

Πρακτικά		3ου Συνεδρίου		Μάιος 1986	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.		Αθήνα	
	XX/3	37-55		1988	
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.		Athens	

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ*

Ι. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ**, Ι. ΚΥΡΟΥΣΗΣ**, Θ. ΜΙΜΙΔΗΣ**, Ν. ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατόπιν πρότασής μας προς το τ. Υ.Χ.Ο.Π. χρηματοδοτήθηκε ερευνητικό πρόγραμμα που αποσκοπούσε στη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών των περιοχών απόθεσης απορριμμάτων σε σχέση με τη ρύπανση και μόλυνση των υπόγειων νερών στην Αττική και στην περιοχή της Ιεράπετρας.

Διαπιστώθηκε ότι στην Αττική υπάρχουν 22 χώροι διάθεσης απορριμμάτων, εκ των οποίων 20 σε λειτουργία και δυο εγκαταλειμμένοι.

Οι δυο μεγαλύτεροι από τους σκουπιδότοπους αυτούς (Λιοσίων κα. Σχιστού) εξυπηρετούν 85 Δήμους και Κοινοότητες των νομών Αττικής και Πειραιά που περιλαμβάνουν το 30% περίπου του ελληνικού πληθυσμού και οι υπόλοιποι 18 καλύπτουν τις ανάγκες 6 περιφερειακών μικρών Δήμων και 25 χωριών.

Από τις 22 θέσεις, οι 14 (ποσοστό δηλαδή 63,6%) βρίσκονται πάνω σε ασβεστολίθους ή μάρμαρα, με συνήθως έντονο κερματισμό και αποκάρσωση και υψηλή ρυπαντική επιδεκτικότητα. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται οι σκουπιδότοποι Λιοσίων και Σχιστού. Από τις υπόλοιπες 8 θέσεις, τρεις βρίσκονται πάνω σε υδροστεγανά πετρώματα (πρασινίτες και σχιστόλιθους), δυο σε ημιπερατούς πλειο-πλειστοκαινικούς σχηματισμούς και τρεις σε μικρής έως μέτριας ρυπαντικής επιδεκτικότητας προσχωματικές αποθέσεις.

Στην περιοχή της Ιεράπετρας λειτουργεί ένας μόνο σκουπιδότοπος, στον οποίο εξυπηρετούνται η πόλη και 4 γειτονικά χωριά. Βρίσκεται πάνω στον πρακτικά στεγανό σχηματισμό Μακρυλιάς (ανωτ. μέσο Μειόκαινο), που αποτελείται από μάργες με ενδιάμεσες ενατρώσεις άμμων. Τα υπόλοιπα χωριά της περιοχής δεν έχουν σκουπιδότοπους και τα απορρίμματα ρίπτονται οπουδήποτε.

* HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN CONNECTION WITH GROUNDWATER POLLUTION AT THE LANDFILLS OF ATTIKI AND IERAPETRA

** I. KΟΥΜΑΝΤΑΚΙΣ, J. ΚΥΡΟΥΣΙΣ, T. ΜΙΜΙΔΙΔΗΣ AND N. ΛΑΜΠΡΑΚΙΣ
(Section of Geological Sciences, National Technical University of Athens)

Σε κανένα από τους σκουπιδότοπους που απογράφηκαν δεν υπάρχει στεγανή επένδυση δαπέδου και στις θέσεις με πετρώματα υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας, έχει προκληθεί ρύπανση και μόλυνση στα υπόγεια νερά. Ρύπανση επίσης έχει προκληθεί με τη μεταφορά των υγρών διασταλάξεως δια των νερών της επιφανειακής απορροής και στους αβαθείς φρεάτιους ορίζοντες όπου αναπτύσσονται τέτοιοι στα κατάντη των περιοχών απόθεσης που αποτελούνται από πετρώματα στεγανά ή μικρής περατότητας.

SUMMARY

According to our proposal to the Ministry of Environmental Physical Planning and Public Works, a research program was financed which aimed into the investigation of landfill hydrogeological conditions in relation with the groundwater pollution and condamination at the districts of Attiki and Ierapetra.

It was found out that in Attiki alone there are 22 landfill sites, from which twenty in operation and two abandoned.

The two major from these landfills (Liosia and Schisto) receive refuse from 85 Municipalities and Communities of Attiki and Piraeus provinces comprising nearly 30 % of the Greek population, and the rest 18 cover the needs of 6 marginal small Municipalities and 25 villages.

From the 22 sites, the 14 (namely 63,6%) are located on limestones and marbles, with usually intense fracturing and Karst and therefore high pollution hazard. Between them are included the landfills of Liosia and Schisto. From the rest, 8 sites, three are in contact with impermeable rocks (greenstones and schists), two with semi-permeable pliocene-pleistocene formations and three with Alluvial deposits which show a small to medium pollution vulnerability.

At the district of Ierapetra, there is only one landfill site under operation, which receives refuse from the town and 4 nearby villages. It is situated on the true impermeable formation of Makriliass (upper-middle Miocene) and is consisted of marls with intermediate sand beddings. For the rest of the villages does not exist a landfill site and carriages are thrown everywhere.

Not for a single landfill site that was recorded, existed any clay liner, and in appropriate hydrogeological settings with high permeable rocks, the groundwaters are polluted and contaminated. Pollution also occurs due to the mixing of leachates with surface water and migration with the help of runoff and due to shallow aquifers that develop down slopes from the landfill sites.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Κατόπιν πρόσκλησης του τ. Υ.Χ.Ο.Π. προς τα Α.Ε.Ι., το Φεβρουάριο του 1983 για υποβολή προτάσεων ερευνητικών προγραμμάτων για χρηματοδότηση, υποβλήθηκε πρόταση του εξ ημών Ι. Κουμαντάκη με τον τίτλο "Υδρογεωλογική έρευνα περιοχών αποθέσεως απορριμμάτων σε σχέση με τη ρύπανση και μόλυνση των υπόγειων νερών στην Αττική, Βοιωτία, Λακωνία και Ιεράπετρα".

Η πρόταση εγκρίθηκε ως προς την Αττική και Ιεράπετρα τον Οκτώβριο του 1983 και η έρευνα άρχισε τον Ιανουάριο του 1984, με καουστέρηση της χρηματοδότησης ως τον Απρίλιο 1985.

Οι εργασίες υπαίθρου και εργαστηρίου ολοκληρώθηκαν ως το τέλος του 1985 και στα μέσα Μαρτίου 1986 υποβλήθηκε η σχετική έκθεση στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος του Υπ. Χωροταξίας Περιβάλλοντος και Δημόσιων Έργων.

Στην ανακοίνωση αυτή θα δώσουμε συνοπτικά αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος που σαν αντικείμενο είχε:

- α. Την απόκτηση γνώσης του γεωλογικού περιβάλλοντος των περιοχών απόθεσης των στερεών απορριμμάτων.
- β. Την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών των περιοχών αυτών.
- γ. Την εξακρίβωση του πιθανού βαθμού ρύπανσης και μόλυνσης των υπόγειων νερών εξ αιτίας των απορριμμάτων και
- δ. Τη διατύπωση προτάσεων για τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν στις συγκεκριμένες περιοχές έρευνας, καθώς και γενικότερα κατά την επιλογή θέσεων κατάλληλων από πλευράς γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών, προκειμένου να αποφεύγεται η μόλυνση και ρύπανση των υπόγειων νερών και υδροφορέων.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιέλαβε:

- α. Συλλογή και μελέτη όλων των στοιχείων της γνώσης και εμπειρίας που υπάρχει και σχετίζεται με το προς έρευνα θέμα.
- β. Αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης στην Αττική και ευρεία περιοχή Ιεράπετρας. Η εργασία αυτή περιέλαβε:
 - i. εντοπισμό όλων των θέσεων απόθεσης απορριμμάτων και αποτύπωσή τους πάνω σε τοπογραφικούς και υφιστάμενους γεωλογικούς χάρτες κλ. 1:50000 ή μεγαλύτερους.
 - ii. Γεωλογική χαρτογράφηση κλ. 1:5000 των περιοχών απόθεσης με ειδικά προβλήματα.
 - iii. Σύνταξη δελτίων με γεωλογικές, υδρογεωλογικές και άλλες πληροφορίες για κάθε θέση.
 - iv. Απογραφή των πηγών, πηγαδιών και γεωτρήσεων που βρίσκονται εντός της ζώνης πιθανού επηρεασμού κάθε θέσης.
- γ. Έλεγχο του πιθανού βαθμού ρύπανσης και μόλυνσης των υπόγειων νερών. Η εργασία αυτή περιέλαβε:
 - i. Επιλογή αντιπροσωπευτικών θέσεων δειγματοληψίας υπόγειων νερών και εκτέλεση των σχετικών δειγματοληψιών.
 - ii. Εκτέλεση αναλύσεων στο Εργ. Τεχν.Γεωλογίας - Υδρογεωλογίας του Ε.Μ.Π. για τον έλεγχο της ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων νερών και τη σύσταση των υγρών διασταλάξεως.

