

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

**ΘΕΜΑ : ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ  $\text{CaCO}_3$  ΚΑΙ  $\text{MgCO}_3$**   
**ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΗ ΒΕΡΟΙΑ**



**ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Ε.Μ 3219**  
**ΤΖΗΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Α.Ε.Μ 3322**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ**  
**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005**

Για την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν απαραίτητη η συμβολή ορισμένων ατόμων τους οποίους ευχαριστούμε θερμά. Ευχαριστούμε, λοιπόν, τον κ. Βαβλιάκη Ελευθέριο, καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας, τον Μιχάλη Σωτηριάδη του τομέα Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας για την βοήθειά του στην ανάλυση των δειγμάτων, καθώς και τον κ. Δημήτρη Παπαδόπουλο του τομέα προγραμματισμού της Νομαρχίας Ημαθίας, τον κ. Μπαρμπαρούση Γιώργο του τομέα Περιβάλλοντος της Πολεοδομίας Βέροιας, τον κ. Γούλα Χρήστο από την Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση Βέροιας και τον κ. Καρατζά Αναστάσιο, Πολ. Μηχανικό, για τις πληροφορίες που μας έδωσαν αλλά και το ενδιαφέρον τους για την αποπεράτωση της εργασίας μας. Τέλος, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την υπομονή τους και την πολύτιμη συμβολή τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μας.

Αθανασιάδης Γιώργος

Τζήκας Θανάσης

## Ι.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή του Τριποτάμου τοποθετείται 4 περίπου χιλιόμετρα ΝΔ του Δήμου Βέροιας στον ορεινό όγκο του Βερμίου .

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της απόθεσης των αλάτων  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  των υδάτων των καρστικών πηγών του Τριποτάμου Βέροιας από το σημείο εξόδου αυτών και κατά μήκος του ρέματος έως μία συγκεκριμένη απόσταση .

Η απόθεση  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  των υδάτων των καρστικών πηγών συνδέεται άμεσα με τη γένεση και εξάπλωση των ασβεστολιθικών τόφφων (τραβερτινών) τόσο στο χώρο της Κεντρικής Μακεδονίας όσο και σε παγκόσμια κλίμακα .

Σύμφωνα, όμως με την μέχρι σήμερα παγκόσμια βιβλιογραφία το πρόβλημα της διάλυσης και απόθεσης του  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  είναι πολύπλοκο (Bogli 1961, Wagner 1954, Βαβλιάκης 1981, 1992) . Ιδιαίτερα για το τι επηρεάζει τις τοπικές διαφορές της διάλυσης και απόθεσης του  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  οι απόψεις αποκλίνουν σημαντικά .

Κατά μήκος της διαδρομής που ακολουθούν τα νερά των καρστικών πηγών στην περιοχή μελέτης, σχηματίστηκαν με την πάροδο του χρόνου μικροί καταρράκτες σε διάφορες αποστάσεις μεταξύ τους .

Κατά την πραγματοποίηση της διπλωματικής εργασίας έλαβαν χώρα, κατά σειρά, τα παρακάτω βήματα :

- Επιτόπου δειγματοληψία νερού από συγκεκριμένες θέσεις στους καταρράκτες .
- Παρατήρηση των γεωμορφολογικών και πετρολογικών στοιχείων της ευρύτερης περιοχής .
- Ανάλυση των δειγμάτων νερού για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε ιόντα  $\text{Ca}^{++}$  και της ολικής σκληρότητας,

στο εργαστήριο της Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. .

- Συλλογή γενικών γεωλογικών στοιχείων από το Τμήμα Προγραμματισμού της Νομαρχίας Ημαθίας, από το Τμήμα Περιβάλλοντος της Πολεοδομίας Ημαθίας και τέλος από την Υ.Ε.Β. Ημαθίας.

## Η.ΙΣΤΟΡΙΚΑ-ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΥ

Ο Τριπόταμος σχηματίζεται από τρία επιμέρους ρέματα, που ενώνονται περίπου 500m ΒΑ του ομώνυμου οικισμού. Στο γεγονός αυτό οφείλει και την ονομασία της η περιοχή αυτή, που «βάφτισε» με το όνομά της και το ποτάμι και το χωριό, που αναπτύχθηκε εκεί, μετά το 1922, γύρω και ανάμεσα από τα ρέματα του ποταμού.

Το πρώτο ρέμα είναι το *Ασπρονέρι*, το οποίο σχηματίζεται από άλλα δύο που ξεκινούν από τις πλαγιές του ανατολικού Βερμίου και είναι η Μεγάλη Ρεματιά και ο Ξερόλακκος. Η Μεγάλη Ρεματιά είναι στην πραγματικότητα χείμαρρος του οποίου η χοάνη περισυλλογής του βρίσκεται Β-ΒΔ του οικισμού της Κουμαριάς. Η πορεία αυτού του ρέματος συγκλίνει προς την περιοχή του Βρωμοπήγαδου. Τα δύο παραπάνω ρέματα συνενώνονται κοντά στον λόφο του Άη-Λια, οπότε σχηματίζεται το ρέμα του *Ασπρονερίου*, το οποίο συνεχίζει την πορεία του.

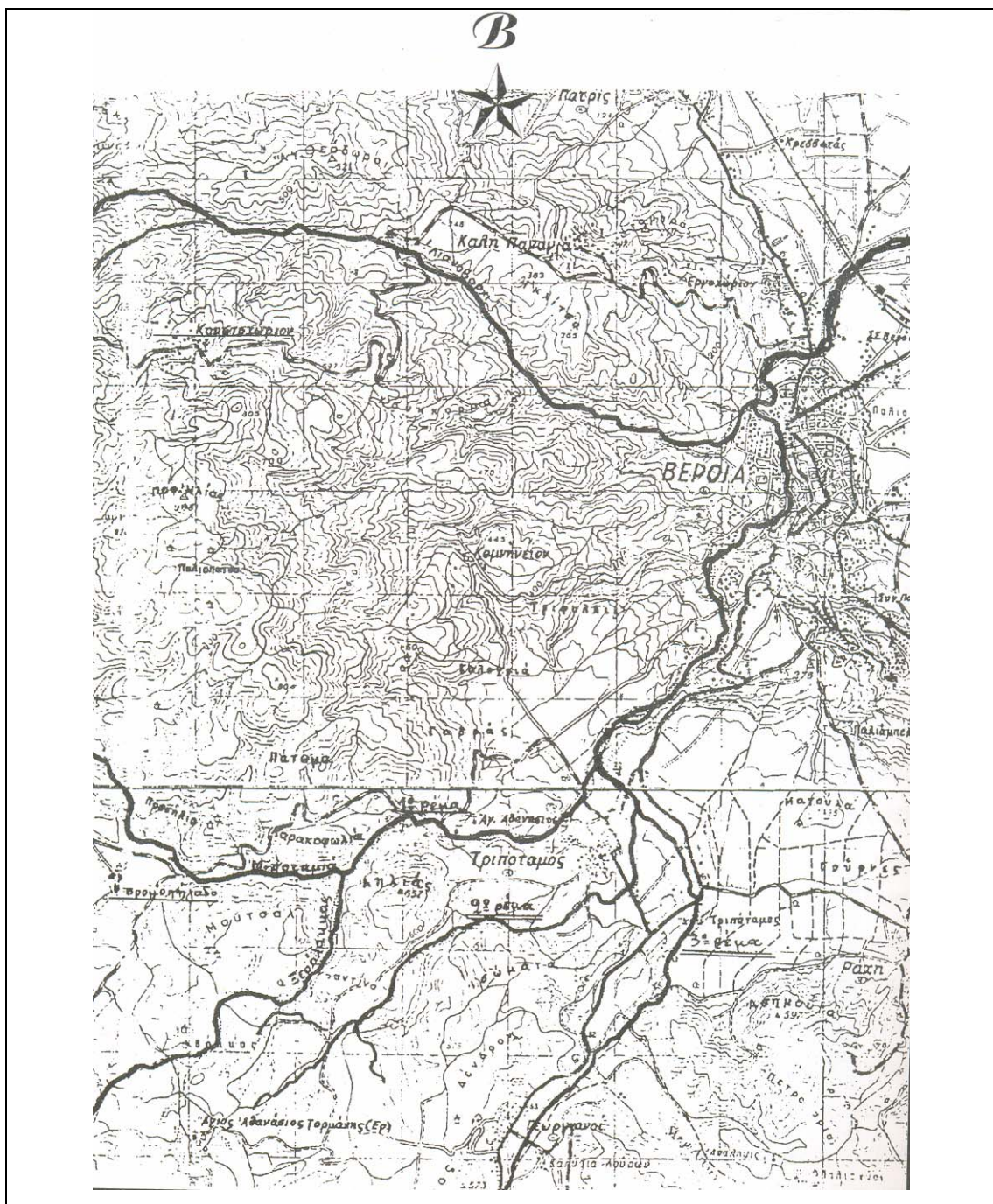
Το δεύτερο ρέμα αντλεί τα επιφανειακά νερά από την περιοχή του παλιού οικισμού της Τορμάνης που βρισκόταν ΝΔ του χωριού του Τριποτάμου. Ο οικισμός της Τορμάνης καταστράφηκε από τους Τούρκους το 1822 μαζί με τον οικισμό της Μαρούσιας, κατά την επανάσταση της Βέροιας, Νάουσας και Έδεσσας. Πρόκειται για μικρότερο ρέμα, συγκριτικά με αυτό του Ασπρονερίου, που διέρχεται νότια του χωριού Τριπόταμος και ανατολικά συναντά το τρίτο ρέμα στο οποίο και χύνεται.

Το τρίτο ρέμα, που είναι και το σπουδαιότερο, αντλεί τα επιφανειακά νερά από τις περιοχές του ανατολικού Βερμίου, που τοποθετούνται μεταξύ των οικισμών Καστανιάς και Γεωργιανών. Λόγω της σημασίας του συγκεκριμένου ρέματος του δόθηκε η ονομασία *Τριπόταμος*. Το ρέμα αυτό έχει τη χοάνη περισυλλογής των

επιφανειακών νερών ανατολικά της Καστανιάς και εξελίσσεται προς την πόλη της Βέροιας παράλληλα σχεδόν στο δρόμο Βέροιας-Κοζάνης. Από τον οικισμό των Γεωργιανών και μετά προς τη Βέροια η ρεματιά αυτή αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί εμφανίζονται πολλές καρστικές πηγές που τροφοδοτούν με άφθονο νερό τον ποταμό.

Το ρέμα του Τριποτάμου, αφού διασχίσει την ιζηματογενή πεδιάδα ανάμεσα στα χωριά Γεωργιανοί-Τριπόταμος-Ράχη, στη συνέχεια εμπλουτίζεται με τα νερά των πηγών Μαυρονερίου και Έξι Βρυσών και λίγο έξω από τη Βέροια, στο ΝΔ άκρο της πόλης, δέχεται τα νερά και των δύο άλλων ρεμάτων ( Ασπρονερίου, Τορμάνης ) και από εκεί, σαν ενιαίος πλέον ποταμός-ρέμα, συνεχίζει τη ροή του κατά μήκος της πόλης.

Σχήμα 2: Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής Βερμίου



### III. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΒΕΡΜΙΟΥ

Το όρος Βέρμιο αναπτύσσεται στο χώρο της δυτικής και κεντρικής Μακεδονίας με Β-ΒΑ διεύθυνση. Φυσικογεωγραφικά οριοθετείται στα νότια από τον ποταμό Αλιάκμονα, ο οποίος και το διαχωρίζει από την οροσειρά Καμβούνια-Πιέρια και στα βόρεια από τη λίμνη Βεγορίτιδα, η οποία το διαχωρίζει από το όρος Βόρας.

Γενικά, στη γεωλογική δομή της περιοχής αυτής διακρίνονται από εξωτερικά (δυτικά) προς τα εσωτερικά (ανατολικά) οι ενότητες σχηματισμών Πελαγονικής, Βερμίου και Αλμωπίας. Οι ενότητες αυτές, που παρουσιάζουν μεταξύ τους σημαντικές λιθοστρωματογραφικές και τεκτονικές διαφοροποιήσεις, είναι επωθημένες η μία στην άλλη, με κύρια ώθηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά.

