς χρωμίου που προαναφέρθηκαν εκτιμάται με βεβαιότητα ότι είναι στην πλειοψηφία τους αποτέλεσμα βιομηχανικής ρύπανσης. Παρόλα αυτά, σημειώνεται ότι είναι πιθανή και η παρουσία χρωμίου φυσικής προέλευσης, αλλά τα διαθέσιμα στοιχεία δεν επιτρέπουν τον ασφαλή χαρακτηρισμό του.

5) η κατανομή του Ολικού Σιδήρου (Fe_{tot}) παρουσιάζει ανάλογα χαρακτηριστικά με τις προηγούμενες κατανομές, αλλά και με σαφείς διαφοροποιήσεις. Υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν δυτικά του Ωρωπού στην ευρύτερη περιοχή της Χρυσοπηγής (μέχρι 1900 ppb) σε συγκεκριμένη περιοχή του Αυλώνα (2500 ppb), νότια των Οινόφυτων καθώς και μεταξύ Σχηματαρίου και Αυλίδας (2000 ppb). Η αυξημένη συγκέντρωση στην περιοχή του Αυλώνα φαίνεται επιπροσθέτως να επηρεάζεται από την παρουσία του σιδηρονικελιούχου κοιτάσματος το οποίο εμφανίζεται επιφανειακά, νότια του Αυλώνα, ενώ οι αυξημένες τιμές στις υπόλοιπες περιοχές εκτιμάται ότι στην πλειοψηφία τους

είναι αποτέλεσμα βιομηχανικής ρύπανσης, αφού συνοδεύονται και με άλλους ρυπαντικούς δείκτες και αυξημένες συγκεντρώσεις μετάλλων.

6) Αυξημένες τιμές Νικελίου(Ni) παρατηρούνται εκατέρωθεν της κοίτης του Ασωπού (μέχρι 54 ppb) καθώς και νοτιοδυτικά της Οινόης, ενώ δεν παρατηρήθηκαν στις περιοχές της Αυλίδας και του Ωρωπού οι οποίες αντίθετα έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις χρωμίου και άλλων ιόντων. Η συγκεκριμένη κατανομή του νικελίου αποτελεί χαρακτηριστικό δείκτη ρύπανσης και η παρουσία του εκτιμάται με βεβαιότητα ότι σχετίζεται άμεσα με βιομηχανικές εστίες ρύπανσης που λαμβάνουν χώρα εντός της ευρύτερης βιομηχανικής ζώνης του Ασωπού.

7) Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC). Η παρουσία και κατανομή του Ολικού Οργανικού Άνθρακα αποτελεί δείκτη ρύπανσης των υπόγειων νερών από οργανικές ενώσεις. Οι μετρήσεις έδειξαν υψηλές τιμές, έως και 7.5 mg/L στα νερά του Ασωπού, καθώς και αυξημένες τιμές σε γεωτρήσεις εκατέρωθεν της κοίτης του και επίσης σε γεωτρήσεις οι οποίες έδειξαν αντίστοιχα υψηλές συγκεντρώσεις και άλλων ρυπογόνων μετάλλων και ιόντων. Η κατανομή του και ειδικότερα η σύσταση των επιμέρους οργανικών ενώσεων που συμμετέχουν, χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης σύμφωνα με τις προδιαγραφές και υποδείξεις της Οδηγίας 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

8) Άλλα μέταλλα (αρσενικό και μόλυβδος). Αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων αρσενικού και μολύβδου παρατηρήθηκαν σε μεμονωμένες γεωτρήσεις πλησίον του Ασωπού και στις περιοχές Σχηματαρίου, Οινοφύτων και Αυλώνα.

Οι υψηλές αυτές τιμές αποδίδονται στην πλειοψηφία τους σε σημειακές και διάχυτες εστίες βιομηχανικής ρύπανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΧΡΩΜΙΟ

Το χρώμιο είναι ένα σημαντικό βιομηχανικό μέταλλο που χρησιμοποιείται σε ποικίλα προϊόντα και διαδικασίες. Σε πολλές τοποθεσίες, το Cr έχει ελευθερωθεί στο περιβάλλον μέσω διαρροής, φτωχής αποθήκευσης ή ακατάλληλης πρακτικής διάθεσης. Μέσα στο περιβάλλον, το Cr συναντάται αρχικά σε δύο (2) καταστάσεις οξείδωσης: Cr(VI) και Cr(III). Το Cr(VI) είναι σχετικά κινητό στο περιβάλλον και είναι τοξικό, μεταλλαξιογόνο, τερατογόνο και καρκινογόνο. Αντίθετα, το Cr(III) έχει σχετικά χαμηλή τοξικότητα και είναι ακίνητο κάτω από μέτρια αλκαλικές μέχρι ελαφρώς όξινες καταστάσεις.

Ανησυχίες για τις επιπτώσεις του χρωμίου στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον απαιτούν μία αξιολόγηση του δυνητικού κινδύνου της εισόδου του χρωμίου στο σύστημα ροής των υπογείων υδάτων αλλά και της μεταφοράς του πέρα από τα όρια συμμόρφωσης. Σε τοποθεσίες όπου υπάρχουν αυτές οι δυνατότητες, χρησιμοποιούνται ενεργά βελτιωτικά μέτρα όπως η ανασκαφή, ή το pump and treat (άντληση και θεραπεία).

Η εμπειρία σε τοποθεσίες όπου λαμβάνει χώρα η αποκατάσταση με pump and treat για υπόγεια νερά μολυσμένα με χρώμιο και είναι προσωρινά σε εξέλιξη προτείνει ότι, παρόλο που είναι εφικτό να απομακρύνουμε υψηλά επίπεδα χρωμίου από την διεπιφάνεια, όσο οι συγκεντρώσεις μειώνονται, γίνεται πιο δύσκολο να απομακρυνθεί το χρώμιο που παραμένει. Καθώς αρκετές καινούριες βελτιωτικές τεχνολογίες ερευνούνται, δεν υπάρχει ανησυχία για το κόστος μίας τέτοιας βελτιωτικής τεχνολογίας και σε πολλές τοποθεσίες υπάρχει αναμέτρηση-συζήτηση για την ανάγκη ακριβής αποκατάστασης.

Ερευνητές έχουν αναγνωρίσει ότι φυσικά αναγωγικά μπορούν να μεταμορφώσουν την πιο τοξική εξασθενή μορφή του χρωμίου σε λιγότερο τοξική τρισθενή μορφή. Υπό αλκαλικές ή ελαφρώς όξινες συνθήκες, το Cr(III) κατακρημνίζεται σαν ένα αδιάλυτο

υδροξείδιο, καθηλώνοντάς το έτσι μέσα στο χώμα. Τέτοια «φυσική εξασθένηση» του εξασθενούς χρωμίου είναι εξαιρετικού ενδιαφέροντος επειδή υποδηλώνει ότι αυστηρά μέτρα ποιότητας νερού δεν χρειάζεται να επιτυγχάνονται παντού εντός και κάτω από την τοποθεσία. Εάν προκύψει φυσική εξασθένηση, η αποκατάσταση με το pump and treat μπορεί να απέχει, αφού απομακρυνθεί το πιο μολυσμένο υπόγειο νερό, ακόμα και αν το μέγιστο επίπεδο μόλυνσης (MCL) δεν έχει επιτευχθεί. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, ακριβά (με αυξημένο κόστος) μέτρα αποκατάστασης μπορεί να μην είναι καν απαραίτητα.

2.1 Η ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ

Το χρώμιο υπάρχει σε καταστάσεις οξείδωσης που κυμαίνονται από +6 μέχρι -2, ωστόσο, μόνο οι +6 και +3 καταστάσεις οξείδωσης απαντώνται στο περιβάλλον συχνά.

2.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ Cr(VI)

Το Cr(VI) είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό και εξασθενεί στην παρουσία δωτών ηλεκτρονίων. Οι δότες ηλεκτρονίων βρίσκονται συχνά σε εδάφη που περιέχουν υδατικό Fe(II), σιδηρούχα ορυκτά σιδήρου, μειωμένη περιεκτικότητα σιδήρου και οργανική ουσία του εδάφους.

Η αντίδραση της εξασθένησης του χρωμίου είναι πολύ γρήγορη στις χρονικές κλίμακες ενδιαφέροντος για τα περισσότερα περιβαλλοντικά προβλήματα με την αντίδραση να φτάνει στην ολοκλήρωση σε λιγότερο από πέντε (5) λεπτά ακόμα και υπό την παρουσία διαλυμένου οξυγόνου.

Πολυάριθμα μέταλλα στα γεωλογικά υλικά περιέχουν σιδηρούχο σίδηρο που είναι δυνητικά διαθέσιμο για τη μείωση του εξασθενούς χρωμίου. Αυτά τα ανόργανα συστατικά που περιέχουν σίδηρο μπορεί να είναι πυριτικά άλατα, οξείδια, ή

σουλφίδια. Οξειδία του σιδήρου όπως ο μαγνητίτης περιέχουν σίδηρο ως ένα σημαντικό συστατικό, εντούτοις, ο αιματίτης μπορεί να περιέχει μικρές ποσότητες (FeO). Σε σουλφιδικά ορυκτά όπως ο πυρίτης (FeS_2), τόσο τα σιδηρούχα σιδήρου όσο και το σουλφίδιο δραστηριοποιούνται στη μείωση του εξασθενούς χρωμίου.

Υπάρχουν ορισμένες βασικές πειραματικές δυσκολίες στη μελέτη υπόγειων υδάτων / αλληλεπιδράσεις ορυκτών καυσίμων όπως εκείνες που μόλις αναφέρθηκαν που έχουν κάποια σχέση με τη μεταφορά της γνώσης στον τομέα. Αν και οι διαδικασίες μπορούν, σε ορισμένες περιπτώσεις να ερμηνεύονται από τα δεδομένα σχετικά με τις αντιδράσεις ορυκτών, τα ίδια τα ποσοστά μπορεί να είναι άχρηστα. Μια βασική δυσκολία στη μελέτη των αντιδράσεων ορυκτών στο εργαστήριο είναι ότι το ποσοστό της αντίδρασης εξαρτάται από το πώς προετοιμάστηκε η στερεά φάση.

Ο δεύτερος βασικός παράγοντας στην εφαρμογή της φυσικής εξασθένησης του Cr (VI) είναι το ποσοστό μείωσης σε σχέση με το ποσοστό της μεταθετικής μεταφοράς στο υπέδαφος. Ο χρόνος για την αντίδραση αναγωγής για την μείωση της συγκέντρωσης από την αρχική του συγκέντρωση, CO, σε κάποια συγκέντρωση στόχο όπως πρότυπο πόσιμο νερό, θα πρέπει να είναι μικρότερη από τον χρόνο παραμονής των μολυσμένων υδάτων στο τμήμα του υδροφορέα μεταξύ της πηγής του Cr (VI) και του σημείου συμμόρφωσης.

Ένας τρίτος παράγοντας που αφορά την φυσική εξασθένηση του Cr (VI) είναι η πιθανή οξειδωση του Cr (III) προς την πιο τοξική εξασθενή μορφή. Ενώ η μόλυνση εισέρχεται ενεργά στο υπέδαφος, οι συνθήκες μπορεί να ευνοήσουν την μείωση του Cr (VI) σε Cr (III). Μετά την απομάκρυνση της πηγής της δραστηρικής μόλυνσης, όμως, χημικές παράμετροι εντός του υδροφόρου ορίζοντα, και ιδίως το pH, μπορεί να αλλάξουν. Υπό τις νέες συνθήκες, οξειδωση του Cr (III) μπορεί να ευνοείται. Έτσι, το έδαφος που περιέχει Cr (III) το οποίο σχηματίζεται κατά την διάρκεια της ενεργούς φάσης μόλυνσης μπορεί να γίνει μια πηγή του Cr (VI).

Τόσο η οξειδωση όσο και η μείωση του χρωμίου συμβαίνουν ταυτόχρονα στο υπόστρωμα της επιφάνειας, στο πλαίσιο ενός γεωχημικού κύκλου.

2.3 Η ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ

Πρέπει να αποδειχθεί ότι το ποσό του Cr (VI) στον υδροφόρο ορίζοντα δεν πρέπει να υπερβαίνει την ικανότητα του εδάφους για την μείωση του χρωμίου αυτού. Ως εκ τούτου ένα σημαντικό πρώτο βήμα στην αξιολόγηση των δυνατοτήτων για την φυσική εξασθένηση είναι να προσδιοριστεί η μάζα του Cr (VI) στο έδαφος. Το χρώμιο υπάρχει στο υπέδαφος, είτε σε διάλυμα είτε σε συνδυασμό με τη στερεά φάση. Τα υδατικά δείγματα, που είναι και τα πιο συχνά, προέρχονται από πηγάδια παρακολούθησης. Εναλλακτικά, διαχωρίζεται το νερό το κομμάτι του εδάφους, είτε με φυγοκέντρωση είτε με συμπίεση.

Το pH των υδάτων αυτών θα πρέπει να μετρηθεί ώστε να διαπιστωθεί εάν είναι εντός του εύρους (5,5 έως 12) έτσι ώστε να ασφαλιστεί ότι οι συγκεντρώσεις του Cr (III) είναι μικρότερες από 1 μM (0,05 mg / L).

Το Cr (VI) που συνδέεται με το έδαφος ίσως προσροφηθεί από επιφάνειες ορυκτών(κυρίως οξειδία του σιδήρου) ή καταβυθίζεται με τη μορφή ορυκτών. Δεν υπάρχει καμία συγκεκριμένη μέθοδος για τον καθορισμό του κάθε κλάσματος Cr(VI) ωστόσο, οι προσδιορισμοί έγιναν με την χρήση διαδοχικών εκχυλίσεων.

Μια πρώτη άντληση νερού εξυπηρετεί στην απομάκρυνση του νερού που παραμένει στους πόρους και στην διάλυση εξαιρετικά διαλυτών ορυκτών χρωμίου που βρίσκονται στο έδαφος ή μπορεί να κατακρημνήθηκαν ως αποτέλεσμα της εξάτμισης κατά το χειρισμό των δειγμάτων και της αποθήκευσης. Αυτή η εξόρυξη νερού επίσης απομακρύνει απορροφημένα ιόντα.

2.3.1 Μάζα του Cr (III) στο υπέδαφος

Αν όλη η ποσότητα του χρωμίου που εισχωρούσε στο έδαφος ήταν Cr (VI), τότε αποδεικνύοντας την παρουσία του Cr (III) στο έδαφος θα αποδεικνυόταν η μείωσή του. Η μάζα του Cr (III), στο έδαφος μπορεί να παρέχει ένα μέτρο του ποσού της μείωσης που έχει συνέβη. Παρά το γεγονός ότι η απόδειξη της μείωσης του χρωμίου είναι αναγκαία, δεν αρκεί για να αποδειχθεί ότι η φυσική εξασθένηση θα προστατεύσει επαρκώς το περιβάλλον.

Το συνολικό ποσό του Cr (III) που υπάρχει στο χώμα είναι το άθροισμα της μάζας σε διάλυμα καθώς και η μάζα που συνδέεται με την στερεή φάση. Το συνολικό χρώμιο σε διάλυμα μπορεί να καθορίζεται από φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης (AAS) ή επαγωγικά σε συνδυασμό με φασματοσκοπία πλάσματος (ICP). Όταν το ολικό χρώμιο είναι στατιστικώς μεγαλύτερο από Cr (VI), το Cr (III) μπορεί απλά να προσδιορίζεται από τη διαφορά.

2.3.2 Προσδιορισμός των ενδεχόμενων αναγωγέων

Η παρουσία του Cr (III), στο έδαφος ίσως είναι ενδεικτική της ενεργής μείωσης στο έδαφος, ή μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της εξουδετέρωσης των όξινων υδάτων που περιέχουν Cr (III) με επακόλουθη καθίζηση των υδροξειδίων του χρωμίου. Ως εκ τούτου, η αναγνώριση ιδιαίτερων αναγωγικών εντός του υδροφορέα είναι δικαιολογημένη. Ο προσδιορισμός ορισμένων πιθανών αναγωγικών σε μια τοποθεσία μπορεί να είναι αρκετά απλή, σε ορισμένες περιπτώσεις. Για παράδειγμα, ο σιδηροπυρίτης, ένα κοινό συστατικό σε πολλά γεωλογικά υλικά, είναι εύκολα αναγνωρίσιμος από τα οπτικά χαρακτηριστικά του. Άλλες φάσεις ορυκτών ικανές να μειώσουν το Cr (VI) μπορούν να αναγνωριστούν με τη χρήση κλασικών πετρογραφικών τεχνικών ή σκόνη διάθλασης ακτίνων Χ.

Το Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση μορφολογίας κρυσταλλινών. Τα μικροσκόπια αυτά, τα οποία είναι εξοπλισμένα με την ενέργεια διασποράς φασματοσκοπίας ακτίνων Χ μπορεί να παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με τη στοιχειώδη σύνθεση αυτών των κρυσταλλινών. Τα πρότυπα περίθλασης ηλεκτρονίων, τα οποία προέρχονται από τη διαβίβαση μικροσκοπίων, παρέχουν κρυσταλλογραφικές πληροφορίες.

Τέτοιες μέθοδοι ηλεκτρονικής μικροσκοπίας μπορούν, ωστόσο, να είναι σχετικά ακριβές. Μια αρκετά απλή και ανέξοδη δοκιμή για οργανικό άνθρακα μπορεί να παρέχει ένα μέτρο της ποσότητας του άνθρακα που είναι διαθέσιμος για την μείωση του Cr (VI). Η γνώση του συγκεκριμένου αναγωγέα εντός του υδροφόρου είναι χρήσιμη για τον καθορισμό της χρονικής κλίμακας για τη μείωση του Cr (VI). Τα εδάφη που περιέχουν σουλφίδια σιδήρου ή οργανική ύλη είναι πιο πιθανό να μειώσουν το Cr (VI) μέσα στην χρονική κλίμακα ενδιαφέροντος απ' ό,τι τα εδάφη που περιέχουν σιδηρούχα πυριτικά άλατα σιδήρου.

2.3.3 Μείωση της παραγωγικής ικανότητας του υδροφόρου ορίζοντα

Η επαρκής προστασία του περιβάλλοντος από την φυσική εξασθένηση του Cr (VI) απαιτεί το έδαφος να έχει μία αρκετά μεγάλη ικανότητα μείωσης όλης της ποσότητας εξασθενούς χρωμίου στην πηγή της περιοχής. Αρκετά μέτρα για την πρόβλεψη της μείωσης του Cr (VI) στο έδαφος παρουσιάζονται από τους Bartlett και James (1988) και Bartlett (1991). Ένα μέτρο της ανώτατης ποσότητας του Cr (VI) που μπορεί να μειωθεί ανά μονάδα μάζας του υδροφόρου ορίζοντα, η «συνολική ικανότητα μείωσης του Cr (VI)», μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την κλασική μέθοδο Walkley-Black για τον καθορισμό του οργανικού άνθρακα στο έδαφος (Bartlett και James, 1988). Αν και αυτή η μέθοδος προσδιορισμού του οργανικού άνθρακα στο έδαφος έχει τα όριά του (π.χ. Nelson και Sommers, 1982), αποτελεί ένα ευθύ μέτρο της ποσότητας του Cr (VI) που μπορεί να μειωθεί από ένα έδαφος σε ακραίες συγκεντρώσεις οξέος. Παραλλαγές αυτής

της μεθόδου χρησιμοποιούν θερμότητα ή συνδυασμό θερμότητας και πίεσης (Nelson και Sommers, 1982). Οι Barcelona και Helm (1991) χρησιμοποίησαν μια διαδικασία τροποποιημένου κλειστού σωλήνα απαίτησης χημικού οξυγόνου (US EPA, 1979) για τον προσδιορισμό των ικανοτήτων μείωσης.

Οι ακραίες συνθήκες pH και θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται για τις δοκιμές της ικανότητας συνολικής μείωσης Cr (VI) μπορεί να δώσει μεγαλύτερη ικανότητα μείωσης από ό,τι θα ήταν διαθέσιμη κάτω από τις περισσότερες περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι δοκιμές αυτές είναι σχεδιασμένες για να καθορίζουν την μείωση της ικανότητας σε τιμές του pH που είναι πιο πιθανό να επικρατούν στο πεδίο. Ωστόσο, σε μακροπρόθεσμες δοκιμές μείωσης σχεδόν με ουδέτερο pH, οι Palmer και Wittbrodt (αδημοσίευτα στοιχεία) παρατήρησαν μείωση που επήλθε μετά από 250 ημέρες. Τέτοιες μακροχρόνιες δοκιμές μείωσης δεν είναι πρακτικές στις περισσότερες χωματερές.

2.3.4 Ικανότητα οξειδωσης

Ένας πιθανός περιορισμός για τη χρήση της φυσικής εξασθένησης του Cr (VI) στο έδαφος είναι η οξειδωση του Cr (III) σε Cr (VI) από MnO_2 . Εάν η οξειδωτική ικανότητα του εδάφους είναι μεγαλύτερη από την ικανότητα μείωσης τότε, καθώς το χρώμιο εναλλάσσεται στο έδαφος θα μπορούσε να εξαντλεί το αναγωγικό του εδάφους και να οξειδωθεί και εν τέλει να κινητοποιηθεί στο έδαφος. Είναι σημαντικό, συνεπώς, να εξεταστεί η ικανότητα του υδροφορέα για την οξειδωση του Cr (III).

Οι Bartlett και James (1988) δείχνουν μια σχετικά απλή εξέταση για το ποσό του Cr (III) που μπορεί να οξειδωθεί από το έδαφος. Στις δοκιμές αυτές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υγρά εδάφη. Η αποξήρανση των εδαφών μεταβάλλει τις επιφάνειες των διοξειδίων του μαγγανίου που τα καθιστά λιγότερο αντιδραστικά (Bartlett και James, 1979).

Οι Barcelona και Helm (1991) χρησιμοποίησαν μια λύση του ιόντος χρωμίου Cr (II) για τη μέτρηση της ικανότητας οξειδωσης των εδαφών. Πρόσθεσαν περίπου 1 g του εδάφους σε κυψελίδες που περιέχουν το Cr (II). Το έργο πραγματοποιήθηκε σε ένα ντουλαπάκι για να αποτέψουν το οξυγόνο να αντιδράσει με το Cr (II). Οι κυψελίδες αυτές σφραγίστηκαν, ανακινήθηκαν και αφέθηκαν να αντιδράσουν για 2 ώρες. Τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν και το Cr (II) μετρήθηκε φασματοφωτομετρικά. Η απώλεια του Cr (II) στη συνέχεια, χρησιμοποιείται ως μέτρο της ικανότητας οξειδωσης των εδαφών.

Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους έχει κάποια προβλήματα. Οι Palmer και Wittbrodt (αδημοσίευτα στοιχεία) διεξήγαγαν δοκιμές οξειδωσης παρόμοιες με αυτές των Bartlett και James (1988), εκτός του ότι η συγκέντρωση του Cr (VI) παρακολουθούνταν για σχεδόν ένα έτος.

2.3.5 Τα ποσοστά της οξειδωσης και αναγωγής

Βασικοί παράγοντες όσον αφορά την καταλληλότητα της φυσικής εξασθένησης ως επιλογή για το χρώμιο μολυσμένων εδαφών είναι τα ποσοστά της οξειδωσης και της μείωσης του χρωμίου. Οι πληροφορίες αυτές είναι το πιο δύσκολο να αποκτηθούν. Οι επιστήμονες μόλις τώρα μαθαίνουν για τον τύπο των εφαρμόσιμων εξισώσεων και της κατάλληλης αναλογίας συντελεστών που μπορούν να εφαρμοστούν. Τέτοιες κινητικές μελέτες αποτελούν μια περιοχή όπου η έρευνα έχει καθυστερήσει σε σχέση με την πρακτική ανάγκη για την πληροφορία. Καθώς οι αναλογίες μπορούν να ληφθούν από την τεχνική λογοτεχνία, πρέπει να είναι προσεκτικός κάποιος που θέλει να χρησιμοποιήσει ποσοστά μείωσης για υλικά που κατά πάσα πιθανότητα ελέγχουν την μείωση του Cr(VI) στο πεδίο του εδάφους. Επιπλέον, επειδή οι αναλογίες εξαρτώνται από την συγκέντρωση (επιφάνεια ανά λίτρο λύσης) του αναγωγέα και το pH, είναι σημαντικό να εξασφαλίσουμε συντελεστές που αποκτήθηκαν υπό συνθήκες παρόμοιες με αυτές του πεδίου.

Πολλές μελέτες έχουν εξετάσει μόνο έναν περιορισμένο συνδυασμό συνθηκών όπως μία τιμή pH ή μία συγκέντρωση αναγωγικού. Κατά συνέπεια, οι συντελεστές που καταγράφηκαν αποτελούν φαινομενικές τιμές που είναι έγκυρες αυστηρά και μόνο κάτω από τις συνθήκες του πειράματος. Έτσι, τα πειραματικά στοιχεία πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν οι συντελεστές μπορέσουν να εφαρμοστούν σε προβλήματα στο πεδίο.

2.3.6 Δεδομένα Εκτίμησης Μείωσης από Πηγάδια Παρακολούθησης

Κατ' αρχήν, η μείωση του Cr (VI) μπορεί να εκτιμηθεί από τη μείωση του Cr (VI) στην μάζα στον υδροφόρο ορίζοντα. Η βασική δυσκολία σε μια τέτοια προσέγγιση είναι να υπολογιστεί η μάζα του Cr (VI) χρησιμοποιώντας την υδατική συγκέντρωση. Η συνολική μάζα του Cr (VI) στον υδροφόρο ορίζοντα είναι το άθροισμα της μάζας που βρίσκεται στην λύση, της μάζας που προσροφάται στην μήτρα του υδροφόρου ορίζοντα, και η μάζα που καθιζάνει εντός του υδροφόρου ορίζοντα. Η μάζα του Cr (VI) στο διάλυμα λαμβάνεται ενσωματώνοντας τις συγκεντρώσεις του Cr (VI) πάνω από τον όγκο του μολυσμένου υδροφορέα.

Δεν υπάρχει καμία μοναδική ποσότητα ιζήματος Cr (VI) για μια δεδομένη συγκέντρωση εξασθενούς χρωμίου. Επομένως, είναι αδύνατον να εκτιμηθεί ότι η μάζα αυτού του κλάσματος του Cr (VI) είναι η υπόγεια χρησιμοποιώντας μόνο τις συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν σε πηγάδια παρακολούθησης.

Έτσι, η φυσική εξασθένηση του Cr(VI) από ισοζύγια μάζας χρησιμοποιώντας δεδομένα από πηγάδια παρακολούθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο όταν μπορεί ευλόγως να αποδείξουν ότι τα ιζήματα του Cr (VI) δεν μπορούν να σχηματιστούν εντός του υδροφόρου ορίζοντα.

Ακόμα και όταν αποδεικνύεται ότι ο σχηματισμός ιζημάτων εντός του υδροφόρου ορίζοντα είναι μάλλον απίθανος, υπάρχουν εγγενή προβλήματα με οποιοδήποτε σύστημα παρακολούθησης που μπορούν να δημιουργήσουν αβεβαιότητες στην εκτιμώμενη μάζα του Cr (VI) κατά τη διάρκεια μιας δειγματοληψίας. Σε ένα τρισδιάστατο πεδίο ροής, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις από μία περίοδο δειγματοληψίας μπορεί να μεταναστεύουν μεταξύ των διακριτών σημείων παρακολούθησης του επόμενου γύρου δειγματοληψίας. Η μάζα που δεν έχει ανιχνευτεί δεν περιλαμβάνεται στις συνολικές εκτιμήσεις μάζας στον δεύτερο γύρο δειγματοληψίας και μπορεί εσφαλμένα να ερμηνευθεί ως απώλεια μάζας που οφείλεται στην μείωση του Cr (VI).

Περίληψη

Υπό ορισμένες προϋποθέσεις, το τοξικό Cr (VI) μπορεί να μειωθεί σε λιγότερο τοξικό Cr (III) σε εδάφη και κατακρημνίζεται ως αδιάλυτο υδροξείδιο. Η δυνατότητα που βασίζεται σε τέτοια «φυσική εξασθένηση» του Cr (VI) είναι ελκυστική λόγω της μεγάλης δαπάνης της αποκατάστασης μολυσμένων χώρων από το χρώμιο. Πριν υιοθετηθεί μια τέτοια επιλογή, ωστόσο, θα πρέπει να αποδειχθεί ότι η φυσική εξασθένηση είναι πιθανόν να συμβεί υπό τις ειδικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο που διερευνάται.

Εάν η φυσική εξασθένηση, πρέπει να θεωρηθεί ως βιώσιμη επιλογή για μολυσμένες με χρώμιο περιοχές, τότε ιδανικά, θα πρέπει να αποδειχθεί ότι 1) υπάρχουν φυσικοί αναγωγείς εντός του υδροφόρου ορίζοντα, 2) το ποσό του Cr (VI) και άλλων δραστικών στοιχείων δεν υπερβαίνουν την ικανότητα του υδροφόρου ορίζοντα να τα ελλαττώσει, 3) η χρονική κλίμακα που απαιτείται για την επίτευξη της μείωσης του Cr (VI) στην συγκέντρωση που έχουμε ως στόχο είναι μικρότερη από την χρονική κλίμακα για τη μεταφορά του υδατικού Cr (VI) από την πηγή στο σημείο της

συμμόρφωσης, 4) το Cr (III) θα παραμείνει ακίνητο, και 5) δεν υπάρχει καθαρή οξείδωση του Cr (III) σε Cr (VI).

Οι πληροφορίες που είναι πιο δύσκολο να αποκτηθούν είναι οι χρονικές κλίμακες για τη μείωση και την οξείδωση του χρωμίου στο έδαφος. Η απόδειξη της μείωσης του Cr (VI) σε έναν υδροφόρο ορίζοντα από ισοζύγια μάζας που βασίζονται κυρίως σε υδατικές συγκεντρώσεις από πηγάδια παρακολούθησης και δίκτυα είναι έγκυρη μόνο εφόσον αποδειχθεί ότι ιζήματα Cr (VI) δεν σχηματίζονται στον υδροφόρο ορίζοντα. Τα δίκτυα παρακολούθησης πρέπει να είναι αρκετά πυκνά ώστε οι εκτιμήσεις του Cr (VI) να είναι ακριβείς.

Αρκετές δοκιμές εδάφους περιγράφεται ότι είναι χρήσιμες για τον καθορισμό της μάζας του Cr (VI) και του Cr (III) στις περιοχές προέλευσης και για τις ικανότητες μείωσης και οξείδωσης των υλικών του υδροφορέα.