δ. Μελέτη και αξιολόγηση όλων των πληροφοριών και των νέων στοιχείων που συγκεντρώθηκαν.

3. ΣΧΟΛΙΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ

Από την απογραφή έχει προκύψει ότι στην Αττική υπάρχουν 22 θέσεις απόρριψης στερεών απορριμμάτων, εκ των οποίων δυο έχουν παύσει να λειτουργούν. Πρόκειται για τους σκουπιδότοπους της Βάρης και των Αφιδνών.

Οι θέσεις απόρριψης Άνω Λιοσίων και Σχιστού έχουν απογραφεί σαν μια θέση η κάθε μια, παρ'όλον ότι στις περιοχές αυτές υπάρχουν περισσότερες θέσεις σε λειτουργία ή εγκαταληφθείσες.

Στο σκουπιδότοπο των Άνω Λιοσίων μεταφέρονται τα απορρίμματα 53 Δήμων και Κοινοτήτων και στο Σχιστό 26 Δήμων και 6 Κοινοτήτων. Συνολικά δηλαδή στις δυο αυτές θέσεις εξυπηρετούνται 85 Δήμοι και Κοινότητες των Νομών Αττικής και Πειραιά, που αντιπροσωπεύουν περί το 30% του ελληνικού πληθυσμού.

Οι υπόλοιπες 18 θέσεις εξυπηρετούν κάθε μια από ένα Δήμο ή Κοινότητα, εκτός των περιπτώσεων του Λαυρίου που εξυπηρετεί τον Αγ. Κωνσταντίνο (Κουμάριζα), της Κερατέας που εξυπηρετεί την Πλάκα και τον Κουβαρά του Θρωπού όπου μεταφέρονται τα απορρίμματα οκτώ (8) συνολικά χωριών, του Καλάμου που εξυπηρετεί τους Αγ. Αποστόλους και των Μεγάρων που εξυπηρετεί τη Νέα Πέραμο και το Αλεποχώρι. Δηλαδή οι 18 περιφερειακοί σκουπιδότοποι της Αττικής εξυπηρετούν συνολικά 25 χωριά και 6 περιφερειακούς Δήμους.

Όσον αφορά την περιοχή της Ιεράπετρας υπάρχει ένας μόνο οργανωμένος σκουπιδότοπος, 2 χλμ ανατολικά της πόλης, που εξυπηρετεί τις ανάγκες της, καθώς και άλλων 4 χωριών. Τα υπόλοιπα 6 χωριά της περιοχής ρίπτουν τα σκουπίδια τους οπουδήποτε.

Σε καμία από τις θέσεις που απογράφηκαν δεν υπάρχει επίστρωση δαπέδου με στεγανό υλικό και σ'αυτές που λειτουργούν γίνεται, είτε συστηματική καύση, είτε καύση ύστερα από αυτανάφλεξη. Ικανοποιητική ταφή με χρήση κυρίως μπάζων, πραγματοποιείται μόνο στους σκουπιδότοπους Λιοσίων, Σχιστού Παιανίας, Καλάμου και Πολυδενδρίου. Τελείως πρόχειρη ταφή που συνδυάζεται με καύση γίνεται στην Ανάβυσσο, Μέγαρα, Καπανδρίτη, Γραμματικό και Βαρνάβα.

Ταφή τέλος έχει γίνει και στις εγκαταλειμμένες θέσεις Άνω Λιοσίων, Σχιστού, Βάρης και Αφιδνών.

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε σε ότι αφορά τις υδρογεωλογικές συνθήκες των περιοχών στις οποίες βρίσκονται οι θέσεις διάθεσης των απορριμμάτων, καταλήξαμε στην ταξι-ό-

μηση τους σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό της ρυπαντικής των επιδεκτικότητας: σε περιοχές υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας, περιοχές μικρής έως μέτριας και τέλος λιαν περιορισμένης ρυπαντικής επιδεκτικότητας.

4.1. Περιοχές υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας

Στην κατηγορία αυτή περιλάβαμε όλες τις περιοχές που αποτελούνται από ασβεστόλιθους και μάρμαρα, δεδομένου ότι τα πετρώματα αυτά λόγω της τεκτονικής των καταπόνησης και της συνήθως υψηλής καρστικοποίησης έχουν μεγάλη υδροπερατότητα και αδυναμία φιλτραρίσματος και κατακράτησης ρύπων.

Στην Αττική από τις 22 θέσεις διάθεσης απορριμμάτων, οι 14, δηλαδή ποσοστό 63,6%, βρίσκονται πάνω σε πετρώματα της κατηγορίας αυτής.

Αυτό σημαίνει ότι περισσότερο από το 90% του πληθυσμού των νομών Αττικής και Πειραιά, που αποτελεί περίπου το 30% του ελληνικού πληθυσμού, απορρίπτει τα σκουπίδια του πάνω σε πετρώματα υψηλής έως λιαν υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας, έχοντας ρυπάνει, όπως θα δούμε στη συνέχεια, τα υπόγεια νερά ενδιαφερόντων ανθρακικών υδροφορέων.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε συνοπτικά για κάθε μια θέση χωρίς να επαναλαμβάνουμε αυτά που ισχύουν για όλες τις περιπτώσεις. Δηλαδή τη μεγάλη υδροπερατότητα των μαρμάρων και ασβεστολίθων, την υψηλή έως λιαν υψηλή ρυπαντική των επιδεκτικότητα, τη μεγάλη γενικά ταχύτητα κίνησης των υπόγειων νερών στις ρωγμές και στους καρστικούς αγωγούς τους, την αδυναμία φιλτραρίσματος και κατακράτησης ρύπων. Ειδικά για τους δυο μεγαλύτερους σκουπιδότοπους Άνω Λιοσίων και Σχιστού θα αναφερθούμε λίγο εκτενέστερα.

α. Σκουπιδότοποι επί ασβεστολίθων

Άνω Λιόσια

Για την περιοχή αυτή του μεγαλύτερου σκουπιδότοπου της Ελλάδας. σύμφωνα με τις παρατηρήσεις μας και λαμβάνοντας υπόψη τις έρευνες των Β. Παρασχούδη (14) και Γ. Κούνη (8), οδηγούμαστε στα εξής συμπεράσματα:

1. Όλες οι θέσεις, παλαιές και εν λειτουργία, βρίσκονται πάνω σε τριαδικούς ασβεστόλιθους. Στη βορειότερη μόνο από τις εγκατελειμμένες θέσεις, στην οποία και σήμερα γίνεται παράνομη ρίψη, παρεμβάλλονται μεταξύ σκουπιδιών και ασβεστολίθων τεταρτογενείς αποθέσεις μικρού μάλλον πάχους.
2. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις του Θριάσιου πεδίου, οι οποίες έρχονται σε επαφή με τους ασβεστολίθους της περιοχής των σκουπιδότοπων, βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία μ'αυτούς. Το πάχος τους είναι μεγάλο και σε σημαντική έκταση επεκτείνονται σε αρνητικά υψόμετρα. Έχουν υδροπερατότητα κυμαινόμενη από θέση σε θέση κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια, με τιμές ποικίλλουσες από πολύ χαμηλές έως πολύ υψηλές.

Ανάλογα ποικίλλει και ο βαθμός της ρυπαντικής των επι-
δεκτικότητας, οπωσδήποτε όμως είναι πάντα μικρότερη αυτής
των ασβεστολίθων.