Οι σχηματισμοί της Πελαγονικής ενότητας, έντονα τεκτονισμένοι κυρίως με επιπτεύσεις και ανάστροφα ρήγματα, διακρίνονται με βάση λιθοστρωματογραφικά και τεκτονικά δεδομένα σε :

- Μεσοτριάδικους – ιουρασικούς (Κατώτερο) σχηματισμούς, κυρίως ανθρακικούς, των οποίων η κρυσταλλικότητα ευξάνεται προς τα ανώτερα μέλη.
- Προανωκρητιδικό τεκτονικό κάλυμμα, που είναι επωθημένο στους προηγούμενους σχηματισμούς και διακρίνεται: (α) στους ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς, από σχιστόλιθους, ηφαιστειακά πετρώματα, τόφφους και ενστρώσεις μαρμάρων, (β) στα τεκτονικά υπερκείμενα οφιολιθικά πετρώματα, κυρίως από σερπεντινωμένους περιδοτίτες και λιγότερο από γάββρους και βασικά ηφαιστειακά πετρώματα και (γ) στους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους έως μάρμαρα, των οποίων η παρουσία είναι συστηματική σε όλη την περιοχή μελέτης.

- Κρητιδικούς επικλυσιογενείς σχηματισμούς, που διακρίνονται σε: (α)μία κατώτερη κλαστική-ανθρακική σειρά, (β) μία σειρά ανθρακικών κυρίως πετρωμάτων νηριτικής φάσης, ηλικίας Τουρωνίου-Μαιστριχτίου, η οποία παρουσιάζει τοπικά γωνιώδη ασυμφωνία με τους υποκείμενους σχηματισμούς, γεγονός που συνηγορεί σε περιορισμένη επίκλυση την περίοδο του Τουρωνίου και (γ) σχηματισμούς φλύσχη Μαιστριχτίου και νεότερης ηλικίας, με βάση απολιθώματα ηλικίας Ανωτέρου Τουρωνίου-Κατωτέρου Σενωνίου που βρέθηκαν σε ασβεστολιθικές μικρολατυποπαγείς ενστρώσεις.

Οι σχηματισμοί της ενότητας Βερμίου καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση της περιοχής μελέτης και αναπτύσσονται σε διεύθυνση Β-Ν. Είναι έντονα τεκτονισμένοι και λεπιωμένοι, εξαιτίας κυρίως της επώθησής τους στον πελαγονικό φλύσχη (επώθηση μικρής γωνίας κλίσης) και μπορούν να διακριθούν λιθοστρωματογραφικά και τεκτονικά στα καλύμματα:

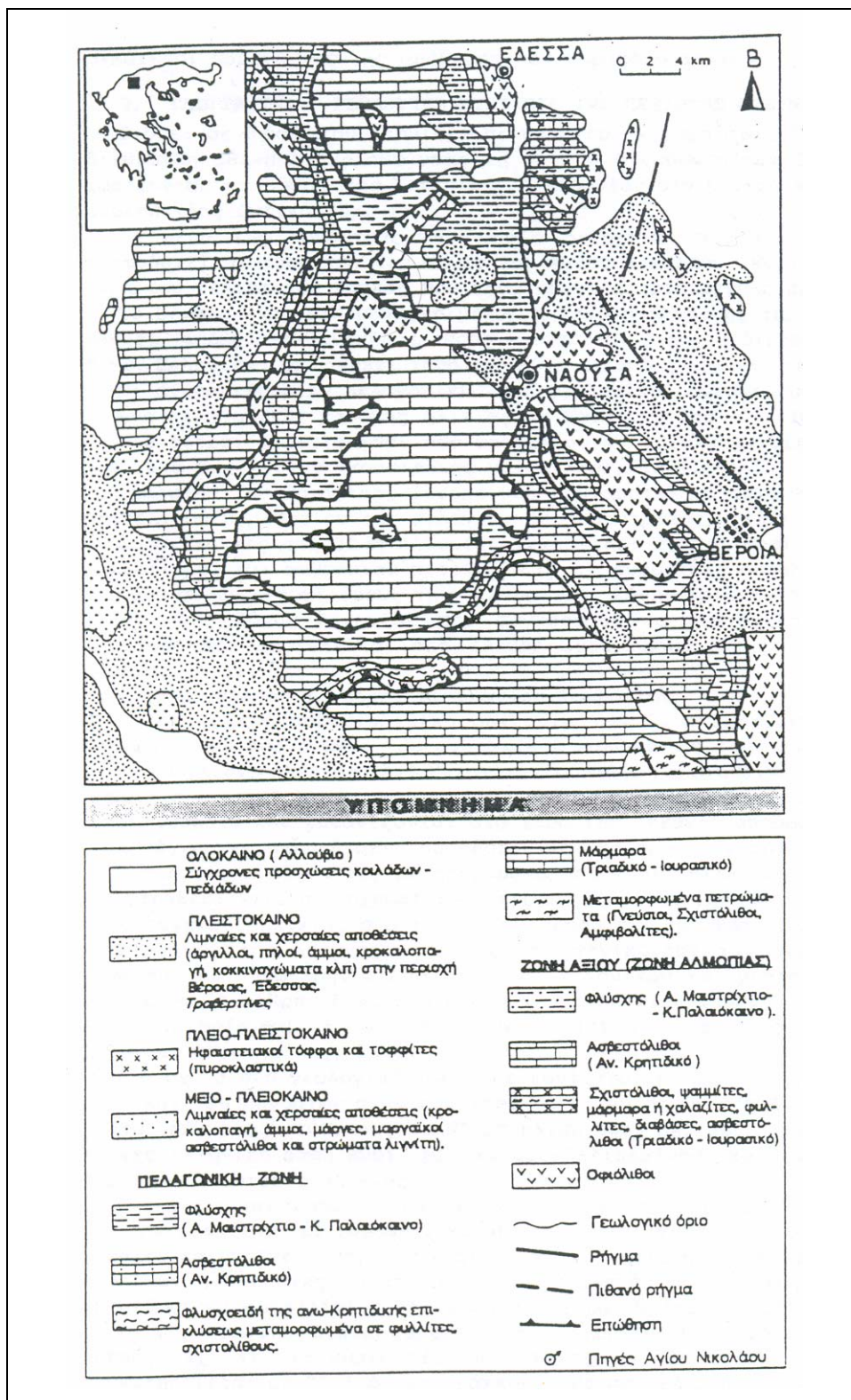
- Υψηλού Βερμίου (κατώτερο), που συγκροτείται από κρητιδικούς κλαστικούς και ανθρακικούς κυρίως σχηματισμούς, συνεχούς ιζηματογένεσης ποικίλων φάσεων, στη βάση των οποίων απαντώνται έντονα τεκτονισμένα υπερβασικά σώματα.
- Αγίου Σωτήρα (ανώτερο), που συγκροτείται από κρητιδικούς σχηματισμούς, με συνεχή ιζηματογένεση, οι οποίοι διακρίνονται σε: (α) κλαστικούς (κυρίως) σχηματισμούς βάσης (β) ανθρακικούς (κυρίως) σχηματισμούς και (γ) ιζηματογενή σειρά φλύσχη.

Οι σχηματισμοί της ενότητας Αλμωπίας παρουσιάζουν συστηματική ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση ανάπτυξης και είναι έντονα τεκτονισμένοι και λεπιωμένοι, με τεκτονικές επιφάνειες μεγάλης γωνίας κλίσης. Βρίσκονται επωθημένοι τόσο σε σχηματισμούς της ενότητας Βερμίου,

όσο και σε σχηματισμούς της Πελαγονικής ενότητας και διακρίνονται λιθοστρωματογραφικά και τεκτονικά στα καλύμματα:

- Φυτερών (κατώτερο), που συνιστά ένα έντονο τεκτονισμένο σύστημα, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί και ως τεκτονικό melange και να διακριθεί σε: (α) οφιολιθικούς σχηματισμούς, από υπερβασικά και βασικά πετρώματα, (β) ανθρακικούς σχηματισμούς, κυρίως κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι έως μάρμαρα και (γ) κλαστικούς σχηματισμούς με χαρακτηριστικά φλύσχη.
- Στενημάχου (ανώτερο), που συγκροτείται από κρητιδικής ηλικίας: (α) κλαστικούς σχηματισμούς, στη βάση, (β) ανθρακικούς σχηματισμούς και (γ) ιζηματογενή σειρά φλύσχη.

Σχήμα 1: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Βερμίου



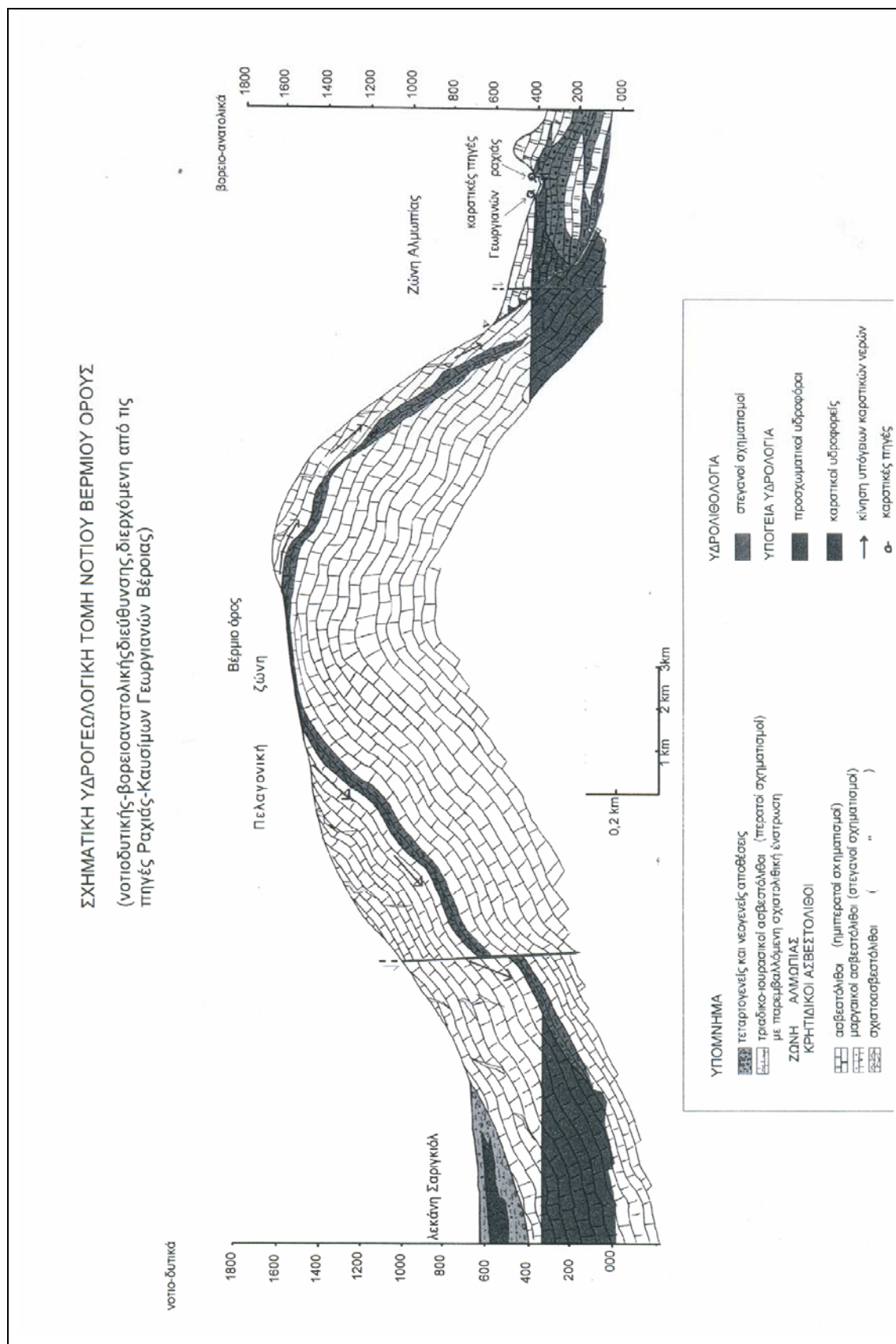
#### IV.ΠΗΓΕΣ

Οι κυριότερες πηγές της περιοχής είναι φυσικά οι καρστικές πηγές και οι μεγαλύτερες σε παροχή είναι εκείνες του ανατολικού Βερμίου (Βέροια, Νάουσα, Έδεσσα) και της Νεράϊδας στην Κοζάνη και ακολουθούν οι μικρότερες στην Καστοριά (Κορομηλιά, Γάβρος, Βογατσικού, Λεύκη) και τέλος οι ρηγματογενείς των βραχωδών σχηματισμών των οφιολίθων και των μεταμορφωμένων πετρωμάτων στο νομό Γρεβενών και Κοζάνης .

Οι καρστικές πηγές είναι εκδηλώσεις των καρστικών υδροφορέων των Τριαδικο-Ιουρασικών ασβεστόλιθων της Πελαγονικής και Υποπελαγονικής ζώνης αφ' ενός και των κρητιδικών ασβεστόλιθων-ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών της ζώνης Αλμωπίας αφ' ετέρου .