Μερικά απλά θεωρητικά μοντέλα που παρουσιάζονται σύμφωνα με την πληροφορία, σε συνδυασμό με τη γνώση του χρόνου διαμονής του χρωμίου μεταξύ της πηγής και του σημείου συμμόρφωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της σκοπιμότητας της φυσικής εξασθένησης του Cr (VI). Ο μεγαλύτερος περιορισμός αυτής της προσέγγισης είναι η έλλειψη πληροφοριών σχετικά με το ρυθμό οξείδωσης και τη μείωση του χρωμίου υπό συνθήκες που είναι πιθανόν να αντιμετωπίζουν πλούμια που προέρχονται από πηγές χρωμίου. Χωρίς καλύτερη πληροφόρηση σχετικά με αυτές τις διεργασίες κάτω από ένα ευρύτερο φάσμα συνθηκών σε σχέση με το pH, η χρήση της φυσικής εξασθένησης ως επιλογή για μολυσμένα εδάφη, εξακολουθεί να αποτελεί ένα ιδιαίτερα συζητήσιμο θέμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Γενικά

Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν οι ακόλουθες πηγές ρύπανσης

- 1) Σημειακές πηγές ρύπανσης : Αυτές οφείλονται κυρίως στην ανεξέλεγκτη διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων, αλλά και αστικών λυμάτων, σε επιφανειακούς και υπόγειους αποδέκτες. Η κύρια πηγή ρύπανσης των υπογείων υδάτων της ευρύτερης περιοχής του Ασωπού πρέπει να θεωρηθεί η βιομηχανική δραστηριότητα, που αναπτύχθηκε στην περιοχή Οινοφύτων - Σχηματαρίου περιστασιακά, άναρχα και χωρίς παραγωγικές υποδομές και υποδομές προστασίας του περιβάλλοντος. (Γιαννουλόπουλος, 2008α).
- 2) Διάχυτες πηγές ρύπανσης - Επιφανειακές Απορροές: Στην περιοχή μελέτης υπάρχει έντονη αγροτική δραστηριότητα που περιλαμβάνει αροτραίες και δενδρώδεις καλλιέργειες. Συγκεκριμένα, καλλιεργούνται συνολικά 351,400 στρέμματα εκ των οποίων το 45% είναι αρδευόμενα και το 55% ξηρικά (από στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας). Γενικά, στην περιοχή μελέτης παρατηρείται έντονη γεωργική δραστηριότητα στο ανάντη τμήμα του Ασωπού.

Η παραγωγή της περιοχής είναι κυρίως σιτηρά (σκληρό σιτάρι), βρώμη, βαμβάκι και ορισμένες κατηγορίες κτηνοτροφικών φυτών (κριθάρι για σανό) και κηπευτικά σε ποσοστό 6,6%. Έτσι, αναμένεται να προκαλείται ρύπανση του ποταμού Ασωπού από την επιφανειακή απορροή των όμβριων νερών στις καλλιεργούμενες εκτάσεις.

- 3) Φυσικές πηγές ρύπανσης: Εκτός από τις σημειακές και τις διάχυτες πηγές ρύπανσης από τις βιομηχανικές, αστικές και αγροτικές δραστηριότητες, η μελέτη του ΙΓΜΕ (Γιαννόπουλος, 2008α) επιβεβαίωσε ότι υπάρχουν φυσικές πηγές ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα και οφιόλιθοι), οι οποίες περιορίζονται εκτός της στενής περιοχής της λεκάνης του Ασωπού, νότια στην ορεινή περιοχή της Πάρνηθας και βόρεια στην περιοχή του όρους Κτυπάς.

Ακολουθεί μια πιο λεπτομερής περιγραφή της βιομηχανικής ρύπανσης που εστιάζεται κυρίως στην βιομηχανική δραστηριότητα Οиноφύτων - Σχηματαρίου.

3.1 Βιομηχανική ρύπανση

Η ανάπτυξη της βιομηχανικής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή του ποταμού συνοδεύτηκε από την εγκατάσταση πολυάριθμων ρυπογόνων εστιών και την παραγωγή αξιόλογου ρυπαντικού φορτίου με τελικό αποδέκτη το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο και ενδεχομένως τους υποκείμενους υδροφόρους σχηματισμούς μέσω γεωτρήσεων και φρεάτων.

Η γεωγραφική περιοχή που εκτείνεται Βορειοανατολικά της κοίτης του χειμάρρου Ασωπού χαρακτηρίζεται από έντονη βιομηχανική δραστηριότητα η οποία έχει ξεκινήσει από τα τέλη του 1960 και παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη την τελευταία δεκαετία, όπου παρά το γεγονός ότι μεγάλος αριθμός από τις αρχικές βιομηχανικές μονάδες έχουν κλείσει για διάφορους λόγους, ο αριθμός των υφιστάμενων μονάδων στην περιοχή αυξάνεται συνεχώς.

Με βάση την καταγραφή των βιομηχανικών και βιοτεχνικών μονάδων που πραγματοποιήθηκε από έργο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- 1) Στην γεωγραφική περιοχή που εκτείνεται Β.Α της κοίτης του ποταμού Ασωπού σε ζώνη 7km υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός βιομηχανικών και βιοτεχνικών μονάδων που φτάνουν τις 407 με ημερήσιο όγκο υγρών αποβλήτων που κυμαίνεται από 0,3 m³/d έως 30003 m³/d ανάλογα με την παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται και το μέγεθος κάθε βιομηχανίας.
- 2) Τα απόβλητα αυτά παράγονται κυρίως από τα κλωστοϋφαντουργεία - βαφεία-φινιριστήρια, τις βιομηχανίες τροφίμων, τις μεταλλουργικές μονάδες, τις χημικές μονάδες καθώς επίσης και από τις κτηνοτροφικές μονάδες.

Σύμφωνα με την μελέτη του ΕΜΠ (Λοϊζίδου, 1998) διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- 1) Ο συνολικός όγκος των παραγόμενων βιομηχανικών αποβλήτων για το έτος 1997 ανερχόταν στα 95003 m³/d. Σύμφωνα με πρόβλεψη που είχε πραγματοποιηθεί, η παροχή για το έτος 2008 αναμένεται να είναι 12.1503 m³/d, δηλαδή παρουσιάζει αύξηση της τάξεως του 30%.
- 2) Το 57% των παραγόμενων αποβλήτων προέρχεται από τον κλάδο της κλωστοϋφαντουργίας, ακολουθεί ο κλάδος των μονάδων διατροφής με ποσοστό 34% και ο κλάδος της μεταλλουργίας με ποσοστό 6%, ενώ οι υπόλοιποι κλάδοι συμμετέχουν σε μικρό ποσοστό.

3.2 Ρύποι και ρυπαντικά φορτία

Στο πλαίσιο της έρευνας του ΕΜΠ (Λοϊζίδου, 1998) έγινε πλήρης αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης σχετικά με την παραγωγή υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην ευρύτερη περιοχή του χειμάρρου Ασωπού (Σχηματάρι, Οινόη και Οινόφυτα), καθώς και ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου των βιομηχανικών μονάδων, ακολουθώντας τα ακόλουθα βήματα:

- 1) Επαφές με αρμόδιους φορείς της Τοπικής Αυτοδιοίκησης και επισκέψεις για εκτίμηση του προβλήματος.
- 2) Καταγραφή των βιομηχανικών κλάδων και μονάδων ανά κλάδο.
- 3) Σχεδιασμός ειδικών ερωτηματολογίων ανά βιομηχανικό κλάδο.
- 4) Σύνταξη προδιαγραφών διεξαγωγής δειγματοληψιών και εργαστηριακών αναλύσεων.
- 5) Διενέργεια επισκέψεων στο σύνολο των βιομηχανικών μονάδων που καταγράφηκαν και συμπλήρωση των ειδικών ερωτηματολογίων. Τα αποτελέσματα της καταγραφής αυτής φαίνονται στον Πίνακα 4.2-1.
- 6) Ανάπτυξη ενημερωτικών δελτίων για κάθε βιομηχανικό κλάδο.
- 7) Επιλογή βιομηχανικών μονάδων, διεξαγωγή δειγματοληψιών και εργαστηριακές αναλύσεις.

- 8) Αξιολόγηση συλλεχθέντων στοιχείων, στατιστική επεξεργασία τους και εξαγωγή ποσοτικοποιημένων αποτελεσμάτων.
- 9) Αποτύπωση των μονάδων σε σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών και δημιουργία κατάλληλης βάσης δεδομένων η οποία περιέχει τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε μονάδας, η οποία συνδέθηκε με το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.
- 10) Καταγραφή υφιστάμενων συστημάτων επεξεργασίας και διάθεσης των παραγόμενων αποβλήτων.

3.3 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ

Γενικά

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα ρύπανσης που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού είναι η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων και ειδικότερα εξασθενούς χρωμίου Cr(VI) σε υδατικά δείγματα που ελήφθησαν τόσο από γεωτρήσεις όσο και από τον ποταμό. Η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στη μελέτη των επιπτώσεων από την παρουσία στο νερό του Cr(VI) οι οποίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη δημόσια υγεία αφού χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα τοξικό στοιχείο. Στη συνέχεια από την εργασία των Θωμαΐδη κ.α. (2007) παρουσιάζονται αναλυτικά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Cr(VI), τα όρια και οι κίνδυνοι που υπάρχουν από τη χρήση διαλυμένου Cr(VI) στο νερό.

3.3.1 Επίπεδα και νομοθετημένα όρια

Επίπεδα

Το χρώμιο είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση με φυσική αφθονία στο φλοιό της Γης 100 ppm. Τα φυσιολογικά επίπεδά του στα μη ρυπασμένα επιφανειακά ύδατα κυμαίνονται στην περιοχή 1 - 10 $\mu\text{g/L}$, ενώ στο πόσιμο νερό οι συγκεντρώσεις του βρίσκονται στην περιοχή 0,4 - 8 $\mu\text{g/L}$. Στον αέρα βρίσκεται σε συγκεντρώσεις $<0,1 \mu\text{g/m}^3$. Η περιεκτικότητα των περισσότερων πετρωμάτων σε χρώμιο κυμαίνεται από 5 έως 1800 mg/kg . Στα περισσότερα εδάφη υπάρχει σε χαμηλές περιεκτικότητες (2-60 mg/kg). Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό είναι διαθέσιμο στα φυτά (μέχρι 0,19 mg/kg) και δεν έχει διευκρινιστεί επαρκώς το κατά πόσο το χρώμιο είναι γι' αυτά ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο (INCHEM, 1988).

Σχεδόν όλο το χρώμιο στη φύση βρίσκεται ως τρισθενές χρώμιο, Cr(III). Το εξασθενές χρώμιο, Cr(VI), που συναντάται στο περιβάλλον, είναι σχεδόν αποκλειστικά ανθρωπογενές (προέρχεται από δραστηριότητες του ανθρώπου). Διάφορες βιομηχανίες εκπέμπουν στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος πλήθος ενώσεων του Cr(VI). Το Cr(VI) είναι σταθερό στον αέρα και στο καθαρό νερό, αλλά ανάγεται ταχύτατα προς Cr(III), όταν έρθει σε επαφή με οργανική ύλη στο νερό, στο έδαφος και σε ζωντανούς οργανισμούς (INCHEM 1998, IPCS WHO, 1988).

Στην περίπτωση διάθεσης από βιομηχανίες ανεπεξέργαστων αποβλήτων που περιέχουν Cr(VI) σε υδάτινους αποδέκτες, τα επίπεδα του στα ύδατα του αποδέκτη και στα υπόγεια ύδατα μπορεί να φτάσουν μερικές δεκάδες $\mu\text{g/L}$, όπως πρόσφατα ανακοινώθηκε στον ημερήσιο τύπο (Καθημερινή 4/9/07, Ελευθεροτυπία 17/9/07) για τα νερά της ευρύτερης περιοχής του Ασωπού. Έφτασε όμως και τα 580 $\mu\text{g/L}$, τα οποία μετρήθηκαν σε σημείο ελέγχου υπογείων υδάτων της πόλης Hinkley των ΗΠΑ. (Wikipedia: "Erin Brockovitch").

3.3.2 Νομοθετημένα όρια

Με την Οδηγία 98/83/EC έχει θεσπιστεί ως ανώτατο επιτρεπτό όριο ολικού χρωμίου στο πόσιμο νερό τα 50 $\mu\text{g/L}$. Ωστόσο, δεν υπάρχει ανώτατο επιτρεπτό όριο ειδικά για το εξασθενές χρώμιο. Στις ΗΠΑ, η EPA6 έχει θεσπίσει ως ανώτατο επιτρεπτό όριο ολικού χρωμίου στο πόσιμο και υπόγειο νερό τα 100 $\mu\text{g/L}$, θεωρώντας αυτό το επίπεδο ασφαλές για την υγεία του ανθρώπου (US EPA) Στην Ελλάδα, με την ΚΥΑ 4859/7267 ρυθμίζονται οι εκπομπές ολικού χρωμίου από απόβλητα βιομηχανιών σε υδάτινους αποδέκτες, σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται (ανάλογα με τον αποδέκτη: λίμνη, ποτάμι, παράκτια ύδατα) από 0,6 έως 3 mg/L . Οι εκπομπές ρύπων των βιομηχανιών στην Ελλάδα (φυσικά και του εξασθενούς χρωμίου) μπορούν να καθορισθούν από τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις, κατά περίπτωση και κυμαίνονται για το Cr(VI) από 0,3 έως 1 mg/L στα υγρά απόβλητα. Όριο για το έδαφος δεν έχει θεσπιστεί ακόμα.

Η έκθεση σε Cr(VI) από τον αέρα στον εργασιακό χώρο είναι πιο σημαντική και επικίνδυνη. Ο OSHA8 και ο NIOSH9 των ΗΠΑ έχουν θεσπίσει επιτρεπτά όρια έκθεσης (Permissible Exposure Limits, PELs) και προτεινόμενα όρια έκθεσης (Recommended Exposure Limits, RELs) για τους εργασιακούς χώρους. Το νέο PEL για το Cr(VI) στον αέρα εργασιακού χώρου όπου εκτελούνται συγκολλήσεις μετάλλων (welding) κατά τη διάρκεια 8ώρου (για εβδομάδα 40ώρου) είναι 5 $\mu\text{g/m}^3$, ενώ υπάρχουν δεκάδες ρυθμίσεις κατά περίπτωση (OSHA). Το PEL για διάφορες καρκινογόνες ενώσεις του Cr(VI) στον αέρα εργασιακού χώρου είναι ακόμα μικρότερο: μόλις 1 $\mu\text{g/m}^3$ (NIOSH, Environmental Health Perspectives, 2000).

3.3.3 Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Το Cr(VI) θεωρείται ευκίνητο (labile) στο υδάτινο περιβάλλον, παραμένει στη διαλυτή φάση και είναι βιοδιαθέσιμο. Επίσης είναι ισχυρά τοξικό και οι τιμές τοξικότητας LC50 (LC50: Lethal Concentration 50, η συγκέντρωση που θανατώνει το 50% του πληθυσμού του εξεταζόμενου είδους) του Cr(VI) σε διάφορους μικροοργανισμούς κυμαίνονται από 0,032 - 6,4 mg/L (IPCS WHO, 1988). Αντίθετα, το Cr(III) θεωρείται "μη ευκίνητο", καθώς έχει τάση να προσροφάται στα αιωρούμενα σωματίδια και στο ίζημα και για τον λόγο αυτό θεωρείται ως σχετικά αδρανές, λιγότερο βιοδιαθέσιμο και μειωμένης τοξικότητας ως προς τους υδρόβιους οργανισμούς. Είναι προφανές ότι ο προσδιορισμός του ολικού χρωμίου στα περιβαλλοντικά δείγματα ελάχιστες πληροφορίες μπορεί να δώσει, ενώ επιβάλλεται ο προσδιορισμός των χημικών ειδών του χρωμίου (speciation analysis) (IPCS, WHO, 1988). Ιδιαίτερη σημασία έχει ο προσδιορισμός του εξασθενούς χρωμίου στα βιομηχανικά αλλά και στα αστικά υγρά απόβλητα, γιατί συχνά ανιχνεύονται υψηλές συγκεντρώσεις του (Stasinakis et. al, 2003). Οι υψηλές αυτές συγκεντρώσεις είναι δυνατόν να επηρεάσουν και την βιολογική επεξεργασία τους (κυρίως τη νιτροποίηση), ειδικά σήμερα όπου υπάρχει τάση συνεπεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων σε μονάδες ενεργού ιλύος (activated sludge) (Stasinakis et al, 2002). Ωστόσο, αποδείχθηκε ότι η μέθοδος ενεργού ιλύος είναι η πλέον κατάλληλη για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων επιβαρυνμένων με Cr(VI), καθώς τούτο ανάγεται προς Cr(III), το οποίο προσροφάται σχεδόν ποσοτικά στις βιοκροκίδες και συσσωρεύεται στη λυματολάσπη. Έτσι το τοξικό Cr(VI) απομακρύνεται από τη διαλυτή φάση και προστατεύεται ο τελικός υδάτινος αποδέκτης (Stasinakis et. al. 2003, 2004).

3.3.4 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Εργασιακό περιβάλλον - υψηλές εκθέσεις –πνεύμονες – εισπνοή - Κατάποση

Το χρώμιο εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της αναπνοής και της κατανάλωσης τροφής και ποτών που το περιέχουν. Το τρισθενές χρώμιο, Cr(III), θεωρείται απαραίτητο ιχνοστοιχείο για τον οργανισμό, αφού φαίνεται να συμμετέχει στον παράγοντα ανοχής της γλυκόζης (Glucose Tolerance Factor, GTF). Ο παράγοντας GTF μαζί με την ινσουλίνη ρυθμίζουν την ποσότητα της γλυκόζης στο αίμα. Έλλειψη χρωμίου, όπως παρατηρήθηκε σε πειραματόζωα, προκαλεί αύξηση του σακχάρου στο αίμα και εμφάνιση γλυκόζης στα ούρα (INCHEM, 1988).

Ενδείκνυται η πρόσληψη 30 έως 50 μg Cr(III) ημερησίως, ενώ ποσότητες μέχρι 200 μg δεν έχει αναφερθεί ότι προκαλούν προβλήματα υγείας (Food Info net). Αντίθετα, το εξασθενές χρώμιο έχει χαρακτηριστεί ως αποδεδειγμένο καρκινογόνο (WHO 1997). Επιδημιολογικές μελέτες σε εργάτες παραγωγής χρωμικών, πιγμένων και μεταλλικών (επιστρώσεων χρωμίου έδειξαν ότι εισπνοή σκόνης που περιέχει Cr(VI) προκαλεί καρκίνο του πνεύμονα και της ρινικής κοιλότητας (sinonasal cavity). Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών μελετών έχουν επιβεβαιωθεί και σε εργαστηριακά πειράματα (σε ζώα). Υπάρχουν αρκετά πειραματικά δεδομένα ότι ενώσεις του Cr(VI) καταστρέφουν το DNA και προκαλούν μεταλλάξεις.

Επίσης, εισπνοή σωματιδίων που περιέχουν σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις Cr(VI) μπορεί να προκαλέσει έλκος, αιμορραγία, κνησμό και φτάρνισμα. Κατάποση υψηλών ποσοτήτων Cr(VI) μπορεί να προκαλέσει καταστροφή των νεφρών και του ήπατος, έλκος στομάχου και γαστρεντερικό ερεθισμό, ακόμα και θάνατο. Ακόμη, δερματική έκθεση σε ενώσεις του Cr(VI) προκαλεί δερματικά έλκη και δριμείες αλλεργικές

αντιδράσεις, ιδιαίτερα από ενδύματα και υποδήματα από δέρμα που έχει κατεργαστεί με Cr(VI) (Environmetal Health Perspective 2000, Costa et al. 1997).

3.3.5 Χρώμιο στο πόσιμο νερό

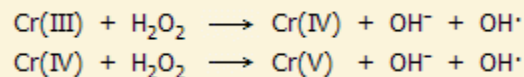
Μελέτες σε πειραματόζωα έδειξαν ότι η πόση νερού επιβαρυσμένου με Cr(VI) μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του γαστρεντερικού συστήματος. Ωστόσο, δεν είναι σαφές αν τα επίπεδα που προσδιορίζονται σε πόσιμα ύδατα είναι ικανά να προκαλέσουν καρκίνο. Σύμφωνα με την IARC10, το Cr(VI) που προσλαμβάνεται με το νερό μετατρέπεται σε μεγάλο ποσοστό σε Cr(III) στο όξινο περιβάλλον του στομάχου, γεγονός που δεν επιτρέπει την περαιτέρω απορρόφηση του χρωμίου από τον οργανισμό, καθώς το Cr(III) δεν μπορεί να διαπεράσει την κυτταρική μεμβράνη.

Πρόσφατα (Μάιος 2007) από το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας των ΗΠΑ (National Institute of Health, NIH) ανακοινώθηκε ότι κατόπιν αιτήματος μελών του κοινοβουλίου της Καλιφόρνιας και μετά από τις ανησυχίες που προκάλεσε η προβολή της κινηματογραφικής ταινίας "Erin Brockovitch", πραγματοποιήθηκαν πειράματα με ποντίκια και επίμυες στα οποία για δύο χρόνια δινόταν νερό με 14 έως 516 mg Na₂Cr₂O₇·2H₂O/L. Φυσικά οι συγκεντρώσεις αυτές είναι πολύ μεγάλες. Η μικρότερη αντιστοιχεί σε συγκέντρωση Cr(VI) περίπου δέκα φορές μεγαλύτερη από εκείνη του πλέον ρυπασμένου με Cr(VI) νερού της Καλιφόρνιας, που θα μπορούσε να πει ο άνθρωπος. Τα πειράματα έδειξαν γαστρεντερική απορρόφηση του Cr(VI) και την ανάπτυξη καλοήθων και κακοήθων όγκων σε σημεία και όργανα των πειραματόζωων, όπου πολύ σπάνια εμφανίζονται όγκοι (National Institute of Health, NTP 2007).

3.3.6 Το χρώμιο και οι μηχανισμοί καρκινογένεσης

Το Cr(VI), ως χρωμικά ιόντα, λόγω δομικής ομοιότητας με τα θειικά και τα φωσφορικά ιόντα, εισέρχεται σαν "Δούρειος Ίππος" στα κύτταρα μέσω της κυτταρικής μεμβράνης χρησιμοποιώντας το φυσιολογικό σύστημα διακίνησης αυτών των ιόντων. Στο εσωτερικό των κυττάρων αντιδρά με τις αναγωγικές ουσίες που θα βρει εκεί και ανάγεται σε Cr(III) το οποίο φαίνεται ότι είναι και ο "πραγματικός κίνδυνος" (Enviromental Health Perspectives, 2000). Αντίθετα, οι οκταεδρικής σύνταξης ενώσεις του Cr(III), λόγω του όγκου και της δυσδιαλυτότητας πολλών από αυτές, διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη αργά ή και καθόλου (Fan et al., 1987). Γι'αυτό το λόγο το Cr(VI) είναι η επικίνδυνη μορφή του χρωμίου και όχι το Cr(III). Οι Bridgwater et al (1994), Xu et al. (1996), De Flora et al. (1997), Voitekun et al. (1998) αναφέρονται σε μηχανισμούς δράσης του Cr(VI), όταν εισέρχεται στο κύτταρο και του Cr(III), που παράγεται μέσα στο κύτταρο με αναγωγή του Cr(VI). Η πορεία αναγωγής Cr(VI) σε Cr(III) εντός του κυττάρου μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του DNA, όπως οξειδωτικές βλάβες, θραύση των κλώνων του, σχηματισμό ενώσεων προσθήκης Cr(III)-DNA, διακλωνικές συνδέσεις και συνδέσεις πρωτεϊνών-DNA.

Έρευνες έδειξαν ότι με την είσοδο του Cr(VI) στο κύτταρο, αυτό ανάγεται από το πλήθος των αναγωγικών ουσιών και ενζύμων (όπως η γλουταθειόνη) κατά στάδια σε χαμηλότερο επίπεδο σθένους. Τα ενδιάμεσα προϊόντα αναγωγής του χρωμίου με το υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2), ενός φυσικού συστατικού του κυτταροπλάσματος (σε πολύ μικρές βέβαια συγκεντρώσεις), παράγουν δραστικές οξυγονούχες ρίζες (ιδιαίτερα τη ρίζα υδροξυλίου, OH^\bullet). Οι έρευνες έδειξαν ότι το Cr(V), Cr(IV) και Cr(III) με το H_2O_2 μπορούν να δημιουργήσουν τις ρίζες OH^\bullet με αντιδράσεις (τύπου αντίδρασης Fenton, δηλ. της αντίδρασης $Fe(II)$ με το H_2O_2) όπως:



Πίνακας 10: Αντιδράσεις παραγωγής οξυγονούχων ριζών

Οι ρίζες OH^\bullet προκαλούν οξειδωτικές βλάβες στο DNA και συγκεκριμένα παρέχουν την οξειδωμένη μορφή της γουανοσίνης, την 8-υδροξυδεοξυ-γουανοσίνη (8-OHdG). Οι δημοσιεύσεις των Molyneux et al. (1995), Shi et al. (1994), Tsou et al. (1996), Qi et al. (2000), Wang et al. (2006), Bagchi et al. (2002) είναι ενδεικτικές μόνο από το πλήθος των δημοσιεύσεων για πιθανούς μηχανισμούς επίδρασης του Cr(VI) στο DNA.

Πρόσφατα, ερευνητές από το Πανεπιστήμιο Brown ανακοίνωσαν ένα μάλλον παράδοξο εύρημα. Διαπίστωσαν ότι η αναγωγή του Cr(VI) από το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) στο εσωτερικό των πνευμονικών κυττάρων προκαλεί μαζικές βλάβες στο DNA. Μικρές δόσεις Cr(VI) σε συνδυασμό με τη βιταμίνη C προκαλούν 15 φορές περισσότερες θραύσεις στα χρωμοσώματα και 10 φορές περισσότερες μεταλλάξεις σε σχέση με τις αντίστοιχες βλάβες που προκαλεί το Cr(VI) απουσία βιταμίνης C.

Έτσι, σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, η κατά τα άλλα ευεργετική για την υγεία βιταμίνη C δρα ως ενισχυτής της τοξικής δράσης του Cr(VI) (Brown University, 2007). Από την εργασία αυτή, αλλά και από πολλές άλλες ανάλογες, διαφαίνεται ότι οι επικίνδυνα δραστικές μορφές του χρωμίου μπορεί να εμφανίζονται κατά την πορεία της αναγωγής του Cr(VI) προς Cr(III).

3.3.7 Επικινδυνότητα του καταπινόμενου Εξασθενούς Χρωμίου

Οι σοβαρές επιπτώσεις του εισπνεόμενου εξασθενούς χρωμίου στον ανθρώπινο οργανισμό είναι γνωστές και αναμφισβήτητες. Η επιστημονική κοινότητα είναι σύμφωνη σ' αυτό και η διαφοροποίηση των επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων στον αέρα του εργασιακού περιβάλλοντος μεταξύ του τρισθενούς και του εξασθενούς χρωμίου είναι απ'

όλους αποδεκτή. Κανείς, επίσης, δεν αμφισβητεί την εξαιρετικά υψηλή επικινδυνότητα του εξασθενούς χρωμίου γενικά. Η Οδηγία 67/548/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 92/32/ΕΟΚ το χαρακτηρίζει καρκινογόνο, μεταλλαξιογόνο, οξειδωτικό, πολύ τοξικό, διαβρωτικό, τοξικό κατά την αναπαραγωγή και επικίνδυνο για το περιβάλλον ανάλογα με τις συνθήκες δράσεις του και την πύλη εισόδου στον ανθρώπινο οργανισμό: Εισπνοή, κατάποση, δερματική επαφή.

3.3.8 Οι Προτάσεις της US EPA (Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ)

Η EPA στην εργασία της («document») με τίτλο «Toxicological Review of Hexavalent Chromium», Αύγουστος 1998, προσδιορίζει την καταπινόμενη δόση αναφοράς («Reference Dose (RfD)») για το εξασθενές χρώμιο με βάση συγκεκριμένες μελέτες, επιδημιολογικές ή ερευνητικού χαρακτήρα σε πειραματόζωα, που καλύπτουν το διάστημα από 1985 έως 1997. Σημειώνεται ότι ως καταπινόμενη δόση αναφοράς (RfD) νοείται η ανά ημέρα καταπινόμενη ποσότητα βλαπτικού, κατ' αρχήν, παράγοντα (εν προκειμένω CrVI) καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του λήπτη μη ενέχουσα, όμως, εκτιμήσιμο κίνδυνο για εμφάνιση επιβλαβών συμπτωμάτων.

Στην παράγραφο 5.1.3 («RfD Derivation») προτείνεται ως καταπινόμενη δόση αναφοράς η τιμή $3 \times 10^{-3} \text{ mg/Kg} \cdot \text{day}$, δηλ. $3 \mu\text{g/Kg} \cdot \text{ημ}$. Σημειώνεται, ότι η τιμή αυτή προέκυψε με βάσει παλαιότερες μελέτες, που δημοσιεύτηκαν μέχρι το 1997, και οι οποίες δεν είχαν εντοπίσει, μέχρι τότε, σημαντικά ευρήματα. Όμως, νεότερες μελέτες και έρευνες, καθώς και η επανεκτίμηση παλαιότερων υπό το πρίσμα των νέων ευρημάτων, ενισχύουν τις απόψεις της επιστημονικής κοινότητας για τη μεγάλη βλαπτικότητα του CrVI στον άνθρωπο.

Σε κάθε, όμως, περίπτωση η υπόψη εργασία της EPA σε συνδυασμό με την «δίδυμή» της για το τρισθενές χρώμιο αποσαφηνίζει, πέρα από κάθε αμφισβήτηση, την τεράστια διαφορά «βλαπτικού δυναμικού», και κατά την κατάποση, μεταξύ των δυο

ρυπαντών. Αρκεί να αναφέρουμε ότι η προτεινόμενη για το CrIII καταπινόμενη δόση αναφοράς (RfD) είναι 1.500μg/Kg*ημ., δηλ. πεντακόσιες (500) φορές μεγαλύτερη έναντι αυτής του CrVI. Ένα ακόμη ισχυρό επιστημονικό στοιχείο που πιέζει για τη θέσπιση ξεχωριστού, αυστηρού ορίου για το CrVI στο πόσιμο νερό το οποίο αποτελεί βασικό παράγοντα του ανθρώπινου οργανισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ

Σύμφωνα με τα δεδομένα που είναι έως σήμερα διαθέσιμα, ο κύριος ρύπος που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί στο υπόγειο νερό στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι το εξασθενές χρώμιο.

Το γεγονός ότι δεν έχουν εντοπιστεί μαζί με το εξασθενές χρώμιο και άλλοι οργανικοί ρύποι όπως χλωριωμένοι διαλύτες, γεγονός αναμενόμενο εάν η ρύπανση προέρχεται από βιομηχανικές δραστηριότητες, μπορεί να οφείλεται στα εξής σενάρια:

- 1) δεν έγιναν ποτέ ολοκληρωμένες αναλύσεις
- 2) Έγιναν και αποκρύβονται τα αποτελέσματα
- 3) Έγιναν αλλά λόγω μη ύπαρξης νέων επιβαρύνσεων, οι χλωριωμένοι δεν ανιχνεύονται λόγω φυσικής εξασθένισης(πτητικοποίηση, διάλυση κλπ)

Οι χλωριωμένοι διαλύτες βυθίζονται στην βάση του υδροφόρου λόγω του ειδικού βάρους (DNAPL) με αποτέλεσμα εάν δεν γίνει σωστή στοχευμένη δειγματοληψία να μην εντοπίζονται.