3. Όπως έχει διατυπωθεί από τη μελέτη της πιεζομετρίας των
υπόγειων νερών (14), οι ασβεστόλιθοι τροφοδοτούν τους
υδροφορείς των τεταρτογενών αποθέσεων δια πλευρικών με-
ταγγίσεων. Η υπόγεια ροή στους υδροφορείς αυτούς, με
μικρή γενικά υδραυλική κλίση και με υδραυλικά φορτία επί-
σης μικρά, πραγματοποιείται προς την κατεύθυνση της θάλασ-
σας του Ασπρόπυργου. Το υψόμετρο της υδροστατικής στάθ-
μης των υπόγειων νερών κυμαίνεται μεταξύ 5 μ. στο εσωτε-
ρικό (μακριά από τη θάλασσα) έως 1 μ. ή και λίγα εκατοστά
στις παραλιακές ζώνες.
4. Τόσο ο πλούσιος καρστικός υδροφορέας των ασβεστολίθων,
όσο και οι υδροφορείς των τεταρτογενών αποθέσεων, υψί-
στανται εντατική εκμετάλλευση, με πολυάριθμες γεωτρήσεις
και πηγάδια.
5. Εξαιτίας της χαμηλής πιεζομετρίας και της εντατικής εκμε-
τάλλευσης των υπόγειων νερών, η ζώνη υφαλμύρωσης από τη
διείσδυση της θάλασσας στο υπέδαφος της περιοχής έχει
επεκταθεί αρκετά χιλιόμετρα από την ακτή. Αυτό έχει
σαν αποτέλεσμα σε μια ζώνη παραλιακή εύρους περί τα
4 χλμ. οι υδροφορίες να έχουν έντονα υποβαθμιστεί ποιο-
τικά.

Σχιστό

Όλες οι θέσεις στην περιοχή του Σχιστού, τόσο η λειτουργού-
σα νότια του δρόμου Κερατσινίου - Σκαρμαγκά, όσο και οι
εγκαταλειμμένες βόρεια του δρόμου, βρίσκονται σε διαρρηγμέ-
νους και αποκαρστωμένους ασβεστόλιθους.

Η παλαιότερη από τις θέσεις που λειτούργησε στην περίοδο
1952-1963 και βρίσκεται στην κοίτη της ρεματίας που από
το Σχιστό κατευθύνεται προς το γήπεδο του Κερατσινίου,
πιθανώς να διατηρούσε πάνω στους ασβεστόλιθους, κατά θέ-
σεις τουλάχιστον, μικρού γενικά πάχους υλικά αποσάθρωσης
αυτών. Σε όλες όμως τις υπόλοιπες θέσεις τα σκουπίδια κά-
θονται κατ'ευθείαν πάνω στους ασβεστόλιθους, η εξάπλωση
των οποίων είναι συνεχής ως τον όρμο Κερατσινίου. Μεταξύ
Νέου Ικονίου και Περάματος κατά θέσεις επί των ασβεστολί-
θων βρίσκονται μικρού συνήθως πάχους πλευρικά κορήματα, τα
οποία όμως δεν παρεμποδίζουν την υδραυλική σύνδεση με τη
θάλασσα.

Η υψηλή περατότητα των ασβεστολίθων στην περιοχή του νότιου
Σχιστού, ο σκουπιδότοπος του οποίου βρίσκεται σε λειτουργία,
έδωσε τη δυνατότητα σε αέρια που παράγονται από τη σήψη των
απορριμμάτων, να βρουν διέξοδο από ρωγμές του πετρώματος.
Μια τέτοια έξοδο διαπιστώθηκε στην επιφάνεια, σε απόσταση
περί τα 120 μ. δυτικά του ακραίου σημείου της απόθεσης.

Υδροληπτικά έργα δεν υπάρχουν στην περιοχή και ως εκ τούτου δεν έγινε δυνατός ούτε ο έλεγχος της ρύπανσης των υπόγειων νερών, ούτε της πιεζομετρίας των.

Παρόλα αυτά δεν διατηρούμε αμφιβολίες για τη χαμηλή πιεζομετρία που πρέπει να υπάρχει στην περιοχή, εξαιτίας της γειτνίασής της με τη θάλασσα, της υδραυλικής επικοινωνίας των ασβεστολίθων επί μεγάλου μετώπου μ'αυτήν, της μεγάλης υδροπερατότητάς των και της γρήγορης ως εκ τούτων εκτόνωσης της καρστικής υδροφορίας στη θάλασσα.

Οι παραπάνω λόγοι μας οδηγούν να δεχτούμε ότι η ρύπανση από την κατείδυση των υγρών διαστάλαξης μεταφέρεται στη θάλασσα, συμβάλλοντας στην υποβάθμισή της.

Λοιποί Σκουπιδότοποι επί ασβεστολίθων

Πρόκειται για τις περιοχές απόρριψης των απορριμμάτων Καπανδριτίου, Αυλώνος, Ερυθρών και Αφιδών.

Στην περίπτωση της Αυλώνος οι ασβεστόλιθοι είναι κρητιδικοί, ενώ στις άλλες τρεις θέσεις έχουμε τριαδικούς ασβεστόλιθους.

Στο Καπανδρίτι και Αφιδνές οι ασβεστόλιθοι είναι παχυπλακώδεις έως λεπτοπλακώδεις, κάποτε άστρωτοι και δολομιτικοί, των ανατολικών παρυφών της Μαυρινόρας και της Πάρνηθας, αντίστοιχα. Υδροληπτικά έργα δεν υπάρχουν και έτσι δεν έγινε δυνατός ο έλεγχος των επιπτώσεων στα υπόγεια νερά. Σύμφωνα με μελέτη των Δούνα-Καλλέργη-Μόρφη-Παγούνη (2) ο καρστικός υδροφορέας της Μαυρινόρας τροφοδοτεί τις υφάλμυρες πηγές των Αγίων Αποστόλων, οι οποίες ως γνωστό δεν χρησιμοποιούνται.

Για την περίπτωση του εγκαταλειμμένου σκουπιδότοπου των Αφιδών, πέρα από τη ρύπανση των υπόγειων νερών, πρέπει να αναμένεται ότι σε περιόδους πλημμυρικών απορροών, κάποιοι ρύποι είναι πιθανόν να μεταφέρονται στη λίμνη του Μαραθώνα, η οποία δέχεται τις επιφανειακές απορροές της περιοχής, στην οποία βρίσκεται και ο σκουπιδότοπος.

Ο σκουπιδότοπος της Αυλώνας βρίσκεται στις βόρειες κλιτείες του λόφου Κλίσεζα, σε απόσταση από την κωμόπολη περί τα 4 χλμ., μέσα σε παλιό λατομείο αδρανών υλικών. Οι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι του λόφου συνεχίζονται προς τα ανατολικά σχεδόν μέχρι τη Μαλακάσα και προς τα νότια μέσω ενός τεκτονικού βυθίσματος συνδέονται με τη μεγάλη ασβεστολιθική μάζα της βόρειας Πάρνηθας.

Προς τα βόρεια και δυτικά οι ασβεστόλιθοι το λόφου της Κλίσεζας έρχονται σε επαφή με ημιπερατούς έως υδροστεγανούς πλειοπλειστοκαινικούς σχηματισμούς, που αποτελούνται από κροκαλοπαγή και ψαμμούχες μάργες.

Σύμφωνα με υφιστάμενη υδρογεωλογική μελέτη (1) η υπόγεια ροή στους σχηματισμούς αυτούς στον κάμπο βορειο-ανατολικά της Αυλώνας πραγματοποιείται με γενική κατεύθυνση προς τα ΒΔ κά . Υπ' αυτές της υδροδυναμικές συνθήκες, οι ασβεστόλιθοι της Κλίσεζας πρέπει να τροφοδοτούν πλευρικά τους πλειοπλειστοκαινικούς υδροφορείς. Επομένως η προκαλούμενη από το σκουπιδότοπο ρύπανση των καρστικών νερών, αναμένεται να μεταδίδεται προς την κατεύθυνση αυτών. Η ταχύτητα μετάδοσης πρέπει να είναι πολύ μικρή και πιθανώς οι ρυπαντές κατακρατούνται μερικώς κατά την υπόγεια ροή.

Η έλλειψη υδροληπτικών έργων στους πλειοπλειστοκαινικούς σχηματισμούς κοντά στο σκουπιδότοπο δεν μας επέτρεψε τον έλεγχο της υφιστάμενης ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων νερών τους.