Πρόκειται κυρίως για καρστικές πηγές υπερχείλισης ο μηχανισμός λειτουργίας των οποίων φαίνεται στην παρακάτω υδρογεωλογική τομή (Σχήμα 2) .

Σχήμα 2 : Υδρογεωλογική τομή νότιου Βερμίου όρους .



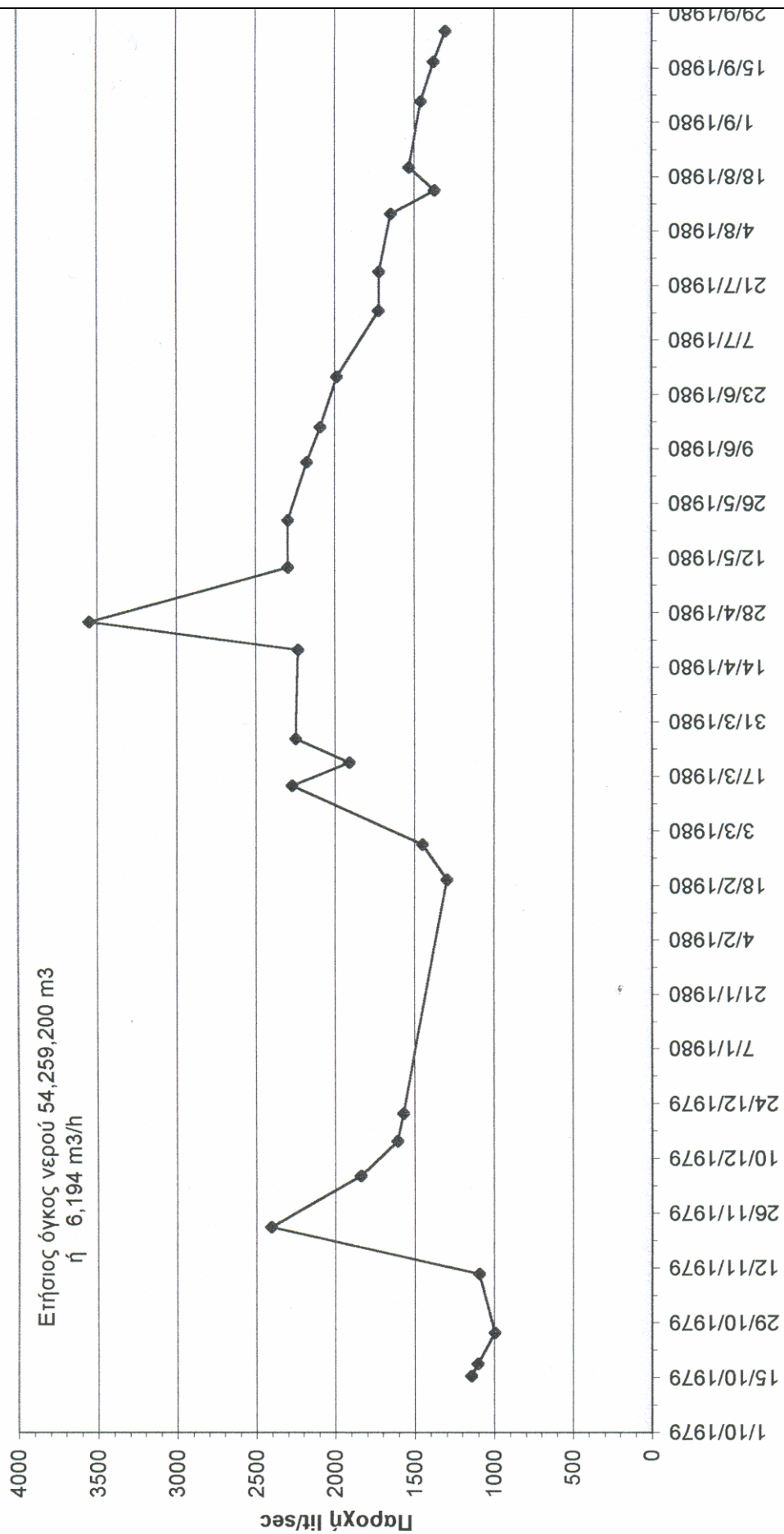
Δηλαδή, το νερό κινείται καθοδικά μέχρι ένα ορισμένο βάθος ώσπου να συναντήσει τους αδιεπέρατους σχηματισμούς και αναγκάζεται τελικά να εξέλθει στην επιφάνεια διαμέσου των ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Συγκεκριμένα, στην περιοχή του Τριποτάμου οι στεγανοί σχηματισμοί συνίστανται κυρίως από μαργαϊκούς και αργιλικούς σχηματισμούς .

Η προέλευση των νερών των πηγών σχετίζεται με τις λεκάνες που υπάρχουν στο Βέρμιο, οι οποίες λειτουργούν ως υδροσυλλέκτες των κατακρημνισμάτων, τροφοδοτώντας μ'αυτόν τον τρόπο την υπόγεια υδροφορία.

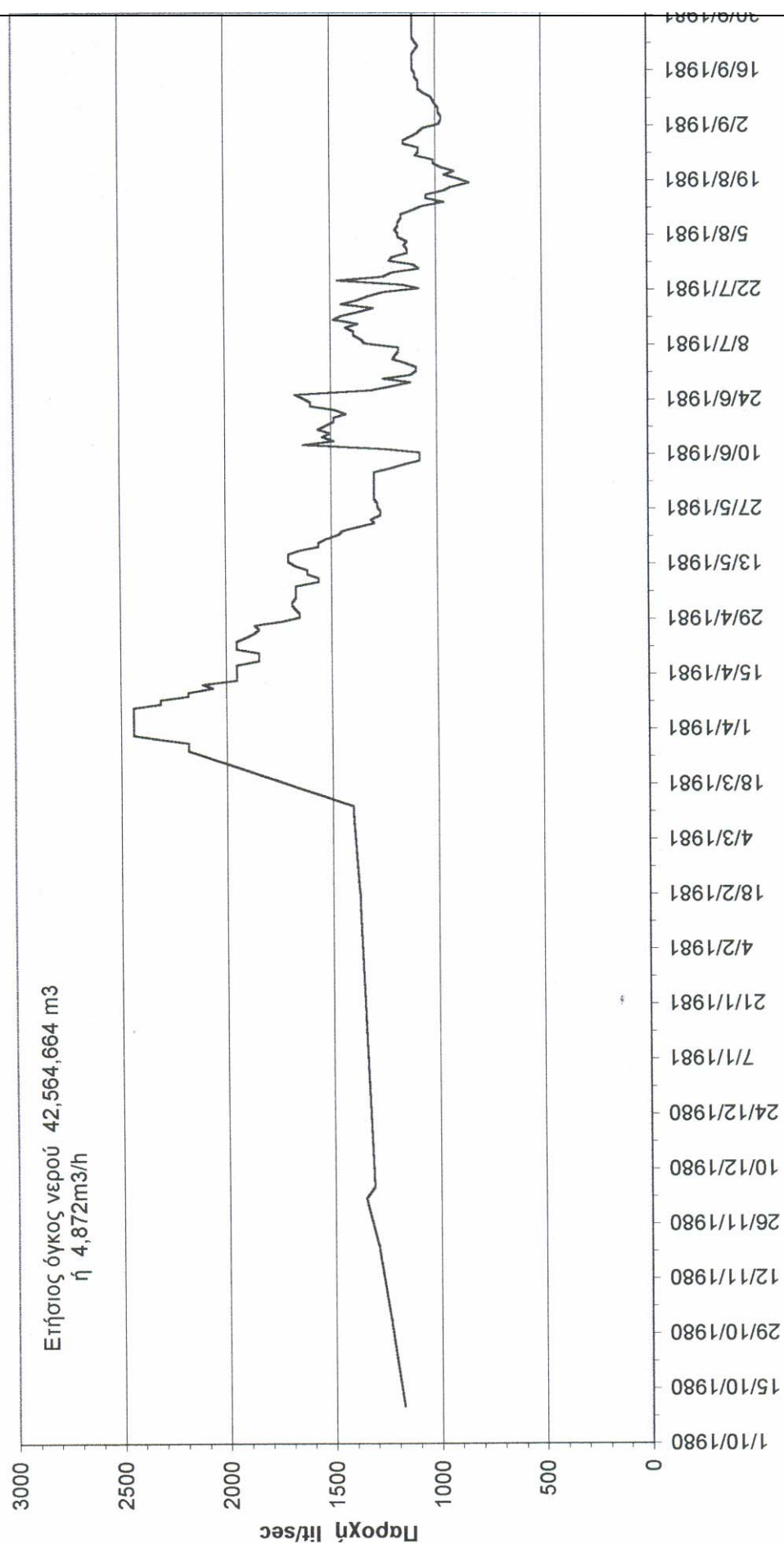
Παρακάτω παρατίθενται υδρογράμματα της πηγής Τριποτάμου κατά τα υδρολογικά έτη 1979-1980 και 1980-1981. Στο πρώτο υδρόγραμμα παρατηρούμε ότι η διακύμανση των τιμών της παροχής παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές με ελάχιστο στις 15/10/1979 1200 lt/sec και μέγιστο στις 28/4/1980 3600 lt/sec. Αντίθετα, στο δεύτερο υδρόγραμμα η παροχή παρουσιάζει μικρότερη διακύμανση σε σχέση με το προηγούμενο υδρολογικό έτος με ελάχιστο στις 19/8/1981 850 lt/sec και μέγιστο στις 1/4/1981 2450 lt/sec.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή μελέτης δεν επιτρέπονται ερευνητικές γεωτρήσεις , καθώς ελλοχεύει σοβαρός κίνδυνος μόλυνσης των υδάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ύδρευση των κατοικημένων εκτάσεων της ευρύτερης περιοχής . Μάλιστα, οι πηγές του Τριποτάμου αποτελούν μέρος του λεγόμενου «Τριγώνου των Βερμούδων», όπως ονομάζεται από τους επιστήμονες του νομού Ημαθίας μια συγκεκριμένη έκταση που οριοθετείται νοητά από τρία σημεία στα οποία παρατηρούνται καρστικές πηγές και στο οποίο «τρίγωνο» ισχύει η προαναφερθείσα κατάσταση της απαγόρευσης των γεωτρήσεων.

Υδρόγραμμα πηγής Τριποτάμου Ημαθείας.  
Υδρολογικό έτος 1979-1980.



**Υδρόγραμμα πηγής Τριποτάμου Ημαθείας.  
Υδρολογικό έτος 1980-1981.**



## V. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Προκειμένου να προσδιοριστούν τυχόν μεταβολές της περιεκτικότητας σε  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  των προερχόμενων από τις καρστικές πηγές υδάτων του Τριποτάμου, ελήφθησαν κάποια δείγματα νερού από διαφορετικές αποστάσεις από τις πηγές και σε συγκεκριμένες θέσεις . Οι δειγματοληψίες αυτές πραγματοποιήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα 19/12/2003 έως 1/9/2004.

Για τη συλλογή αυτών των δειγμάτων επιλέχθηκαν συνολικά τέσσερα σημεία, στα οποία παρατηρούνται μικροί καταρράκτες. Σε κάθε θέση πάρθηκαν δύο δείγματα, ένα πριν και ένα μετά την πτώση του νερού.