Λόγω έλλειψης πληροφορίας σχετικά με την πραγματική έκταση της ρύπανσης των υδροφόρων συστημάτων τόσο πλευρικά όσο και κατακόρυφα (περισσότερες ελλείψεις) η αντιμετώπιση θα πρέπει να βασιστεί αναγκαστικά στον διαχωρισμό περιοχών όπου καταγράφηκαν κάποιες μέγιστες συγκεντρώσεις, χωρίς όμως αυτές να είναι σίγουρα και οι υψηλότερες που θα μπορούσε να βρει κανείς εφόσον υπήρχε πλήρης καταγραφή σε όλη την έκταση και με στοχευόμενη κατακόρυφη δειγματοληψία.

Ο διαχωρισμός που προτείνεται είναι ο εξής:

Α)Καλοχωρίου

Β)Οινοφύτων

Γ)Αγίου Θωμά

Δ)Αυλώνα

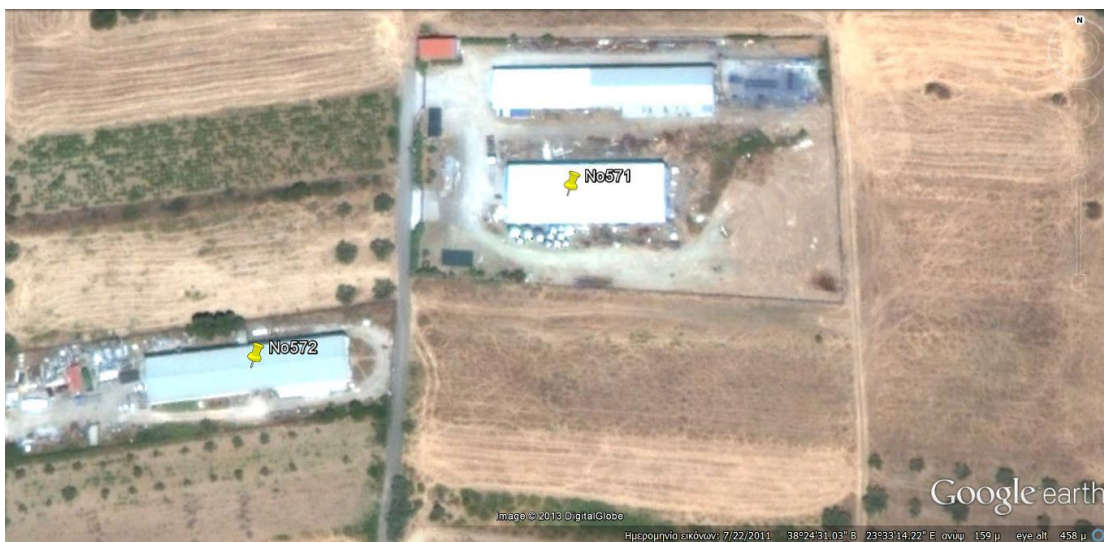
Ε)Ωρωπού

Από τον παραπάνω διαχωρισμό πήραμε τα παρακάτω δεδομένα ανά κατηγορία:

ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΕΣΤΙΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ							
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΘΕΣΗ	Χ ΕΓΣΑ	Υ ΕΓΣΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ
No571	εγκαταλελειμμένη βιομηχανική μονάδα	1500μ ΒΔ από Καλοχώρι- Παντέιχι	460913	4250983	159	12000μ2 με επιφανειακές αποθέσεις πιθανώς υγρών αποβλήτων	2013
No572	εγκαταλελειμμένη βιομηχανική μονάδα	1500μ ΒΔ από Καλοχώρι- Παντέιχι	460791	4250922	159	4000μ2 με επιφανειακές αποθέσεις στερεών αποβλήτων εντός των εγκαταστάσεων	2013
No121	εγκαταλελειμμένη βιομηχανική μονάδα, ίσως ενεργός αποθηκευτικός χώρος διαφόρων υλικών	1300μ ΒΔ από Καλοχώρι- Παντέιχι	463212	4249559	56	8000μ2 χωρίς κάλυψη εδάφους	2013

No122	εγκαταλελειμένη βιομηχανική μονάδα	1250μ ΒΔ από Καλοχώρι- Παντέιχι	463316	463316	54	1200μ2 χωρίς κάλυψη εδάφους με γειτονικό ύποπτο οικόπεδο προς τα νότια	2013
No580	εγκαταλελειμένη βιομηχανική μονάδα	850μ Δ από Καλοχώρι- Παντέιχι	463741	4248739	41	1000μ2 χωρίς κάλυψη εδάφους με γειτονικό ύποπτο οικόπεδο προς τα νότια, και πολύ μικρή απόσταση από επιφανειακό αποδέκτη	2013
No604 b	εγκαταλελειμένη βιομηχανική μονάδα	500μ Δ από Καλοχώρι- Πεντέιχι	463892	4248854	40	1000μ2 με γειτονικό ύποπτο οικόπεδο προς τα Α	2013
No605	εγκαταλελειμένη βιομηχανική μονάδα	500μ Δ από Καλοχώρι- Πεντέιχι	464056	42448714	43	800μ2 με γειτονικό ύποπτο ποκόμεδο προς τα ΒΑ	2013
No616	εγκαταλελειμένη βιομηχανική μονάδα	500μ ΝΑ από Βαθύ	464908	4248645	28	2500μ2, χωρίς κάλυψη, με πιθανή παρουσία τελμάτων και ύποπτο γειτονικό οικόπεδο	2013

Πίνακας 11: Σημειακές εστίες ρύπανσης Καλοχωρίου



Φωτογραφία 4



Φωτογραφία 5



Φωτογραφία 6



Φωτογραφία 7



Φωτογραφία 8



Φωτογραφία 9



Φωτογραφία 10



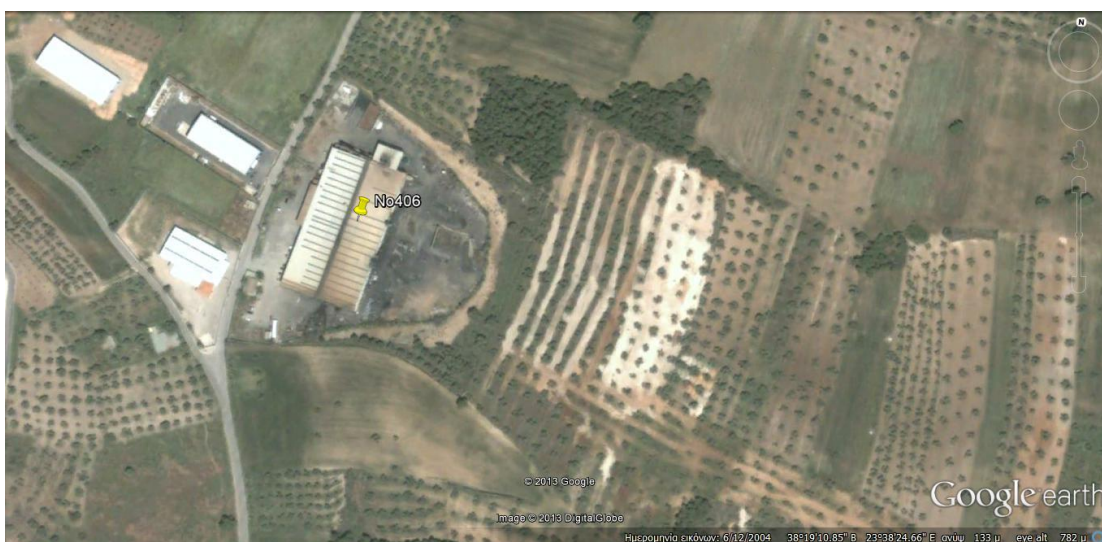
Φωτογραφία 11

ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΕΣΤΙΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ							
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΘΕΣΗ	Χ ΕΓΣΑ	Υ ΕΓΣΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ
No001	Ενεργή Βιομηχανία	1300μ ΝΑ από τα Οινόφυτα	468849	4238792	68	περίπου 20,000μ2 Υπαρξη τελμάτων, επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης, επιφανειακές δεξαμενές.Άμεση γειτονία με Ασωπό	2013
No0385	χώρος ανεξέλεγκτης απόθεσης διαφ'ορων βιομηχανικών αποβλήτων	1500μ ΝΑ από τα Οινόφυτα	469154	4238799	75	20,000μ2 περίπου με ενδείξεις επιφανειακής επιβάρυνσης από ανεξέλεγκτες αποθέσεις και σε ελάχιστη απόθεση από Ασωπό	2013
No406	εγκαταλελειμένη βιομηχανική μονάδα	1400μ Βόρεια των Οινοφύτω ν	468247	4241079	121	περίπου 16,000μ2 με σημαντικές ενδείξεις επιφανειακής ρύπανσης και τέλματα	2013

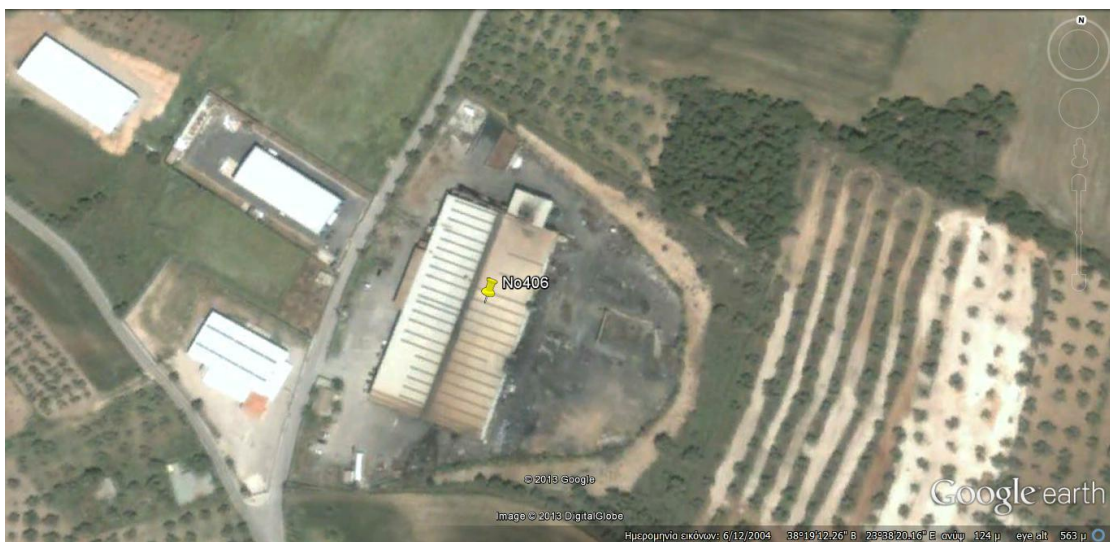
Πίνακας 12: Σημειακές εστίες ρύπανσης Οινοφύτων



Φωτογραφία 12



Φωτογραφία 13



Φωτογραφία 14

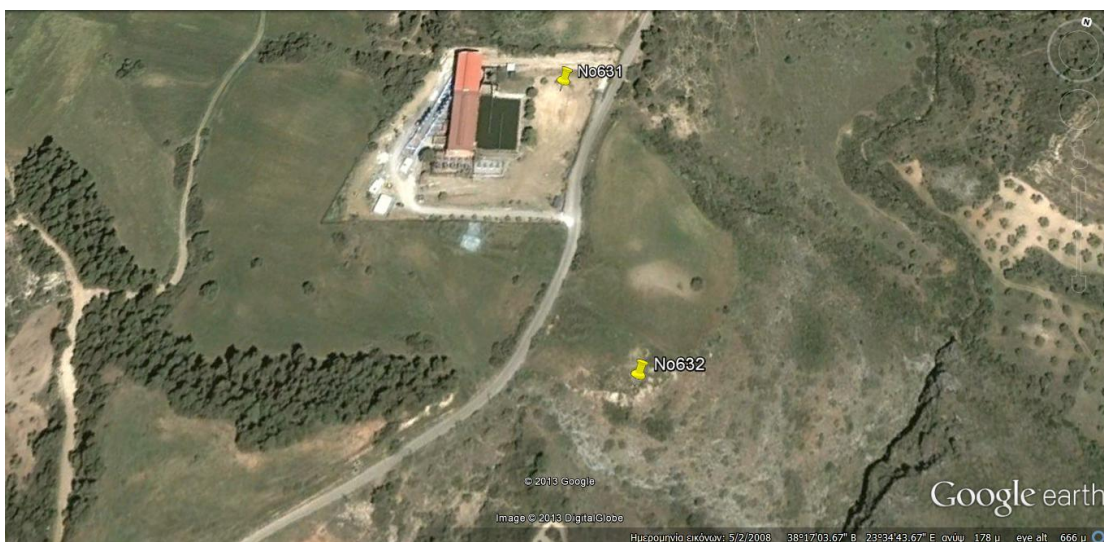
ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΕΣΤΙΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΓΙΟΥ ΘΩΜΑ							
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΘΕΣΗ	Χ ΕΓΣΑ	Υ ΕΓΣΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ
No631 & 632	πιθανώς ενεργή βιομηχανική μονάδα & πιθανός χώρος ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων	1200μ ΒΔ από τον Άγιο Θωμά	462972 463064	4237225 4237111	177	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης	2013
No633	πιθανός χώρος ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων	1900μ ΒΑ από τον Άγιο Θωμά πανω στην κοίτη του Ασωπού	463003	4238094	109	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης	2013

No636	πιθανός χώρος ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων	1000μ Α του Κλειδίου	463495	4235733	238	διάθεση αποβλήτων πιθανόν από γειτονικές βιομηχανικές δραστηριότητες	2013
-------	--	-------------------------	--------	---------	-----	---	------

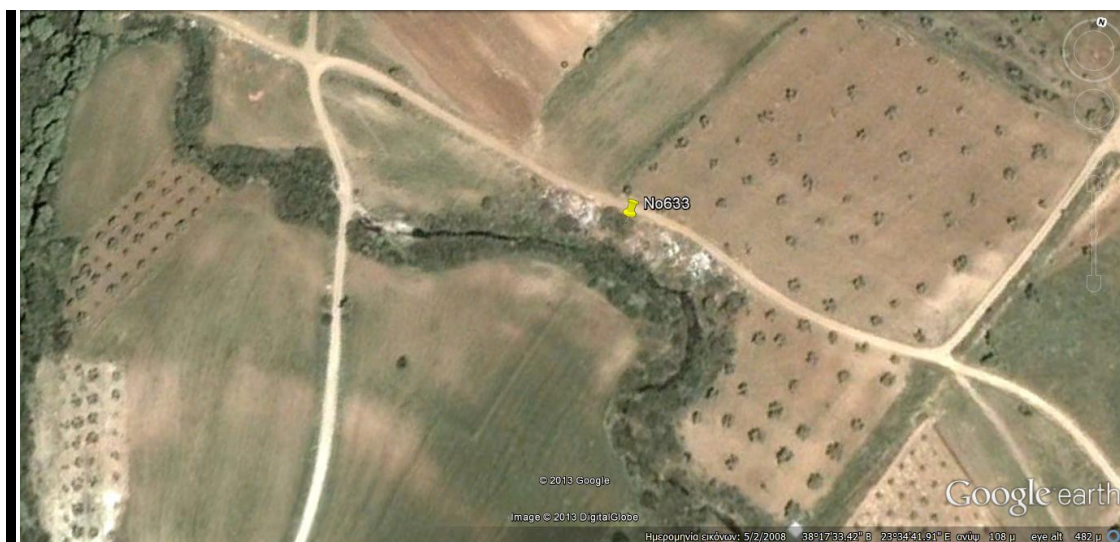
Πίνακας 13: Σημειακές εστίες ρύπανσης Αγίου Θωμά



Φωτογραφία 15



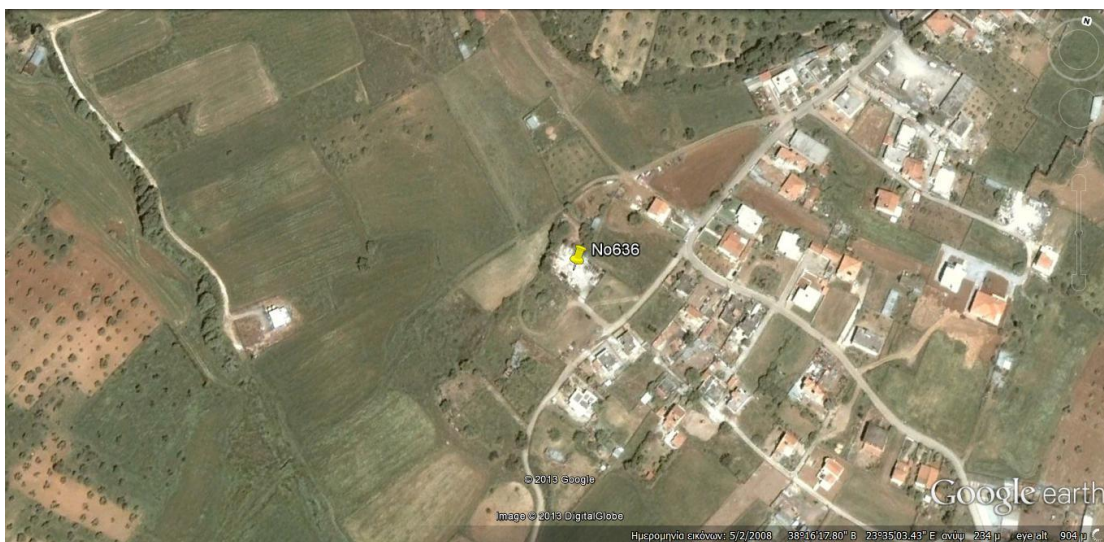
Φωτογραφία 16



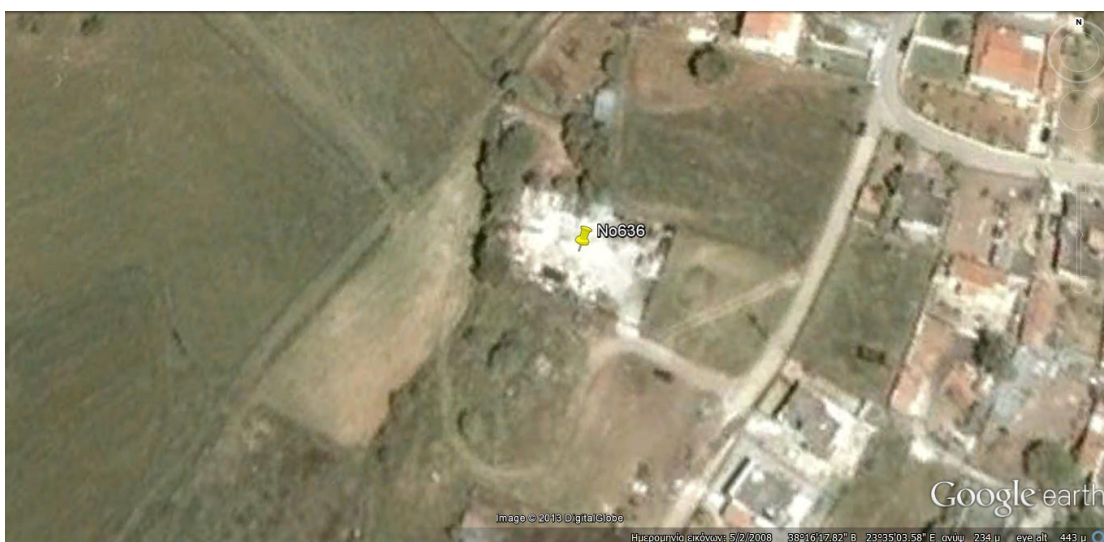
Φωτογραφία 17



Φωτογραφία 18



Φωτογραφία 19



Φωτογραφία 20

ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΕΣΤΙΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΥΛΩΝΑΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΘΕΣΗ	Χ ΕΓΣΑ	Υ ΕΓΣΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ
No82	εγκαταλελειμμένη βιομηχανική μονάδα	2930μ ΒΔ από τον Αυλώνα	472394	4236150	77	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης και πιθανά τέλματα βόρεια της εγκατάστασης	2013
No111,112,113 &114	ενεργές και μη βιομηχανικές μονάδες και πιθανός χώρος απόθεσης αποβλήτων (No114)	1300μ ΒΔ από τον Αυλώνα	472399 472510 472508 472584	4234464 4234482 4234339 4234325	106-115	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης και επιφανειακές δεξαμενές στο πεδίο No111	2013
No230&232	εγκαταλελειμμένες βιομηχανικές μονάδες και χώροι ανεξέλεγκτης απόθεσης αποβλήτων	2130μ Από το στρατόπεδο Αυλώνα	471467 471449	4236161 4236067	107&104	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης.	2013

Πίνακας 14: Σημειακές εστίες ρύπανσης Αυλώνας



Φωτογραφία 21



Φωτογραφία 22



Φωτογραφία 23

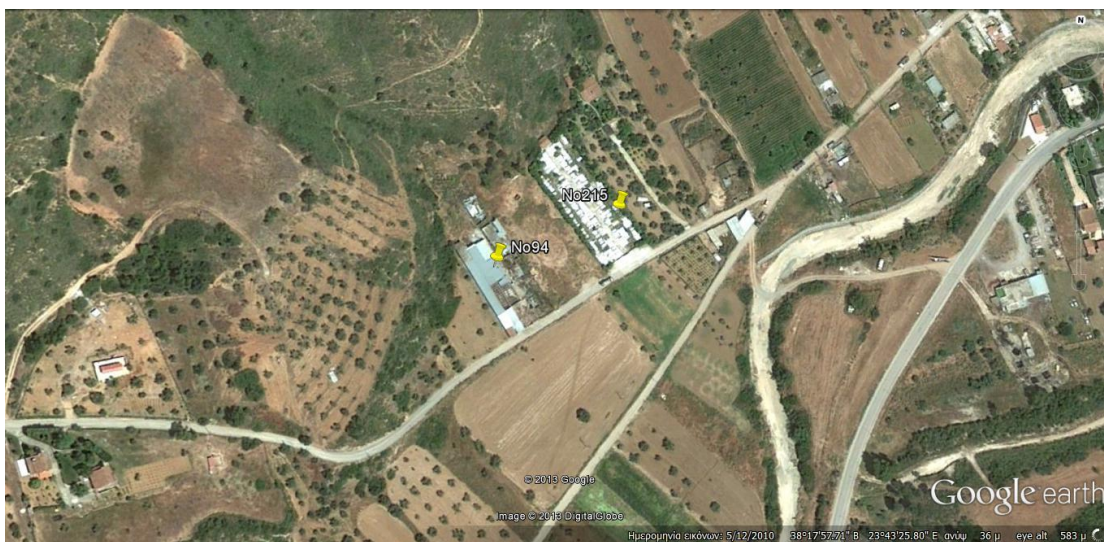


Φωτογραφία 24

ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΕΣΤΙΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΩΡΩΠΟΥ

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΘΕΣΗ	Χ ΕΓΣΑ	Υ ΕΓΣΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ
No94&215	εγκαταλελειμμένες βιομηχανικές μονάδες ελάχιστα μέτρα από την κοίτη του Ασωπού	800μ ΝΔ από την περιοχή Συκάμινο	475773 475773	4238810 4238810	25 &25	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης	2013
No100&101	εγκαταλελειμμένες βιομηχανικές μονάδες και πιθανός χώρος αποθήσεως αποβλήτων	700μ ΒΔ από την περιοχή Συκάμινο	475666 475628	4239456 4239481	43&39	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης	2013
No625&643	εγκαταλελειμμένες βιομηχανικές μονάδες	1,210μ ΝΑ από τον Άγιο Αθανάσιο	474064	4240534	45	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης	2013
No650	χώρος ανεξέλεγκτης απόθεσης αποβλήτων	500μ ΝΑ από την περιοχή Συκάμινο	476092	4238963	29	επιφανειακές ενδείξεις ρύπανσης	2013

Πίνακας 15: Σημειακές εστίες ρύπανσης Ωρωπού



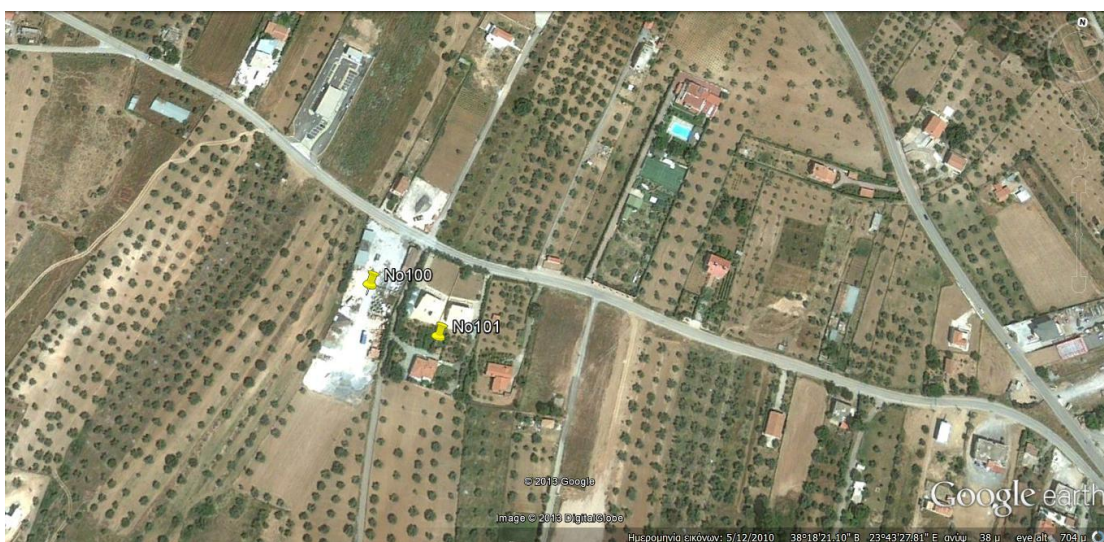
Φωτογραφία 25



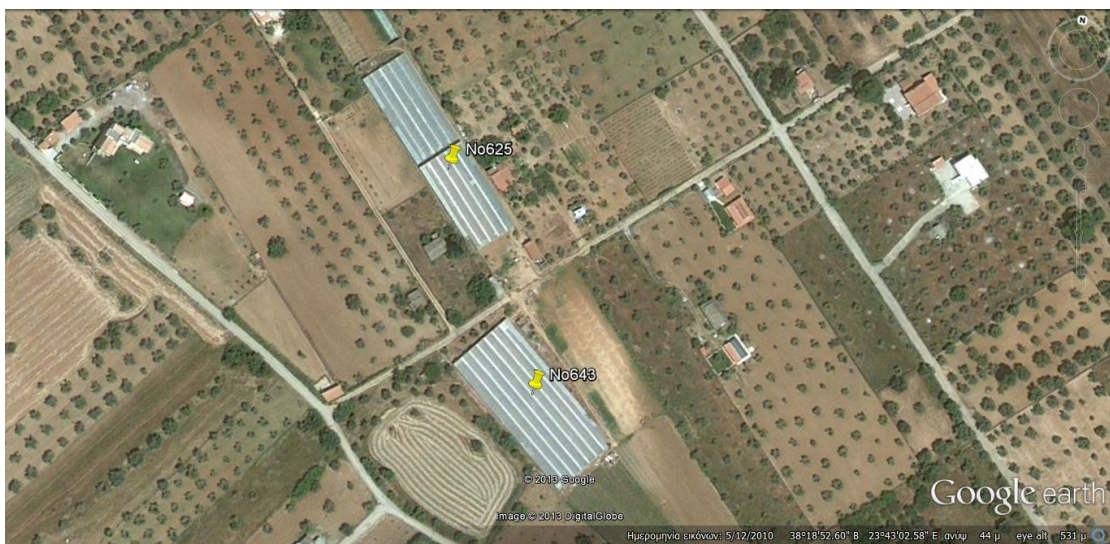
Φωτογραφία 26



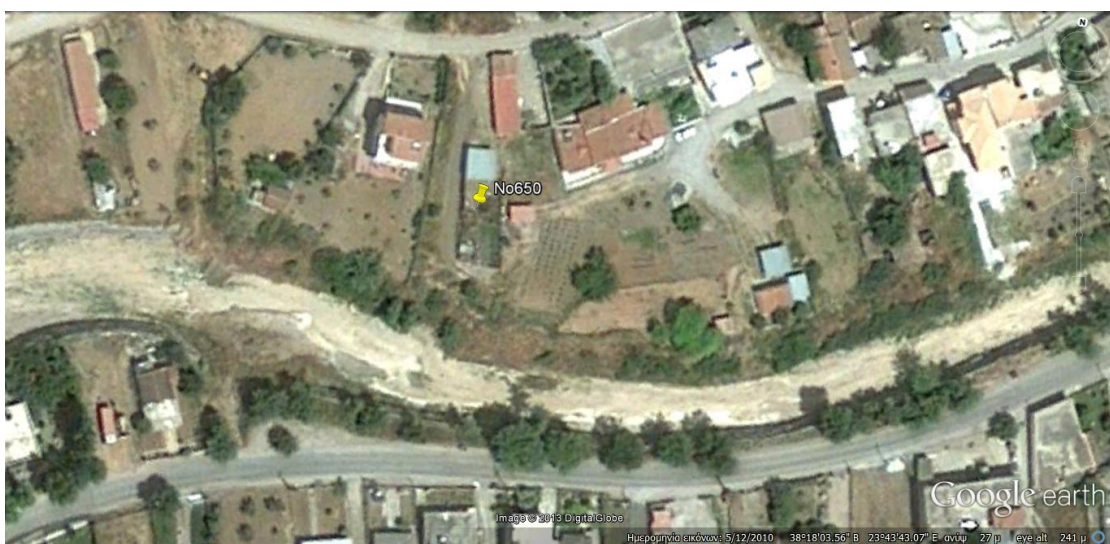
Φωτογραφία 27



Φωτογραφία 28



Φωτογραφία 29

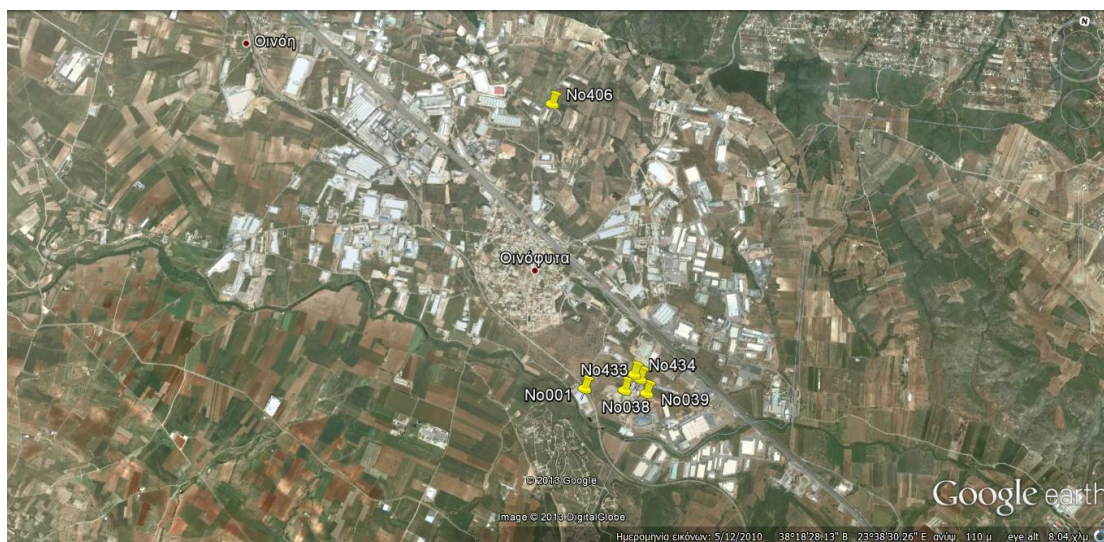


Φωτογραφία 30

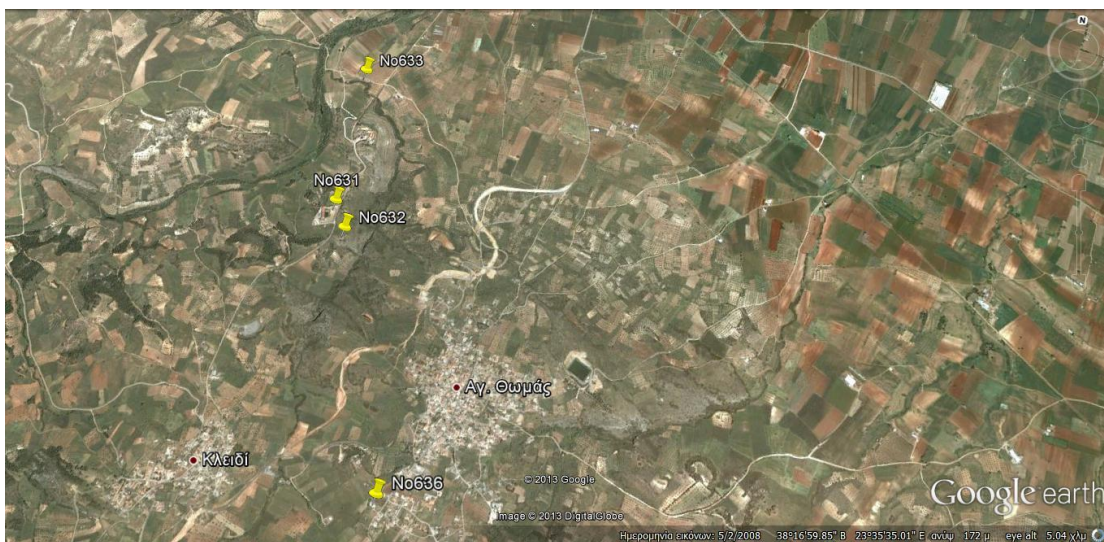
Δηλαδή συνολικά για κάθε περιοχή έχουμε την παρακάτω εικόνα:



Φωτογραφία 31



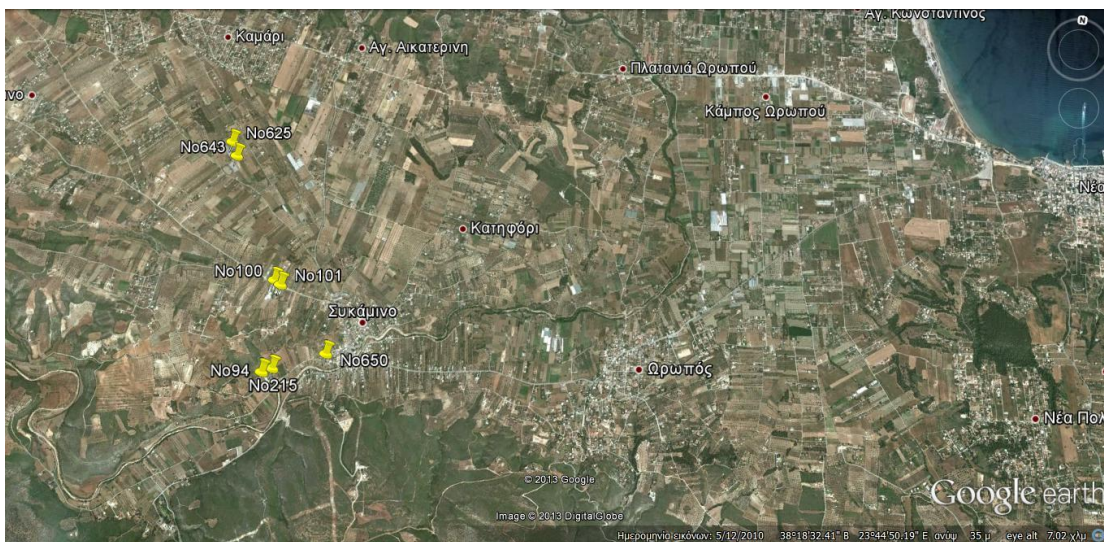
Φωτογραφία 32



Φωτογραφία 33



Φωτογραφία 34



Φωτογραφία 35



Φωτογραφία 36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ

Οι βιομηχανίες που βρέθηκαν και καταγράφηκαν ονομαστικά στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι οι ακόλουθες, χωρισμένες σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος της βιομηχανικής μονάδας.

ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΒΟΙΩΤΙΑΣ

5.1 Κατηγορία πλαστικά

MILTOPLAST ΑΕΒΕ

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Ρουμάνια, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Πλαστικά Είδη, Έπιπλα Βεράντας & Κήπου, Οικιακά Είδη & Σκεύη

PROFIS ΕΠΕ

Εργοστάσιο Πλαστικών Παρεμβυσμάτων

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Λυσία Τεμπέλη, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Πλαστικά Είδη

PLASTONA ΑΕΒΕ

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Πλαστικών Βιομηχανίας Πρώτες Ύλες

5.2 Κατηγορία: Χημικά Προϊόντα

UNICHERM HELLAS

Βιομηχανία Χημικών Προϊόντων - Εργοστάσιο

ALINDA VELCO AEBE

Παραγωγή και Εμπορία Βιομηχανικών Πρώτων Υλών - Χημικών Προϊ...

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Μαδαρό, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Πρώτες Ύλες & Μηχανήματα Χημικής Βιομηχανίας, Αντιπροσωπείες -

Εισαγωγές - Βιομηχανίες - Βιοτεχνίες Απορρυπαντικών, Χημικά Προϊόντα

ΛΟΥΦΑΚΗΣ ΧΗΜΙΚΑ

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Χημικά Προϊόντα

ΚΑΠΑΧΗΜ ΑΒΕΕ

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Βιομηχανική Περιοχή, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Χημικά Προϊόντα

ΜΗΧΑΝΟΧΗΜΙΚΗ ΑΕ

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

ΟΡΓΑΝΟΜΕΤΑΛ ΑΕ

Παραγωγή - Εμπορία Χημικών Προϊόντων

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Ντάμπαση, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Χημικά Προϊόντα

ΛΕΚΟΣ Ν ΧΗΜΙΚΑ ΑΕ

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Χημικά Προϊόντα

ΜΑΜΑΛΗΣ Γ & Ο ΟΕ

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Χημικά Προϊόντα

5.3 Κατηγορία: Βιομηχανίες Παραγωγής και επεξεργασίας Αλουμινίου

ΕΛΒΑΛ ΑΕ - ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΑΕ

57ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου

EUROPA PROFIL ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΒΕ

Βιομηχανία Διέλασης Αλουμινίου - Κουφωμάτων Αλουμινίου

56ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου, Κουφώματα

PROFILCO ΑΕ

53ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου

ΑΝΟΞΑΛ ΑΕ

3ο χλμ Περιφερειακής Οδού Οινοφύτων - Αγίου Θωμά, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου

ΑΛΠΑ ΑΒΕΕ - ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ ΑΒΕΕ

Βιομηχανία παραγωγής αλουμινίου

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Ρουμάνια, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου

ΕΠΑΛΜΕ ΑΕ

Βιομηχανία Επεξεργασίας Αλουμινίου

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Ντάμπαση, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου

EUROPA PROFIL ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ ΑΒΕ

Βιομηχανία Διέλασης Αλουμινίου - Κουφώματα Αλουμινίου

56ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου, Είδη & Κατασκευές Αλουμινίου, Κουφώματα

ΣΥΜΕΤΑΛ ΑΕ

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Άγιος Θωμάς, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες Παραγωγής & Επεξεργασίας Αλουμινίου

5.4 Κατηγορία: Τρόφιμα

PILLSBURY - GENERAL MILLS ΕΛΛΑΣ ΑΕ

Προϊόντα ζύμης και κατάψυξης - Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Κατεψυγμένα Προϊόντα, Τρόφιμα Γενικά

PEPSICO HBH ΑΒΕ

Εργοστάσιο Παραγωγής Αναψυκτικών

57ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα - Βιομηχανική Περιοχή, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Αναψυκτικά

EL SABOR MEXICAN FOODS ABEE

Εισαγωγή - Εμπόριο Ειδών Διατροφής - Εργοστάσιο - Κεντρικά Γ...

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Κοκκινιά, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Τρόφιμα Γενικά

ΜΥΛΟΙ ΑΣΩΠΟΥ ΑΒΕΕ

Αλευροβιομηχανία - Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Βιομηχανική Περιοχή, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Βιομηχανίες - Αντιπροσωπείες - Πρατήρια Αλευροποιίας

NESTLE ΕΛΛΑΣ ΑΕ

Εργοστάσιο Παραγωγής Καφέ

56ο χλμ Παλαιάς Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Καφέδες

ΠΑΥΛΙΔΗ ΑΦΟΙ Χ ΑΕ

Ποτοποιία

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Οινοπνευματοποιία - Οινοποιία - Ποτοποιία - Ζυθοποιία

SARA LEE COFFEE AND TEA

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Τσάγια

ΠΑΠΟΥΤΣΟΓΛΟΥ Δ ΜΙΧΑΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Σ ΟΕ

Εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού και τζατζικιού

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Γάλα & Προϊόντα Γάλακτος

5.5 Κατηγορία: Καλλυντικά

NAVROTSKA NATALYA ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΕΠΕ

Εργοστάσιο Απορρυπαντικών και Καλλυντικών

58ο χλμ Εθνικής οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Αντιπροσωπείες - Εισαγωγές - Βιομηχανίες - Βιοτεχνίες Απορρυπαντικών, Καλλυντικά

ΚΟΡΡΕΣ ΑΕ

Εργοστάσιο

57ο χλμ Νέας Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Καλλυντικά

Γ Ρ ΣΑΡΑΝΤΗΣ ΑΒΕΕ

Βιομηχανία - Εμπόριο Καλλυντικών - Παραφαρμακευτικών Προϊόντ...

52ο χλμ Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα - Θέση Λυσία Τεμπέλη, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Καλλυντικά, Οικιακά Είδη & Σκεύη, Φαρμακευτικά Είδη & Προϊόντα

5.6 Κατηγορία: Φαρμακευτικά Είδη και Προϊόντα

ΒΙΕΛΦΥΣ ΑΒΕΕ

Εργοστάσιο Παραγωγής Φαρμακευτικών Ειδών - Αμπουλών

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Ρουμάνια, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Φαρμακευτικά Είδη & Προϊόντα

ΑΛΦΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΦΟΔΙΑ ΑΕΒΕ

Εταιρεία προϊόντων φυτοπροστασίας και σπόρων - Εργοστάσιο

Θέση Ποταριά, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Γεωργικά Φάρμακα

5.7 Κατηγορία: Μέταλλα

ΕΥΡΩΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΒΕΕ EUROTRADE SA

Εταιρία Προκατασκευασμένων Μεταλλικών Οικίσκων - Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Άγιος Δημήτριος - Βιομηχανική Περιοχή, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Προκατασκευασμένες Οικίες, Μεταλλικές Κατασκευές

ΧΑΛΚΟΡ ΑΕ

Βιομηχανία Επεξεργασίας Μετάλλων - Εργοστάσιο

57ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Μέταλλα

ΑΦΟΙ ΜΠΕΛΛΟΥ ΕΠΕ

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Έπιπλα Μεταλλικά, Έπιπλα Βεράντας & Κήπου

VF-STORES - ΒΙΜΕΞ ΑΓΟΥΡΖΕΝΤΖΙΔΗΣ ΑΒΕΕ

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Τεμπέλη, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Μεταλλικά Εξαρτήματα, Κάγκελα, Είδη Υγιεινής

5.8 Κατηγορία: Ηλεκτρικά Είδη και Υλικά

SCHNEIDER ELECTRIC ΑΒΕΕ

Βιομηχανία Ηλεκτρομηχανολογικού Υλικού και Μετασχηματιστών -...

55ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας & ΤΘ 59, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Ηλεκτρικά Είδη & Υλικά, Μετασχηματιστές & Ανορθωτές
ΣΝΕΝΤΕΡ ΕΛΕΚΤΡΙΚ ΑΕ

Εργοστάσιο Ηλεκτρομηχανολογικού Υλικού

55ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας & ΤΘ 59, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Ηλεκτρικά Είδη & Υλικά, Μετασχηματιστές & Ανορθωτές

5.9 Κατηγορία: Χρώματα και Βερνίκια

SIRCA HELLAS ABEE

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Χρώματα & Βερνίκια

NOBEL LACK - ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ Δ ΑΕ

Βιομηχανία Οικοδομικών - Βιομηχανικών - Ναυτιλιακών Χρωμάτων...

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Βιομηχανική Περιοχή - Ντάμπαση, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Χρώματα & Βερνίκια

5.10 Κατηγορία: Οικοδομικά, Στεγανωτικά υλικά και υλικά συσκευασίας

MAILLIS GROUP - ΜΑΪΛΛΗΣ ΜΙΧΑΗΛ Ι ΑΕΒΕ

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Μηχανήματα - Είδη & Υλικά Συσκευασίας

ΤΕΧΝΟΚΑΛΥΨ - ΚΟΛΛΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Χ ΟΕ

Εμπόριο Σιδήρου Μπετόν - Παραγωγή Δομικού Πλέγματος - Εργοστ...
57ο χλμ Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ
Κατηγορίες: Σίδηρος Εμπορίου - Οικοδομών

ΜΟΝΩΣΤΥΡ ΑΒΕΕ

Παραγωγή και Εμπορία Μονωτικών Υλικών και Ιχθυοκιβωτίων - Ερ...
55ο χλμ Παλαιάς Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ
Κατηγορίες: Μονωτικά & Στεγανωτικά Υλικά, Μηχανήματα - Είδη & Υλικά Συσκευασίας

5.11 Κατηγορία: Έπιπλα-Κουφώματα

SYLOR ABETE

Βιομηχανία Ξύλινων Κουφωμάτων Υψηλής Τεχνολογίας - Κεντρικά
Οινόφυτα, Οινόφυτα - Κέσσερη, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ
Κατηγορίες: Κουφώματα, Ξυλουργικές Εργασίες

CASA DI SOFA

Κατασκευή και Εμπόριο Επίπλων - Εργοστάσιο
Οινόφυτα, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ
Κατηγορίες: Έπιπλα Γενικά

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΞΑΦΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΕΠΕ

Κατασκευές - Εμπόριο Επίπλων Κουζίνας - Εσωτερικές Πόρτες
Οινόφυτα, Οινόφυτα - Λυσία Τεμπέλη, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ
Κατηγορίες: Έπιπλα Κουζίνας, Έπιπλα Γενικά, Κουφώματα

5.12 Κατηγορία: Γαλβανιστήρια

ΓΑΛΒΑΝΙΣΤΗΡΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ ΑΒΕΕ (Ρουμελιώτης Πλούταρχος)

Εργοστάσιο

Οινόφυτα, Οινόφυτα - Ρουμάνια, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Γαλβανιστήρια

5.13 Κατηγορία: Γερανοί

2Π ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΑΕΒΕ

Εργοστάσιο

Θέση Τεμπέλη, Οινόφυτα, 32011, ΒΟΙΩΤΙΑΣ

Κατηγορίες: Γερανοί

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η αποκατάσταση της ρύπανσης υπόγειων νερών μπορεί να αποδειχθεί περίπλοκη, ακριβή και χρονοβόρος διαδικασία και είναι δυνατόν να περιλαμβάνει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό. Η συνδυαστική εφαρμογή των τεχνικών συνηθίζεται έτσι ώστε να αυξηθεί η απόδοση της διαδικασίας συνολικά. Τέτοιες διαδικασίες μπορεί να περιλαμβάνουν την άντληση των νερών και την επεξεργασία τους στην επιφάνεια του εδάφους, την επί τόπου επεξεργασία τους με την προσθήκη αναγωγικών ή τον περιορισμό της ρυπασμένης κηλίδας μέσα στον υδροφόρο και άλλες. Στην συνέχεια, θα αναλύσουμε δύο διαφορετικές μεθόδους για την απορρύπανση της προσβεβλημένης περιοχής, την μέθοδο της άντλησης και θεραπείας (Pump and Treat) και αυτή των Διαπερατών Ενεργών Φραγμάτων (Permeable Reactive Barriers).

6.1 Μέθοδος Pump and Treat (Άντληση και Θεραπεία)

6.1.1 Σχεδιασμός αποδοτικότητας των Pump and Treat συστημάτων

Η Αξιολόγηση Συστημάτων Αποκατάστασης (RSEs) που διεξήχθη σε 20 Υπερχρηματοδοτημένα συστήματα Pump and Treat (άντληση και θεραπεία) (P & T) αναγνώρισαν πιθανές ευκαιρίες για τη μείωση του ετήσιου κόστους λειτουργίας χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η προστασία σε 17 από τα 20 αυτά συστήματα. Κατά μέσο όρο, οι ευκαιρίες για κάθε σύστημα μεταφράζονται ως μια δυνητική μείωση άνω του 30% στο ετήσιο λειτουργικό κόστος. Συστάσεις μείωσης κόστους συμπεριλαμβανομένης της μείωσης του κόστους εργαστηρίων, απλουστεύοντας τη μονάδα επεξεργασίας, αντικαθιστώντας τα εξαρτήματα θεραπείας με πιο αποδοτικές μονάδες, καθώς και τη μείωση των διαδικασιών παρακολούθησης. Πολλές από αυτές τις ευκαιρίες εξοικονόμησης κόστους προέκυψαν διότι οι παράμετροι που χρησιμοποιούνταν για τον

σχεδιασμό των P & T συστημάτων διέφεραν από τις πραγματικές παραμέτρους κατά τη λειτουργία του συστήματος. Η διαπίστωση αυτή δείχνει ότι οι διαχειριστές του έργου EPA και άλλοι περιβαλλοντικοί επαγγελματίες θα επωφεληθούν από την καθοδήγηση στον σχεδιασμό αποδοτικότητας των P & T συστημάτων.

Ένα κατάλληλα σχεδιασμένο P & T σύστημα θα πρέπει να επιτύχει τους στόχους θεραπείας των υπογείων υδάτων σε έναν οικονομικά αποδοτικό τρόπο για τη διάρκεια ζωής της λειτουργίας του συστήματος. Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός του συστήματος P&T πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις κεφαλαιουχικές δαπάνες που σχετίζονται με την εγκατάσταση του συστήματος, καθώς και το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O & M, operation and maintenance). Στην περίπτωση αυτή και στο υπόλοιπο έγγραφο, ο όρος "O & M" αναφέρεται σε δραστηριότητες που συνδέονται με την λειτουργία και τη συντήρηση του P & T συστήματος, και δεν αναφέρεται σε καμία συγκεκριμένη χρονική περίοδο ή κανονιστική κατάσταση που συνδέεται με την θεραπεία. Για παράδειγμα, το πρόγραμμα Superfund(υπερχρηματοδότηση) αναφέρεται γενικώς στα πρώτα 10 χρόνια ενός Ηγνητικού P & T (Fund-lead P&T system) συστήματος ως Δράση μακροπρόθεσμης απόκρισης (LTRA), καθώς και στην μεταγενέστερη περίοδο, ως "O & M".

Ο σχεδιασμός συστήματος γενικά προκύπτει μετά την ολοκλήρωση του χαρακτηρισμού της τοποθεσίας και συνήθως αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

- την εξέταση των στόχων θεραπείας και των συναφών απαιτήσεων για την παρακολούθηση των επιδόσεων

- την ίδρυση παραμέτρων σχεδιασμού (π.χ., συντελεστής συστήματος ροής και συγκεντρώσεις εισόδου)

- επιλογή των κατάλληλων μεθόδων συλλογής / εκχύλισης υπόγειων υδάτων

- επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών για την θεραπεία της κάθε κατηγορίας των συστατικών

- προσδιορισμός μιας κατάλληλης επιλογής για την απόθεση(discharge) του επεξεργασμένου νερού

- την ενσωμάτωση κατάλληλων ελέγχων του συστήματος και αυτοματισμών

Καθένα από τα παραπάνω βήματα περιγράφεται σε αυτό το έγγραφο

και τα σενάρια σχεδιασμού παρατίθενται στα παραρτήματα για δύο υποθετικές τοποθεσίες ως ενδεικτικά παραδείγματα σχεδιασμού αποδοτικότητας των P & T συστημάτων.

Επειδή το κόστος κεφαλαίου για την εγκατάσταση και το ετήσιο κόστος για το O & M είναι σημαντικά υψηλότερο από το κόστος του σχεδιασμού ενός συστήματος, είναι συχνά σκόπιμο να ζητήσουν μια επισκόπηση του σχεδιασμού από ένα τρίτο πρόσωπο. Μόλις ένα σύστημα εγκατασταθεί και λειτουργεί με αξιόπιστο τρόπο, οι επιδόσεις του συστήματος πρέπει να αξιολογούνται σε τακτική βάση για να διαπιστωθεί αν η επίδοση και οι συνθήκες του τόπου είναι οι αναμενόμενες. Αλλαγές στο σύστημα κατά την πάροδο του χρόνου είναι γενικά αναμενόμενες, λόγω των εξελισσόμενων συνθηκών της τοποθεσίας και της εμφάνισης καινοτόμων τεχνολογιών. Το σύστημα θα πρέπει να αξιολογείται / βελτιστοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα από την υπεύθυνη ομάδα κάθε χρόνο και να αξιολογείται από ανεξάρτητο πρόσωπο ίσως και κάθε πέντε έτη.

Τα συστήματα P & T έχουν εν γένει κατασκευαστεί και λειτουργήσει για να πραγματοποιήσουν ένα ή και τα δύο ακόλουθα:

- Συγκράτηση - εμποδίζει τη μετακίνηση των συστατικών πάνω από μια επιλεγμένη συγκέντρωση σε έναν υποδοχέα ή ενδεχόμενο υποδοχέα
- αποκατάσταση υδροφορέα – αφαίρεση της μάζας του ρύπου, συμπεριλαμβανομένων των (NAPL), εάν υπάρχουν, από ένα υδροφορέα για την επίτευξη επιλεγμένων κριτηρίων εκκαθάρισης(cleanup).

Επιπλέον, ένα σύστημα P&T μπορεί να σχεδιαστεί για να καλύψει απαιτήσεις για το νερό που απορρίπτεται, και, ενδεχομένως, για τον εξερχόμενο αέρα, ανάλογα με το σύστημα.

Ο σχεδιασμός ενός αποδοτικού P&T συστήματος λαμβάνει υπόψη αυτούς τους στόχους και τις απαιτήσεις για τους ακόλουθους λόγους:

- Η απόδοση του κάθε συστήματος εν γένει περιλαμβάνει την παρακολούθηση και την αξιολόγηση σύμφωνα με τους στόχους του, καθώς και ένα σύστημα μπορεί να σχεδιαστεί για να κάνει αυτήν την απόδοση της παρακολούθησης ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή.

- Καθώς η θεραπεία εξελίσσεται και οι συνθήκες της τοποθεσίας βελτιώνονται, ενδιάμεσοι στόχοι και ορόσημα μπορούν να επιτευχθούν. Ένα αποδοτικό σύστημα P & T είναι αυτό όπου η λειτουργία των περιττών συστατικών του συστήματος διακόπτεται.

Η εξέταση αυτών των δύο σημείων κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού διευκολύνεται από την στρατηγική ταυτόχρονης ανάπτυξης μιας εξόδου (ή κλείσιμο) ή/και από πλάνο παρακολούθησης βασισμένο στην απόδοση. Μια στρατηγική εξόδου είναι γενικά μια συλλογή των μετρήσιμων ορόσημων που υποδεικνύει πρόοδο προς τους στόχους αποκατάστασης, συγκεκριμένες συνθήκες που δείχνουν σαφώς την επίτευξη αυτών των οροσήμων, και ένα σύνολο δράσεων που θα προκύψουν (π.χ., τη διακοπή ενός συστατικού της θεραπείας) όταν αυτά τα ορόσημα επιτευχθούν. Αν δεν επιτευχθούν τα αναμενόμενα ορόσημα, αυτό μπορεί να αποτελεί ένδειξη ότι η επανορθωτική προσέγγιση ή / και οι στόχοι πρέπει να αναθεωρηθούν. Ένα πλάνο παρακολούθησης που βασίζεται στην απόδοση επικεντρώνεται συνήθως στη συλλογή πληροφοριών που είναι απαραίτητες για να τεκμηριωθεί η επιτυχία ή η πρόοδος προς τους στόχους.

Τα ακόλουθα τρία υπομνήματα περιγράφουν πως ο σχεδιασμός ενός συστήματος και στοιχεία μιας στρατηγικής εξόδου ή / και ένα σχέδιο παρακολούθησης μπορούν να εργαστούν από κοινού για να καταλήξουν σε ένα οικονομικά αποδοτικό P & T σύστημα που να καλύπτει τους στόχους της θεραπείας.

6.1.2 Περιορισμός

Η συγκράτηση αναφέρεται γενικά στην υδραυλική σύλληψη των προσμείξεων σε μια τρισδιάστατη ζώνη του υπεδάφους και μπορεί να αφορά μία διαλυμένη πρόσμειξη πλουμίου και / ή ένα πλούμιο NAPL.

Μερικά διορθωτικά μέτρα περιορισμού μπορεί να σχεδιαστούν για να λειτουργούν επ 'αόριστον, και μπορεί να μην είναι ευνοϊκά σε μία στρατηγική εξόδου. Ωστόσο, ορισμένοι από τους ρύπους σε έναν χώρο μπορεί να υποβαθμίζονται με την πάροδο του χρόνου ή αλλιώς να πέφτουν κάτω από τα πρότυπα και να μην χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η παρακολούθηση μπορεί να μειωθεί, και τα εξαρτήματα ενός συστήματος επεξεργασίας μπορούν να διακοπούν(η λειτουργία τους) εάν η διακοπή τους δεν επηρεάζει άλλα εξαρτήματα θεραπείας που είναι ακόμα σε χρήση. Επομένως, παρόλο που μια στρατηγική εξόδου μπορεί να μην είναι δυνατόν να εφαρμοστεί ως περιοριστική θεραπεία στο σύνολό της, οι στρατηγικές εξόδου για κάποια μεμονωμένα συστατικά (ιδιαίτερα για εκείνα με σημαντικό ετήσιο κόστος) είναι γενικά εφαρμόσιμες.

Η μελέτη ενός σχεδίου παρακολούθησης βασισμένο στις επιδόσεις κατά την διάρκεια του σχεδιασμού μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο ετήσιο κόστος και σε μια πιο οικονομικά αποδοτική θεραπεία. Ένα πρόγραμμα παρακολούθησης για περιορισμένη θεραπεία το οποίο βασίζεται στις επιδόσεις θα χρειαστεί πιθανότατα να αποδείξει τη δέσμευση πλουμίου μέσα από την ερμηνεία των μετρήσεων της στάθμης του νερού και δείγματα ποιότητας νερού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εξαγωγή περισσότερου νερού σε μια τοποθεσία μπορεί να κάνει την αξιολόγηση της σύλληψης ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή χωρίς ουσιαστική προσθήκη στο κόστος θεραπείας.

Σε αυτές τις τοποθεσίες, μπορεί να είναι πιο αποδοτική οικονομικά η αύξηση του ποσοστού εξόρυξης. Ως εκ τούτου, το πεδίο εφαρμογής της παρακολούθησης που απαιτείται για την αξιολόγηση δέσμευσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για ποικιλία

σεναρίων άντλησης. Για κάθε σενάριο, το σχετικό κόστος της παρακολούθησης και της αξιολόγησης θα πρέπει να συγκριθεί με το κόστος της άντλησης και επεξεργασίας του νερού.

6.1.3 Αποκατάσταση του υδροφορέα

Για την αποκατάσταση του υδροφορέα, ο σχεδιασμός ενός αποτελεσματικού συστήματος Αντλίας και Θεραπείας (P&T) μπορεί να έχει δύο παραμέτρους στο σύστημα εξόρυξης :

- Πηγάδια εξόρυξης αποκλειστικά για τον έλεγχο της πηγής (για παράδειγμα υδραυλική δέσμευση μίας ζώνης NAPL)
- Πηγάδια εξόρυξης αφιερωμένα στην ολική αποκατάσταση από το υπόλοιπο πλούμιο.

Εάν είναι εφικτή, αυτή είναι μια πολύ αποτελεσματική στρατηγική καθώς ελέγχοντας την περιοχή της πηγής επιτρέπει στο υπόλοιπο σύστημα P&T να θεραπεύει την κατηφορική μερίδα του πλουμίου. Μία στρατηγική εξόδου σε συνεργασία με ένα τέτοιο σύστημα P&T μπορεί να συμπεριλαμβάνει ασυνέχειες της κατηφορικής μερίδας του συστήματος εξόρυξης υπό συγκεκριμένες συνθήκες αλλά η επιχείρηση του συστήματος εξόρυξης της περιοχής της πηγής πρέπει να συνεχίζεται ούτως ώστε να διατηρείται ο έλεγχος της πηγής. Με την πλειοψηφία του πλουμίου αποκατεστημένη, ο έλεγχος της πηγής και η συνδυασμένη παρακολούθηση μπορούν να συνεχίσουν σε ένα πιθανόν χαμηλότερο κόστος.

Αυτό αντιτίθεται σε μία προσέγγιση που στοχεύει στην αποκατάσταση ενός ολόκληρου νέφους. Σε μία τέτοια περίπτωση, η περιοχή μελέτης η οποία μπορεί να αποτελείται από αυξημένες συγκεντρώσεις και/ή NAPL, μπορεί να αυξηθεί σε μέγεθος, και ολόκληρο το σύστημα να λειτουργεί επ' αόριστον.