Στις Ερυθρές ο σκουπιδότοπος βρίσκεται 1,5 χλμ ανατολικά της κωμόπολης σε ανωτριάδικους ασβεστόλιθους μεγάλης εξάπλωσης, που αποτελούν τις βόρειες κλιτείες του μεγάλου ασβεστολιθικού όγκου της Πάστρας.

Η υδροφορία τους αναμένεται να είναι αξιόλογη, αλλά προς το παρόν στη γειτονική με το σκουπιδότοπο περιοχή δεν υπάρχουν υδροληπτικά έργα. Η ρύπανση από τα σκουπίδια, ειδικά στη θέση αυτή, πρέπει να είναι περιορισμένη, επειδή πάνω στους ασβεστόλιθους υπάρχουν μικρού πάχους κοκκίνοπηλοι ανάμικτοι με χαλίγια που δυσχεραίνουν την κατείσδυση των υγρών διασταλάξεως. Όμως ο καρστικός υδροφορέας ρυπαίνεται από διοχέτευση ακαθάρτων υγρών μέσω ρωγμών και καρστικών στομιών από πολυάριθμες θέσεις μέσα στις Ερυθρές.

Βόρεια αυτών των ασβεστολίθων αναπτύσσεται ένα σύστημα από κατωπλειοκαινικές αποθέσεις που αποτελούνται από μάρμαρα, αργίλους, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, τραβερτίνες και μαργαϊκούς ασβεστολίθους. Μέσα σ' αυτούς αναπτύσσονται, φτωχοί συνήθως, επάλληλοι υδροφόροι ορίζοντες, οι οποίοι πλευρικά είναι πιθανόν να τροφοδοτούνται από τους ασβεστολίθους. Ισχύει και για αυτούς ότι για την περίπτωση των όμοιων σχηματισμών της Αυλώνας.

β. Σκουπιδότοποι σε μάρμαρα

Πάνω σε κατώτερα μάρμαρα του συστήματος Υμηττού - Λαυρεωτικής βρίσκονται οι σκουπιδότοποι της Παιανίας, της Βάρης, των Καλυβιών, της Αναβύσσου και της Παλαιάς Φώκαιας.

Στην περίπτωση της Παιανίας δυο γεωτρήσεις στα μάρμαρα καταντη της θέσης απόρριψης των σκουπιδιών έχουν εγκαταλειφθεί (η μια έχει μπαζωθεί, η άλλη είναι εξοπλισμένη με κατεστραμένο αντλητικό συγκρότημα) και ο έλεγχος της ποιότητας των υπόγειων νερών δεν έγινε δυνατός. Η καρστική υδροφορία της περιοχής αυτής αναμένεται να βρίσκεται σε υδραυλική σχέση μ' αυτήν του κυρίως όγκου του Υμηττού.

Στην περιοχή του εγκαταλειμμένου σκουπιδότοπου της Βάρης, παρόλο ότι έχουν περάσει οκτώ χρόνια από την παύση λειτουργίας του και έχει γίνει ικανοποιητική ταφή, εν τούτοις τα υγρά διασταλάξεως συνεχίζουν να απορρέουν από τη βάση της απόθεσης και να κατείσδουν στα μάρμαρα κατά τη ροή τους προς τα κατάντη. Είναι προφανές ότι η ρύπανση των υπόγειων νερών από το 1954 που άρχισε να λειτουργεί ο σκουπιδότοπος συνεχίζεται και σήμερα και θα συνεχίζεται στο μέλλον άγνωστο έως πότε.

Η υπόγεια καρστική υδροφορία της περιοχής Βάρης συνδέεται μ'αυτήν του κυρίως όγκου του νότιου Υμηττού, που όπως είναι γνωστό από μελέτη του Γ. Κούνη (8) και εντατική εκμετάλλευση υφίσταται και η ρύπανση από διείσδυση της θάλασσας έχει προχωρήσει έτσι ώστε σε απόσταση 3,5 χλμ από την παραλία τα χλωρίδια να φθάνουν τα 850 ppm. Στην ίδια απόσταση μέσα στους κοκκώδεις υδροφορείς τα Cl^- φθάνουν τα 250 ppm. Σύμφωνα με δεδομένα της έρευνάς μας από άλλες θέσεις, όπως π.χ. από το σκουπιδότοπο της Αναβύσσου (βλ. σενέχεια), θεωρούμε ότι σημαντικό ποσοστό της ρύπανσης των υπόγειων νερών της περιοχής του σκουπιδότοπου της Βάρης οφείλεται στην κατείσδυση των υγρών διασταλάξεως.

Στην περίπτωση των Καλυβιών, ο σκουπιδότοπος βρίσκεται στα ΝΑκά κρσπεδα του όγκου μαρμάρων του Κέδρου, 2 χλμ. δυτικά του χωριού. Τα μάρμαρα φαίνονται εγκλωβισμένα από σχιστόλιθους που τα περιβάλλουν, αναμένεται να έχουν αξιόλογη υδροφορία, αλλά και να έχουν υποστεί ρύπανση από τα υγρά διασταλάξεως. Ο βαθμός ρύπανσης δεν έγινε δυνατό να ελεγχθεί λόγω έλλειψης υδροληπτικών έργων στα μάρμαρα. Αντίθετα έγινε έλεγχος και διαπιστώθηκε σημαντική ρύπανση στον αβαθή φτωχό φρεάτιο ορίζοντα ανατολικά του σκουπιδότοπου. Ο υδροφόρος αυτός ορίζοντας αναπτύσσεται στις προσχώσεις που υπέρκεινται των σχιστολίθων. Τροφοδοτείται εκτός από την απευθείας κατείσδυση και από τις επιφανειακές απορροές των γύρω υψωμάτων δια των οποίων ένα μέρος του διασταλάζοντος υγρού μεταφέρεται και διηθούμενο στο υπέδαφος ρυπαίνει τα υπόγεια αβαθή νερά, η στάθμη των οποίων ανέρχεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (βάθος μέχρι 0,5 μ.).

Ο σκουπιδότοπος της Αναβύσσου βρίσκεται στις ανατολικές παρυφές του Λαυρεωτικού Ολύμπου, ο οποίος σχεδόν στο σύνολό του αποτελείται από κατώτερα μάρμαρα. Μέχρι τώρα επιστεύετο ότι ο όγκος των μαρμάρων αυτών επικοινωνούσε υδραυλικά με τη θάλασσα και τα υπόγεια νερά του υφίσταντο ποιοτικά υποβάθμιση λόγω διείσδυσης (Γ. Κούνης). Από την έρευνά μας διαπιστώθηκε ότι δεν ισχύει αυτό. Αποδεικτικά στοιχεία γι'αυτό είναι:

α. Τα Cl^- των υπόγειων νερών των μαρμάρων στις γεωτρήσεις που βρίσκονται μεταξύ σκουπιδότοπων και θάλασσας αυξάνουν όσο απομακρυνόμαστε απ'αυτήν και πλησιάζουμε προς το σκουπιδότοπο, γεγονός που δηλώνει ότι πηγή ρύπανσης από χλώριο είναι ο σκουπιδότοπος και όχι η

θάλασσα. Στις δυο από τις αντλούμενες γεωτρήσεις τα Cl^- στις 2.11.85 ήταν 249 mg/l στην πλησιέστερη στο σκουπιδότοπο (950 μ.) που απέχει από τη θάλασσα 2.150 μ., στην πιο απομακρυσμένη από αυτόν (1.150 μ.) που απέχει 1.550 μ., από τη θάλασσα μετρήθηκαν 149 mg/l και σε μη αντλούμενη νέα γεώτρηση που βρίσκεται 1.650 μ. μακριά από τη θάλασσα και 1.600 μ. από το σκουπιδότοπο μόνο 45 mg/l χλωρίου.

- β. Οι χαρακτηριστικοί λόγοι rMg/rCa , rSO_4/rCl και rNa/rCl (πιν. 1) έχουν τιμές που δείχνουν ότι δεν υπάρχει ανάμιξη με θαλασσινό νερό.