Στη συνέχεια αναλύθηκαν τα δείγματα και προσδιορίστηκαν τα ιόντα  $\text{Ca}^{++}$  και η ολική σκληρότητα με την μέθοδο ογκομέτρησης με EDTA χρησιμοποιώντας κάθε φορά τους κατάλληλους δείκτες . Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα ιόντα  $\text{Mg}^{++}$  με μία σειρά μαθηματικών σχέσεων που δίνονται παρακάτω :

$$\text{o σκληρότητα ως } \text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{++} / 0,4$$

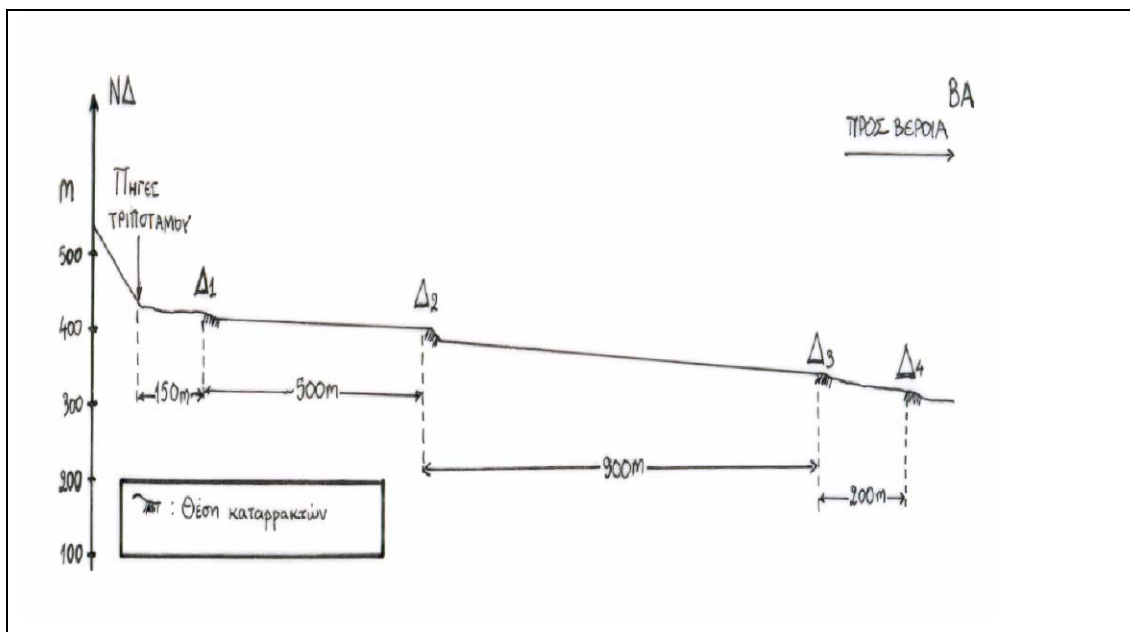
$$\text{o } \text{Mg}^{++} \text{ ως } \text{CaCO}_3 = \text{ολική σκληρότητα} - \text{σκληρότητα ως } \text{CaCO}_3$$

$$\text{o } \text{MgCO}_3 = 0,842 * \text{Mg}^{++} \text{ ως } \text{CaCO}_3$$

$$\text{o } \text{Mg}^{++} = 0,29 * \text{MgCO}_3$$

Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών δίνονται στον Πίνακα 1 .

**Σχήμα 3** : Σκαρίφημα που δείχνει τις θέσεις δειγματοληψίας κατά μήκος του Τριποτάμου.



**Φωτογραφία 1** : Πηγές Τριποτάμου



**Φωτογραφία 2 :** Πρώτη θέση δειγματοληψίας.



**Φωτογραφία 3 :** Δεύτερη θέση δειγματοληψίας.



**Φωτογραφία 4 :** Τρίτη Θέση δειγματοληψίας.



**Φωτογραφία 5 :** Τέταρτη θέση δειγματοληψίας.

## VI. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Σκοπός της εργασίας ήταν να προσδιοριστούν οι μεταβολές της περιεκτικότητας σε  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  των υδάτων των πηγών του Τριποτάμου της Βέροιας σε όλη τη διαδρομή τους στο χώρο αυτό και οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόθεσή τους.

Τα αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων νερού που ελήφθησαν από τις καθορισμένες θέσεις τοποθετήθηκαν στον Πίνακα 1. Στη συνέχεια έγιναν δύο κατηγορίες διαγραμμάτων. Στην πρώτη κατηγορία απεικονίζονται οι μεταβολές της ολικής σκληρότητας του νερού και της περιεκτικότητάς του σε  $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{Mg}^{++}$  σε συνάρτηση με τις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (Διαγράμματα 1-8), ενώ στην δεύτερη κατηγορία απεικονίζονται οι παραπάνω μεταβολές σε σχέση με τη θέση δειγματοληψίας (Διαγράμματα 9-16).

Στα διαγράμματα 1-8 παρατηρείται γενική αύξηση των τιμών  $\text{Ca}^{++}$  και της ολικής σκληρότητας από τον Δεκέμβριο ως τον Σεπτέμβριο και μια μείωση των τιμών του  $\text{Mg}^{++}$ . Ωστόσο παρατηρείται μια διακύμανση στους ενδιάμεσους μήνες.

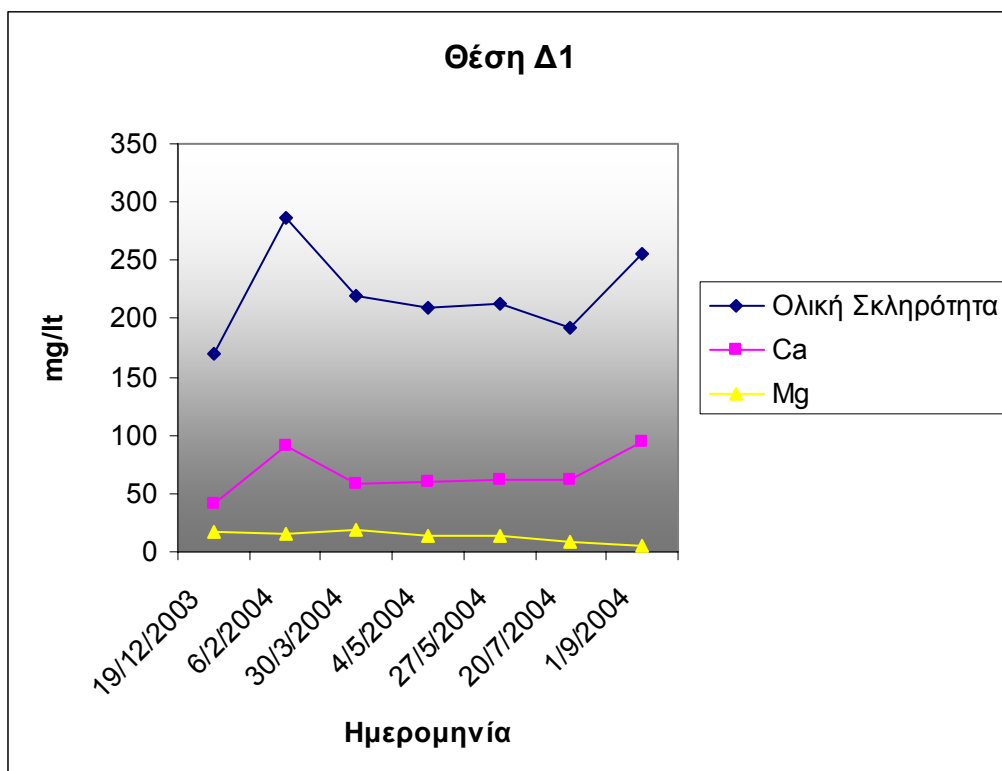
Στα διαγράμματα 9-16 σημειώνεται γενικά μείωση των τιμών του  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  και της ολικής σκληρότητας με την αύξηση της απόστασης της θέσης δειγματοληψίας από την πηγή. Παρ'όλα αυτά παρατηρούνται και αρκετές μη ομαλές μεταβολές στις ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ της πηγής και του τελικού σημείου δειγματοληψίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του νερού του Τριποτάμου.

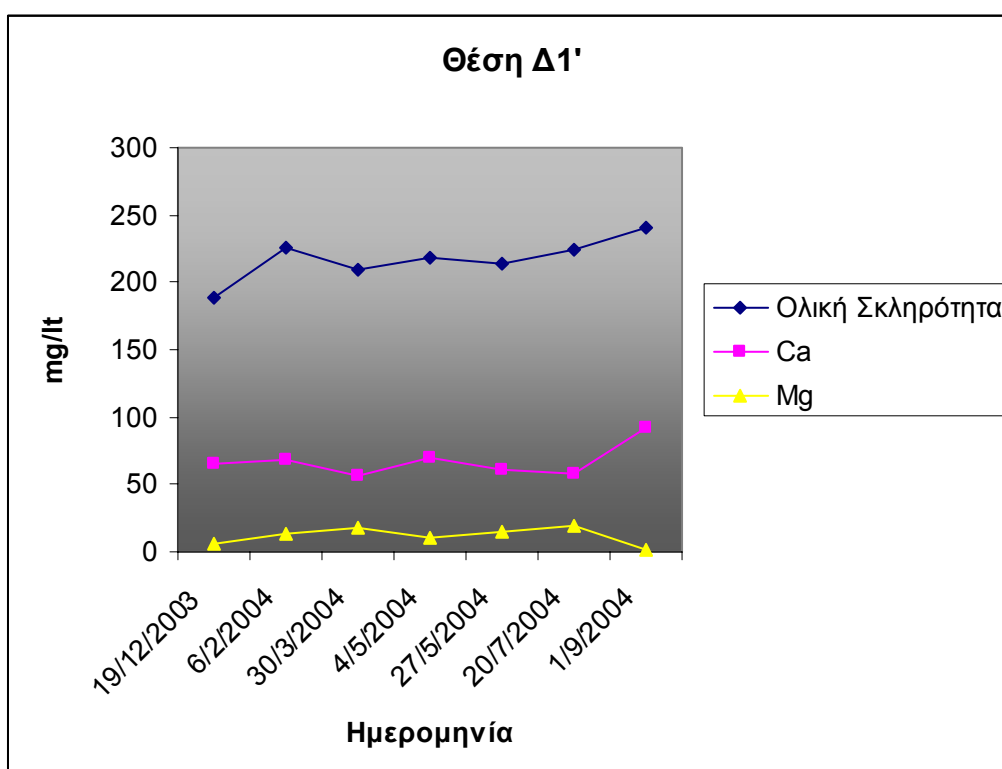
| ΗΜΕΡΟ-<br>ΜΗΝΙΑ | ΘΕΣΕΙΣ | ΟΛΙΚΗ<br>ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ | ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ<br>Ca++ | ΘΕΡΜΟΚΡΑ-<br>ΣΙΑ ΝΕΡΟΥ | ΘΕΡΜΟΚΡΑ-<br>ΣΙΑ ΑΕΡΑ | Ca++<br>(mg/L) | Mg++<br>(mg/L) | ΠΑΡΟΧΗ<br>Q (lt/sec) |
|-----------------|--------|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------------|
| 19/12/2003      | ΠΗΓΗ   | 214                 | 28                 | 11,5                   | 5,5                   | 11,2           | 45,41          | 610                  |
|                 | Δ1     | 170                 | 102                | 11,3                   | 5,5                   | 40,8           | 16,6           |                      |
|                 | Δ1'    | 188                 | 162                | 11,3                   | 5,5                   | 64,8           | 6,35           |                      |
|                 | Δ2     | 208                 | 140                | 11,1                   | 5,5                   | 56             | 16,6           |                      |
|                 | Δ2'    | 232                 | 184                | 11,1                   | 5,5                   | 73,6           | 11,72          |                      |
|                 | Δ3     | 172                 | 160                | 10,8                   | 5,5                   | 64             | 2,93           |                      |
|                 | Δ3'    | 174                 | 136                | 10,9                   | 5,5                   | 54,4           | 9,27           |                      |
| 6/2/2004        | Δ1     | 286                 | 226                | 12,1                   | 17,5                  | 90,4           | 14,65          | 650                  |
|                 | Δ1'    | 226                 | 170                | 12                     | 17,5                  | 68             | 13,67          |                      |
|                 | Δ2     | 188                 | 112                | 12,9                   | 18                    | 44,8           | 18,56          |                      |
|                 | Δ2'    | 206                 | 192                | 12,7                   | 18                    | 76,8           | 3,42           |                      |
|                 | Δ3     | 198                 | 148                | 13,5                   | 19                    | 59,2           | 12,21          |                      |
|                 | Δ3'    | 204                 | 174                | 12,6                   | 19                    | 69,6           | 7,33           |                      |
|                 | Δ4     | 198                 | 168                | 13,8                   | 20,5                  | 67,2           | 7,33           |                      |
| 27/2/2004       | Δ4'    | 162                 | 144                | 13,3                   | 20,5                  | 57,6           | 4,39           | 690                  |
|                 | Δ2     | 214                 | 174                | 12,9                   | 13,5                  | 69,6           | 9,77           |                      |
|                 | Δ2'    | 210                 | 142                | 13                     | 13,5                  | 56,8           | 16,6           |                      |
|                 | Δ3     | 194                 | 128                | 12,9                   | 13                    | 51,2           | 16,12          |                      |
|                 | Δ3'    | 216                 | 166                | 12,5                   | 13                    | 66,4           | 12,21          |                      |
|                 | Δ4     | 206                 | 130                | 13,5                   | 18                    | 52             | 18,56          |                      |
| 30/3/2004       | Δ4'    | 208                 | 150                | 13,4                   | 18                    | 60             | 14,16          | 720                  |
|                 | Δ1     | 220                 | 144                | 11,4                   | 8                     | 57,6           | 18,55          |                      |
|                 | Δ1'    | 210                 | 140                | 11,3                   | 8                     | 56             | 17,09          |                      |
|                 | Δ2     | 150                 | 106                | 11,6                   | 8                     | 42,4           | 10,74          |                      |
|                 | Δ2'    | 145                 | 102                | 11,7                   | 8                     | 40,8           | 10,49          |                      |
|                 | Δ4     | 142                 | 98                 | 11,6                   | 6,5                   | 39,2           | 10,74          |                      |
| 4/5/2004        | Δ4'    | 130                 | 94                 | 11,7                   | 6,5                   | 37,6           | 8,79           | 750                  |
|                 | Δ1     | 210                 | 152                | 12,7                   | 14                    | 60,8           | 14,16          |                      |
|                 | Δ1'    | 218                 | 176                | 12,6                   | 14                    | 70,4           | 10,25          |                      |
|                 | Δ3     | 196                 | 156                | 12,9                   | 14                    | 62,4           | 9,77           |                      |
|                 | Δ3'    | 174                 | 140                | 12,5                   | 14                    | 56             | 8,30           |                      |
|                 | Δ4     | 206                 | 154                | 12,6                   | 16                    | 61,6           | 12,69          |                      |
| 27/5/2004       | Δ4'    | 170                 | 124                | 13,3                   | 16                    | 49,6           | 11,23          | 920                  |
|                 | Δ1     | 212                 | 156                | 13,7                   | 20                    | 62,4           | 13,67          |                      |
|                 | Δ1'    | 214                 | 154                | 13,1                   | 20                    | 61,6           | 14,65          |                      |
|                 | Δ2     | 170                 | 120                | 13,4                   | 20                    | 48             | 12,2           |                      |
|                 | Δ2'    | 180                 | 138                | 13,4                   | 20                    | 55,2           | 10,25          |                      |
|                 | Δ3     | 182                 | 132                | 13,3                   | 18                    | 52,8           | 12,21          |                      |
|                 | Δ3'    | 218                 | 162                | 12,9                   | 18                    | 64,8           | 13,67          |                      |
|                 | Δ4     | 208                 | 148                | 13,7                   | 18                    | 59,2           | 14,65          |                      |
|                 | Δ4'    | 188                 | 108                | 13,5                   | 18                    | 43,2           | 19,53          |                      |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ( Συνέχεια )**