Οι συγκεκριμένες συνθήκες για την απενεργοποίηση οποιουδήποτε τμήματος του συστήματος ή ακόμα και ολόκληρου του συστήματος θα πρέπει να μελετάται κατά την

διάρκεια του σχεδιασμού του συστήματος και να προσδιορίζεται ξεκάθαρα πριν την λειτουργία του. Εάν άλλες τεχνολογίες οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στην εξασφάλιση αυτών των συνθηκών είναι διαθέσιμες κατά τον σχεδιασμό, μία ανάλυση οικονομικού οφέλους μπορεί να διεξαχθεί με σκοπό την αξιολόγηση ενός συνεχούς P&T συστήματος ενάντια στην εκτέλεση αυτών των άλλων τεχνολογιών.

Δεδομένου του παραπάνω σεναρίου, ένα κατάλληλο πρόγραμμα παρακολούθησης βασισμένο στην επίδοση πιθανότατα θα παρείχε δείγματα ποιότητας νερού από την περιοχή μελέτης. Επειδή η περιοχή μελέτης θα ελεγχόταν χωρίς να είναι απαραίτητη η αποκατάστασή της, ουσιαστικά δείγματα ποιότητας νερού στην περιοχή μελέτης μπορεί να μην παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες όσον αφορά την επίδοση της θεραπείας.

6.1.4 Απαιτήσεις απαλλαγής

Παρακολουθώντας την διαδικασία του νερού, και σε ορισμένες περιπτώσεις, συστήματα θεραπείας απαερίων, συχνά διεξάγονται για να αξιολογούν τις επιδόσεις αλλά και να αποδεικνύουν την ύπαρξη προτύπων απαλλαγής. Επειδή η παρακολούθηση της διαδικασίας μπορεί να είναι μία σημαντική μερίδα του ετήσιου κόστους O&M, ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να θεωρούν πως η επίδοση του συστήματος μπορεί να επιδειχθεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο παρακολουθώντας την διαδικασία.

Επειδή η συχνή δειγματοληψία και η εργαστηριακή ανάλυση μπορεί να γίνει ακριβή, φυτά θεραπείας, όποτε είναι δυνατόν, πρέπει να σχεδιάζονται για να λειτουργούν βασισμένα σε δεδομένα από αισθητήρες και λιγότερο συχνές δειγματοληψίες με εργαστηριακές αναλύσεις. Η θολερότητα, προοπτικές οξειδωσης-αναγωγής και το pH (σε συνδυασμό με δείγματα εισροών και εκροών) συχνά παρέχουν ικανοποιητικές πληροφορίες για τον χειρισμό ενός συστήματος κατακρήμνισης μετάλλων. Η διαφορική πίεση κατά μήκος των φίλτρων συχνά χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει την ύπαρξη

ακαθαρσιών. Τα ποσοστά ροής του αέρα και η πίεση είναι γενικά επαρκή για να υποδείξουν την απόδοση των air stripper's. Η χρήση αισθητήρων είναι γενικότερα πιο αποτελεσματική οικονομικά απότι η συχνή δειγματοληψία με εργαστηριακή ανάλυση και τα δεδομένα του αισθητήρα παρέχονται σε πραγματικό χρόνο.

Οι σχεδιαστές των συστημάτων θα πρέπει να ενσωματώνουν ποικιλία δειγμάτων από τις οπές καθ'όλη την θεραπευτική διαδικασία. Οι οπές θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε τα δείγματα να συλλέγονται από τις εισροές και τις εκροές κάθε μεγάλου συστατικού της θεραπείας ούτως ώστε η αποδοτικότητα της κάθε μονάδας να μπορεί να καθορίζεται.

Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά την εκκίνηση του συστήματος, όταν πιο συχνή δειγματοληψία είναι απαραίτητη, και είναι επίσης χρήσιμο για λιγότερο συχνές δειγματοληψίες καθ' όλη την διάρκεια της θεραπείας.

Επειδή οι συνθήκες της τοποθεσίας αλλάζουν, οι συγκεντρώσεις των εισροών κάποιων συστατικών μπορεί να πέφτουν κάτω από τις πρότυπες κατά το πέρασμα του χρόνου και κάποια ή και όλα τα πηγάδια να τίθενται εκτός λειτουργίας. Οι σχεδιαστές συστημάτων πρέπει να προβλέπουν τις συνθήκες οι οποίες θα επιτρέπουν ασυνέχειες στην χρήση συστατικών θεραπείας)ή ακόμα και σε ολόκληρο το σύστημα θεραπείας), έτσι ώστε αυτά τα συστατικά να μην χρησιμοποιούνται άσκοπα. Οι συνθήκες που αξίζει να ξεκινήσουν ή να επανεντάξουν αυτά τα συστατικά θα μπορούσαν επίσης να καθοριστούν, εάν η αλλαγή των συνθηκών της περιοχής οδηγήσει σε μία απρόβλεπτη αύξηση στις συγκεντρώσεις των εισροών.

Ένα εργαστήριο στο πεδίο για συχνή χημική ανάλυση είναι πολυέξοδο και στην εγκατάστασή του αλλά και στην λειτουργία του και είναι σπάνια κατάλληλο μιάς και η λειτουργία του συστήματος είναι σταθερή. Οι σχεδιαστές θα πρέπει να μελετήσουν πλήρως την χρήση αισθητήρων πριν συμπεριλάβουν ένα onsite εργαστήριο στο σχέδιό τους.κατά την εκκίνηση του συστήματος, ίσως είναι απαραίτητη η συχνότερη δειγματοληψία, αλλά μία βραχυπρόθεσμη λύση, όπως το να στέλνονται δείγματα εκτός

πεδίου ή η χρήση ενός προσωρινού κινητού εργαστηρίου είναι γενικότερα πιο κατάλληλη και μακροπρόθεσμα πιο αποτελεσματική οικονομικά σε σύγκριση με την εγκατάσταση και την λειτουργία ενός μόνιμου εργαστηρίου.

6.1.5 Παράμετροι συστήματος σχεδιασμού

Κατάλληλη αξιολόγηση και επιλογή εξοπλισμού θεραπείας κατά τον σχεδιασμό απαιτεί αξιόπιστες εκτιμήσεις των τιμών της ροής του συστήματος εξόρυξης και των χαρακτηριστικών των εισροών. Ωστόσο, οι σχεδιαστές συστημάτων πρέπει να σημειώσουν ότι αλλαγές στις τιμές αυτών των παραμέτρων είναι πιθανόν να προκύψουν κατά την λειτουργία του συστήματος, ιδιαίτερα στα πέντα πρώτα χρόνια. Αυτές οι αλλαγές στις τιμές των παραμέτρων μπορεί να προκύψουν από μία αλλαγή στις συνθήκες της τοποθεσίας σε σχέση με την λειτουργία της θεραπείας, όπως τροποποιήσεις στο σύστημα εξόρυξης, έλεγχος ή ακόμα και απομάκρυνση της πηγής. Ιδανικά, ένα σύστημα σχεδιάζεται για να ελαχιστοποιήσει τον εξοπλισμό ο οποίος μετά την έναρξη της λειτουργίας δεν είναι πλέον χρήσιμος. Ασχέτως, συστατικά του συστήματος που είναι αρχικά απαραίτητα μπορεί στην συνέχεια να είναι άχρηστα. Σε τέτοιες περιστάσεις, το σύστημα πρέπει να είναι ικανοποιητικά ελαστικό ώστε να επιτρέπει σε αυτά τα συστατικά να παρακάμπτονται έτσι ώστε τα περττά υλικά αλλά και τα έξοδα εργαστηρίου να διακόπτονται. Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητο να ενοικιαστεί ένα εξάρτημα εάν ο σχεδιαστής πιστεύει ότι το εξάρτημα αυτό θα χρησιμοποιηθεί μόνο για ένα μικρό διάστημα. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί να είναι απαραίτητο να εγκατασταθεί εξοπλισμός ο οποίος είναι κατάλληλος για την φόρτωση της μειωμένης μάζας η οποία ενεργοποιείται με την χρήση άνθρακα, την παραγωγή λάσπης και την χρήση χημικών.

6.1.6 Υδραυλική ικανότητα

Οι μέγιστη τιμή ροής ενός συστήματος (υδραυλική ικανότητα) πρέπει να υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την τιμή ροής σχεδιασμού και πολλαπλασιάζοντάς την με έναν συντελεστή ασφαλείας. Ο συντελεστής ασφαλείας είναι συγκεκριμένος για κάθε τοποθεσία και καθορίζεται από επαγγελματική κρίση μηχανικών, και βασίζεται στην σημαντικότητα της υδραυλικής ικανότητας για το κόστος και την αποτελεσματικότητα του συστήματος αλλά και στην αξιοπιστία του υπολογισμού της τιμής της ροής σχεδιασμού. Για παράδειγμα, εάν η τιμή σχεδιασμού της ροής για ένα σύστημα είναι 2 grpm, ένας συντελεστής ασφαλείας της τάξεως του 5 (για υδραυλική ικανότητα των 10 grpm) είναι συνήθως δικαιολογημένος, αρχικά γιατί εξαρτήματα της θεραπείας του ίδιου μεγέθους πιθανότατα χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε τιμή ροής κάτω από 10 grpm. Ωστόσο, για συστήματα με πολλαπλά πηγάδια και τιμές ροής πάνω από 50grpm, ο συντελεστής ασφαλείας θα πρέπει σε γενικές γραμμές να είναι 2 ή λιγότερο, σύμφωνα με την κρίση του μηχανικού σχεδιαστή.

Η υδραυλική ικανότητα χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει σε μέγεθος τον εξοπλισμό της θεραπείας, τις αντλίες και τους σωλήνες για να επιτρέψει την κατάλληλη διαμέσου τοποθέτηση. Ο σχεδιασμός της αντλίας και των σωληνώσεων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του ταχύτητες ροής και τις απώλειες. Εάν υπάρχουν εξαρτήματα στο σύστημα τα οποία τροφοδοτούνται από αντλίες οι οποίες ανοιγοκλείνουν, θα πρέπει να χρησιμοποιείται η τιμή της ροής κατά την λειτουργία της αντλίας και όχι η μέση τιμή κατά την διάρκεια του κύκλου της αντλίας. Για παράδειγμα, η μέση ροή μέσα από έναν air stripper μπορεί να είναι 50 grpm, αλλά εάν το σύστημα θεραπείας είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε batch mode με ροή 100 grpm, ο air stripper θα πρέπει να σχεδιάζεται με υδραυλική ικανότητα 100 grpm. Για την αποφυγή υπερσχεδιασμού, η υδραυλική ικανότητα δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για να καθορίζει χρήση απαερίων GAC, παραγωγή λάσπης, αναλώσιμων ή για την επιλογή διαδικασίας για θεραπεία. Αυτά τα αντικείμενα καθορίζονται καλύτερα με την σχεδιαστική τιμή ροής, η οποία είναι η καλύτερη εκτίμηση της αναμενόμενης τιμής ροής.

6.1.7 Συγκέντρωση σχεδιασμού

Μαζί με την ροή, οι συγκεντρώσεις των συστατικών που αναμένονται στις εισροές του συστήματος θα πρέπει να καθορίζονται. Οι προσμίξεις στην περιοχή ενδιαφέροντος, όσο και οι ανόργανες ουσίες φυσικής προέλευσης όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο, και η σκληρότητα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν. Η εξόρυξη νερού από το έδαφος αλλάζει τα πρότυπα ροής των υπογείων υδάτων, και συχνά αλλάζει την προοπτική οξειδωσης-αναγωγής της υποεπιφάνειας. Συγκεντρώσεις των οργανικών και των ανόργανων ουσιών υπό διαρκείς συνθήκες άντλησης είναι μικρότερης τάξης μεγέθους απ' ότι υπό συνθήκες χωρίς άντληση. Σαν αποτέλεσμα, τα δεδομένα της συγκέντρωσης που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την σχεδιαστική συγκέντρωση ενός συστήματος P&T, θα πρέπει να συλλέγονται για κάθε πιθανό συστατικό υπό συνθήκες διαρκούς άντλησης από πηγάδια εξόρυξης που βρίσκονται σε λειτουργία ή από δοκιμές άντλησης σε πηγάδια παρακολούθησης που γειτνιάζουν με τα προτεινόμενα πηγάδια εξόρυξης. Για τις ανόργανες ουσίες, τα φιλτραρισμένα αλλά και τα αφιλτράριστα δείγματα πρέπει να αναλύονται για τον καθορισμό της ανάγκης για θεραπεία και τις προοπτικές το φυσικό φιλτράρισμα να αποτελεί μία αποτελεσματική πρώτη θεραπεία. Όσο περισσότερο μπορεί να είναι διαρκής η άντληση και όσο πιο κοντά είναι η τιμή στην αναμενόμενη τιμή εξόρυξης, τόσο πιο ακριβείς θα είναι οι εκτιμήσεις των συγκεντρώσεων των εισροών. Γενικά, επιτρέποντας 24 με 48 ώρες άντλησης πριν την δειγματοληψία είναι ένας λογικός συμβιβασμός ανάμεσα στο κόστος της δοκιμής και στην αξία της απόκτησης δεδομένων υπό συνθήκες άντλησης. Άλλωστε, δοκιμές άντλησης για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους μπορεί να είναι ευεργετικές για πηγάδια με χαμηλότερη απόδοση.

Τυπικά, κινητές δεξαμενές μεγάλου όγκου χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση νερού από δοκιμές άντλησης. Η θεραπεία του παραγόμενου νερού εξαρτάται από τον όγκο, τα χαρακτηριστικά των εισροών και τα πρότυπα απαλλαγής. Εάν η αποφόρτιση σε POTW είναι εφικτή, η θεραπεία μπορεί να μην είναι απαραίτητη και ένας σχετικά μικρός όγκος νερού από δοκιμές άντλησης κάνουν την αποφόρτιση σε POTW πιο

αποτελεσματικά οικονομική. Σε κάποιες περιπτώσεις, η έγκριση μπορεί να λαμβάνεται για βραχυπρόθεσμη αποφόρτιση σε γειτονική ποσότητα επιφανειακού νερού ή σε αποχέτευση ομβρίων. Εάν κάποιο σημείο της αποφόρτισης δεν είναι διαθέσιμο-εφικτό, ή τα πρότυπα των δοκιμών (ή και της ίδιας της θεραπείας) είναι πολύ αυστηρά, η θεραπεία εκτός πεδίου σε μία κατάλληλα αδειοδοτημένη εγκατάσταση μπορεί να είναι εγγυημένη, με κόστος σε τέτοιες εγκαταστάσεις να κυμαίνονται από \$0,25/gallon μέχρι \$0,50/gallon. Μικρές μονάδες απαερίων και κινητές air stripper είναι διαθέσιμες σε πολύ λογικές τιμές. Η επί τόπου θεραπεία των δοκιμών άντλησης νερού μπορεί να είναι οικονομικά αποτελεσματικά και να φανούν χρήσιμα για την δοκιμή της αποτελεσματικότητας των προτιμώμενων τεχνολογιών αποκατάστασης.

Δεδομένα από αντιπροσωπευτικά πηγάδια πρέπει να υπολογίζονται κατά μέσο όρο (σταθμισμένα με βάση την ροή ανά πηγάδι) για να δώσουν τις σχεδιαστικές συγκεντρώσεις των εισροών για κάθε συστατικό. Η χρήση των δεδομένων των συγκεντρώσεων που έχουν ληφθεί υπό συνθήκες διαρκούς άντλησης απ' ότι χωρίς άντληση ή υπό συνθήκες χαμηλής ροής, μειώνει την πιθανότητα υπερσχεδιασμού του συστήματος για να αντιμετωπίσει μία λανθασμένα μεγάλη τιμή απομακρυσμένης μάζας.

Οι συγκεντρώσεις σχεδιασμού των εισροών πρέπει να χρησιμοποιείται με την σχεδιαστική τιμή της ροής για να εκτιμηθεί το σύστημα σχεδιασμού φόρτωσης μάζας για κάθε συστατικό το οποίο πρέπει να χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της χρήσης των απαερίων GAC, της παραγωγής λάσπης, της χρήσης χημικών κτλ. Ένας συντελεστής ασφαλείας ο οποίος βασίζεται στην αξιοπιστία της εκτίμησης της σχεδιαστικής συγκέντρωσης (γενικά να μην ξεπερνάει την τιμή 2) πρέπει να εφαρμόζεται στην σχεδιαστική συγκέντρωση των εισροών για να παρέχει την μέγιστη συγκέντρωση εισροών. Αυτές οι συγκεντρώσεις πρέπει να συγκρίνονται με πραγματικά ή εκτιμώμενα πρότυπα αποφόρτισης για να καθορίσουν ποια συστατικά θα χρειαστούν θεραπεία. Το θεραπευτικό σύστημα πρέπει να έχει την ικανότητα να θεραπεύει τις μέγιστες συγκεντρώσεις εισροών.

Ακόμα και αν τα πρότυπα αποφόρτισης του σιδήρου, του μαγγανίου, της σκληρότητας και ίσως και άλλων ανόργανων ενώσεων δεν είναι αναμενόμενα, η θεραπεία αυτών των συστατικών μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή σφαλμάτων στον εξοπλισμό, όπως μονάδες απαερίων GAC. Ο σχεδιαστής πρέπει να προσπαθήσει να εξαλείψει την ανάγκη για χειριστή εντατικής απομάκρυνσης μετάλλων, είτε με εξοπλισμό που να μην είναι επιρρεπής σε σφάλματα ή με την προσθήκη ενός απομονωμένου αντιπροσώπου για να διατηρεί τα μέταλλα απομονωμένα. Ο σχεδιαστής πρέπει επίσης να μελετάει το ενδεχόμενο για ένα σύστημα προσωρινής απομάκρυνσης μετάλλων εάν οι συγκεντρώσεις των ανόργανων ουσιών αναμένονται να μειωθούν αμέσως μετά από συνεχή άντληση, όπως και συμβαίνει συνήθως.

Το να στηρίζουμε τις συγκεντρώσεις των εισροών σε δείγματα που λαμβάνονται υπό διαρκή άντληση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό οικονομικά εάν οι παραδοσιακές τεχνικές δειγματοληψίας πηγαδιών παρακολουθήσης αποδίδουν οργανικές προσμείξεις με συγκεντρώσεις >1% της διαλυτότητας τους ή εάν ανόργανες ενώσεις φυσικής προέλευσης είναι παρούσες σε επίπεδα που μπορεί να χρειάζονται θεραπεία. Και στις δύο περιπτώσεις, οι συγκεντρώσεις κάτω από διαρκή άντληση μπορεί να είναι επαρκώς χαμηλές σε σύγκριση με αποτελέσματα δειγματοληψιών από παραδοσιακά πηγάδια παρακολουθήσης για να επιτρέπουν πιο αποτελεσματικές, από οικονομική πλευρά, επιλογές θεραπείας.

6.1.8 Υγρά μη υδατικής φάσης (NAPL)

Η παρουσία NAPL (η ακόμα και αποδείξεις που προτείνουν την παρουσία NAPL) στην υποεπιφάνεια περιπλέκει τον σχεδιασμό του συστήματος αποκατάστασης. Τα NAPL μπορούν να βρεθούν σε τρεις γενικούς τύπους σε συγκρουόμενα πεδία:

- NAPL ελαφρύτερα από το νερό όπως η γκαζολίνη-βενζίνη
- NAPL πυκνότερα από το νερό όπως χλωριωμένα διαλύματα

- NAPL που έχουν περίπου ίδιο ειδικό βάρος με το νερό όπως πίσσα άνθρακα, που μπορεί να είναι δύσκολο να διαχωριστεί από το εξορυγμένο νερό με βάση την βαρύτητα.

-

Επίσης, τα NAPL συναντώνται είτε σαν ελεύθερα προϊόντα είτε σαν υπολλειμματικά προϊόντα. Σαν ελεύθερο προϊόν κινείται σε ξεχωριστή φάση από το νερό και είναι ανακτήσιμο μέσω της εξόρυξης όπου το υπολλειμματικό προϊόν είναι παγιδευμένο στους πόρους.

Η παρουσία ελεύθερου LNAPL μπορεί να προκαλεί σύγκρουση ανάμεσα στην επιλογή συστατικών εξόρυξης και θεραπείας. Εάν ελεύθερα LNAPL είναι παρόντα σε πηγάδια παρακολούθησης, αποτελούν μία ένδειξη ότι LNAPL είναι επίσης παρόντα και σε σχηματισμό γύρω από το πηγάδι, και δοκιμές ανάκτησης με την χρήση αντλίας ή τρόμπας θα πρέπει να διεξάγονται για να καθορίζουν το ενδεχόμενο ποσοστό ανάκτησης NAPL με το πέρασμα του χρόνου. Εάν το ποσοστό θεραπείας των LNAPL είναι επαρκές για να δικαιολογήσει την αυτόματη εξαγωγή, σε σχέση με την χειρωνακτική συλλογή ή με μια άλλη θεραπευτική προσέγγιση, οι αντλίες εξαγωγής προϊόντων θα πρέπει να μελετηθούν σαν επιλογή σε συνδυασμό με επιτραπέζιες αντλίες αποσυμπίεσης νερού. Ανεκτημένα LNAPL θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ξεχωριστά από το θεραπευμένο υπόγειο νερό. Για παράδειγμα, αν η ποσότητα του ανεκτημένου προϊόντος αναμένεται να είναι περισσότερο από 10 gallons την ημέρα ανά πηγάδι, αντλίες ολικών υγρών και ένας διαχωριστής (παθητικής φάσης) στην κορυφή του συστήματος αποκατάστασης μπορούν να παρέχουν επαρκή απομάκρυνση LNAPL για αποτελεσματικό χειρισμό των κατάντι μονάδων. Όταν τα ποσοστά της αποκατάστασης ελαττώνονται, άλλες τεχνολογίες αποκατάστασης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διευθύνουν υπολλειμματικά LNAPL.

NAPLs που είναι πυκνότερα από το νερό μπορούν να αναγνωριστούν από έναν αισθητήρα διεπαφής όταν το προϊόν συσσωρεύεται στον πυθμένα του πηγαδιού, από ειδικευμένους δείκτες, από συμπεράσματα βασισμένα σε συγκεντρώσεις διαλυτότητας πάνω από 1% ή από άλλες καινοτόμες μεθόδους. Δοκιμές ανάκτησης DNAPL πρέπει να

μελετώνται σαν επιλογή για πηγάδια εξόρυξης σε περιοχές όπου υπάρχει υποψία για ελεύθερα DNAPLs που μπορεί να χρειάζονται απομάκρυνση. Ομοίως, δοκιμές μακροπρόθεσμης άντλησης πρέπει να μελετώνται σαν επιλογή σε πηγάδια εξόρυξης σε περιοχές που πιθανόν να υπάρχουν είτε ελεύθερα είτε υπολλειματικά DNAPLs έτσι ώστε να εκτιμώνται συγκεντρώσεις εισροών διαλυμένων προσμείξεων. Εάν αναμένεται ύπαρξη DNAPL σε σύστημα θεραπείας εισροών, ένας διαχωριστής (παθητικής φάσης) στην κορυφή της θεραπευτικής ακολουθίας είναι συνήθως επαρκής.

Ανθρακική πίσσα και άλλες μορφές NAPLs με συγκεκριμένη βαρύτητα κοντά στην τιμή 1.00 μπορεί να μην απομακύνονται αποτελεσματικά από το εξορυγμένο νερό μέσω του διαχωριστή. Δοκιμές θεραπείας συχνά διέπονται για να εκτιμήσουν το ποσοστό θεραπείας των NAPLs. Εάν η τιμή είναι μικρότερη από 10 γαλόνια την ημέρα, ένα ελαιοφιλο φίλτρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απομακρυνθεί το προϊόν, έτσι ώστε να προστατεύει τα κατάντι τμήματα της θεραπείας. Εάν αναμένεται ένας μεγαλύτερος όγκος NAPLs, μία μονάδα επίπλευσης διαλυμένου αέρα (DAF) μπορεί να είναι απαραίτητη για την απομάκρυνση του προϊόντος.επειδή οι μονάδες επίπλευσης DAF είναι ακριβές στην εγκατάσταση και την λειτουργία, οι σχεδιαστές θα πρέπει να εξετάζουν προσεκτικά εάν είναι απαραίτητες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εάν μία τέτοια μονάδα είναι κατάλληλη για μικρό χρονικό διάστημα, ο δανεισμός του εξοπλισμού ή ακόμα και η χρήση προσωρινών δεξαμενών προεπεξεργασίας μπορεί να είναι δικαιολογημένες έτσι ώστε εάν προκύψει μείωση στην ανάκτηση του προϊόντος, ένα υπερσχεδιασμένο σύστημα δεν θα υπάρχει για την διάρκεια της θεραπείας.

6.1.9 Σύστημα εξόρυξης

Αυτός ο τομέας παρουσιάζει τυπικά εξαρτήματα ενός συστήματος εξόρυξης νερού. η επιλογή των απαραίτητων εξαρτημάτων ενός τέτοιου συστήματος πρέπει να μειώνει τα έξοδα κεφαλαίου σε πηγάδια γεώτρησης και στην αγορά αντλίων. Θα πρέπει επίσης να μειώσει το κόστος μακροπρόθεσμης συντήρησης. Ο κατάλληλος

σχεδιασμός ενός συστήματος εξόρυξης μπορεί επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις, να εξαλείψει την ανάγκη για πρόσθετα εξαρτήματα θεραπείας όπως φράγματα, εάν ο περιορισμός μπορεί να παρεχθεί αποτελεσματικά και με χαμηλό κόστος. Πριν την εγκατάσταση φραγμάτων ή άλλων εξαρτημάτων-μεθόδων θεραπείας με σκοπό την ενίσχυση του συστήματος P&T θα πρέπει να διεξάγεται μία διορθωτική εναλλακτική ανάλυση. Μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικό οικονομικά και να παρέχει την ίδια προστασία να βασιστεί κανείς σε ένα απλό σύστημα P&T.

6.1.10 Κατακόρυφα πηγάδια/πηγάδια με γωνία/αποχετεύσεις

Τα κατακόρυφα πηγάδια είναι ο τύπος των πηγαδιών που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για συστήματα εξόρυξης. Κανονικά, το κατακόρυφο πηγάδι τοποθετείται σε μία ζώνη επιρροής και αντλεί έτσι ώστε η στάθμη του νερού να πέφτει, αναγκάζοντας έτσι το νερό να εισέλθει στο πηγάδι. Τα κατακόρυφα πηγάδια είναι η προτιμότερη μέθοδος συλλογής στην οποία η επιφάνεια του εδάφους πάνω από το «νέφος» είναι προσβάσιμο, και ο υδροφορέας παρέχει σχετικά υψηλές αποδόσεις (>1gpm ανά πηγάδι) και κορεσμένα πάχη (>10ft). Τα κατακόρυφα πηγάδια αποτελούν την μόνη λογική μέθοδο συλλογής για νέφη >100ft κάτω από την επιφάνεια. Όταν η μόλυνση παρουσιάζεται σε διακριτά διαστήματα κατά μήκος ενός πηγαδιού, το πηγάδι μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να εστιάζει στην εξόρυξη στα διαστήματα που είναι πιο μολυσμένα και να μειώνει την περιορίζει την ποσότητα του καθαρού νερού από άλλα διαστήματα.

Τα πηγάδια με γωνία μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάτω από κτίρια ή άλλες κατασκευές που δεν επιτρέπουν την πρόσβαση στα κατακόρυφα πηγάδια σε μια κατάλληλη περιοχή. Ωστόσο, τα πηγάδια αυτά έχουν και περιορισμούς. Για παράδειγμα, οι ηλεκτρικές υποβρύχιες αντλίες δεν χρησιμοποιούνται σε πηγάδια με γωνία διότι η αντλία δεν μπορεί να τοποθετηθεί κατάλληλα στο κέντρο του πηγαδιού, το οποίο μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή του screen του πηγαδιού ή την υπερθέρμανση

της αντλίας. Ως εκ τούτου, υποβρύχιες αντλίες πεπιεσμένου αέρα ή αντλίες με κινητήρες πάνω από το έδαφος είναι γενικότερα πιο κατάλληλες για πηγάδια με γωνία.

Οι πλευρικές αποχετεύσεις μπορεί να είναι αποτελεσματικές για νέφη σε μικρά βάθη όπου τα επιφανειακά χαρακτηριστικά και οι υπόγειες χρησιμότητες δεν αποτελούν εμπόδια. Οι αποχετεύσεις μπορεί να είναι η μόνη λογική εναλλακτική όταν τα κορεσμένα πάχη είναι <10ft ή/και όταν η υδραυλική αγωγιμότητα είναι χαμηλή. Φρεάτια τοποθετούνται σε χαμηλά σημεία των αποχετεύσεων έτσι ώστε το νερό να συλλέγεται και να αντλείται.

6.1.11 Αντλίες

Οι ηλεκτρικές υποβρύχιες αντλίες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα P&T και είναι κατάλληλες για αποδόσεις πηγαδιών περίπου 1.5 gpm ή και παραπάνω. Αποτελούνται από έναν συνδυασμό ηλεκτρικού κινητήρα και αντλίας. Ο κινητήρας περιστρέφει την φτερωτή της αντλίας, η οποία σπρώχνει το νερό έξω από το πηγάδι. Αυτές οι αντλίες προτιμώνται για ροές μεγαλύτερες των 12 gpm από ένα πηγάδι με βάθος ως το νερό να ξεπερνάει τα 30 πόδια. Συγκεκριμένες υπέργειες ηλεκτρικές αντλίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ρηχά πηγάδια όπου το βάθος ως το νερό κατά την διάρκεια της άντλησης δεν είναι μεγαλύτερο από 25 πόδια. Τις ηλεκτρικές αντλίες μπορούμε να τις χειριστούμε με χειριστήρια επιπέδου, χειριστήρια έντασης, ή ακόμα και να τις ρυθμίσουμε να τρέχουν διαρκώς σε πηγάδια οποιουδήποτε βάθους. Τόσο οι καταδυτές όσο και οι αεριοθούμενες είναι οικονομικές (οι μικρές κοστίζουν λιγότερο από 1000\$) και αξιόπιστες υπό κανονικές συνθήκες. Ωστόσο, αν η αντλία λειτουργεί και το επίπεδο του νερού είναι κάτω από την κορυφή της εισόδου του, μπορεί να προκύψει βλάβη στην αντλία. Τα χειριστήρια πρέπει να εγκαθίστανται για να αποτρέπουν την λειτουργία της αντλίας σε περίπτωση που η στάθμη του νερού σε κάποιο πηγάδι πέσει στην είσοδο της αντλίας. Αυτές οι αντλίες δεν πρέπει να αντλούν NAPLs και δεν είναι τόσο ανθεκτικές στις ακαθαρσίες όσο οι καταδυτές πεπιεσμένου αέρα.