πιν. Ι. Χαρακτηριστικοί λόγοι υπόγειων νερών Λαυρεωτικού Ολύμπου (2.11.85)			
Θέση	rMg/rCa	rSO_4/rCl	rNa/rCl
ANA 2	0,016	0,200	1,090
ANA 3	0,003	0,240	1,097
ANA 4	0,004	1,017	1,833
Θαλασσινό νερό	5,564	0,105	0,852
ANA 2: 2.150 μ. από τη θάλασσα, 950 μ. από το σκουπιδότοπο			
ANA 3: 1.550 μ. από τη θάλασσα, 1550 μ. από το σκουπιδότοπο			
ANA 4: 1.650 μ. από τη θάλασσα, 1600 μ. από το σκουπιδότοπο μη αντλούμενη γεώτρηση			

- γ. Στη νέα γεώτρηση η οποία βρίσκεται στις ΝΑκές παρυφές σε απόλυτο υψόμετρο περίπου 80 μ., μετρήσαμε στάθμη ηρεμίας των υπόγειων νερών σε βάθος 49 μ. στις 10.10.85 και 49,22 μ., στις 2.11.85, δηλαδή σε απόλυτο υψόμετρο περί τα 30 μ. Το γεγονός ότι η γεώτρηση βρίσκεται σε απόσταση μόνο 1.600 μ. που σημαίνει πως αν υπήρχε υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα, η υδροστατική στάθμη θα είχε υψόμετρο το πολύ 1-2 μ., σε συνδυασμό και με τα παραπάνω, αποδεικνύει την υδραυλική απομόνωση των μαρμάρων σε σχέση με τη θάλασσα και τη ρύπανση των υπόγειων νερών τους από το σκουπιδότοπο.

Από την υδροχημική έρευνα διαπιστώθηκε ότι εκτός από τη ρύπανση των υπόγειων νερών των μαρμάρων του Ολύμπου, υψηλή επίσης ρύπανση έχουν υποστεί και τα νερά του αβαθούς φρεάτιου ορίζοντα των προσχώσεων ανατολικά του σκουπιδότοπου ($Cl=243$ mg/l, $NO_3^- = 66,3$ ml/l, $Ba^{+2} = 4$ ml/l, $EC = 1759$ $\mu S/cm$ στους $25^\circ C$). Σημαντικό ποσοστό αυτής της ρύπανσης πρέπει να αποδοθεί σε ρύπους που παρασύρονται από το σκουπιδότοπο και δια των απορροών προς τα κατόντη τροφοδοτούν το φρεάτιο ορίζοντα.

Στην περίπτωση της Παλαιάς Φώκαιας η απόρριψη των σκουπιδιών γίνεται σε παλιό λατομείο αδρανών υλικών που έχει διανοιχθεί στα κατώτερα μάρμαρα που βρίσκονται άμεσα νότια της κωμόπολης. Μια μικρή εμφάνιση από φυλλίτες στην παραλία, δεν εμποδίζει την υδραυλική επικοινωνία της θάλασσας με τον καρστικό υδροφορέα των μαρμάρων τα οποία βρίσκονται σε άμεση επαφή μ'αυτήν σε όλο το μήκος της νοτιοανατολικής ακτής του όρμου της Αναβύσσου.

Ο όγκος των μαρμάρων, μέσου πλάτους περί το 1 χλμ. και μήκους περί τα 3 χλμ., περιορίζεται από βόρεια, νότια και ανατολικά από φυλλίτες και σχιστόλιθους του φυλλιτικού καλύμματος. Αναμένεται ως εκ τούτου η υπόγεια ροή στα μάρμαρα, των οποίων η εξάπλωση υπεδαφικά είναι πιθανότατα σημαντικά μεγαλύτερη, να πραγματοποιείται από τα ανατολικά προς τα δυτικά, με εκτόνωση των καρστικών νερών στη θάλασσα.

Υπ'αυτές τις υπόγειες υδροδυναμικές συνθήκες, τα διασταλάζοντα νερά του σκουπιδότοπου, διηθούνε μέσα στα μάρμαρα, μεταφέρονται στη θάλασσα του όρμου της Αναβύσσου.

Υδροληπτικό έργο στα μάρμαρα αυτά δεν υπάρχει και ως εκ τούτου έλεγχος της πιεζομετρίας και της ποιότητας των υπόγειων νερών δεν μπόρεσε να γίνει.

Η απόθεση των σκουπιδιών της Κερατέας, του Κουβαρά και της Πλάκας γίνεται στην είσοδο ενός εγκαταλειμένου μεταλλείου, νότια της Μονής Αγ. Ονουφρίου.

Τα υπόγεια έργα αναπτύσσονται στην επαφή σχιστολίθων και ανωτέρων μαρμάρων. Σ'αυτή την επαφή αναπτύσσεται υπόγεια υδροφορία, η οποία προφανώς ρυπαίνεται από το σκουπιδότοπο. Όμως τα μάρμαρα αυτά, που παρουσιάζουν μικρή κλίση προς τα νότια, διακόπτονται λίγο νοτιότερα της θέσης του σκουπιδότοπου από ρήγμα, το οποίο φέρει τα ανώτερα μάρμαρα του νότιου τεμάχους υψηλότερο. Υπ' αυτές τις στρωματογραφικές και τεκτονικές συνθήκες, τα επηρεαζόμενα από το σκουπιδότοπο υπόγεια νερά των ανωτέρων μαρμάρων, δεν επικοινωνούν υδραυλικά με τα υπόγεια νερά των υπόλοιπων μαρμάρων που αναπτύσσονται νοτιότερα του ρήγματος.

Στην περιοχή των ρυπαινομένων από το σκουπιδότοπο υπόγειων νερών δεν υπάρχουν σήμερα υδροληπτικά έργα, μέσω των οποίων θα γινόταν ο έλεγχος του βαθμού ρύπανσής των.

Σε μάρμαρα τέλος βρίσκονται οι σκουπιδότοποι του Βαρνάβα και του Γραμματικού. Στην περίπτωση του Βαρνάβα πρόκειται για ένα φακό μικρής έκτασης, 2 χλμ. ανατολικά του χωριού, που περιβάλλεται από σχιστόλιθους και δεν παρουσιάζει υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Στην περίπτωση του Γραμματικού, η απόρριψη των σκουπιδιών γίνεται 1 χλμ. βόρεια του χωριού σε ανοικτή εκκαφή παλαιού μεταλλείου πάνω σε μάρμαρα (μάρμαρα Αγ. Μαρίας). Η εξάπλωσή τους είναι μεγάλη, φθάνουν ως το Μαθαώνα και πιθανόν αποτελούν ενιαία υδρογεωλογική ενότητα με αυτή των πηγών Κάτω Σουλίου. Η ρύπανση που έχει

προκληθεί από το σκουπιδότοπο δεν ελέγχθηκε, δεδομένου ότι δεν υφίστανται κοντινά υδροληπτικά έργα.

4.2. Περιοχές μικρής έως μέτριας ρυπαντικής επιδεκτικότητας

Στην κατηγορία αυτή ταξινομήσαμε τις περιοχές που αποτελούνται από πλειο-πλειστοκαινικούς εναλλασσόμενους υδροπερατούς και υδροστεγανούς σχηματισμούς, όπως είναι οι περιοχές των σκουπιδότοπων Σπάτων και Ωρωπού, καθώς και αυτές που καλύπτονται από προσχωματικές γενικά αποθέσεις. Στην τελευταία περίπτωση ανήκουν οι σκουπιδότοποι Μαρκόπουλου, Κορωπιού και Μεγάρων.

Στις περιοχές αυτές διαπιστώθηκε ότι οι αβαθείς φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες έχουν υποστεί ρύπανση, που σ'ένα σημαντικό ποσοστό της πρέπει να αποδοθεί στους σκουπιδότοπους. Αυτό αποδεικνύεται από τις υψηλές περιεκτικότητες σε Cl^- (Σπάτα 560-1200 mg/l, Μαρκόπουλο 100-250 ml/l, Μέγαρα 225-550) αν και δεν υπάρχει καμμία υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα, σε βάριο και άλλους ρύπους που προέρχονται από τα υγρά διασταλάξεως.

Ειδικά στην περίπτωση του σκουπιδότοπου του Μαρκόπουλου η ρύπανση απ'αυτόν έχει προσβάλλει και τα υπόγεια νερά των μαρμάρων της Μερέντας, στα πλευρικά κορήματα της οποίας στις ΒΔκές παρυφές της βρίσκεται. Σε παρακείμενη γεώτρηση, 300 μ. ΝΔκά του σκουπιδότοπου, διαπιστώθηκε σημαντική ρύπανση ($Cl^- = 130$ mg/l, $Ba^{++} = 2,19$ /mg l) και μόλυνση ($NO_3^- = 21,2$ mg/l, αμμωνία και νιτρώδη).