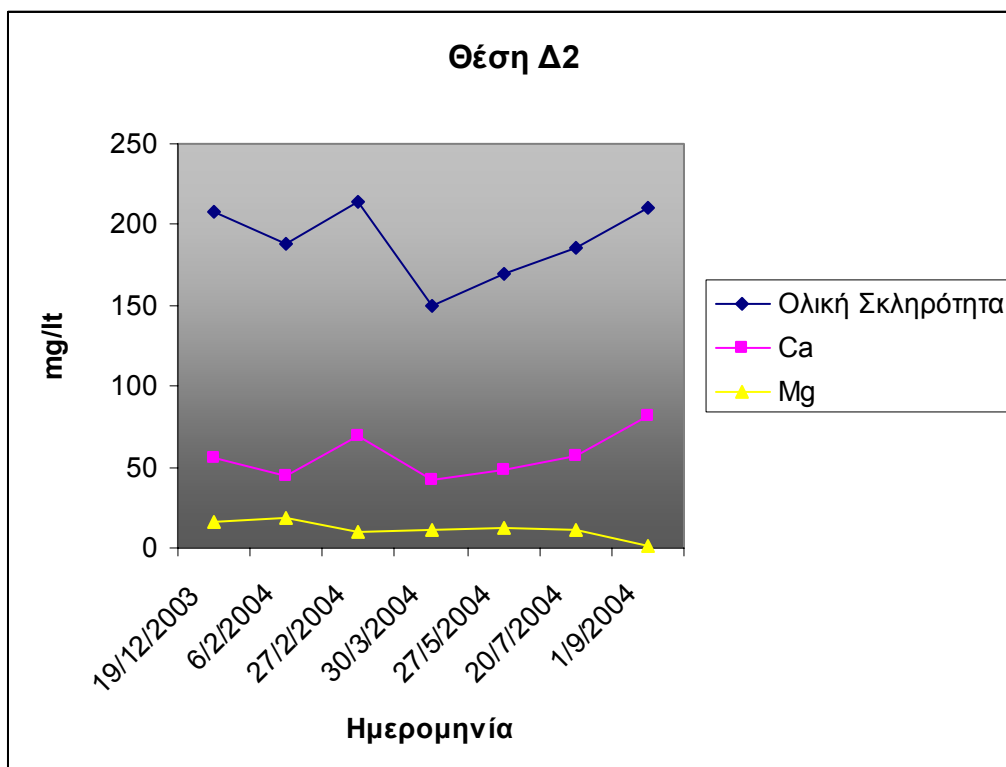
| ΗΜΕΡΟ-<br>ΜΗΝΙΑ | ΘΕΣΕΙΣ | ΟΛΙΚΗ<br>ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ | ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ<br>Ca <sup>++</sup> | ΘΕΡΜΟΚΡΑ-<br>ΣΙΑ ΝΕΡΟΥ | ΘΕΡΜΟΚΡΑ-<br>ΣΙΑ ΑΕΡΑ | Ca <sup>++</sup><br>(mg/L) | Mg <sup>++</sup><br>(mg/L) | ΠΑΡΟΧΗ<br>Q (lt/sec) |
|-----------------|--------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| 20/7/2004       | Δ1     | 192                 | 154                            | 13,3                   | 28                    | 61,6                       | 9,27                       | 620                  |
|                 | Δ1'    | 224                 | 146                            | 13,4                   | 28                    | 58,4                       | 19,04                      |                      |
|                 | Δ2     | 186                 | 142                            | 13,6                   | 28                    | 56,8                       | 10,74                      |                      |
|                 | Δ2'    | 194                 | 134                            | 13,3                   | 28                    | 53,6                       | 14,65                      |                      |
|                 | Δ3     | 184                 | 132                            | 13,9                   | 27                    | 52,8                       | 12,69                      |                      |
|                 | Δ3'    | 192                 | 130                            | 13,8                   | 27                    | 52                         | 15,13                      |                      |
|                 | Δ4     | 190                 | 128                            | 15,1                   | 30                    | 51,2                       | 15,13                      |                      |
|                 | Δ4'    | 180                 | 122                            | 15,2                   | 30                    | 48,8                       | 14,16                      |                      |
| 1/9/2004        | Δ1     | 256                 | 234                            | 13,7                   | 26                    | 93,6                       | 5,37                       | 359                  |
|                 | Δ1'    | 240                 | 232                            | 13                     | 26                    | 92,8                       | 1,95                       |                      |
|                 | Δ2     | 210                 | 204                            | 13,7                   | 26                    | 81,6                       | 1,46                       |                      |
|                 | Δ2'    | 194                 | 156                            | 13,5                   | 26                    | 62,4                       | 9,27                       |                      |
|                 | Δ3     | 236                 | 146                            | 14,5                   | 27                    | 58,4                       | 21,97                      |                      |
|                 | Δ3'    | 160                 | 122                            | 14,4                   | 27                    | 48,8                       | 9,27                       |                      |
|                 | Δ4     | 170                 | 116                            | 15                     | 28                    | 46,4                       | 13,18                      |                      |
|                 | Δ4'    | 126                 | 86                             | 14,9                   | 28                    | 34,4                       | 9,76                       |                      |