Οι ηλεκτρικές καταδυτές αντλίες πρέπει να διαστασιολογούνται κατάλληλα. Μία αντλία υπερμεγέθους θα πρέπει να ξαναρυθμιστεί από την αρχή γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τον κινητήρα της αντλίας και ξοδεύει ηλεκτρική ενέργεια (παράδειγμα 1). Αυτός είναι ακόμη ένας λόγος γιατί πρέπει να διεξάγονται έλεγχοι αντλίας στα πηγάδια εξόρυξης στην φάση του σχεδιασμού. Γενικά, υποθέτωντας 75% αποτελεσματικότητα κινητήρα και 0.10\$/KWh,
1 horsepower = \$900/year

Παράδειγμα 1

Το κόστος σε συνδυασμό με υπερμεγέθη αντλία εξόρυξης

Εάν απαιτείται 1hp για καθένα από τα τέσσερα πηγάδια, η μεταβολή από αντλίες 5hp σε αντλίες 1hp μπορεί να εξοικονομήσει 14,000\$ το χρόνο.

$$\begin{aligned} 4 \text{ πηγάδια} \times 5\text{hp/πηγάδι} \times 900\$/\text{year/hp} &= 18,000\$/\text{year} \\ 4 \text{ πηγάδια} \times 1\text{hp/πηγάδι} \times 900\$/\text{year/hp} &= 3,600/\text{year} \end{aligned}$$

Επιπλέον κόστος 14,400\$/year

Για ροές μεγαλύτερες των 100 gpm, μία αντλία στροβιλοφόρας τουρμπίνας, σαν αυτές που χρησιμοποιούνται συχνά για την ύδρευση, μπορεί να δικαιολογηθεί. Αυτές οι αντλίες είναι παρόμοιες με τις ηλεκτρικές καταδυτές αντλίες, αλλά το μοτέρ κίνησης είναι τοποθετημένο πάνω από το έδαφος στην κεφαλή του πηγαδιού και η αντλία είναι ευκολότερο να λειτουργήσει σε σύγκριση με την μεγάλη καταδυτή αντλία που θα χρειαζόταν να παρέχει την ίδια ροή.

Οι αεριοθούμενες καταδυτές αντλίες κοστίζουν περίπου από 1,500\$ μέχρι 3,000\$ και τροφοδοτούνται με πεπιεσμένο αέρα. Όταν η είσοδος είναι κάτω από την στάθμη του νερού στο πηγάδι, το νερό εισέρχεται στο σώμα της αντλίας. Τότε ο πεπιεσμένος αέρας εκκενώνει το σώμα της αντλίας και σπρώχνει τα υγρά στην επιφάνεια μέσω σωλήνα. Εάν η στάθμη του νερού πέσει κάτω από την είσοδο της αντλίας, η αντλία μπορεί να παραμείνει συνδεδεμένη και να μην χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος αέρας. Πολλές αεριοθούμενες καταδυτές αντλίες μπορούν να χειριστούν τα NAPLs και είναι πολύ ανθεκτικές στις ακαθαρσίες και στην χημική υποβάθμιση. Είναι κατάλληλες για πηγάδια με αποδόσεις από 0 έως 12 gpm όπου το βάθος του νερού είναι 300 πόδια. Αποτελούν την προτιμότερη επιλογή για εξόρυξη νερού σε επίπεδα ροής κάτω από 1,5 gpm όταν το βάθος του νερού είναι μεγαλύτερο από 25 πόδια.

Οι αντλίες κενού είναι γενικά κατάλληλες για εξόρυξη νερού όταν περισσότερα από 5 πηγάδια είναι απαραίτητα για να επιτύχουν τους στόχους της εξόρυξης, όταν το νερό είναι λιγότερο από περίπου 25 πόδια σε συνθήκες άντλησης και όταν τα υπόγεια ύδατα είναι σε έναν σχηματισμό σχετικά μικρής διαπερατότητας. Μια αντλία αντλεί ένα κενό με ένα κοινό σύστημα κεφαλίδας που έχει σωλήνες πτώσης σε αρκετές πηγάδια. Οι αντλίες κενού είναι ιδιαίτερα αποδοτικές όταν 15 ή περισσότερα σημεία πηγαδιών είναι απαραίτητα. Μία αντλία κενού με διαχωριστή αέρα-νερού, χειρισμούς ατμών και φρεάτιο μπορεί να κοστίσει από 10,000\$ μέχρι 25,000\$. Η αντλία κενού έχει μεγαλύτερες ανάγκες συντήρησης από τις ηλεκτρικές ή τις αεριοθούμενες καταδυτές, αλλά για περιπτώσεις στις οποίες αντικαθιστά πολλές αντλίες, το κόστος του κύκλου ζωής της μπορεί να είναι μικρότερο.

Οι εμβολοφόρες αντλίες χρησιμοποιούνταν σε βαθιά πηγάδια με μικρή διάμετρο και χαμηλή απόδοση, ειδικά σε πηγάδια παρακολούθησης βάθους 2 ιντσών τα οποία μετατράπηκαν σε πηγάδια εξόρυξης. Αυτές οι αντλίες συχνά χρειάζονται σημαντική προσοχή του χειριστή. Συχνά, η γεώτρηση ενός μεγαλύτερου πηγαδιού και η εγκατάσταση μίας διαφορετικής αντλίας έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο κόστος του κύκλου ζωής σε σχέση με την εγκατάσταση μίας αντλίας κενού.

6.1.12 Σωληνώσεις

Υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE) είναι το πιο κοινό υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σωληνώσεων σε συστήματα εξόρυξης, και έχει ιδιότητες που συχνά το κάνουν προτιμότερο από εναλλακτικές λύσεις. Ο σωλήνας είναι ελαστικός, άθραυστος και σχετικά ανθεκτικός στα χημικά. Η εγκατάσταση απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και εκπαίδευση, αλλά το HDPE συνήθως ενδείκνυται για έναν αξιόπιστο αγωγό. Σε πολύ ασυνήθιστες περιπτώσεις, το πολυπροπυλαίνιο, τα PVC, ο χάλυβας ή άλλα υλικά μπορεί να προτιμηθούν. Οι single-contained σωληνώσεις (δηλαδή οι κοινοί σωλήνες) χρησιμοποιούνται τυπικά για την μεταφορά επηρεασμένου υπόγειου νερού και θα πρέπει να παρέχουν ικανοποιητική αξιοπιστία.

Οι σωληνώσεις double-contained συμπεριλαμβάνουν ένα δεύτερο τοιχίο για επιπλέον περιορισμό και φρεάτια και ανιχνευτές εντοπισμού διαρροής. Μπορεί να ζητηθεί από τις κανονιστικές υπηρεσίες, εάν οι γραμμές υπερβούν τα όρια ιδιοκτησίας αμόλυντες περιοχές. Μπορεί επίσης να ζητηθεί από τους υπεύθυνους του πεδίου εάν προτιμάται η ανίχνευση διαρροής. Συστήματα ανίχνευσης διαρροής ωστόσο, μπορεί να έχουν λάθος συναγερμούς που οφείλονται σε καθίζηση, η συμπύκνωση, ή άλλες δυσλειτουργίες που μπορούν να απενεργοποιήσουν το σύστημα P & T άσκοπα. Οι σωλήνες double-contained μπορεί επίσης να κοστίζουν 1,5 φορές απ' όσο οι single-contained σωλήνες.

6.1.13 Η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας θεραπείας

Ο σχεδιασμός ενός αποδοτικού συστήματος θεραπείας περιλαμβάνει την επιλογή των πιο κατάλληλων τεχνολογιών για την απορρύπανση. Γενικά, η επιλογή συνδυάζει την χρήση παραμέτρων σχεδιασμού για τον καθορισμό του κόστους του κύκλου ζωής σε σχέση με κάθε τεχνολογία θεραπείας, την σύγκριση το κόστος και τα οφέλη για κάθε τεχνολογία, και την επιλογή της πιο κατάλληλης, γνωρίζοντας ότι οι συγκεντρώσεις θα μειωθούν με τον χρόνο και ενδεχομένως μέσα σε λίγους μήνες λειτουργίας. Η σύγκριση

του κόστους θα πρέπει να υπολογίζει και τα έξοδα κεφαλαίου για την εγκατάσταση του συστήματος, το ετήσιο κόστος για το σύστημα Ο&Μ και τα έξοδα συντήρησης ή αντικατάστασης. Για εξαρτήματα του συστήματος με αναμενόμενη διάρκεια ζωής μικρότερη από την αναμενόμενη διάρκεια της θεραπείας, συμπεριλαμβάνονται και τα έξοδα αντικατάστασης. Για άλλα αντικείμενα, ένα ετήσιο επίδομα συντήρησης όπως ένα μικρό ποσοστό του κόστους του εγκατεστημένου κεφαλαίου πρέπει να συμπεριλαμβάνεται. Ένας απλός υπολογισμός του εκτιμώμενου κόστους για μία απλή προσέγγιση θεραπείας φαίνεται στο παράδειγμα 2.

Αυτός ο τομέας παρέχει απλές επιλογές θεραπείας για διάφορες φάσεις ή τάξεις προσμείξεων όπως και για οφέλη, και γενικά πληροφορίες κόστους για κάθε τεχνολογία.

6.1.14 NAPL

Τα NAPL είναι μία ενδεχόμενη μορφή ή φάση της μόλυνσης. Μπορεί να υπάρχει στο εξορυγμένο υπόγειο νερό σε γαλακτωματοποιημένη μορφή ή σε ελεύθερη ρέουσα μορφή. Σε κάθε περίπτωση, το προϊόν πρέπει να διαχωρίζεται από το νερό έτσι ώστε να φτάνει τα πρότυπα αποφόρτισης και να διατηρείται η αποτελεσματικότητα των άλλων διεργασιών της θεραπείας.

Παράμετροι σχεδιασμού που πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας για τα NAPL:

- Ο τύπος των NAPL (ελαφριά, πυκνά, ουδέτερα)
- Η μέγιστη τιμή της ροής των εισροών στο σύστημα θεραπείας
- Εκτιμώμενο ποσοστό αποκατάστασης NAPL
- η μορφή των NAPL (γαλακτοποιημένα ή σε ελεύθερη ρέουσα μορφή)

Επιλογή 1: διαχωριστής φάσης

- κατάλληλος για NAPL ελεύθερης ρέουσας μορφής ή για DNAPL
- διατηρείται εύκολα με μικρή εργαστηριακή υποδομή

- δεν απομακρύνει γαλακτοματοποιημένα προϊόντα
- μικρό κεφάλαιο (\$15,000 για μονάδες μέχρι 50 gpm) και κόστος λειτουργίας

Επιλογή 2 : ελαιόφιλα φίλτρα

- απομακρύνουν γαλακτωματοποιημένα προϊόντα αλλά και προϊόντα ελεύθερης ρέουσας μορφής
- απομακρύνουν LNAPL, DNAPL, και NAPL με ειδική βαρύτητα κοντά στο 1.0
- διατηρούνται εύκολα με μικρή εργαστηριακή υποδομή
- δαπανηρά όταν πρόκειται για μεγάλους όγκους NAPL (δηλαδή για περισσότερα από 10 γαλόνια NAPL την ημέρα)
- απομακρύνει περίπου το βάρος του σε προϊόντα πετρελαίου (περίπου 7 pounds/γαλόνι) με 1\$/γαλόνι.

Επιλογή 3 : Μονάδα επίπλευσης (DAF)

- κατάλληλο για μεγάλους όγκους NAPL με ειδική βαρύτητα κοντά στο 1.0
- ύπαρξη εντατικού χειριστή
- παράγει εκπομπές που μπορεί να χρειάζονται τεχνολογίες ελέγχου
- σχετικά μεγάλο κόστος κεφαλαίου, αποδοτικό μόνο για μεγάλους όγκους προϊόντων
- υπάρχει η επιλογή του δανεισμού μεγάλων δεξαμενών κλασματοποίησης (διαχωριστής φάσης) ή μονάδες DAF για μικρό χρονικό διάστημα, για την αποφυγή μόνιμης εγκατάστασης μονάδας DAF.

6.1.15 Οργανικές Ενώσεις

Οι οργανικές ενώσεις μπορούν να υποδιαιρούνται σε πολλές κατηγορίες, συμπεριλαμβανομένων και των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), των ημιπτητικών οργανικών ενώσεων (SVOCs) και των μη πτητικών οργανικών ενώσεων. Υπάρχουν επίσης και άλλες κατατάξεις, οι οποίες περιλαμβάνουν χλωριωμένες έναντι μη

χλωριωμένων ενώσεων. Ωστόσο, η πτητικότητα έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή οι προσμείξεις οι οποίες εξατμίζονται μπορούν συχνά να απομακρύνονται από το εξορυγμένο νερό και να μεταφέρονται στην αέρια φάση όπου κατευθύνονται πιο οικονομικά.

Η απομάκρυνση οργανικών ενώσεων από τα υπόγεια ύδατα επιτυγχάνεται γενικά είτε διαιρώντας τα σε στερεά, είτε καταστρέφοντάς τα. Η πιο αποδοτική και αξιόπιστη προσέγγιση εξαρτάται από συγκεκριμένες συνθήκες του πεδίου. Οι τομείς που ακολουθούν υποτυπώνουν τις επικρατούσες προσεγγίσεις θεραπείας και τους παράγοντες που χρησιμοποιούνται στον καθορισμό της πιο κατάλληλης επιλογής.

Παράδειγμα 2

Δειγματική ανάλυση κόστους ενδεχόμενης επιλογής θεραπείας

Υποθετικές συνθήκες πεδίου

- ρυπαντής : VOCs
- τεχνολογίες αποκατάστασης
 - air stripping
 - GAC για θεραπεία αερίων (αναγέννηση εκτός πεδίου)
- Τιμή απομάκρυνσης μάζας σχεδιασμού : 2lbs/day
- Ιδιαίτερα αυτοματοποιημένο σύστημα

Εκτιμώμενο κόστος κεφαλαίου για επιλογή Air Stripping

Κατηγορία	Εκτιμώμενο Κόστος
Air Stripper (εγκατεστημένο)	\$60,000
Μονάδες GAC (εγκατεστημένες)	\$10,000
ηλεκτρικά, χειρισμοί, κτίρια κτλ.	\$50,000
μηχανικά, εκκίνηση, απρόοπτα	\$40,000
ολικό κόστος κεφαλαίου	\$160,000

Εκτιμώμενο Ετήσιο κόστος O&M για την επιλογή Air Stripping

Κατηγορία	Εκτιμώμενες μονάδες	Εκτιμώμενο Κόστος
Εργαστήριο χειριστής O&M Μηχανικά	<8 ώρες/εβδομάδα 32 ώρες/χρόνο	\$25,000/χρόνο
Ηλεκτρισμός	5HP	\$5,000/χρόνο
υλικά Ατμοί GAC	7,500 lbs/χρόνο	\$20,000/χρόνο
Χημική Ανάλυση	3 δείγματα/mo	\$5,000/χρόνο
Συντήρηση	ποικίλλουν	\$5,000/χρόνο
Ολικό Ετήσιο Κόστος		\$60,000/χρόνο

Εκτιμώμενο κόστος του κύκλου ζωής της επιλογής Air Stripping

κόστος κεφαλαίου	\$160,000
ετήσιο κόστος (30 χρόνια)	\$1,800,000
κόστος διάρκειας ζωής για 30 χρόνια	\$1,960,000
κόστος διάρκειας ζωής για 30 χρόνια(μειωμένο κατά 5%)	\$1,082,000

6.1.16 Διαχωρισμός στερεής φάσης

Επιλογή 1 : κοκκοειδής ενεργός άνθρακας

Σ'αυτήν την προσέγγιση, οι ρυπαντές των υπογείων υδάτων απομακρύνονται με προσρόφηση σε GAC. Γενικά, τοποθετούνται 2 μονάδες σε σειρά με κανονική δειγματοληψία, (ίσως μηνιαία ή τριμηνιαία) μετά την πρώτη μονάδα για να καθορίσουν πότε η μονάδα θα φτάσει την χημική ικανότητα φόρτωσης. Οποιαδήποτε μόλυνση περνάει από την πρώτη μονάδα ανάμεσα στις δειγματοληψίες, απορροφάται από την δεύτερη μονάδα.

Πολλά VOCs, SVOCs και μη πτητικές οργανικές ενώσεις απορροφούνται εύκολα από GAC ενώ άλλες, όπως MTBE και TBA κετόνες όχι. Η χρήση άνθρακα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των ρυπαντών και τις συγκεντρώσεις τους, όπως και άλλα συστατικά στο νερό που μπορεί να ανταγωνίζονται για θέσεις ενεργής ρόφησης. Η εκτίμηση χρήση και το μέγεθος των σωλήνων μπορούν να επιτευχθούν με λογισμικά που πωλούνται.

Επιλογή 2 : πολυμερής ρητίνη

Αυτή η τεχνολογία λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με την GAC και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επί τόπου αναγέννηση. Σε υψηλές συγκεντρώσεις, η επί τόπου αναγέννηση μπορεί να κάνει αυτή την τεχνολογία πιο αποδοτική από την GAC για κάποιους ρυπαντές. Κάποια πολυμερή μπορεί επίσης να είναι πιο αποτελεσματικά για κάποιους ρυπαντές που δεν απορροφούνται εύκολα από την GAC, όπως 1,2-διχλωραιθάνιο, χλωρίδιο μεθυλαινίου και κετόνες. Οι πολυμερείς ρητίνες έχουν κατασκευαστεί για συγκεκριμένα χημικά χαρακτηριστικά, και οι ρητίνες είναι διαθέσιμες για διάφορους ρυπαντές.

6.1.17 Καταστροφή του ρυπαντή

Επιλογή 1 : UV/Οξειδωση και Οζονοποίηση

Αυτή η τεχνολογία καταστρέφει οργανικούς ρυπαντές οξειδώνοντάς τους. Η οξειδωση είναι επικρατέστερη από την οζονοποίηση. Επειδή άλλα συστατικά μπορούν να ανταγωνιστούν για οξειδωτικά, να επισκοτίσουν την πηγή φωτός των UV, ή αλλιώς να προκαλέσουν σφάλμα στον θάλαμο αντίδρασης, η προ-θεραπεία και το φιλτράρισμα είναι συχνά απαραίτητο, περισσότερο από ότι σε άλλες τεχνολογίες. Ο συχνός καθαρισμός ή η αντικατάσταση ενός συστήματος UV/οξειδωσης ή των εξαρτημάτων του, δεν αποτελούν πιθανή εναλλακτική στην προ-θεραπεία, όπως συμβαίνει στην air stripping και στην GAC.

Η UV/οξειδωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές οργανικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων κάποιων που δεν αφαιρούνται εύκολα από air strippers και από GAC, όπως 1,4-διοξάνιο. Οι αποδόσεις της θεραπείας μπορεί να φτάσει το 99% αλλά είναι και αρκετά χαμηλότερες για κάποια συστατικά.

Το κόστος O&M μπορεί να είναι σχετικά υψηλό εξαιτίας της αντικατάστασης μερών (λάμπες, και άλλα μέρη), υψηλής συγκέντρωσης υπεροξειδίου του υδρογόνου,

της χρήσης του ηλεκτρισμού για την ενέργεια των λαμπτήρων (συνήθως 30kW). Μόνο αντικείμενα χρήσης και συντήρησης μπορεί να κοστίζουν και πάνω από 50,000\$/χρόνο.

Επιλογή 2 : Βιοαντιδραστήρες

Οι βιοαντιδραστήρες χρησιμοποιούν μικρόβια για να μειώσουν τους οργανικούς ρυπαντές και αποτελούνται από σταθερό μέσο (όπως από άμμο ή ενεργό άνθρακα) μέσα σε δεξαμενή ή κáníστρο. Οι οργανικοί ρυπαντές εξυπηρετούν σαν θρεπτικά στα μικρόβια, και το μέσον παρέχει μία επιφάνεια όπου οι ρυπαντές συσσωρεύονται και τα μικρόβια μπορούν να μεγαλώνουν. Με την συσσώρευση των ρυπαντών κοντά στα μικρόβια, το τεχνητό μέσο επιτρέπει στους βιοαντιδραστήρες να λειτουργούν σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις ρυπαντών απ' ότi τα συστήματα αναστολής ανάπτυξης ενεργούς ιλύος, τα οποία χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία αστικών λυμάτων. Γενικά, τα συστήματα ενεργούς ιλύος, είναι συχνά μη αποδοτικά, επειδή οι συγκεντρώσεις των οργανικών συστατικών είναι πολύ χαμηλές για να διατηρήσουν τον μικροβιακό πληθυσμό.

Οι βιοαντιδραστήρες μπορεί να είναι ευαίσθητοι σε συγκεντρώσεις οξυγόνου και μπορεί να είναι δύσκολο να ξεκινήσουν. Μπορεί να είναι πιο κατάλληλοι για κάποιους οργανικούς ρυπαντές που χρειάζονται θεραπεία αλλά δεν διασπώνται ούτε απορροφούνται από GAC, όπως οι κετόνες και για κάποιους ανόργανους ρυπαντές, όπως το υπερχλωρικό, νιτρικό, ή αμμωνία. Συστήματα ικανά να θεραπεύσουν μέχρι και ερκετές εκατοντάδες gpm είναι διαθέσιμα. Στερεά που έχουν παραχθεί από μικροβιακή βιομάζα, παράγονται κατά την λειτουργία και χρειάζονται κατάλληλη απόρριψη. Όσο για την UV/οξείδωση και οζονοποίηση, οι βιοαντιδραστήρες εξελίσσονται σε λιγότερο αποδοτικοί (οικονομικά) όσον αφορά την μείωση των συγκεντρώσεων των ρυπαντών με την πάροδο του χρόνου. Η αποδοτικότητα πρέπει περιοδικά να αξιολογείται απέναντι στην GAC και σε άλλες εναλλακτικές.

6.1.18 Ανόργανες ουσίες στα υπόγεια ύδατα

Η απομάκρυνση των ανόργανων ουσιών, πρωτίστως μέταλλα, επιτυγχάνεται γενικά από συνδυασμό κατακρήμνισης μετάλλων, καθίζησης, και φιλτράρισμα ή ανταλλαγή ιόντων. Σε κάποιες περιπτώσεις, το μέσο φίλτρανσης μπορεί να είναι ενισχυμένο από ενεργά οξειδία αλουμινίου ή άνθρακα για να απορροφά τα μέταλλα. Σε περιορισμένες περιπτώσεις, η αντίστροφη ώσμωση (μορφή φιλτραρίσματος) μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αλλά εξαιτίας του υψηλούχομένου για σφάλμα, άλλες τεχνολογίες είναι γενικότερα πιο αποδοτικές.

Μέταλλα στα υπόγεια ύδατα μπορούν να είναι διαλυμένα στο νερό ή απορροφημένα σε αιωρούμενα σωματίδια, συμπεριλαμβανομένων των κολλοειδών και μεγαλύτερων σωματιδίων. Γενικότερα, η απομάκρυνση διαλυμένων μετάλλων εκτελείται με χημική κατακρήμνιση, όπου η απομάκρυνση των μετάλλων που είναι απορροφημένα σε σωματίδια μπορεί να επιτευχθεί με φιλτράρισμα.

Με εξαίρεση την απλή φίλτρανση, η απομάκρυνση των μετάλλων είναι δαπανηρή, και από πλευράς κεφαλαίου αλλά και από πλευράς ετήσιου κόστους, σε σχέση με τις τεχνολογίες για άλλους ρυπαντές ίδιου ενδιαφέροντος και σημασίας. Επομένως, η εγκατάσταση και η μακροπρόθεση λειτουργία των συστημάτων απομάκρυνσης μετάλλων θα πρέπει να αποφεύγονται όταν αυτό είναι εφικτό. Εάν μόνο το φιλτράρισμα δεν παρέχει επαρκή απομάκρυνση μετάλλων κατά της διάρκειας δοκιμών θεραπευσιμότητας, οι ομάδες πεδίου θα πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά εναλλακτικές επιλογές εκφόρτισης, τοποθεσίες άντλησης, ακόμα και εναλλακτικές στρατηγικές θεραπείας όπου δεν θα χρησιμοποιούν εξόρυξη νερού πριν από την εγκατάσταση μόνιμου συστήματος απομάκρυνσης μετάλλων με μεγάλη αναμενόμενη τιμή απομακρυσμένης μάζας (>10 rounds ξηρών στερεών ανά ημέρα).

Η απομάκρυνση μετάλλων δεν είναι πάντα απαραίτητη για αποθεραπεία υπογείων υδάτων αλλά χρειάζεται για να διατηρεί άλλες διαδικασίες θεραπείας ή για να φτάνει

πρότυπα εκφόρτισης. Ο σίδηρος για παράδειγμα, μπορεί να είναι παρών σε υπόγεια ύδατα σε επαρκείς συγκεντρώσεις για να προκαλέσει σφάλμα σε ένα σύστημα UV/οξειδωσης, σε έναν air stripper ή GAC ή μπορεί απλά να υπερβεί τα πρότυπα αποφόρτισης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αποδοτικές εναλλακτικές απομάκρυνσης μετάλλων μπορεί να συμπεριλαμβάνουν προσθήκη πρακτόρων απομόνωσης για να κρατούν τα μέταλλα διαλυμένα, αύξηση συντήρησης και καθαρισμό άλλων διαδικασιών επεξεργασίας, ή χρήση άλλων επιλογών αποφόρτισης.

Η απομάκρυνση μετάλλων, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα, είναι γενικά αναπόφευκτη όταν τα συστατικά άμεσου ενδιαφέροντος είναι μέταλλα ή όταν οι συγκεντρώσεις σχεδιασμού των εισροών για τον σίδηρο ή άλλα ενοχλητικά συστατικά υπερβαίνουν τα 15mg/L ή η μάζα φόρτωσης υπερβαίνει τα 10 rounds ξηρών στερεών την ημέρα.

Οι συνθήκες του υδροφορέα αλλάζουν μόλις ξεκινήσει η άντληση. Σαν αποτέλεσμα, η απομάκρυνση μετάλλων μπορεί να φανεί απαραίτητη με βάση τα αρχικά δεδομένα αλλά μπορεί να χρειαστεί μόνο βραχυπρόθεσμα ή και καθόλου. Γι' αυτό, η ανάγκη για μόνιμο σύστημα απομάκρυνσης μετάλλων πρέπει να αξιολογείται πλήρως πριν την εγκατάσταση. Η ενοικίαση ενός συστήματος για μερικούς μήνες μπορεί να είναι πιο αποδοτικό και πιο οικονομικό από την εγκατάσταση ενός συστήματος και την λειτουργία του. Επίσης, η ενοικίαση ενός συστήματος μπορεί να επιτρέψει ποικίλες προσεγγίσεις για απομάκρυνση μετάλλων για να δοκιμαστούν πιλοτικά υπό συγκεκριμένες συνθήκες πεδίου.

6.1.19 Φιλτράρισμα/αντίστροφη ώσμωση

Το φιλτράρισμα του νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προεπεξεργασία για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων, μετά την κατακρήμνιση/καθίζηση των μετάλλων που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων που

δεν έχουν καθιζάνει, ή κοντά στο τέλος της διαδικασίας της θεραπείας για να αποτρέψει πιθανά σφάλματα/αποτυχίες στα πηγάδια έγχυσης λόγω φόρτωσης στερεών.

Εάν στο σύστημα της επεξεργασίας συμπεριλαμβάνεται και μία δεξαμενή καθίζησης, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα από άμμο, ανθρακίτη και κάποια άλλα μέσα. Αυτά τα φίλτρα μπορούν να πλένονται αντί να αντικαθίστανται. Ο καθαρισμός μπορεί να ρυθμιστεί να γίνεται αυτόματα βασισμένος στην διαφορική πίεση κατά μήκος του μέσου, και επίσης είναι διαθέσιμες και κάποιες μονάδες συνεχούς καθαρισμού. Περιοδικά, θα χρειάζεται και να ξαναστρώνεται το μέσο (με το πέρασμα του χρόνου). Το νερό από την πλύση, με τα σωματίδια, κατευθύνεται στο clarifier για καθίζηση και ενδεχόμενη απομάκρυνση σαν λάσπη, που μετά χρειάζεται ειδική διάθεση.

Cartridge ή σακκόφιλτρα με μέσο διάθεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομάκρυνση σωματιδίων από 100microns μέχρι και <1micron. Κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, τα σακκόφιλτρα φράζουν όλο και περισσότερο με σωματίδια και χρειάζονται συχνή αντικατάσταση, με χρησιμοποιημένες σακούλες οι οποίες απομακρύνονται εκτός πεδίου για διάθεση. Σαν αποτέλεσμα, αυτά τα φίλτρα είναι γενικά ακατάλληλα για την απομάκρυνση σωματιδίων άμεσα κατάντι της μονάδας κατακρήμνισης των μετάλλων επειδή η αντικατάσταση γίνεται πολύ συχνά για να είναι πρακτική.

Η αντίστροφη ώσμωση και τα νανόφιλτρα είναι τεχνολογίες επεξεργασίας πόσιμου νερού. Απομακρύνουν διαλυμένες ανόργανες ουσίες και μικρά σωματίδια από το νερό και μπορεί να είναι κατάλληλα σαν βήμα στίλβωσης ή για πρωτεύουσα επεξεργασία του υπόγειου νερού με πολύ χαμηλά επίπεδα αιωρούμενων στερεών. Τα συστήματα συνήθως έχουν υψηλή συντήρηση και κόστος διάθεσης εάν τα επίπεδα των στερεών είναι αυξημένα.

6.1.20 Κατακρήμνιση/καθίζηση μετάλλων

Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί χημικά για να μετατρέψει τα διαλυμένα μέταλλα σε στερεά, τα οποία τότε μπορούν να απομακρυνθούν από το νερό μέσω καθίζησης ή φίλτρανσης. Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει την προσθήκη πολλαπλών χημικών, συμπεριλαμβανομένων οξειδωτικών, οξέων και βάσεων για προσαρμογή και ρύθμιση του pH (το βέλτιστο εύρος τιμών για το pH ποικίλλει και εξαρτάται από το μέταλλο) και πολυμερή. Σε κάποιες εφαρμογές, χρησιμοποιείται και η προσθήκη σιδήρου.

Η φίλτρανση μπορεί να είναι επαρκής για την απομάκρυνση στερεών, αλλά η καθίζηση ή η clarification είναι αναγκαία όταν το φορτίο των στερεών που εισρέουν ξεπερνάει τα 10 pounds την ημέρα. Στις περισσότερες εφαρμογές επιφανειακών υδάτων, χρησιμοποιείται a lamella (inclined-plate) clarifier για να ελαχιστοποιήσει τον απαιτούμενο χώρο, και η φίλτρανση εκτελείται γενικά μετά την clarifier.