4.3. Περιοχές περιορισμένης ρυπαντικής επιδεκτικότητας

Στην κατηγορία αυτή ταξινομήσαμε τις περιοχές απόθεσης των απορριμμάτων του Καλάμου, του Πολυδενδρίου, του Λαυρίου και της Ιεράπετρας.

Στον Κάλαμο ο σκουπιδότοπος που βρίσκεται ανατολικά των Αγίων Αποστόλων, μόλις 500 μ. από τον ακραίο οικισμό, είναι τοποθετημένος πάνω σε σχιστόλιθους του μεταμορφωμένου μεσοζωϊκού συστήματος της βόρειας Αττικής (2). Οι σχιστόλιθοι αυτοί, που είναι πρακτικά υδροστεγανοί, έχουν μεγάλη εξάπλωση προς τα νοτιοδυτικά και προς τα βόρεια επεκτεινόμενοι ως τη θάλασσα, η οποία απέχει 850 μ. από το σκουπιδότοπο. Οι ρύποι δια των υγρών διασταλάξεως μεταφέρονται στη θάλασσα, χωρίς να μολύνουν υπόγεια νερά.

Στην περίπτωση του Πολυδενδρίου, ο σκουπιδότοπος (1.200 μ. ΒΑκά του χωριού) βρίσκεται σε λοφώδη δασομένη περιοχή, που αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους κατ'επικράτηση, σχιστοψαμίτες και γραουβάκες του νεοπαλαιοζωϊκού μεταμορφωμένου συστήματος (2). Ο σχηματισμός είναι πρακτικά στεγανός και υπόγεια υδροφορία σ'αυτόν ή παρακείμενο σχηματισμό που να επηρεάζεται από το σκουπιδότοπο δεν υπάρχει.

Ο σκουπιδότοπος του Λαυρίου (2 χλμ. ΒΔκά της πόλης) βρίσκεται στα πλευρά ψηλού λόφου, που αποτελείται στο ανώτερο τμήμα του από σχιστόλιθους και φυλλίτες του επωθημένου συστήματος της Λαυρεωτικής, καθώς και μικρής έκτασης εμφάνισης κρυσταλλικών ασβεστολίθων, μαρμάρων και πρασινιτών. Σε μια τέτοια εμφάνιση πρασινιτών γίνεται η απόρριψη και καύση των σκουπιδιών, που δεν επηρεάζουν υπόγεια υδροφορία σ'αυτούς γιατί δεν υπάρχει. Όμως δια της επιφανειακής απορροής ρυπαντικές ουσίες παρασύρονται και κατεισδύουν στα τοπογραφικώς χαμηλότερα μάρμαρα που υπέρκεινται των σχιστολίθων Καισαριανής - Καμάριζας, συμβάλλοντας στην ήδη λιαν υψηλή ρύπανσή τους εξ αιτίας διοχέτευσης τεράστιων ποσοτήτων βοθρολυμάτων σε εγκαταλειμμένα υπόγεια μεταλλευτικά έργα (9).

Στην Ιεράπετρα τέλος ο σκουπιδότοπος (2 χλμ. ανατολικά της πόλης) βρίσκεται πάνω στο σχηματισμό της ενότητας Μακρυλιά, μέσου-ανωτ. Μειοκαίνου, που αποτελείται κυρίως από μάρμες, με ενδιάμεσες λεπτές στρώσεις διαβαθμισμένων άμμων. Το πάχος του σχηματισμού φθάνει τα 350 μ. και είναι πρακτικά στεγανός ($K = 10^{-8}$ m/s στο φράγμα του Μπραμιανού).

Η ρύπανση που διαπιστώθηκε σε τέσσερα πηγάδια και γεωτρήσεις της γειτονικής περιοχής, πολύ λίγο ή καθόλου οφείλεται στο σκουπιδότοπο.

5. ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Για την διερεύνηση της ποιότητας των υπόγειων νερών των γειτονικών με τους σκουπιδότοπους υδροφόρων κάναμε 56 πλήρεις χημικές αναλύσεις, εκ των οποίων τρεις αφορούσαν τα υγρά διασταλάξεως και οι υπόλοιπες τα υπόγεια νερά. Οι σχετικοί πίνακες έχουν υποβληθεί στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

Από τη μελέτη των στοιχείων των αναλύσεων αυτών, μπορούμε κατ'αρχή (η επεξεργασία συνεχίζεται) να συμπεράνομε τα εξής:

1. Υγρά διασταλάξεως δεν παράγονται γενικά σε μεγάλες ποσότητες λόγω κλίματος και είναι λιγότερα φορτισμένα σε ρύπους σε σχέση με περιοχές υγρών κλιμάτων. Διαπιστώθηκαν σ'αυτά υψηλές τιμές Cl^- , Na^+ και K^+ .
2. Η ζώνη ρύπανσης των υπόγειων νερών εκτείνεται πολλές φορές σ'απόσταση μεγαλύτερη των 2 χλμ. κατάντη του σκουπιδότοπου. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, όπως μέσα σε σχηματισμούς με μεγάλη συμμετοχή αργίλου (όπου έχουμε έντονο το φαινόμενο της κατιοντοανταλλακτικής ικανότητας) η ρύπανση των υπόγειων νερών περιορίζεται σημαντικά.
3. Η μέγιστη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας για την Αττική βρέθηκε ίση με 4.500 MICROSIEMENS/CM και η ελάχιστη 410. Στις περιοχές με υπόγεια νερά υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας εφόσον τα διαλυμένα άλατα δεν προέρχονται από τη

διείσδυση της θάλασσας, ο σκουπιδότοπος που τα επιφορτίζει δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα απορριμμάτων και είναι βιολογικά ενεργός σε σχέση με το σκουπιδότοπο που στα κατάντη του τα υπόγεια νερά έχουν μικρότερη αγωγιμότητα. Δεν πρέπει όμως να αποκλεισθεί η περίπτωση τα άλατα αυτά να προέρχονται κατά ένα μέρος από διάλυση πετρωμάτων, ειδικά στις περιπτώσεις που έχουμε $\text{PH} \approx 7$ και αυξημένες συγκεντρώσεις σε HCO_3 .

4. Οι τιμές του CO_2 είναι αρκετά υψηλές και δεν δικαιολογούνται λόγω του μικρού πάχους της ακόρεστης ζώνης σε αρκετές από τις θέσεις που έγινε η δειγματοληψία υπόγειου νερού. Συνεπώς πρέπει να γίνεται εμπλουτισμός από τους σκουπιδότοπους, με αποτέλεσμα την εντονότερη διάλυση των ανθρακικών ορυκτών και τον εμπλουτισμό του διασταλάζοντος υγρού και των υπόγειων νερών σε ιόντα Ca^{++} και Mg^{++} .
5. Τα θειικά ιόντα στους σκουπιδότοπους είναι μειωμένα λόγω της αναγωγής τους σε H_2S εξ αιτίας μικροβιολογικών αντιδράσεων (βλ. χαρακτηριστικό έντονα αναγωγικό περιβάλλον στο σκουπιδότοπο των Καλυβίων, με $\text{EH} = -399$). Το διασταλάζον υγρό μετά την ανάμειξή του με το υπόγειο νερό χάνει τις αναγωγικές του ιδιότητες και δίνει υγρό με οξειδωτικές ιδιότητες, εξ αιτίας της συνεισφοράς μεγαλύτερου κλάσματος ανάμειξης από τα υπόγεια νερά.
6. Μεγάλες συγκεντρώσεις Cl^- διαπιστώθηκαν στα διασταλάζοντα υγρά (Καλυβίων θωρικού 3780 PPM, Μαρκόπουλου 2410 PPM και Κορωπιού 305 PPM). Οι συγκεντρώσεις όμως μειώθηκαν δραστικά σε δείγματα που πάρθηκαν σε μικρές αποστάσεις από τους σκουπιδότοπους. Εάν λάβωμε υπόψη μας ότι το Cl είναι το ανιόν που απορροφάται λιγότερο από άλλα από τα αργίλικα ορυκτά, μπορεί να ληφθεί σαν ιχνηθέτης και να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για την προέλευσή του σε παραπλήσιες γεωτρήσεις και πηγάδια γύρω από τους σκουπιδότοπους.