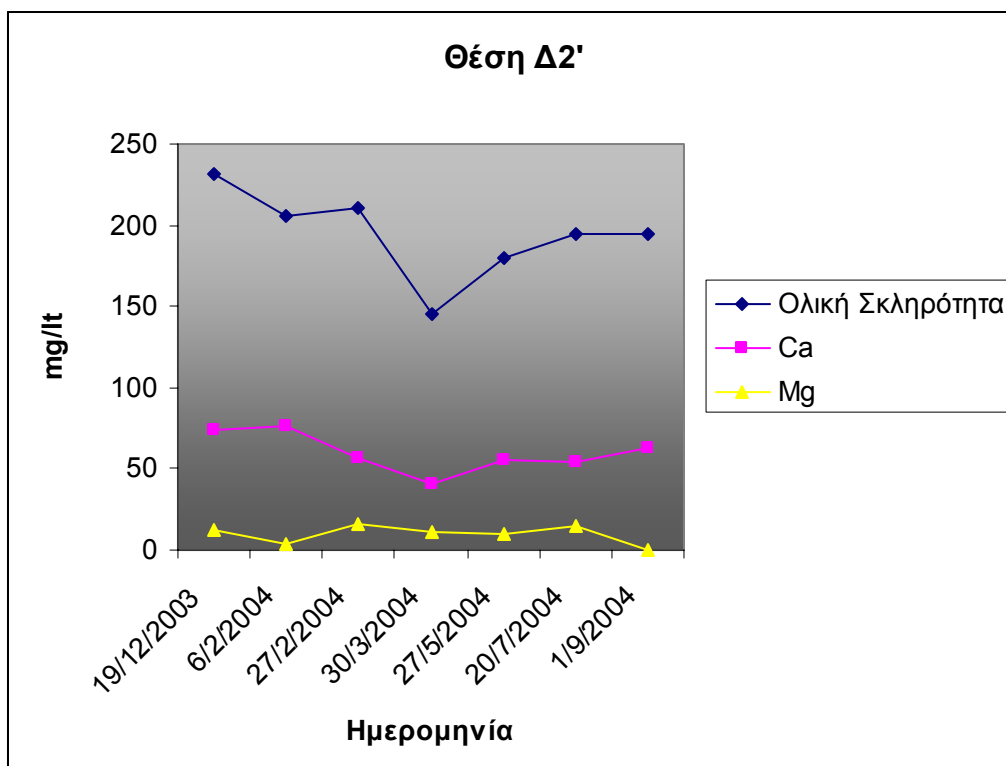
Διάγραμμα 1



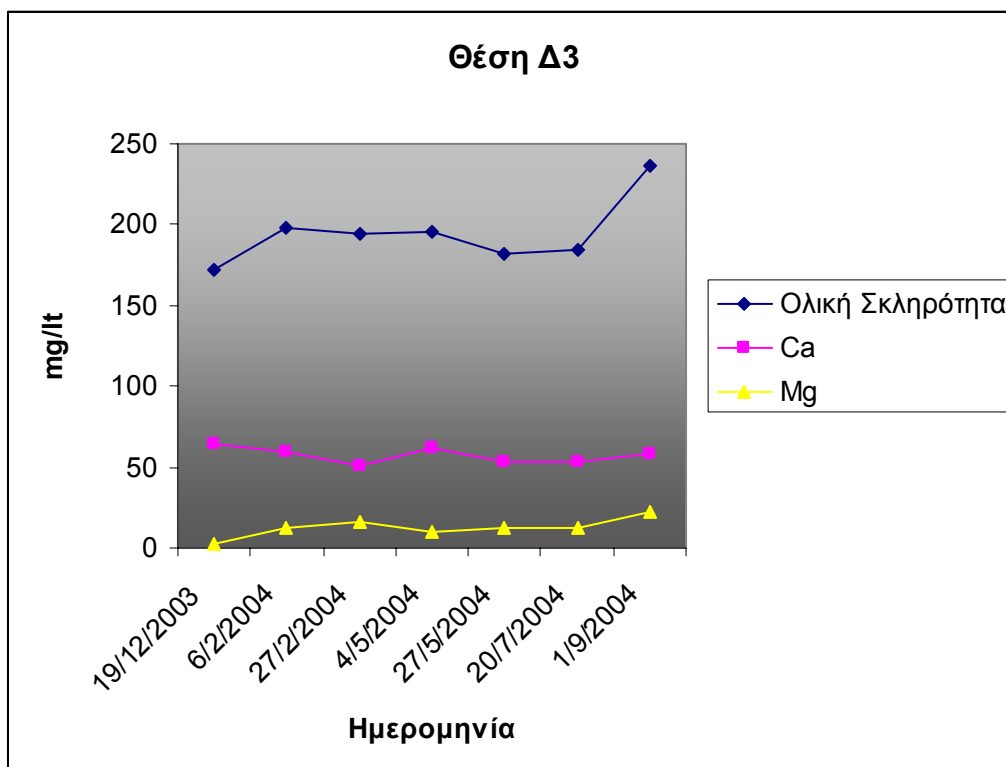
Διάγραμμα 2



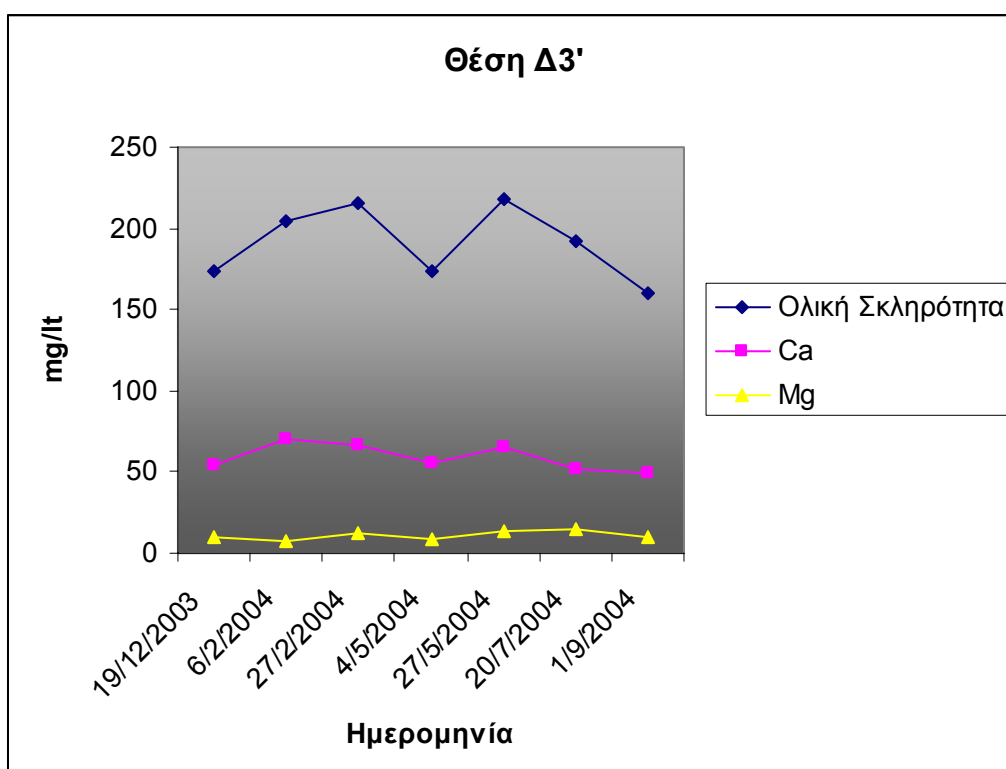
Διάγραμμα 3



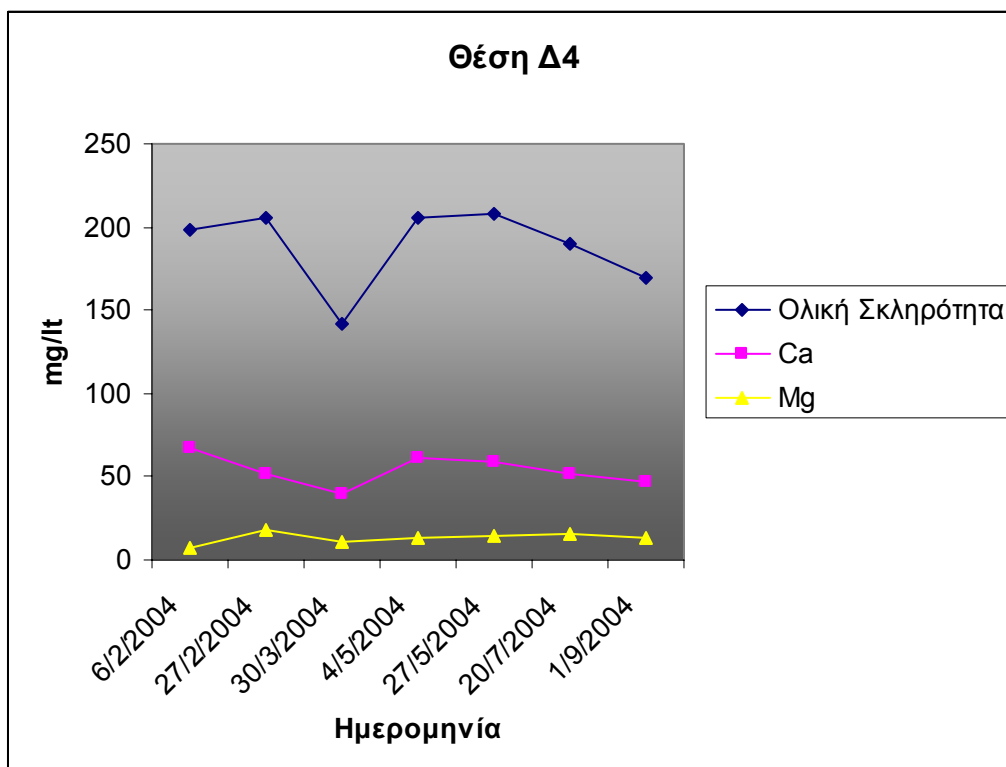
Διάγραμμα 4



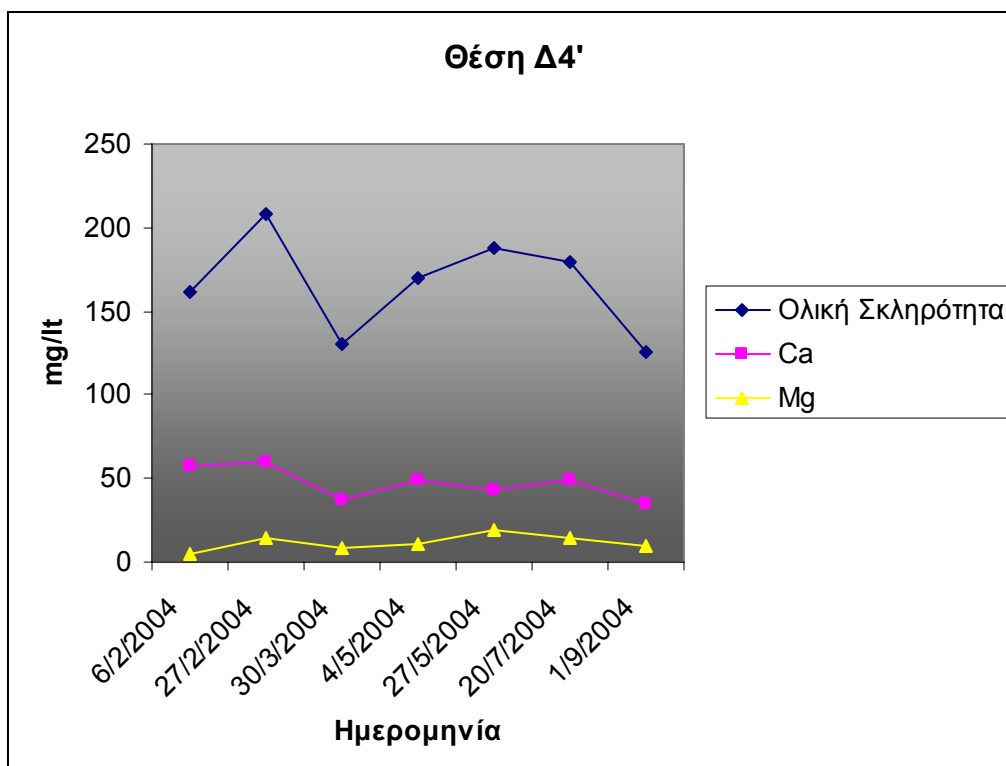
Διάγραμμα 5



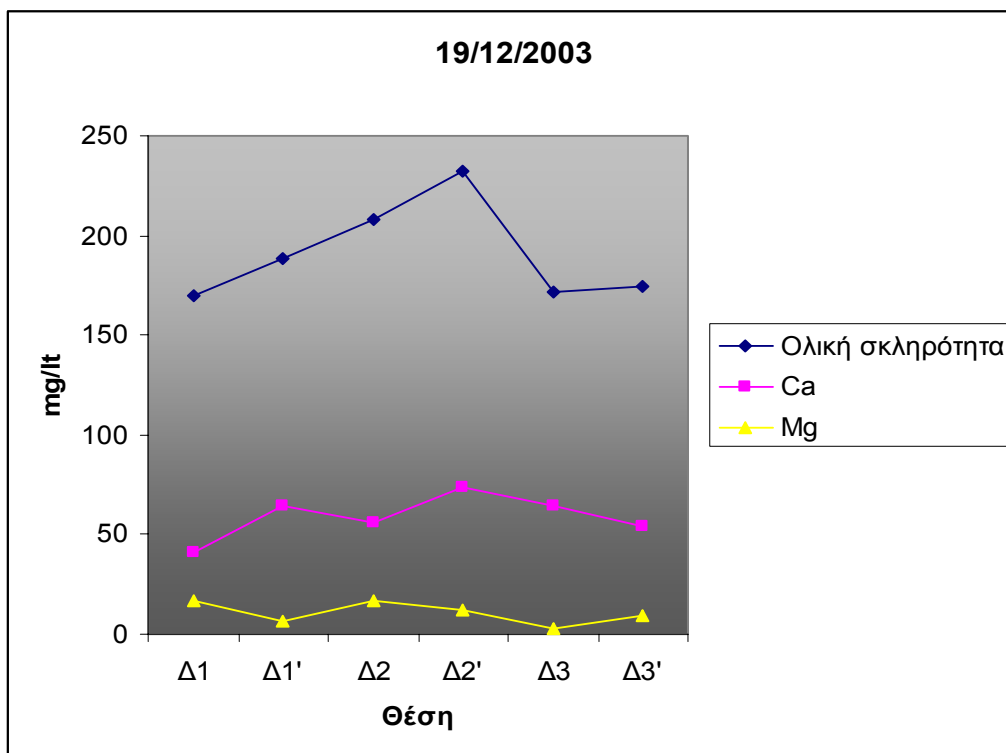
Διάγραμμα 6



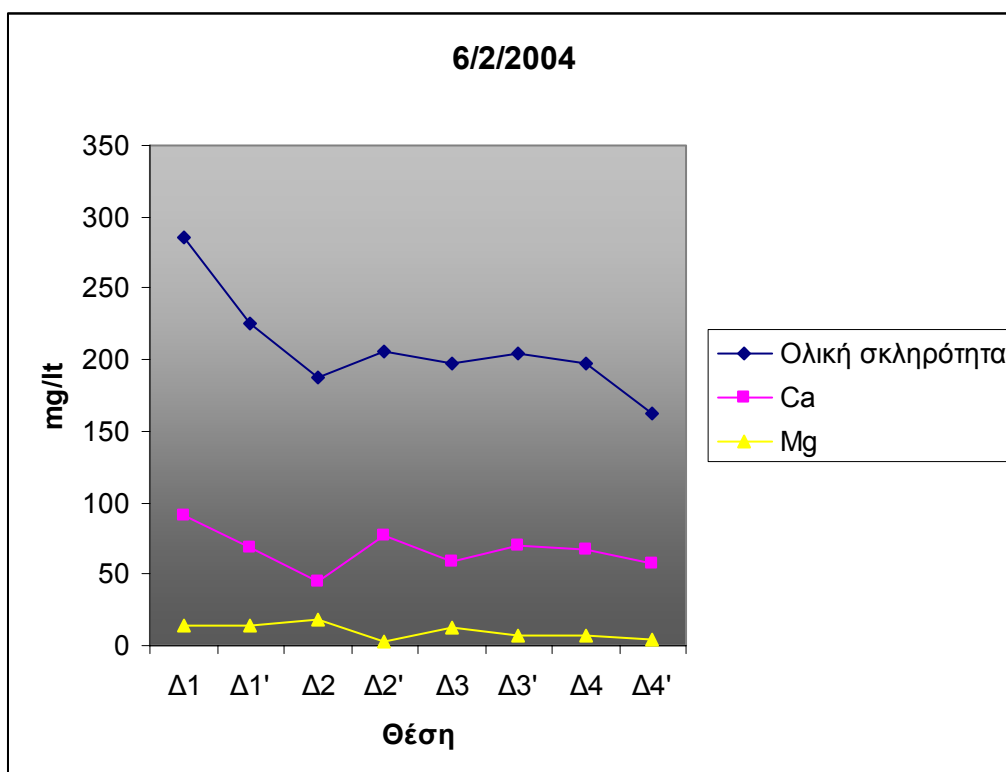
Διάγραμμα 7



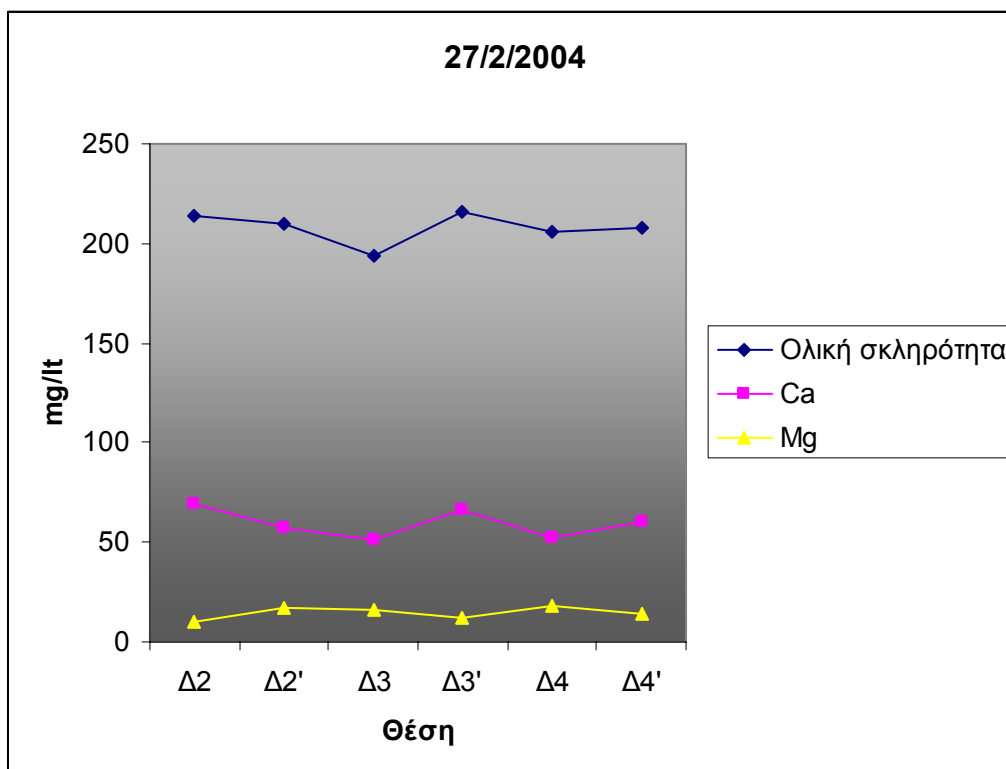
Διάγραμμα 8



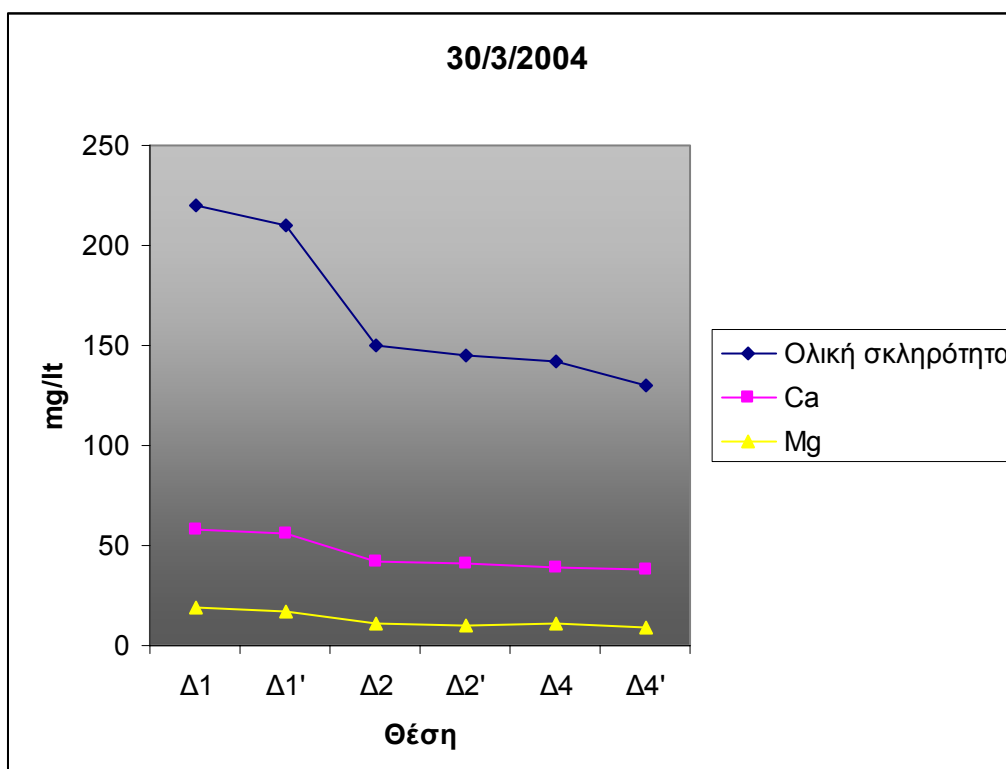
Διάγραμμα 9