Η κατακρήμνιση και η σχετική συντήρηση χρειάζονται τακτική παρακολούθηση από χειριστή. Επειδή η κατακρήμνιση μετάλλων έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή των στερεών, μπορεί να χρειαστεί επιπλέον μηχανικός χειριστής για τον χειρισμό της λάσπης. Ως εκ τούτου, ο χειριστής είναι ένας δαπανηρός οδηγός για τα συστήματα κατακρήμνισης των μετάλλων. Η διάθεση των στερεών, ειδικά εάν θεωρούνται επικίνδυνα, συμβάλλει επίσης στο κόστος της αποκατάστασης. Η αποστράγγιση της λάσπης συνήθως διεξάγεται με μία πρέσσα φίλτρου για να μειώσει την ποσότητα της λάσπης που χρειάζεται διάθεση. Σε πολλές περιπτώσεις, η συγκέντρωση των μετάλλων στις εισροές υπερεκτιμάται και έτσι οι πρέσες χρησιμοποιούνται με μικρή συχνότητα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μπορεί να μην είναι αποδοτική και συμφέρουσα η αγορά, η λειτουργία και η συντήρηση πρεσών. Εάν είναι πιθανή η παραγωγή λάσπης, θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο χρήσης μηχανικών κρεβατιών ξήρανσης της λάσπης ή ενδεχόμενη διάθεση της λάσπης σε υγρή μορφή.

6.1.21 Διαχωρισμός υγρής φάσης/ιονανταλλαγή

Η ενεργή αλουμίνα, ο ενεργός άνθρακας και άλλα μέσα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για φίλτρανση στερεών και επίσης θα παρέχουν μερική απορρόφηση των μετάλλων και άλλων ανόργανων ουσιών. Η χρήση μόνο της προσρόφησης είναι ενδεχομένως εφαρμόσιμη σε νερό προς επεξεργασία που δεν χρειάζεται 90+% απομάκρυνση μίας συγκεκριμένης ένωσης.

Με την ιονανταλλαγή, ο ρυπαντής του υπόγειου νερού απομακρύνεται περνώντας το υπόγειο νερό διαμέσω ενός δοχείου που περιέχει ρητίνη. Η ρητίνη αυτή απορροφά μεγαλύτερο φορτίο ανόργανων ουσιών ανταλλάσσοντάς το με ένα χαμηλότερο (το νάτριο χρησιμοποιείται σε πολλά συστήματα κατοικιών). Η ρητίνη χρειάζεται περιοδική αναγέννηση (γενικά λαμβάνει χώρα εκτός πεδίου) η οποία βασίζεται στην απομακρυσμένη μάζα του ρυπαντή. Σε σύγκριση με συστήματα κατακρήμνισης μετάλλων, αυτές οι μονάδες μπορούν να λειτουργήσουν αφύλακτες και χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση. Ωστόσο, η περιοδική αναδημιουργία, μπορεί να είναι δαπανηρή εάν το ποσοστό απομάκρυνσης της μάζας είναι υψηλό. Η ρητίνη μπορεί επίσης βγάλει σφάλμα εάν τα στερεά είναι παρόντα και δεν έχουν φιλτραριστεί επαρκώς. Γενικά, αυτές οι μονάδες είναι προτιμότερες από την κατακρήμνιση μετάλλων για το εξασθενές χρώμιο ή άλλα μέταλλα με σχετικά καθαρό νερό. Η ιονανταλλαγή μπορεί επίσης να είναι αποτελεσματική για μη μεταλλικές ανόργανες ουσίες, όπως το υπερχλωρικό.

6.1.22 Επεξεργασία αερίων

Η επεξεργασία αερίων από ένα σύστημα P&T μπορεί να είναι αναγκαία εξαιτίας ρυθμιστικών αναγκών ή επειδή προτιμάται να μην μεταφέρεται η ρύπανση από τα υπόγεια ύδατα στην ατμόσφαιρα. Οι τεχνολογίες σ'αυτήν την κατηγορία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποτελεσματικές επεξεργασίες αερίων από εφυσητήρες αερίων ή άλλα συστήματα. Η επιλογή εξαρτάται από την ανάλυση του κόστους του κύκλου ζωής.

Όταν συγκρίνουμε το κόστος της μεθόδου air stripping με άλλες τεχνολογίες, το κόστος της επεξεργασίας απαερίων πρέπει να συμπεριλαμβάνεται.

6.1.23 Κοκκώδης ενεργός άνθρακας

Η GAC επίσης προσρροφά τις πτητικές οργανικές ενώσεις που υπάρχουν στα απαέρια, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μονάδες GAC που είναι σχεδιασμένες για επεξεργασία νερού δεν είναι εναλλάξιμες με τις μονάδες GAC που είναι σχεδιασμένες για την επεξεργασία απαερίων ή ατμών. Το ποσοστό χρήσης των GAC μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας λογισμικά προγράμματα διαθέσιμα από πωλητές. Η χρήση GAC είναι συνήθως πολύ πιο ευνοϊκή για την επεξεργασία στην φάση των ατμών παρά για την υγρή φάση. Γενικά, μία δεδομένη μάζα GAC προσροφά 4-10 φορές μεγαλύτερη ρυπασμένη μάζα στην φάση των ατμών απ' ότι στην υγρή φάση. Εξαρτώμενη από την ποσότητα που έχει προβλεφθεί για χρήση, μπορεί να αναδημιουργηθεί είτε εντός είτε εκτός πεδίου. Μια δικαιολογημένα ακριβής εκτίμηση του φορτίου της μάζας του ρυπαντή πρέπει να χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της χρήσης του άνθρακα και την καλύτερη επιλογή για αναδημιουργία.

Αναγέννηση/διάθεση εκτός πεδίου

Αυτή είναι η πιο γνωστή μέθοδος αναδημιουργίας GAC. Το κόστος κεφαλαίου για την εγκατάσταση είναι σχετικά χαμηλό, και περιλαμβάνει μόνο το δοχείο του άνθρακα και την εργασία για τους σωλήνες (της τάξεως των 10,000\$ για μονάδες μεσαίου μεγέθους). Αυτή τεχνολογία προτιμάται γενικότερα για μακρυπρόθεσμη χρήση άνθρακα με τιμές που φτάνουν τα 200 rounds την ημέρα ή και περισσότερα. Το κόστος αντικατάστασης της GAC (συμπεριλαμβανομένης και της αναγέννησης ή της διάθεσης) μπορεί να κυμαίνεται από 14 μέχρι 5\$/pound.

Αναγέννηση εντός πεδίου

Αυτή η τεχνολογία περιλαμβάνει μία επένδυση κεφαλαίου της τάξεως των 150,000\$ τουλάχιστον, όπως επίσης και σημαντική προσοχή του χειριστή και κόστος ενέργειας όταν χρειάζεται αναγέννηση. Μπορεί να κριθεί απαραίτητο, εάν προβλεφθεί η χρήση άνθρακα να είναι πάνω από 500 rounds την ημέρα για μακροπρόθεσμη λειτουργία και το περιεχόμενο των απαερίων στο BTU είναι χαμηλό. Δεδομένης της διαφοράς στο κόστος κεφαλαίου ανάμεσα σε εντός και εκτός πεδίου αναδημιουργία, η τιμή της απομάκρυνσης της μάζας σχεδιασμού θα πρέπει να εκτιμάται προσεκτικά με δεδομένα συγκέντρωσης τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά των συνθηκών άντλησης. Η αναδημιουργία εντός πεδίου είναι σπάνια αποδοτική (και οικονομικά) ειδικά όταν οι σχεδιαστές μελετούν μειώσεις των συγκεντρώσεων των εισροών με την πάροδο του χρόνου.

Επειδή ο προσροφημένος ρυπαντής απομακρύνεται εντός πεδίου, η εξοπλισμός και οι διαδικασίες για κατάλληλη αποθήκευση και διάθεση του ανεκκτημένου προϊόντος είναι αναγκαία.

Πολυμερείς ρητίνες

Αυτή η τεχνολογία είναι παρόμοια στο κόστος κεφαλαίου και στην λειτουργία του ενεργού άνθρακα με την αναγέννηση εντός πεδίου. Είναι κατάλληλη για επεξεργασία ρυπαντών όπως 1,2-διχλωροαιθάνιο, που δεν προσροφώνται εύκολα από τον άνθρακα. Όταν λιγότερες αναδημιουργίες είναι απαραίτητες, η εργασία του χειριστή και το κόστος ενέργειας μειώνονται. Όπως και με την εντός πεδίου αναγέννηση του GAC, ο εξοπλισμός και οι διαδικασίες για κατάλληλη αποθήκευση και διάθεση του ανεκκτημένου προϊόντος είναι αναγκαία.

Θερμική/καταλυτική οξείδωση

Τα VOCs καταστρέφονται στην θερμοκρασία των 800(καταλυτική) μέχρι 1500(θερμική) βαθμών Fahrenheit. Επειδή οι ρυπαντές καταστρέφονται, δεν υπάρχουν υπολείμματα τα οποία να χρειάζονται περαιτέρω χειρισμό ή διάθεση. Ωστόσο, εάν υπάρχουν χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες στους επεξεργασμένους ατμούς, μπορεί να χρειαστεί ένας acid gas scrubber για να επαναφέρει τα πρότυπα των εκπομπών, και σχέδια για αντικατάσταση εξοπλισμού θα επιταχυνθούν λόγω διάβρωσης.

Μία μικρή μονάδα κοστίζει 50,000\$ αλλά οι περισσότερες οξειδωτικές ουσίες απαερίων κοστίζουν τουλάχιστον 500,00\$. Κατά την λειτουργία χρησιμοποιείται φυσικό αέριο για να τροφοδοτεί τους ατμούς ρυπαντών. Μερικά συστήματα επεξεργασίας επιφανειακών υδάτων έχουν συγκεντρώσεις απαερίων τόσο υψηλές ώστε να εγγυώνται για αυτή την τεχνολογία, και το κόστος του φυσικού αερίου μπορεί να φτάνει τα 20,000\$ τον μήνα. Όταν συνδυάζεται με ένα σύστημα SVE, η τεχνολογία μπορεί να είναι αποδοτική για μικρό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, όσο το φορτίο της μάζας μειώνεται, μία άλλη μορφή θεραπείας απαερίων προκύπτει σαν πιο αποδοτική. Αυτή η τεχνολογία προτιμάται γενικά για βραχυπρόθεσμο δανεισμό(leasing) μέχρι οι συγκεντρώσεις του ρυπαντή να μειωθούν τόσο ώστε να χρησιμοποιηθεί μία πιο αποδοτική τεχνολογία.

6.1.24 Επιλογές αποφόρτισης

Ο σχεδιασμός του συστήματος επεξεργασίας πρέπει να μελετά τα πρότυπα αποφόρτισης, τα οποία ποικίλουν ανάλογα με την επιλεγμένη μέθοδο αποφόρτισης. Τέσσερις κοινές μέθοδοι αποφόρτισης για επεξεργασμένο νερό αναλύονται παρακάτω. Η ανάλυση περιλαμβάνει και τον αντίκτυπο που μπορεί να έχει κάθε επιλογή στον σχεδιασμό.

Επιφανειακά ύδατα/αποχέτευση ομβρίων υδάτων

Το επεξεργασμένο νερό ενδεχομένως να αποφορτίζεται άμεσα σε ένα κοντινό σώμα επιφανειακών υδάτων ή έμμεσα μέσω αποχέτευσης ομβρίων υδάτων.

Ενδεχόμενα πλεονεκτήματα

- Η αποφόρτιση δεν αποτελεί θέμα για μία μοιβή βασισμένη στην ροή, σε αντίθεση με κάποια συστήματα αποχέτευσης ομβρίων.

Ενδεχόμενα μειονεκτήματα

- Τα πρότυπα αποφόρτισης βασίζονται στην ποιότητα του περιβάλλοντος νερού και μπορεί να είναι παρεμφερή ή πιο αυστηρά από τα πρότυπα του πόσιμου νερού. Η αναφορά μπορεί να είναι πιο αυστηρή σε σχέση με άλλες επιλογές απόθεσης.
- Τα φυσικά συστατικά στο νερό του εδάφους μπορεί να χρειάζεται να απομακρυνθούν πριν να αφεθεί το επεξεργασμένο νερό.
- Έλεγχος της τοξικότητας του περιβάλλοντος μπορεί να είναι αναγκαίος
- Είναι απαραίτητη η πρόσβαση σε γειτονικό σώμα επιφανειακών υδάτων ή σε αποχέτευση ομβρίων.

Πληροφορίες για το κόστος

- Σωληνώσεις εκροών από το σύστημα επεξεργασίας στο σώμα των επιφανειακών υδάτων ή την αποχέτευση ομβρίων είναι απαραίτητες
- Αυτή η επιλογή αποδέσμευσης είναι προτιμότερη σε πολλές περιπτώσεις και επιλέγεται συχνά. Συνήθως είναι σημαντικά πιο αποδοτική από την απόθεση POTW για υψηλές ροές.
- Είναι απαραίτητη η μηνιαία δειγματοληψία από τις εισροές και τις εκροές για διάφορες παραμέτρους

Έργα επεξεργασίας δημόσιας ιδιοκτησίας (POTW)

Το εξορυγμένο νερό αποφορτίζεται στο POTW. Σε κάποιες περιπτώσεις η αποφόρτιση μπορεί να προκύψει χωρίς να χρειαστεί άλλη επεξεργασία.

Ενδεχόμενα πλεονεκτήματα

- Αυτή η επιλογή έχει λιγότερο αυστηρά πρότυπα αποφόρτισης και απαιτήσεις παρακολούθησης, ειδικά για οργανικές ουσίες. Γενικά, οι δήμοι χρησιμοποιούν όριο αποφόρτισης 2,13mg/L για ολικές τοξικές οργανικές ουσίες, που είναι υψηλότερη συγκέντρωση από τις εισροές πολλών συστημάτων P&T.
- Οι κετόνες και η αμμωνία, που είναι δύσκολο να επεξεργαστούν με συστήματα P&T, επεξεργάζονται εύκολα με POTWs.
- Το POTW παρέχει μία δευτερεύουσα επεξεργασία για κάποια συστατικά για να αποτρέψουν (εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις) ζημιά σε αποδέκτες επιφανειακών υδάτων.

Ενδεχόμενα μειονεκτήματα

- Η επανέκχυση στην καρδιά του νέφους μπορεί να διακινδυνέψει την δέσμευση του νέφους, σκορπώντας το. Πρόσθετη υδρογεωλογική ανάλυση (ίσως να συμπεριλαμβάνει μοντελοποίηση) μπορεί να είναι απαραίτητη στον σχεδιασμό των συστημάτων εξόρυξης/έκχυσης.
- Τα συστήματα επανέκχυσης μπορεί να χρειάζονται περισσότερη συντήρηση από άλλες επιλογές αποφόρτισης, γεγονός που οφείλεται ειδικά σε στερεές ή βιολογικές ακαθαρσίες.

Πληροφορίες για το κόστος

Τα συστήματα επανέκχυσης έχουν μεγαλύτερα έξοδα κεφαλαίου από άλλες μεθόδους αποφόρτισης, εκτός και εάν άλλες τοποθεσίες αποφόρτισης είναι ασυνήθιστα μακρινές. Ως εκ τούτου, η έκχυση μπορεί να επιλεγθεί για αποφόρτιση εάν η απόσταση από άλλα σημεία αποφόρτισης είναι υπερβολικά μεγάλη ή εάν η αποδέσμευση πίσω στον υδροφορέα είναι απαραίτητη για να επιτευχθούν οι στόχοι του συστήματος.

Τα συστήματα επανέκχυσης μπορεί να χρειάζονται συχνό καθαρίσμα και συντήρηση επειδή είναι επιρρεπή σε σφάλματα από στερεά, σίδηρο, βιολογική ανάπτυξη και από ανθρακικό ασβέστιο.

Επαναχρησιμοποίηση

Το επεξεργασμένο νερό επαναχρησιμοποιείται σε μία ενεργή βιομηχανική δραστηριότητα ή χρησιμοποιείται για άρδευση ή για προμήθεια πόσιμου νερού.

Ενδεχόμενα πλεονεκτήματα

- Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού μειώνει ή ελαχιστοποιεί την ανάγκη μιας δραστηριότητας ή ενός οργανισμού να χρησιμοποιεί νερό από άλλες πηγές, γεγονός που διατηρεί τον νερό σαν φυσική πηγή.
- Η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού μπορεί επίσης να ελαχιστοποιήσει το κόστος που σχετίζεται με την εκφόρτωση του νερού και το κόστος της χρήσης νερού από άλλες πηγές.

Ενδεχόμενα μειονεκτήματα

- Για χρήση σε άρδευση ή προμήθεια πόσιμου νερού, συγκεκριμένοι ομοσπονδιακοί και κρατικοί κανονισμοί μπορεί να είναι εφαρμόσιμοι, οι σχετικοί και κατάλληλοι. Πρόθετες δοκιμές σχετικές με άλλες επιλογές απαλλαγής μπορεί να θεωρηθούν αναγκαίες.
- Μπορεί να είναι επιθυμητό ένα πρόσθετο σύστημα συντήρησης σε σύγκριση με συστήματα επεξεργασίας χωρίς απευθείας εναπόθεση σε ανθρώπινους αποδέκτες.
- Η επαναχρησιμοποίηση νερού σε βιομηχανικές διεργασίες μπορεί να περιλαμβάνει πρόσθετη επεξεργασία σχετική με την εναπόθεση του νερού κάπου αλλού. Το επαναχρησιμοποιούμενο νερό πρέπει να επεξεργάζεται έτσι ώστε να ικανοποιεί τα πρότυπα της δραστηριότητας και οποιαδήποτε πρότυπα εναπόθεσης με το ρεύμα. Η επεξεργασία σύμφωνα με τα πρότυπα της δραστηριότητας μπορεί να είναι πιο δαπανηρή από την εκφόρτωση σε μια άλλη τοποθεσία και την χρήση δημοσίου νερού στην δραστηριότητα.
- Οι δραστηριότητες μπορούν να λειτουργούν με μερική απασχόληση, και το σύστημα P&T μπορεί να χρειάζεται να λειτουργεί αδιάκοπα. Εάν η συνεχής εξόρυξη και η ομαδική επεξεργασία (batch) κατά την λειτουργία της δραστηριότητας δεν είναι διαθέσιμη, η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να μην είναι εφικτή.
- Ένα εφεδρικό σημείο εκφόρτωσης πρέπει να είναι διαθέσιμο, σε περίπτωση που οι ανάγκες της δραστηριότητας αλλάξουν.
- Οι ρυπαντές που δεν εντοπίζονται με την χρήση ισχύουσων αναλυτικών τεχνικών ή οι ρυπαντές που είναι παρόντες σαν διστακτικά αγγνωρίσιμες ενώσεις (TICs) μπορεί να μην απομακρύνονται με επεξεργασία, προκαλώντας δυνητικό κίνδυνο για τους τελικούς χρήστες του νερού.

Πληροφορίες για το κόστος

- Το κόστος εξαρτάται από την δραστηριότητα και την τοποθεσία.

6.1.25 Χειρισμοί/πλεονασμός/failsafes

Ένα αποτελεσματικό σύστημα P&T πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Καθορισμένο χρόνο της τάξεως του 5%
- Καμία διαρροή ή εναπόθεση ανεπεξέργαστου νερού στο περιβάλλον
- Κατάλληλος αυτοματισμός των χειριστηρίων του συστήματος χωρίς υπερβολικά έξοδα κεφαλαίου

Ωστόσο, σε αντίθεση με συστήματα επεξεργασίας νερού αστικών λυμάτων, το υπόγειο νερό κινείται σχετικά αργά, και ένα σύστημα P&T μπορεί να σταματήσει προσωρινά χωρίς να επηρεάζει δυσμενώς την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον. Το χρονικό διάστημα που ένα σύστημα P&T μπορεί να μην λειτουργήσει λόγω συντήρησης ή άλλων θεμάτων, εξαρτάται από την φυσική ροή του υπόγειου ύδατος και από άλλους συντελεστές, συγκεκριμένους για κάθε τοποθεσία, οι οποίοι μπορούν να κατευθυνθούν μέσω υδρογεωλογικής ανάλυσης η οποία ενδεχομένως να περιλαμβάνει μοντελοποίηση της ροής των υπογείων υδάτων.

Ο όγκος της εργασίας είναι ενδεικτικός του βαθμού των προστασίας επί σφαλμάτων, των συναγερμών και των αυτοματισμών. Για κάποια συστήματα, είναι απαραίτητη η επαρκής συντήρηση και η επίβλεψη όλο τον χρόνο. Ωστόσο, η 24ωρη παρακολούθηση (εποπτεία) απαιτείται σπάνια έως καθόλου.

Οι αντλίες, οι φυσητήρες και τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται διαρκώς αποτελούν το κλειδί της λειτουργίας του συστήματος και θα πρέπει να έχουν πλεονάζουσες μονάδες σωληνωμένες στην σειρά για να επιτρέπουν την εξυπηρέτησης χωρίς χάσιμο χρόνου. Αυτές οι συσκευές αποτελούν ένα μικρό ποσοστό του κόστους του συστήματος

επεξεργασίας, και η πλεονάζουσα μονάδα αξίζει για να αποφεύγουμε καθυστέρηση του συστήματος. Δεν, αξίζει η χρήση πλεοναζουσών ή εφεδρικών μονάδων επεξεργασίας οι οποίες δεν διαθέτουν ενεργά μηχανικά/ηλεκτρικά μέρη. Για παράδειγμα, οι πλεονάζουσες μονάδες δεν είναι απαραίτητες για τους πύργους εκφύσισης, (εξαιρουμένου του φυσητήρα), για δεξαμενές αντιδρασης και εξισορρόπησης και για clarifiers. Επίσης, ο πλεονασμός δεν είναι απαραίτητος για μονάδες που χρησιμοποιούνται σπάνια και για μονάδες που αποτελούν υψηλό ποσοστό του κόστους του συστήματος. Επίσης, δεν αξίζει να υπάρχει πλεονάζων εφοδιασμός ενέργειας για ένα σύστημα P&T, δεδομένου ότι οι διακοπές ενέργειας έχουν μειωθεί σε λιγότερο από 24 ώρες. Επίσης, αξίζει να εγκατασταθεί προστασία από την υπέρταση, και ανάλογα με την τοποθεσία του συστήματος, ένα αλεξικέραυνο για να μειωθούν οι ζημιές από υπερτάσεις γραμμών και από κεραυνούς.

Εφεδρικά εξαρτήματα για μηχανικό και ηλεκτρικό εξοπλισμό που έχουν συγκεκριμένη διάρκεια ζωής ή που λειτουργούν κάτω από σκληρές συνθήκες πρέπει να φυλάσσονται στο σύστημα επεξεργασίας και να αντικαθίστανται από τον χειριστή του συστήματος όταν είναι απαραίτητο.

Συναγερμοί

Τα συστήματα P&Tα θα πρέπει να διαθέτουν συναγερμούς για κάθε τιμή της παραμέτρου η οποία είναι έξω από το τυπικό εύρος λειτουργίας. Αυτοί οι συναγερμοί θα πρέπει να επικοινωνούν με τα χειριστήρια του συστήματος, για την αποφυγή διαφυγής μη επεξεργασμένου νερού ή οποιουδήποτε άλλου προβλήματος, απενεργοποιώντας εξαρτήματα του συστήματος ή και ολόκληρο το σύστημα εάν είναι απαραίτητο. Τα ακόλουθα είναι τυπικές παράμετροι για τις οποίες εγκαθίστανται οι συναγερμοί:

- Υψηλά επίπεδα δεξαμενής
- Υψηλή διαφορική πίεση κατά μήκος του φίλτρου
- Χαμηλή ή υψηλή ατμοσφαιρική πίεση στον φυσητήρα του πύργου εκφύσισης
- Κέντρο ελέγχου πηγαδιού ή κτίριοδεξαμενής συσσώρευσης νερού

- Χαμηλή ροή νερού στο σύστημα επεξεργασίας
- Άλλα συγκεκριμένα θέματα του συστήματος

Η ύπαρξη των συναγερμών ασφαλείας επιτρέπουν την διατήρηση της προστατευτικότητας και την μειωμένη προσοχή του χειριστή, με μεγάλη απόδοση.

Αυτοματισμός/Απομακρυσμένη παρακολούθηση

Εκτός από τα απλούστερα συστήματα, ένα μη επανδρωμένο σύστημα P&T θα πρέπει να διαθέτει ένα αυτόματο πληκτρολογητή(autodialer) για να ενημερώνει τον χειριστή του συστήματος για μια κατάσταση συναγερμού. Σε πολλές περιπτώσεις, η απομακρυσμένη παρακολούθηση του συστήματος αξίζει τον κόπο να μειώσει την δουλειά του χειριστή. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα διαθέσιμων απομακρυσμένων δυνατοτήτων που εξαρτώνται από την τιμή, όπως η ικανότητα να φαίνονται τα επίπεδα του νερού στα πηγάδια και τις δεξαμενές, να ελέγχεται η κατάσταση των συναγερμών, να ξεκινάνε και να σταματάνε οι κινητήρες και να ανοιγοκλείνουν οι βαλβίδες εξ αποστάσεως. Ο βαθμός του αυτοματισμού ο οποίος είναι απαραίτητος για μία συγκεκριμένη τοποθεσία πρέπει να βασίζεται στην διάρκεια της δουλειάς του χειριστή και στα έξοδα (συμπεριλαμβανομένου του ταξιδιού) που εξοικονομούνται από τις δυνατότητες του αυτοματισμού (με ισοδύναμη προστατευτικότητα) για την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του συστήματος.

6.1.26 Άλλα θεωρήματα σχεδιασμού

Άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την κατασκευή και την λειτουργία του συστήματος P&Tα περιγράφονται παρακάτω. Ωστόσο, αυτοί οι παράγοντες γενικά δεν επηρεάζουν την επιλογή ή την διαστασιολόγηση των εξαρτημάτων της επεξεργασίας.

Κλίμα

Πεδία σε ψυχρότερα κλίματα μπορεί να εκτίθενται σε θερμοκρασίες ψύχους. Τα περισσότερα εξαρτήματα επεξεργασίας είναι στεγασμένα σε κτίρια που ελέγχουν τις κλιματολογικές συνθήκες αλλά κάποια εξαρτήματα, όπως οι δεξαμενές, οι κεφαλές των πηγαδιών και κάποιες σωληνώσεις μπορεί να μένουν εκτεθειμένες. Η κατάλληλη μόνωση και θέρμανση θα πρέπει να εξασφαλίζονται για την μείωση του ενδεχομένου ανατροπής και πρόσθετης συντήρησης στο μέλλον.

Θέματα κοινότητας

Η περιβάλλουσα κοινότητα μπορεί επίσης να επηρεάζει μακροπρόθεσμα την λειτουργία του συστήματος. Κατάλληλη μελέτη του θορύβου και των ενδεχόμενων εκπομπών ή οσμών θα μειώσει τον αντίκτυπο του συστήματος στην περιβάλλουσα κοινότητα και θα διευκολύνει τις σχέσεις με την κοινότητα. Τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας θα μειώσουν το ενδεχόμενο βανδαλισμού, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε αναστάτωση του συστήματος και πρόσθετο κόστος κατά την Ο&Μ. Ωστόσο, υπερβολική ασφάλεια μπορεί να αυξήσει σημαντικά το ετήσιο κόστος Ο&Μ.

Μεγάλη απόσταση

Για τοποθεσίες που είναι απομακρυσμένες, οι σχεδιαστές θα πρέπει να σκεφτούν την τοποθέτηση πρόσθετων αυτοματισμών ή δυνατότητες απομακρυσμένης τηλεμετρίας για να ελαχιστοποιήσουν την ανάγκη επισκέψεων χειριστών και των αντίστοιχων εξόδων. Οι σχεδιαστές μπορούν επίσης να συμπεριλάβουν πρόσθετο σύστημα το οποίο θα επιτρέπει στο σύστημα να λειτουργεί μέχρι την επίσκεψη του χειριστή.

6.2 Διαπερατοί ενεργοί φραγμοί

Πέρα από την ρύπανση των εδαφών, που αναφέρθηκε παραπάνω, η ανεξέλεγκτη διάθεση στερεών και υγρών αποβλήτων από μεταλλευτικές και μεταλλουργικές δραστηριότητες προκαλεί εκτεταμένη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων [Κορνίτσας, 2005]. Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων προκαλείται από τα εκχυλίσματα που παράγονται λόγω της οξείδωσης των υπολειπόμενων θειούχων φάσεων παρουσία νερού, οξυγόνου και βακτηρίων. Τα εκχυλίσματα αυτά χαρακτηρίζονται σε πολλές περιπτώσεις από χαμηλό pH και υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και θειϊκών.

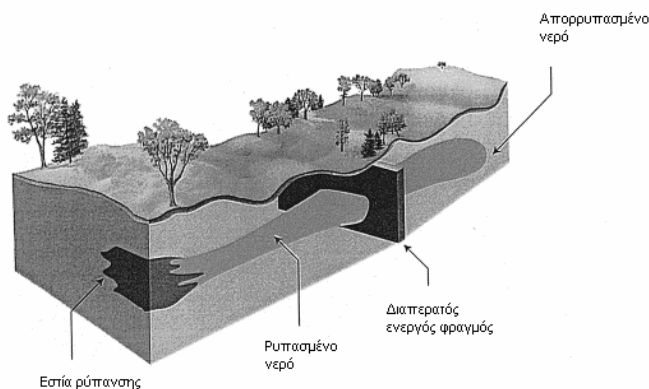
Τα τελευταία χρόνια, έχει αναπτυχθεί μια νέα μέθοδος απορρύπανσης των υπόγειων νερών, εναλλακτική της κλασικής μεθόδου άντλησης και επεξεργασίας (pump and treat method), οι διαπερατοί ενεργοί φραγμοί (Permeable Reactive Barriers, PRB). Το βασικό πλεονέκτημα των διαπερατών ενεργών φραγμών έναντι της παραδοσιακής μεθόδου είναι το μικρότερο κόστος [Komnitsas et al., 2003]. Οι διαπερατοί ενεργοί φραγμοί μειώνουν το κόστος καθαρισμού, γιατί εκμεταλλεύονται την φυσική ροή των υπογείων υδάτων και επιπλέον, μετά την εγκατάστασή τους, το μοναδικό λειτουργικό κόστος έγκειται στην αντικατάσταση του ενεργού υλικού.

Επίσης, σε περιπτώσεις παραγωγής όξινης απορροής (AMD), προτιμάται συχνά η χρήση της μεθόδου των διαπερατών ενεργών φραγμών για την προστασία των υπόγειων νερών, έναντι άλλων κλασικότερων μεθόδων, όπως για παράδειγμα των τεχνητών υγροτόπων, λόγω του ότι η ρύπανση που προκαλείται δεν περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια του εδάφους αλλά και στο υπέδαφος, όπου η μέθοδος των διαπερατών ενεργών φραγμών προσφέρει καλύτερα αποτελέσματα [Jarvis et al., 2006].

Η παθητική φύση της μεθόδου, δηλαδή η εκμετάλλευση της φυσικής ροής για να φέρει σε επαφή το νερό με το ενεργό υλικό, καθώς και το γεγονός ότι ο καθαρισμός λαμβάνει χώρα στο υπέδαφος, χαρακτηρίζει τους διαπερατούς ενεργούς φραγμούς ως μία παθητική, επί τόπου (in situ) μέθοδο καθαρισμού [Mayer et al., 2006].