Σε ανθρακικά πετρώματα με έντονη καρσικοποίηση, λόγω των μεγάλων ταχυτήτων θα αναμένεται εντονότερο το φαινόμενο της ανάμειξης και επομένως χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cl^- . Όπου λοιπόν παρατηρούνται σ' αυτές τις περιπτώσεις αυξημένες συγκεντρώσεις Cl^- σημαίνει ότι προέρχονται από διείσδυση της θάλασσας. Αντίθετα σε αργίλοαμμώδεις και γενικά κοκκώδεις σχηματισμούς με κάποια περιεκτικότητα αργίλου το φαινόμενο της ανάμειξης είναι λιγότερο έντονο, λόγω των μικρότερων ταχυτήτων διήθησης και συνεπώς η διείσδυση της θάλασσας είναι δυσκολότερη και ως εκ τούτου αναμένονται αυξημένες συγκεντρώσεις Cl^- δεδομένου ότι και η απορρόφησή τους είναι μικρή σε σχέση με άλλα ανιόντα.

7. Στα υπόγεια νερά που εξετάσαμε τα κύρια ανιόντα και κατιόντα είναι αυξημένα ως προς τα διεθνή πρότυπα ποσιμότητας και επομένως ακατάλληλα για πόση. Μερικά επίσης από τα τοξικά μέταλλα ή αμέταλλα ανιχνεύθηκαν σε περιεκτικότητες πάνω από τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια.

Σε λίγες μόνο θέσεις τα βαρέα μέταλλα φθάνουν συγκεντρώσεις μερικών PPM. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το διασταλάζον υγρό που αναμειγνύεται με τα υπόγεια νερά, επηρεάζεται από ένα σημαντικό αριθμό υδρογεωχημικών διεργασιών, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του, μερικές από τις οποίες συντείνουν στην κατακράτησή τους, είτε με κατιοντοανταλλαγή, είτε με σχηματισμό ιζήματος.

Οι μεγάλες περιεκτικότητες των υγρών διασταλάξεως σε K^+ , Na^+ και Mg^{+2} ενισχύουν τα φαινόμενα της κατιοντοανταλλαγής με δέσμευση αυτών και απελευθέρωση του Ca^{+2} . Έτσι η περιεκτικότητα των υπόγειων νερών σε Ca^{+2} σε συνδυασμό με τη συνήθη ύπαρξη ανθρακικών ορυκτών στο υπέδαφος, γίνεται υψηλή.

8. Η αυξημένη συγκέντρωση του Fe^{+2} που προέρχεται από την αναγωγή του Fe^{+3} σε υγρά διασταλάξεως όπως π.χ. στο σκουπιδότοπο των Καλυβιών με $Fe^{+2} = 2mg/l$ και $EH = -399$ (όπου παρατηρήθηκε και υψηλή συγκέντρωση HCO_3^-) έχει σαν αποτέλεσμα τον υπερκορεσμό των σε ανθρακικά άλατα διαφόρων μετάλλων και καθίζηση αυτών (π.χ. σιδηρίτης). Εάν επί πλέον λάβουμε υπόψη και την απορρόφησή τους από αργιλικούς σχηματισμούς κατά τη μεταφορά, η συγκέντρωση Fe στα υπόγεια νερά που εξετάσθηκαν είναι πολύ χαμηλή. Τιμές Fe_T μεγαλύτερες από 0,1 PPM που είναι το επιτρεπόμενο όριο ποσιμότητας, διαπιστώθηκαν μόνο σε μια γεώτρηση της Αυλώρας, μια της Αναβύσσου και τρεις εκ των τεσσάρων των Λιοσίων, καθώς και στα πηγάδια των Καλυβιών και ένα του Μαρκόπουλου.
9. Στα υγρά διασταλάξεως οι αμμωνίες παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις, λόγω των αναγωγικών συνθηκών που επικρατούν. Αντίθετα στις θέσεις δειγματοληψίας υπόγειων νερών παρουσιάζονται με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τα NO_3^- λόγω αλλαγής του EH από χαμηλές τιμές σε αρκετά αυξημένες θετικές τιμές. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι τα NO_3^- στα υπόγεια νερά που έχουν μολυνθεί από σκουπιδότοπους έχουν ξεπεράσει τα διεθνή πρότυπα ποσιμότητας εκτός ολίγων εξαιρέσεων.
10. Σε υγρά διασταλάξεως μετρήθηκαν συγκεντρώσεις Βορίου μέχρι 0,8 PPM. Σε ορισμένα δείγματα υπόγειων νερών που μπορέσαμε να μετρήσουμε το βόριο οι συγκεντρώσεις βρέθηκαν μερικά μόνο δέκατα του PPM. Έχοντας υπόψη ότι μόνο τα νερά των βαθών υδροφορέων και τα πολύ παλιάς ηλικίας υπόγεια νερά παρουσιάζουν τέτοιες περιεκτικότητες Βορίου, καθώς επίσης και ότι η απορρόφησή του είναι αμελητέα, συμπεραίνουμε ότι η πηγή προέλευσής του στα υπόγεια νερά που εξετάσαμε είναι οι σκουπιδότοποι.

11. Το F^- στα υγρά διασταλάξεως, που προκύπτει από παλιά κεραμικά, γυαλιά, οδοντόκρεμες, λιπάσματα, εντομοκτόνα κλπ, διαπιστώθηκε αυξημένο μόνο στην περιοχή των Καλυβιών Θορικού. Εάν λάβουμε υπόψη ότι για τις περιπτώσεις που μελετήσαμε οι σκουπιδότοποι αποτελούν τη μοναδική πηγή τροφοδοσίας των υπόγειων νερών σε F^- συμπεραίνουμε ότι η διάχυση και ανάμειξη του διασταλάζοντος υγρού με τα υπόγεια νερά, δίδει συγκεντρώσεις F^- σ' αυτά, μέσα στα ανεκτά επίπεδα ποσιμότητας.
12. Οι τιμές του Ba^{+2} που προσδιορίστηκαν στα υπόγεια νερά κυμαίνονται από 1,75 μέχρι 7,78 PPM. Σε όλες τις περιπτώσεις ξεπερνά τη μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα για πόσιμα νερά που ισούται με 1 PPM. Στα υγρά διασταλάξεως των Καλυβιών προσδιορίσθηκαν 72,5 PPM, 3,91 PPM στο Κορωπί και 3,65 PPM στο Μαρκόπουλο. Στις δυο τελευταίες περιπτώσεις, στους φρεάτιους γειτονικούς υδροφόρους ορίζοντες, οι τιμές Ba είναι μεγαλύτερες από αυτές των υγρών διασταλάξεως.
13. Οι τιμές Cu , Zn και F των υπόγειων νερών που εξετάσθηκαν είναι σε όλες τις περιπτώσεις χαμηλότερες από τα επιτρεπόμενα όρια ποσιμότητας.
14. Από όλες αυτές τις παρατηρήσεις μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι τα υπόγεια νερά στις περιοχές που μελετήθηκαν έχουν υποστεί επίδραση από τους σκουπιδότοπους και έχουν ρυπανθεί και μολυνθεί. Η μόλυνση όμως και η ρύπανση αυτή περιορίζεται σημαντικά λόγω των φαινομένων διάχυσης, ανάμειξης με το υπόγειο νερό, προσρόφησης από τα διερχόμενα πετρώματα και αύξησης του ΕΗ.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- α. Στην Αττική υπάρχουν 22 σκουπιδότοποι, από τους οποίους δυο έχουν σταματήσει να λειτουργούν (Βάρης και Αφιδνών). Στην περιοχή της Ιεράπετρας υπάρχει ένας μόνο σκουπιδότοπος ο οποίος καλύπτει τις ανάγκες της πόλης και 4 γειτονικών χωριών. Στα υπόλοιπα χωριά της περιοχής οι κάτοικοι πετούν τα απορρίμματα οπουδήποτε.
- β. Από τους 22 σκουπιδότοπους της Αττικής οι 14 βρίσκονται πάνω σε διεργημένους και αποκαρστωμένους ασβεστόλιθους και μάρμαρα μεγάλης υδροπερατότητας και υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται και οι δυο μεγαλύτεροι της Ελλάδας που καλύπτουν τις ανάγκες του 30% περίπου του ελληνικού πληθυσμού. Δυο θέσεις βρίσκονται σε ημιπερατούς πλειο-πλειστοκαινικούς σχηματισμούς και τρεις σε μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας προσχωματικές αποθέσεις περιορισμένης ρυπαντικής επιδεκτικότητας. Τέσσερις **τέλος** θέσεις βρίσκονται σε στεγανά πετρώματα (σχιστόλιθοι στον Κάλαμο και Πολυδένδρι, πρασινίτες στο Λαύριο και μάργες στην Ιεράπετρα).