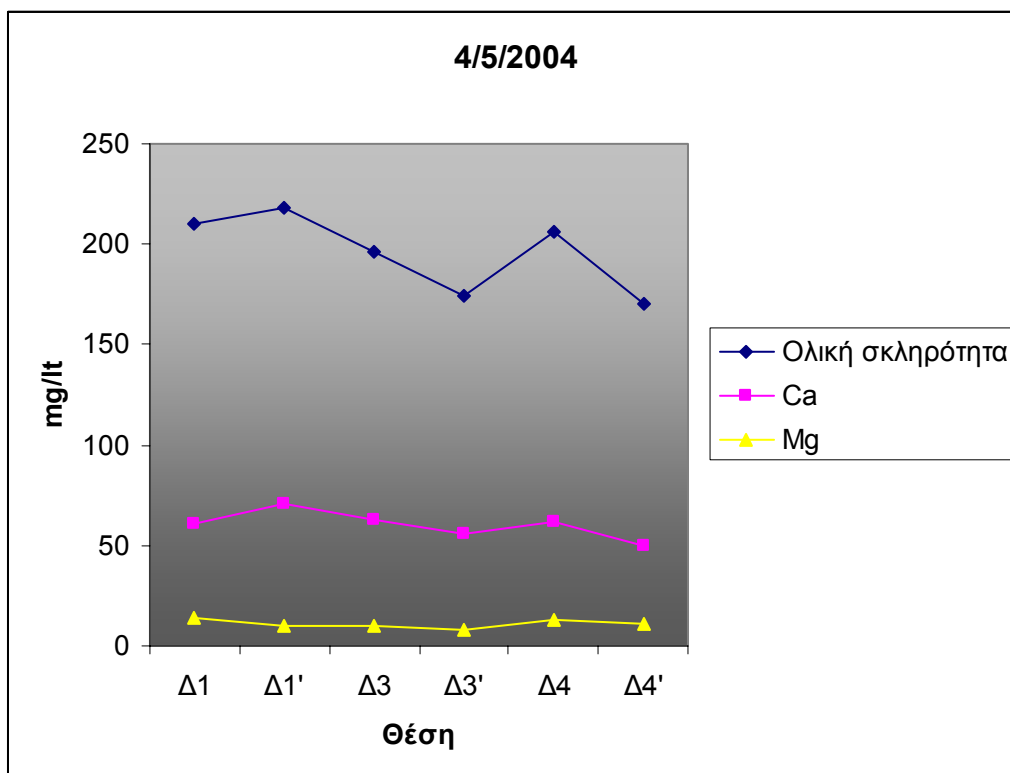
Διάγραμμα 10



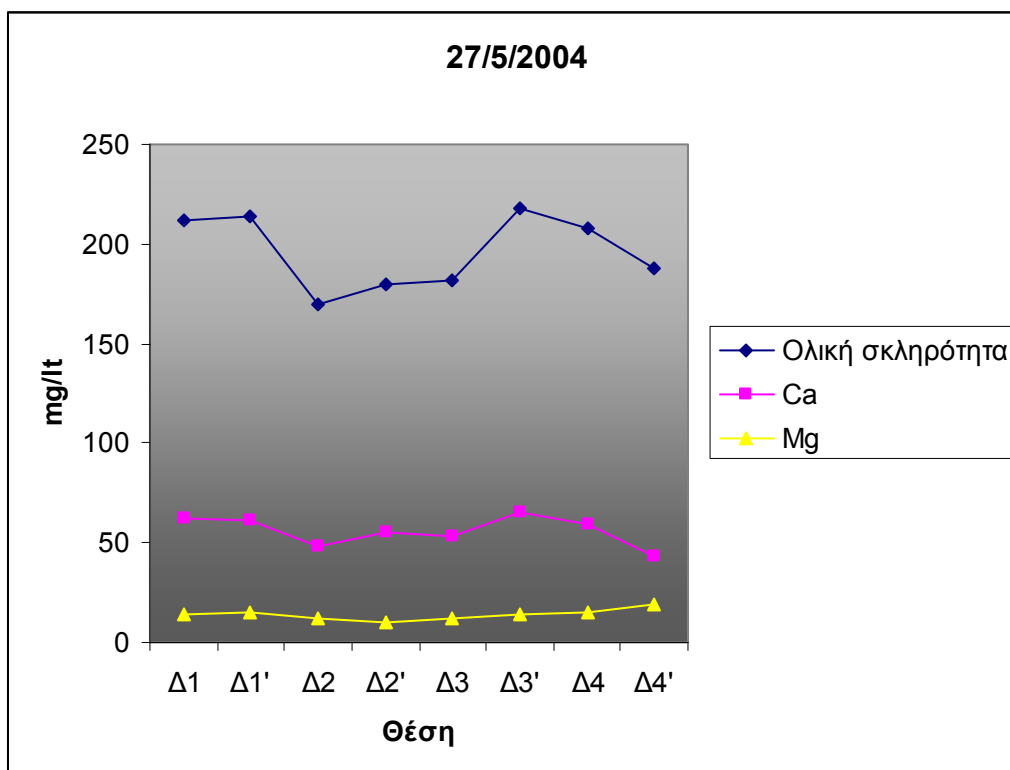
Διάγραμμα 11



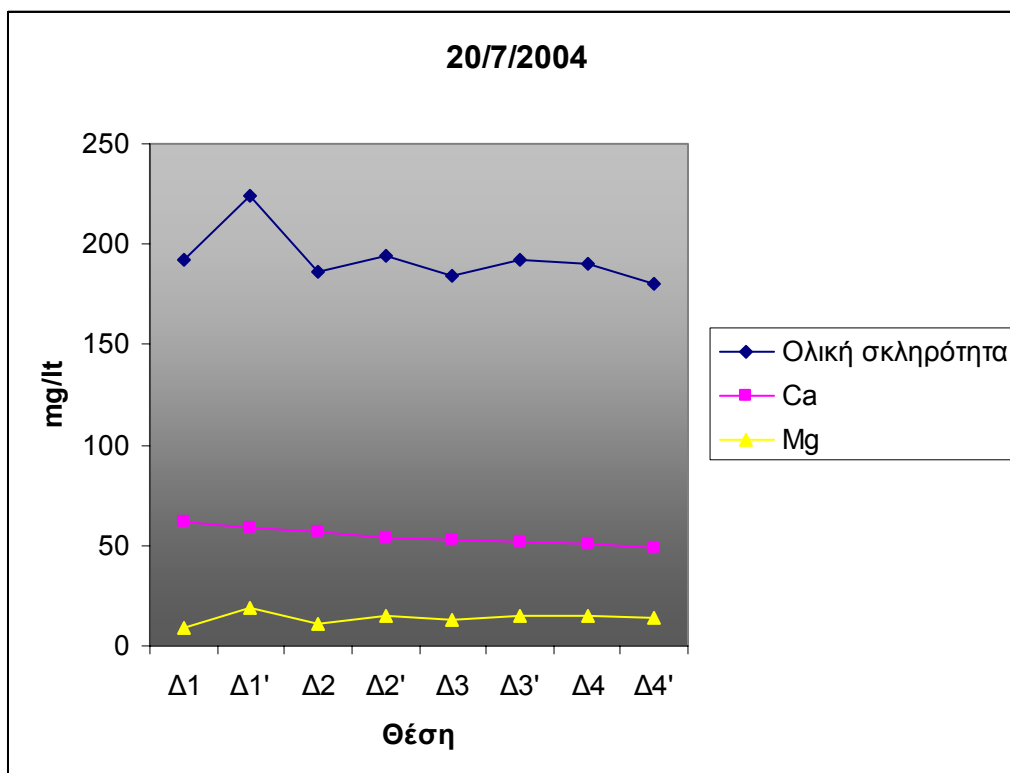
Διάγραμμα 12



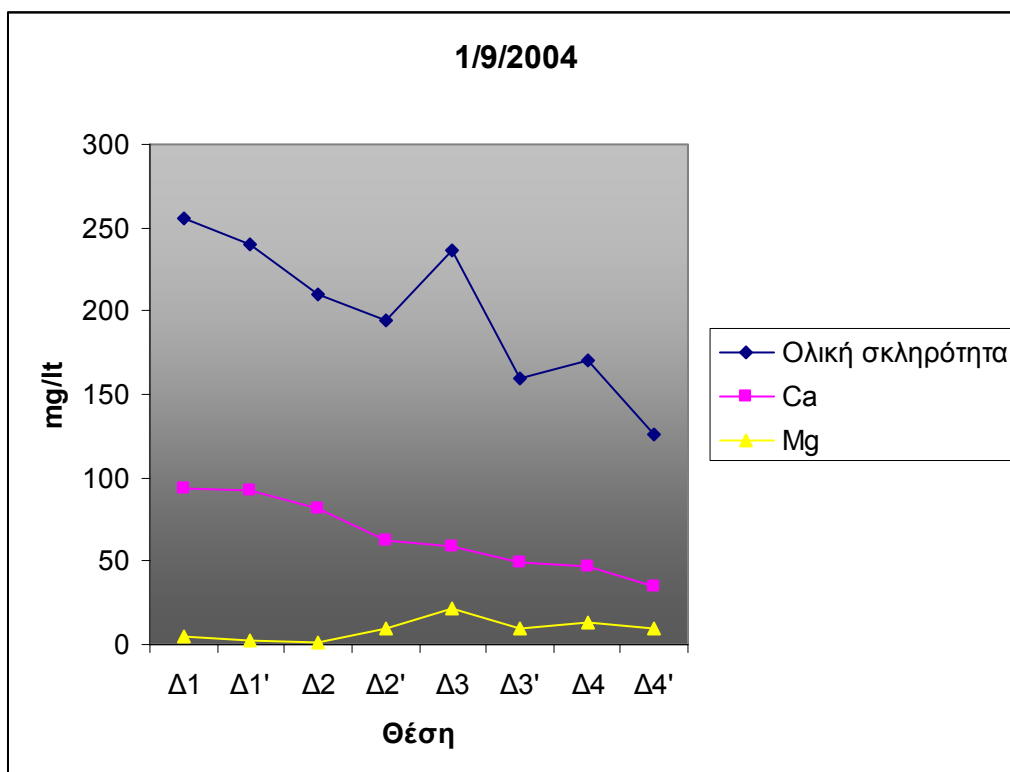
Διάγραμμα 13



Διάγραμμα 14



Διάγραμμα 15



Διάγραμμα 16

## VII. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα 1-8 η περιεκτικότητα των υδάτων του Τριποτάμου σε  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  μεταβάλλεται χαρακτηριστικά με τη αλλαγή της θερμοκρασίας του αέρα.