6.2.1 Λειτουργία

Ένας διαπερατός ενεργός φραγμός, αποτελείται από ένα διαπερατό κελί, μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένο το ενεργό υλικό (Σχήμα 1.1). Το κελί αυτό είναι το βασικότερο μέρος του φραγμού, γιατί μέσα σε αυτό και μέσω φυσικοχημικών διεργασιών όπως η ιοντοανταλλαγή, η προσρόφηση, η καθίζηση, η οξειδοαναγωγή, και η στερεοποίηση πραγματοποιείται ο καθαρισμός του νερού [Guerin et al., 2002]. Το κελί περιβάλλεται από υλικά χαμηλής διαπερατότητας, έτσι ώστε όλο το ρυπασμένο νερό να περνάει από το ενεργό υλικό του φραγμού και να καθαρίζεται. Το πλάτος του φραγμού πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το μέτωπο του ύδατος, έτσι ώστε να μην υπάρχουν απώλειες και να εξασφαλίζεται ο καθαρισμός όλου του όγκου του νερού. Τα δύο βασικά συστήματα ενεργών φραγμών που χρησιμοποιούνται είναι το σύστημα χοάνης-πύλης και το συνεχές σύστημα.



Σχήμα 10.: Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας ενός διαπερατού ενεργού φραγμού [Steven et al., 1999]

6.2.2 Προηγούμενες ερευνητικές εργασίες

Η πρώτη αναφορά στους διαπερατούς ενεργούς φραγμούς ως μέθοδος απορρύπανσης υπόγειων νερών και εκχυλισμάτων έγινε πριν από περίπου είκοσι χρόνια [McCarthy and Elton, 1985], ενώ άρχισε να γίνεται περισσότερο δημοφιλής στα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας. Από τότε έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες πάνω στην μέθοδο αυτή, η οποία βρίσκει εφαρμογές σε ολοένα και περισσότερες περιπτώσεις νερών και εκχυλισμάτων που περιέχουν ανόργανους αλλά και οργανικούς ρυπαντές.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των διαπερατών ενεργών φραγμών, είναι το ενεργό υλικό που τοποθετείται μέσα στο κελί και μέσω των αλληλεπιδράσεων με τον ρυπαντή, οδηγεί στον καθαρισμό του νερού. Φυσικά, ο παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται το είδος του ενεργού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί στην κάθε περίπτωση, είναι το είδος του ρυπαντή.

Μέχρι σήμερα, έχει αποδειχθεί εργαστηριακά ή σε μικρής κλίμακας εφαρμογές η δυνατότητα των διαπερατών ενεργών φραγμών να απορρυπαίνουν νερό και εκχυλίσματα που έχουν ρυπανθεί από: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Tc, U, V, NO_3 , PO_4 , SO_4 καθώς και από οργανικούς ρυπαντές όπως υδρογονάνθρακες [Blowes et al., 2000; Guerin et al., 2002; Morrison et al., 2002]. Σε εφαρμογές πεδίου διαπερατών ενεργών φραγμών, έχει πραγματοποιηθεί επιτυχής απορρύπανση υδάτων ρυπασμένων από Cr, U και Tc.

Στις εφαρμογές πεδίου καθώς και στις περισσότερες εργαστηριακές δοκιμές, το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν κοκκώδης στοιχειακός σίδηρος, [Bartzas et al., 2006; Kamolpornwijit et al., 2003; Liang et al., 2005]. Άλλα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως ενεργά υλικά στους διαπερατούς ενεργούς φραγμούς, είναι ο ενεργός άνθρακας, οι φυσικοί ζεόλιθοι και οι μπεντονίτες [Rabideau and Khanndelwal, 2000].

Τα τελευταία χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί ως ενεργά υλικά σε εργαστηριακές δοκιμές διαπερατών ενεργών φραγμών διάφοροι τύποι αποβλήτων, παραπροϊόντα των μεταλλουργικών διεργασιών, όπως σκωρία, ιπτάμενη τέφρα και ερυθρά ιλύς [Bailey et al., 1999; Komnitsas et al., 2003; Lee et al., 2004]. Η εργασία αυτή έχει ως αντικείμενο

την μελέτη της σκωρίας και της ερυθράς ιλύος ως πιθανών ενεργών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό εκχυλισμάτων που περιέχουν βαρέα μέταλλα.

6.2.3 Σχεδιασμός

Πριν την εγκατάσταση ενός διαπερατού ενεργού φραγμού στο υπέδαφος αλλά και για να γίνει σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο της άντλησης, πρέπει να προσδιοριστούν κάποιοι παράγοντες, όπως [Gavaskar, 1999]:

i. Καταλληλότητα της περιοχής

Αρχικά προσδιορίζεται αν οι ρυπαντές της συγκεκριμένης περιοχής μπορούν να διασπαστούν από κάποιο υλικό που μπορεί να πληρώσει έναν διαπερατό ενεργό φραγμό. Στην συνέχεια υπολογίζεται η κατανομή των ρυπαντών στο υπέδαφος και το μέτωπο της ρύπανσης. Αν η εξάπλωσή τους είναι μεγάλη, τότε απαιτείται μεγαλύτερος φραγμός και ίσως κάτι τέτοιο να είναι ασύμφορο σε σχέση με την παραδοσιακή μέθοδο άντλησης. Μέχρι σήμερα, έχουν αναφερθεί επιτυχείς εφαρμογές φραγμών μήκους μεγαλύτερου των 300 μέτρων, που θεωρείται και το ανώτατο όριο για το οποίο η μέθοδος των διαπερατών ενεργών φραγμών κρίνεται συμφέρουσα. Κάτι ανάλογο ισχύει και με την ταχύτητα του ύδατος. Αν η ταχύτητα είναι μεγάλη, τότε, για να εξασφαλιστεί ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής του ρυπασμένου νερού μέσα στον φραγμό απαιτείται μεγαλύτερο πάχος, γεγονός που συνεπάγεται αύξηση του κόστους.

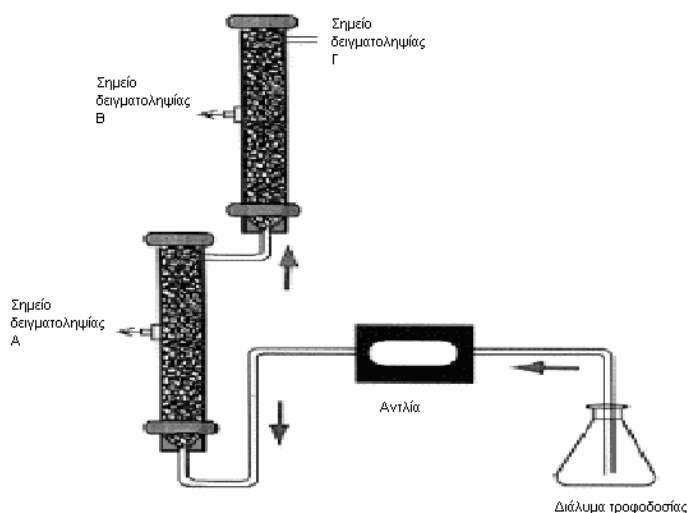
ii. Χαρακτηριστικά του εδάφους

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή μέθοδο άντλησης, που θεωρείται γενικά πιο ευέλικτη όσον αφορά την μετακίνηση της εγκατάστασης, οι διαπερατοί ενεργοί φραγμοί χαρακτηρίζονται πιο σταθεροί και στατικοί. Από την στιγμή που τοποθετούνται στο υπέδαφος, είναι πλέον δύσκολο και πολυδάπανο να μετακινηθούν. Γι'αυτό, πριν την

εγκατάστασή τους, είναι απαραίτητο να είναι γνωστά τα ακριβή γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

iii. Ρυθμός εξάντλησης των ενεργών υλικών

Ο ρυθμός που αντιδρούν τα ενεργά υλικά με τους ρυπαντές, πρέπει να προσδιορίζεται πειραματικά, πριν την εγκατάσταση του φραγμού στο υπέδαφος, ώστε να υπολογίζεται το απαραίτητο πάχος του φραγμού και το χρονικό διάστημα για το οποίο ο φραγμός θα καθαρίζει επαρκώς το νερό. Για τον εργαστηριακό προσδιορισμό του ρυθμού εξάντλησης των ενεργών υλικών, χρησιμοποιούνται συνήθως πειραματικές στήλες από γυαλί ή Plexiglas, όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα 1.2. Παρόμοιες στήλες χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα εργασία ενώ ο τρόπος λειτουργίας τους θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 11: Γραφική αναπαράσταση πειραματικής διάταξης που περιλαμβάνει δύο στήλες σε σειρά
[Komnitsas et al, 2004]

iv. Τοποθεσία, διαμόρφωση και διαστάσεις του φραγμού

Η τοποθέτηση του φραγμού πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε να εκμεταλλεύεται στον μέγιστο βαθμό η φυσική ροή του νερού. Ο φραγμός συνήθως τοποθετείται με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο του μετώπου της ροής του νερού [Gupta, 1999].

Επίσης, οι διαστάσεις του φραγμού προσδιορίζουν τόσο το τελικό κόστος όσο και την αποτελεσματικότητά του. Το πάχος του φραγμού παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στον σχεδιασμό του κι εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα του νερού και τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής στον φραγμό που καθορίζεται από την εξίσωση:

$$b=u*t$$

όπου u η ταχύτητα του νερού και t ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής.

v. Διάρκεια ζωής του φραγμού

Είναι πολύ σημαντικό σε μια εγκατάσταση διαπερατών ενεργών φραγμών να είναι γνωστή η διάρκεια ζωής του φραγμού, ώστε να προσδιοριστεί το διάστημα για το οποίο ο φραγμός θα καθαρίζει επαρκώς το νερό. Επίσης, σημαντικότερος παράγοντας για την αποτελεσματικότητά του φραγμού, είναι η διαπερατότητά του, η οποία σε πολλές περιπτώσεις μειώνεται σε τέτοιο βαθμό με την πάροδο του χρόνου, ώστε ο φραγμός να γίνεται αδιαπέρατος και συνεπώς, άχρηστος. Η διάρκεια ζωής των φραγμών προσδιορίζεται εργαστηριακά.

vi. Κόστος

Οι διαπερατοί ενεργοί φραγμοί πρέπει να έχουν κόστος ανταγωνιστικό σε σχέση με την κλασική μέθοδο της άντλησης. Πράγματι, το κόστος για την εγκατάσταση ενός συστήματος διαπερατών φραγμών είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με την παραδοσιακή μέθοδο και περιλαμβάνει, σε ιδανικές συνθήκες, το κόστος για τον σχεδιασμό και την τοποθέτηση του φραγμού. Μετά από αυτό το αρχικό κόστος, η

επιπλέον επιβάρυνση προκύπτει κατά την αντικατάσταση του ενεργού υλικού του φραγμού, η συχνότητα της οποίας διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση.

6.2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των ΔΕΦ

Οι εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, έχουν αποδείξει την μεγάλη σημασία της γνώσης των φυσικοχημικών συνθηκών της ρυπασμένης περιοχής ώστε να προσδιορισθεί η αποτελεσματικότητα του φραγμού. Ειδικότερα, οι παράμετροι που αποτελούν κριτήρια της επιτυχούς ή όχι εφαρμογής της μεθόδου σε μια περιοχή, είναι το pH, το Eh, η συγκέντρωση των ρυπαντών και η θερμοκρασία του υπεδάφους.

Ανάλογα με το είδος του ρυπαντή και του ενεργού υλικού οι βέλτιστες συνθήκες μπορεί να είναι διαφορετικές σε κάθε περίπτωση. Για παράδειγμα, στις εφαρμογές ενεργών φραγμών που χρησιμοποιείται κοκκώδης στοιχειακός σίδηρος, ο βαθμός απορρύπανσης μεταβάλλεται σημαντικά ανάλογα με το pH [Liang et al., 2005].

Υπάρχουν όμως και κάποιοι γενικοί κανόνες οι οποίοι ισχύουν στις περισσότερες εφαρμογές. Για παράδειγμα, ισχύει ότι η ικανότητα απορρύπανσης ενός συγκεκριμένου ενεργού υλικού, είναι αντιστρόφως ανάλογη με την συγκέντρωση των ρυπαντών στο νερό. Επιπλέον, εργασίες που πραγματοποιήθηκαν σε ψυχρά κλίματα, έδειξαν ότι ο βαθμός απορρύπανσης ενός φραγμού μειώνεται σημαντικά σε χαμηλές θερμοκρασίες [Pierce et al., 2005; Snape et al., 2001; Woinarsky et al., 2003].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία ασχολείται με το σχεδιασμό και την προκαταρκτική βελτιστοποίηση της αποκατάστασης ενός υδροφορέα από την τεχνική Pump and Treat (P & T) ή τα ενεργά διαπερατά φράγματα (PRB).

Η τοποθεσία ενδιαφέροντος βρίσκεται στην περιοχή Οινοφύτων, όπου ένα σημαντικό ποσό των στερεών αποβλήτων έχει κατατεθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Και στις δύο τεχνολογίες αποκατάστασης, θεωρούμε ότι θα εφαρμοστεί προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα προκειμένου να απομακρυνθούν οι ρυπαντές από το νερό. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να πραγματοποιηθεί σύγκριση των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται, τόσο από την άποψη της αποτελεσματικότητας της απομάκρυνσης ρύπων αλλά και την αντίστοιχης προκαταρκτικής μελέτης συνολικού κόστους. Ο σχεδιασμός και των δύο τεχνικών αποκατάστασης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με τη χρήση μιας τρισδιάστατης απεικόνισης μέσω ενός κώδικα για την προσομοίωση της ροής των υπογείων υδάτων και της μόλυνσής τους και ίσως και με ένα δεύτερο κώδικα, ο οποίος θα μπορεί να περιγράψει τα φαινόμενα προσρόφησης που αφορούν το ρύπο.

Επιπλέον, έγινε μια προκαταρκτική στοιχειώδης ανάλυση του κόστους του PRB και των συστημάτων P & T. Σύμφωνα με αυτή την ανάλυση κόστους, δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί με σαφήνεια ποια μέθοδος αποκατάστασης είναι πιο αποδοτική για την περίπτωση μελέτης. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ευρύ περιθώριο αβεβαιότητας του μοναδιαίου κόστους από τις κύριες μεταβλητές που εξετάζονται. Κατά συνέπεια απαιτείται μια πιο ακριβής ανάλυση κόστους ειδικά για τον τόπο αναφοράς. Σε κάθε περίπτωση για την PRB το κόστος του απορροφητικού υλικού υπερβαίνει το 70% του συνολικού κόστους, ως εκ τούτου, η χρήση του υλικού χαμηλού κόστους προσρόφησης κάνει αυτή την τεχνική φθηνότερη από την P & T.

Ο σχεδιασμός της τεχνολογίας αποκατάστασης μπορεί να ενισχυθεί αποτελεσματικά με την βοήθεια της Ρευστομηχανικής, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις

πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία που εξετάζεται, από συγκεκριμένο υδραυλικά, γεωτεχνικά στοιχεία αλλά και από τον χαρακτηρισμό των μολυσμένων υπόγειων υδάτων.

Στον σχεδιασμό μίας τεχνολογίας P & T, το πρώτο βήμα περιλαμβάνει τον καθορισμό του αριθμού και της θέσης των άντλησης ή / και των φρεατίων ανατροφοδότησης και τον ρυθμό ροής άντλησης ή/και έκχυσης για κάθε φρεάτιο. Στο δεύτερο βήμα, προχωράμε σε μια κατάλληλη «επί τόπου» επεξεργασία, δηλαδή μια στήλη προσρόφησης με ειδικές διαστάσεις για το σύνολο της ποσότητας του αντλούμενου νερού.

Ο σχεδιασμός ενός PRB συνίσταται στον προσδιορισμό της θέσης και τον προσανατολισμό, στον ορισμό των διαστάσεων του φράγματος (μήκος, ύψος και πάχος) και, κατά συνέπεια, κατά τον προσδιορισμό της ποσότητας του απορροφητικού υλικού. Για τις δύο τεχνολογίες, λόγω του μεγάλου αριθμού των μεταβλητών που πρέπει να υπολογιστούν, ο σχεδιασμός απαιτεί τη χρήση μιας επαναληπτικής διαδικασίας με την εφαρμογή δοκιμών, επιβεβαιώνοντας ότι όταν οι συγκεντρώσεις των ρύπων μειώνονται, η θεραπεία επιτυγχάνει φτάνοντας τα πρότυπα ποιότητας των υδάτων. Συγκεκριμένα, για ένα PRB, μια διαδικασία προκαταρκτικής βελτιστοποίησης περιλαμβάνει ως επί το πλείστον ελαχιστοποίηση του πάχους, τη στιγμή που οι άλλες διαστάσεις παραμένουν σταθερές, ενώ για την P & T, έχουμε την ελαχιστοποίηση τόσο του αριθμού των πηγαδιών όσο και των τιμών άντλησης.

Φυσικά, ο γενικός στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος και ο χρόνος που απαιτείται για την αποτελεσματική αποκατάσταση του χώρου.

CONCLUSIONS

This paper deals with the design and preliminary treatment optimization of an aquifer by using the technologies of P&T and the PRBs.

The location of interest is located in Oinofyta, where a significant amount of solid waste is being deposited during the last decades. In both remediation technologies, adsorption on activated carbon will be applied as for the contaminants from water to be removed. In particular, a comparison of the results should be obtained, both in terms of effectiveness of removing contaminants and the corresponding preliminary study of the total cost. The design of both remediation techniques should be performed using a three dimensional display through one code for simulating the flow of ground water and contamination, and possibly with a second code, which can describe the adsorption of contaminants.

In addition, a preliminary analysis of the cost of PRB and P & T systems was conducted. According to this cost analysis, it is not possible to determine clearly which remediation method is more efficient for the case study. This is mainly due to the wide margin of uncertainty in the unit cost of the main variables considered; therefore a more accurate site-specific cost analysis required. In any case the PRB cost of the absorbent material exceeds 70% of the total cost; therefore, the use of low-cost adsorbent material should make this technique cheaper than P & T.

The rehabilitation technology design can effectively enhanced by computational fluid dynamics (CFD), taking into account all information on the site provided by a specific hydraulic, geotechnical and contaminant characterization of contaminated groundwater.

In a P&T technology, the first step involves determining the number and location of abstraction and / or recharge wells and the flow rate pumped and / or injected from each well. In the second step, the design consists of a suitable "on site" treatment,

meaning an adsorption column of specific dimensions for the entire quantity of the water supply.

Designing a PRB involves determining the barrier position and orientation in the definition of the dimensions (length, height and thickness) and therefore, in determining the quantity of the absorbent material. For both technologies due to the large number of variables to be calculated, the design requires the use of an iterative process by applying a trial approach, confirming that as the concentrations of pollutants go downwards, therapy achieves water quality standards.

In particular for a PRB, a preliminary optimization procedure consists mostly of a thickness minimization, while the other dimensions are constant; while for the P & T, is to minimize both the number of wells and pumping rates.

Of course, the general objective is to minimize the total cost and the time required for the effective remediation of the area.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1.DOE. August 2000. Website – www.doegjpo/com.perm-earr/projects/Monticello/Monticello.htm.
- 2.MSE. June 2000. *Accelerated Site Technology Deployment Technologies - Potential Cost Savings*.
- 3.Monticello Millsite PeRT Wall Groundwater Treatment System. ECCP 12-8.
- 4.U.S. Environmental Protection Agency. June 2000. *Monticello Permeable 5.Reactive Barrier Project,Ground Water Currents, Issue No. 36*.
- 6.DOE. February 1999a. *Draft Summary Design Report for the PeRT Wall at Monticello, Utah. MACPTW*
- 7.DOE. December 1999b. *Performance Summary Report for the PeRT Wall at Monticello, Utah.Document No. K00063AA*.
- 8.DOE. September 1998. *PeRT Wall Characterization Report. MAC-PTW 1.3-1, prepared by MACTECERS*.
- 9.DOE. 1998a. *PeRT Wall, Results of Field Treatability Studies for the Monticello, Utah PeRT Wall, GJO-98-69-TAR, prepared by MACTEC-ERS*.
- 10.DOE. November 1997. *Accelerated Site Technology Deployment – Deployment Plan for the Permeable Reactive Treatment Wall for Radionuclides and Metals, Monticello Mill Tailing Site, Monticello, Utah*.
- 11.DOE-Grand Junction Office. Document No. GJO-97-35-TAR/GJO-GJ-55
Federal Remediation Technologies Roundtable <www.frtr.gov>
12. Arnold, W.A., and A.L. Roberts. 2000. "Inter- and Intraspecies Competitive Effects in Reactions of Chlorinated Ethylenes with Zero-Valent Iron in Column Reactors." *Environ.Eng. Sci.*, 17: 291-302.
13. Battelle. 1995. *Solute Transport Code Verification Report for RWLK3D. Internal Draft*.
14. Battelle. 1997. *Design/Test Plan: Permeable Barrier Demonstration at Area 5, Dover AFB. Prepared for Air Force Research Laboratory, Tyndall AFB, FL. November 14.*

15. Battelle. 1998. *Performance Evaluation of a Pilot-Scale Permeable Reactive Barrier at Former Naval Air Station Moffett Field, Mountain View, California*. Prepared for NFESC, Port Hueneme, CA. November 20.
16. Battelle. 2000a. *Design, Construction, and Monitoring of the Permeable Reactive Barrier in Area 5 at Dover Air Force Base. Final*. Prepared for Air Force Research Laboratory, Tyndall AFB, FL. March 31.
17. Battelle. 2000b. *Recommendations for Modeling the Geochemical and Hydraulic Performance of a Permeable Reactive Barrier*. Prepared for NFESC, Port Hueneme, CA.
18. Einarson, M.D., R.L. Langdon, and J.F. Einarson. 2000. *Hydraulic Performance of a Funnel-and-Gate Treatment System in a Shallow Tidally-Affected Aquifer*. Prepared for NFESC, Port Hueneme, CA. January.
19. Gavaskar, A., N. Gupta, B. Sass, T. Fox, R. Janosy, K. Cantrell, and R. Olfenbuttel. 1997. *Design Guidance for Application of Permeable Barriers to Remediate Dissolved Chlorinate Solvents*. Prepared for Environics Directorate, Tyndall AFB. February.
21. Gavaskar, A.R., N. Gupta, B. Sass, R. Janosy, and J. Hicks. 2000. *Design Guidance for Application of Permeable Reactive Barriers for Groundwater Remediation*. Prepared for the Air Force Research Laboratory, Tyndall AFB, FL. March 31.
22. Gavaskar, A., B. Sass, N. Gupta, E. Drescher, W. Yoon, J. Sminchak, and W. Condit. 2002. *Final Report: Evaluating the Longevity and Hydraulic Performance of Permeable Reactive Barriers at Department of Defense Sites*. Prepared for NFESC, Port Hueneme, CA. April 24.
24. Gillham, R.W. 1993. *Cleaning Halogenated Contaminants from Groundwater*. U.S. Patent No. 5,266,213. November 30.
25. Gillham, R.W. 1996. "In Situ Treatment of Groundwater: Metal-Enhanced Degradation of Chlorinated Organic Contaminants." In M.M. Aral (Ed.), *Advances in Groundwater Pollution Control and Remediation*, pp. 249-274. Kluwer Academic Publishers, New York, NY. 56
26. Gillham, R.W., and S.F. O'Hannesin. 1992. "Metal-Catalyzed Abiotic Degradation of Halogenated Organic Compounds." IAH Conference: *Modern Trends in Hydrogeology*. Hamilton, Ontario, May 10-13. pp. 94-103.
27. Gillham, R.W., and S.F. O'Hannesin. 1994. "Enhanced Degradation of Halogenated Aliphatics by Zero-Valent Iron." *Ground Water*, 32:958-967.
28. Gupta, N., and T. Fox. 1999. "Hydrogeologic Modeling for Permeable Reactive Barriers." *Journal of Hazardous Materials*, 68: 19-39.

29. ITRC. 1999. *Regulatory Guidance for Permeable Reactive Barriers Designed to Remediate Chlorinated Solvents*, 2nd ed. December. Available at: www.itrcweb.org.
30. Kearl, P.M. 1997. "Observations of Particle Movement in a Monitoring Well Using the Colloidal Borescope." *Journal of Hydrology* (200): 323-344.
31. Kearl, P.M., N.E. Korte, and T.A. Cronk. 1992. "Suggested Modifications to Ground Water Sampling Procedures Based on Observations with the Colloidal Borescope." *Ground Water Monitoring and Remediation* (Spring): PAGES.
32. McDonald, M.G., and A.W. Harbaugh. 1988. *A Modular Three-Dimensional Finite Difference Ground Water Flow Model. Techniques of Water Resources Investigations 06-A1*, U.S. Geological Survey Open-File Report 83-875. 576 pp.
33. O'Hannesin, S.F. 1993. *A Field Demonstration of a Permeable Reaction Wall for the In Situ Abiotic Degradation of Halogenated Aliphatic Organic Compounds*. Unpublished M.S. thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
34. Parsons Engineering Science, Inc. 2000. *Draft Feasibility Memorandum for Groundwater Remediation Alternatives Using Zero Valent Iron Reactive Wall at the Ash Landfill, Seneca Army Depot Activity Romulus, New York*. Prepared for Army Corps of Engineers, Huntsville, AL.
35. Pollack, D.W. 1989. *Documentation of Computer Programs to Complete and Display Pathlines Using Results from the U.S. Geological Survey Modular Three-Dimensional Finite-Difference Groundwater Model*. USGS Open File Report 89-381. 81 pp.
36. PRC Environmental Management, Inc. 1996. *Naval Air Station Moffett Field, California, Iron Curtain Area Groundwater Flow Model*. June.
37. PRC, see PRC Environmental Management, Inc.
38. Puls, R.W., R.M. Powell, and C.J. Paul. 1995. "In Situ Remediation of Ground Water Contaminated with Chromate and Chlorinated Solvents Using Zero-Valent Iron: A Field Study." *Extended Abstracts from the 209th ACS National Meeting Anaheim, CA*, 35(1): 788-791. Anaheim, CA. Div. of Environ. Chem., Am. Chem. Soc., Washington, DC.57
39. Reynolds, G.W., J.T. Hoff, and R.W. Gillham. 1990. "Sampling Bias Caused by Materials Used to Monitor Halocarbons in Groundwater." *Environ. Sci. Technol.*, 24(1): 135-142.
40. Roberts, A.L., L.A. Totten, W.A. Arnold, D.R. Burris, and T.J. Campbell. 1996. "Reductive Elimination of Chlorinated Ethylenes by Zero-Valent Metals." *Environ. Sci. Technol.*, 30(8): 2654-2659.

41. Sass, B., A. Gavaskar, W-S. Yoon, N. Gupta, E. Drescher, and C. Reeter. 2001. "Geochemical Investigation of Three Permeable Reactive Barriers to Assess Impact of Precipitation on Performance and Longevity." *Proceedings of the International Containment & Remediation Technology Conference and Exhibition, Orlando, FL. June 12.*
42. Totten, L.A., U. Jans, and A.L. Roberts. 2001. "Alkyl Bromides as Mechanistic Probes of Reductive Dehalogenation: Reactions of Vicinal Dibromide Stereoisomers with Zero-Valent Metals." *Env. Sci. & Technol.*, 35: 2268-2274.
43. Turner, M. 2001. *Personal communication to Battelle from Matt Turner, New Jersey Department of Environmental Protection. April 10.*
44. Versar, Inc. 1997. *Final Evaluation of Long-Term Performance Reactive Wall Demonstration Project. Prepared for Air Force Center for Environmental Excellence (AFCEE/ERB) Base Closure Restoration Division. Prepared for Brooks AFB, TX. December.*
45. Yabusaki, S., K. Cantrell, B. Sass, and C. Steefel. 2001. "Multicomponent Reactive Transport in an In Situ Zero-Valent Iron Cell." *Environ. Sci. & Technol.*, 35: 1493-1503.
46. Zheng, C. 1990. *MT3D: A Modular Three-Dimensional Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion, and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems. S.S. Papadopoulos and Associates.*
47. *An In Situ Permeable Reactive Barrier for the Treatment of hexavalent Chromium and Trichloroethylene in Ground Water: Volume 1 Design and Installation EPA/600/R-99/095a September 1999*
48. *COST AND PERFORMANCE REPORT Pump and Treat and Permeable Reactive Barrier to Treat Contaminated Groundwater at the Former Intersil, Inc. Site Sunnyvale, California September 1998 Prepared by: U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office*
49. *An In Situ Permeable Reactive Barrier for the Treatment of Hexavalent Chromium and Trichloroethylene in Ground Water: Volume 2 Performance Monitoring EPA/600/R-99/095b September 1999*
50. *An In-Situ Permeable Reactive Barrier for the Treatment of Hexavalent Chromium and Trichloroethylene in Ground Water: Volume 3 Multicomponent Reactive Transport Modeling EPA/600/R-99/095c September 1999*

51. *COST AND PERFORMANCE REPORT: In Situ Permeable Reactive Barrier for Contaminated Groundwater at the Moffett Federal Airfield*
Mountain View, California September 1998 EPA Prepared by: U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office
52. *CONTRACT REPORT CR-05-007-ENV COST AND PERFORMANCE REPORT NANOSCALE ZERO-VALENT IRON TECHNOLOGIES FOR SOURCE -REMEDIATION* by Arun Gavaskar Lauren Tatar Wendy Condit
53. *Pump-and-Treat Ground-Water Remediation A Guide for Decision Makers and Practitioners* EPA/625/R-95/005 July 1996
54. *Suthersan, S.S. "PUMP AND TREAT SYSTEMS" Remediation engineering : design concepts*
Ed. Suthan S. Suthersan Boca Raton: CRC Press LLC, 1999
55. *Groundwater Pump and Treat Systems: Summary of Selected Cost and Performance Information at Superfund-financed Sites* EPA 542-R-01-021b December 2001 clu-in.org
56. *Cost Analyses for Selected Groundwater Cleanup Projects: Pump and Treat Systems and Permeable Reactive Barriers* EPA 542-R-00-013 February 2001 clu-in.org
57. *PUMP-AND-TREAT REMEDIATION OF GROUNDWATER CONTAMINATED BY HAZARDOUS WASTE: CAN IT REALLY BE ACHIEVED?* E.A. VOUDRIAS
Department of Environmental Engineering Demokritus University of Thrace GR-671 00 Xanthi, Greece OSWER 9283.1-20FS
58. www.cluin.org
59. www.epa.gov/superfund
60. *Hydraulic Optimization Demonstration for Groundwater Pump-and-Treat Systems Volume I: Pre-Optimization Screening (Method and Demonstration)* EPA/542/R-99/011A December 1999
61. *Hydraulic Optimization Demonstration for Groundwater Pump-and-Treat Systems Volume II: Application of Hydraulic Optimization* EPA/542/R-99/011B December 1999