- γ. Τα υγρά διασταλάξεως δεν παράγονται γενικά σε μεγάλες ποσότητες λόγω κλίματος και είναι λιγότερο φορτισμένα με ρύπους σε σχέση με άλλες περιοχές υγρών κλιμάτων. Διαπιστώθηκαν υψηλές τιμές σε Cl^- , Na^+ και K^+ .
- δ. Στις περιοχές όπου οι σκουπιδότοποι βρίσκονται πάνω σε πετρώματα υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας (μάρμαρα και ασβεστόλιθοι), επειδή σε καμμία θέση δεν έχει γίνει επένδυση του δαπέδου με στεγανά υλικά, η ρύπανση και μόλυνση των υπόγειων καρστικών νερών είναι υψηλή και έχει μεταδοθεί σε μεγάλες αποστάσεις.
- ε. Στις περιοχές μέτριας ρυπαντικής επιδεκτικότητας εκτός από την υπόγεια μετάδοση των ρύπων, που είναι περιορισμένη σε σχέση με τις προηγούμενες περιοχές των μαρμάρων και ασβεστόλιθων, έχουμε και διακίνηση του διασταλάζοντος υγρού δια της επιφανειακής απορροής και κατείδυση στις χαμηλότερα τοπογραφικές περιοχές, με αποτέλεσμα τη ρύπανση των αβαθών υδροφόρων οριζόντων.
- στ. Στις περιπτώσεις σκουπιδότοπων πάνω σε πρακτικώς υδροστεγανά πετρώματα δεν υφίσταται θέμα ρύπανσης υπόγειων νερών μέσα σ'αυτά γιατί δεν υπάρχουν, όμως ο κίνδυνος της ρύπανσης από τα νερά διασταλάξεως είναι υπαρκτός όταν δια της επιφανειακής απορροής εμπλουτίζονται γειτονικοί υδροφορείς.
- ζ. Σε όλες τις περιπτώσεις των περιοχών που εξετάσθηκαν, τα υπόγεια νερά έχουν υποστεί σημαντική ποιοτική υποβάθμιση, ώστε να καθίστανται ακατάλληλα για πόση, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- α. Πρέπει άμεσα να αντιμετωπιστεί το θέμα της παύσης λειτουργίας του μεγάλου αριθμού των σκουπιδότοπων της Αττικής, γιατί πέρα από την πρόκληση ρύπανσης και μόλυνσης των υπόγειων νερών απ'αυτούς, ένα πλήθος και άλλων περιβαλλοντολογικών παραμέτρων το επιβάλλουν.
- β. Απαιτείται η χωρίς άλλες καθυστερήσεις επιλογή των κατάλληλων θέσεων για δημιουργία νέων οργανωμένων σκουπιδότοπων. Πέρα των θέσεων για την κάλυψη των αναγκών του Λεκανοπεδίου της Πρωτεύουσας, πρέπει να βρεθούν δυο τουλάχιστον επί πλέον θέσεις, μια για τη βόρεια Αττική και μια για τη νότια.
- γ. Τα χωριά της Ιεράπετρας που δεν έχουν δικό τους σκουπιδότοπο, να συμβληθούν με το Δήμο της πόλης για να μεταφέρουν τα απορρίμματά τους στο σκουπιδότοπό της.
- δ. Να εκδοθεί απόφαση για την απαγόρευση της χρήσης όλων των υπόγειων νερών που εξετάσθηκαν για ύδρευση και οικιακή χρήση.

- ε. Σε όλους τους σκουπιδότοπους να κατασκευαστούν στεγανές περιφερειακές τάφροι για τη συλλογή των υγρών διασταλάξεως. Στο χαμηλότερο σημείο της τάφρου να κατασκευαστεί στεγανό δρύγμα μέσα στο οποίο θα συγκεντρώνονται τα υγρά. Απ' αυτό θα αντλούνται και θα μεταφέρονται σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.
- στ. Σε όλους τους λειτουργούντες σκουπιδότοπους να γίνει ταφή με στεγανά αργιλικά υλικά, ώστε αυτά να αποτελέσουν πλεον το δάπεδο νέων αποθέσεων, τα διασταλάζοντα υγρά των οποίων θα οδηγούνται στις περιφερειακές συλλεκτήριες τάφρους.
- ζ. Να γίνει υποχρεωτική η εκπόνηση υδρογεωλογικής μελέτης σε κάθε περίπτωση έρευνας για λειτουργία νέου σκουπιδό-τοπου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΔΟΥΝΑΣ Α. και ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ., ΜΟΡΦΗΣ Α., ΠΑΓΟΥΝΗΣ Μ. 1978 . Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνη μέσου ρου Λαωπού. Ι.Γ.Μ.Ε. αρ.21.
2. ΔΟΥΝΑΣ α., ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ., ΜΟΡΦΗΣ Α., ΠΑΓΟΥΝΗΣ Μ. 1980 . Υδρογεωλογική έρευνα υφάλμυρων καρστικών πηγών Αγ. Αποστόλων Καλάμου. Ι.Γ.Μ.Ε. αριθμ. 31.
3. FULLER W.H. 1980 . Soil modification to minimize movement of pollutants from solid waste operations. CRC critical reviews in Environmental control. Vol. 9 (3) pp 213-270.
4. GARLAND G.A. 1975 , Leachate effects from improper land disposal. Waste Age Vol. 6 (3) pp 42-48.
5. GRIFFIN R.A. and CHUMP N.F. 1976 . Attenuation of pollutants in municipal landfill leachate by clay minerals. Final report for U.S. Environmental protection agency, Contract 68-03-211.
6. HUGNES C.M., LANDON R.A. and FARVOLDEN R.N. 1971 . Hydrogeology of Solid waste disposal sites in Northeastern Illinois. U.S. Environmental protection agency, Solid waste management series, report SW - 12d, 154p.
7. Illinois State Geological Survey. 1978 . Attenuation of pollutants in municipal landfill leachate by clay minerals PB-287140, prepared by municipal Environmental research lab., Cincinnati OHIO.
8. Σ. ΚΟΥΝΗΣ Γ. 1984 . Επί των υδρογεωλογικών συνθηκών και της ρυπαντικής επιλεκτικότητας σε περιοχές προτεινόμενης διάθεσης απορριμμάτων (Ν. Πάρνηθα, ΝΑ Υμηττός, Όλυμπος Αναβύσσου) Ι.Γ.Μ.Ε.
9. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι. 1986. Ρύπανση των υπόγειων νερών απο διάθεση αστικών λυμάτων σε εγκαταλειμμένα υπόγεια μεταλλευτικά έργα του Λαυρίου. 3ο Συνεδ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρείας.
10. ΜΑΡΙΝΟΣ Γ., ΡΕΤΡΑΣΤΣΕΚΚ W.E. 1956. Το Λαύριο, Ι.Γ.Μ.Ε. Γεωλ. και Γεωφυσ. Μελέτες 4/1.

11. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., ΛΕΚΚΑΣ Σ. 1974 . Υδρογεωλογία φρεάτιου ορίζοντα λεκάνης Κορωπιού. Ann.Geol.d.p.Hell. T. 26.
12. MATRECON ING. 1980 . Lining of waste impoundment and disposal facilities. Municipal Env. research lab. office of research and dev. U.S. Environ. Protection Agency, Cincinnati, OH 45268.
13. ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ Α. 1980 . Γεωηλεκτρική και υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης Αναβύσσου. Διατριβή επί υφηγεία στο Ε.Μ.Π.
14. ΠΑΡΑΣΧΟΥΔΗΣ Β. 1978 . Μελέτη οργανώσεως χώρου διάθεσης απορριμμάτων εις Λιόσια. Τεύχος Υδρογεωλογικής μελέτης.
15. REES J.F. 1982 . Landfill management and leachate quality. Landfill leachate symposium, 19 May Cockcroft Hall Harwell, NN-860 Session 1, paper No, 7,13p.