Γενικά, με την αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται ελάτωση της περιεκτικότητας δεδομένου ότι η ταχύτητα διαφυγής του  $\text{CO}_2$  από τα καρστικά ύδατα του Τριποτάμου αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα.

Εξετάζοντας τις διαφορές περιεκτικότητας  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  στα διαγράμματα 11, 12, 15 και 16 διαπιστώνεται ότι αυτή ελατώνεται με την αύξηση της απόστασης της θέσης δειγματοληψίας από τις πηγές.

Όμως η θερμοκρασία δεν είναι ο μόνος και σημαντικότερος παράγοντας απόθεσης  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$ . Αυτό φαίνεται στα διαγράμματα 9, 10, 13 και 14 όπου οι μεταβολές των τιμών δείχνουν ότι η απόθεση εξαρτάται και από άλλους παράγοντες εκτός της θερμοκρασίας, όπως η αύξηση της επιφάνειας αντίδρασης της υδάτινης μάζας του Τριποτάμου με την ατμόσφαιρα εξαιτίας της μεταβολής της κοίτης του ποταμού και τις παρεμβολές καταρρακτών και λιμνών.

Επειδή ο σχηματισμός μικρών καταρρακτών και λιμνών κατά μήκος του Τριποτάμου δεν οφείλεται σε τεκτονικά ή πετρογραφικά αίτια αλλά στην μεγάλη περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  του νερού των πηγών του Τριποτάμου, ο προσδιορισμός των παραγόντων γένεσης ασβεστολιθικών τόφφων (τραβερτινών) κατά μήκος του ποταμού απαιτεί προηγουμένως τον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$ , τόσο των καρστικών πηγών Τριποτάμου όσο και των αντίστοιχων πηγών της ευρύτερης περιοχής.

## VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΧΑΡΤΗΣ & ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ)



**Φωτογραφία 6 :** Άποψη της περιοχής μελέτης.



**Φωτογραφία 7 :** Ασβεστόλιθοι της περιοχής.



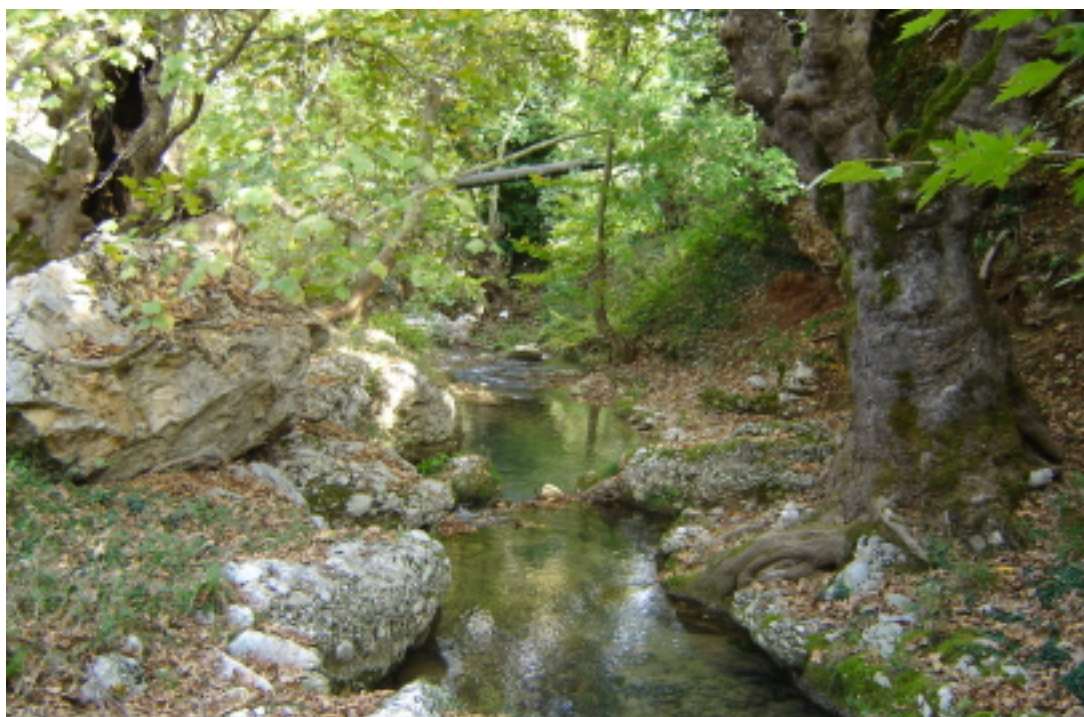
**Φωτογραφία 8 :** Η περιοχή των πηγών του Τριποτάμου.



**Φωτογραφία 9 :** Εικόνα του ρέματος κατά τους χειμερινούς μήνες.



**Φωτογραφία 10 :** Εικόνα του ρέματος τον μήνα Οκτώβριο.



**Φωτογραφία 11 :** Άλλη εικόνα του ρέματος.



**Φωτογραφία 12 :** Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην περιοχή.



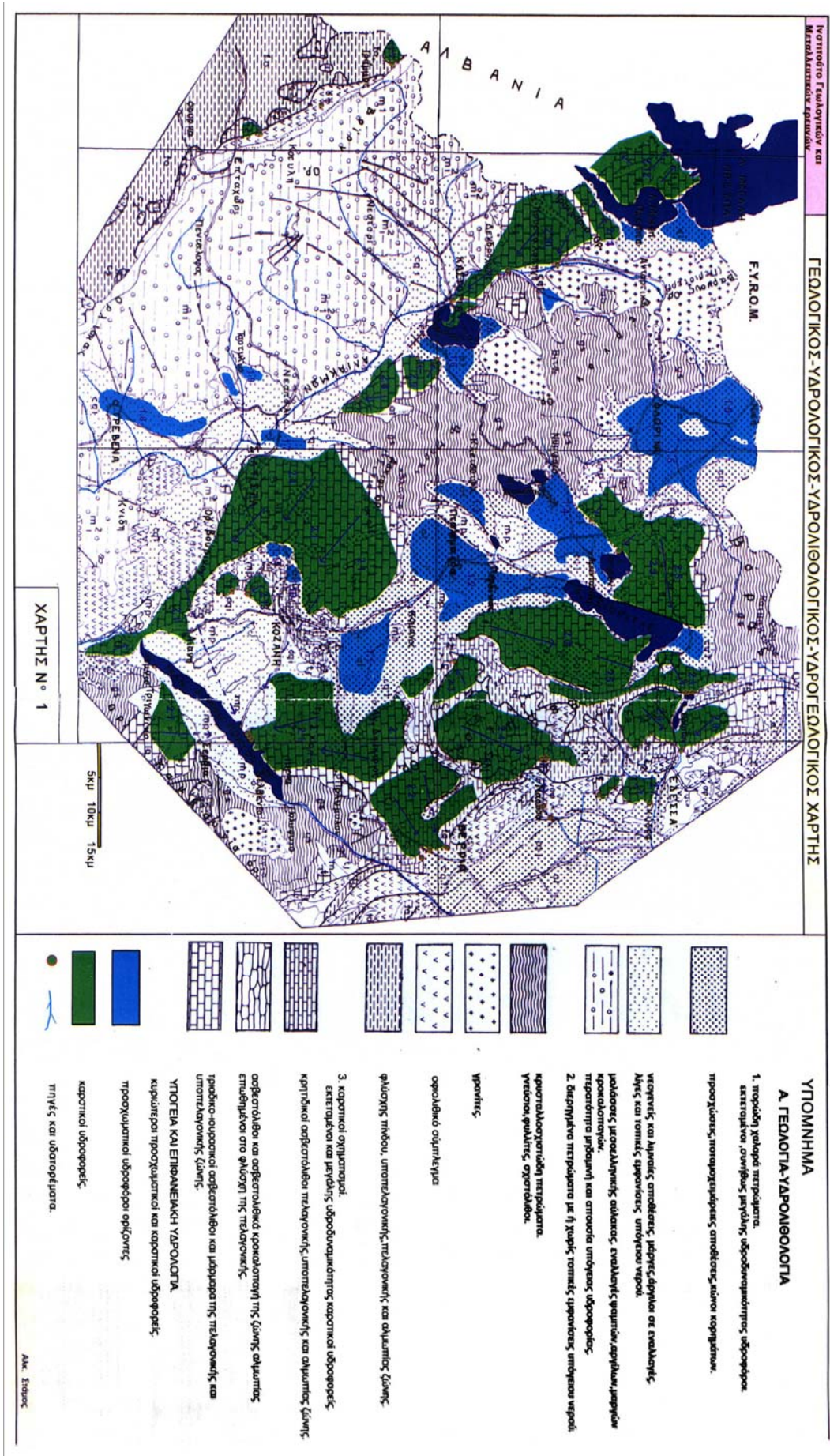
**Φωτογραφία 13 :** Σημείο υδρομάστευσης (στο βάθος) για αρδευτικούς σκοπούς.



**Φωτογραφία 14 :** Ιζήματα της περιοχής.



**Φωτογραφία 15 :** Η πλούσια βλάστηση του Βερμίου όρους.



## IX. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ Βαβλιάκης Ε., Αρβανίτης Α.. Το πρόβλημα της απόθεσης  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  κατά μήκος του ρέματος Αραπίτσα Νάουσας (Κ. Μακεδονία- Βόρεια Ελλάδα), Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας τόμος XXX/4, 137-147, Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Επιστημονικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Μάιος 1994.
- ❖ Μιγκίρος Γ., Αντωνίου Βασ., Αντωνίου Βαρ. .Η γεωλογική δομή του Βερμίου, Εκτεταμένες περιλήψεις εργασιών 10<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη, 15-17 Απριλίου 2004.
- ❖ Περιβαλλοντική ομάδα Φιλιππείου Γυμνασίου Βέροιας, Τριπόταμος : το ποτάμι της Βέροιας, 1996.
- ❖ Στάμος Αλκ.. Έλεγχος ποιότητας και έργα προστασίας του υδάτινου δυναμικού Δυτ. Μακεδονίας, Ι.Γ.Μ.Ε., Τομέας Υδρογεωλογίας-Δ/νση Υδρογεωλογίας Βορείου Ελλάδος, 1999.
- ❖ Φύλλο Βέροια, τοπογραφικός χάρτης Γ.Υ.Σ. , κλίμακα 1:50.000.
- ❖ Φύλλο Βελβεντός, τοπογραφικός χάρτης Γ.Υ.Σ., κλίμακα 1:50.000.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| I. Εισαγωγή.....                                 | 3  |
| II. Ιστορικά-Γεωγραφικά στοιχεία Τριποτάμου..... | 5  |
| III. Γεωλογική δομή του Βερμίου.....             | 8  |
| IV. Πηγές.....                                   | 12 |
| V. Δειγματοληψία-Μεθοδολογία.....                | 17 |
| VI. Επεξεργασία μετρήσεων.....                   | 21 |
| VII. Συμπεράσματα.....                           | 32 |
| VIII. Παράρτημα (Χάρτης & φωτογραφίες).....      | 33 |
| IX. Βιβλιογραφία.....                            | 39 |