



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**Υδρογεωλογικό καθεστώς χαμηλής ζώνης βόρεια του Ολύμπου.  
Σημερινές υδροδυναμικές και υδροχημικές συνθήκες.**



«ΕΠΙΣΤΗΜΗ  
&  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΖΑΒΡΙΔΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ**  
Γεωλόγος

**Επιβλέπων: Ομότιμος Καθηγητής Ι. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2015**



## Περιεχόμενα

|  |            |
|--|------------|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....                              | <b>I</b>   |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....                              | <b>III</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....                              | <b>IV</b>  |
| <b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....                            | <b>1</b>   |
| 1.1 Γενικά.....                                    | 1          |
| 1.2 Σκοπός μεταπτυχιακής εργασίας .....            | 3          |
| 1.3 Εργασίες που υλοποιήθηκαν .....                | 3          |
| 1.4 Διάρθρωση εργασίας .....                       | 5          |
| <b>2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ</b> .....                     | <b>6</b>   |
| 2.1 Γεωγραφία του Ν. Πιερίας .....                 | 6          |
| 2.2 Γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής έρευνας ..... | 7          |
| 2.3 Πληθυσμιακά στοιχεία .....                     | 8          |
| 2.4 Οικονομικές δραστηριότητες .....               | 10         |
| 2.5 Ιστορία-Αρχαιολογία .....                      | 12         |
| 2.6 Συνοπτικά συμπεράσματα .....                   | 14         |
| <b>3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ</b> .....                            | <b>15</b>  |
| 3.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....                     | 15         |
| 3.2 Αλπική Γεωλογική Εξέλιξη της Πιερίας.....      | 16         |
| 3.3 Μεταλπική Γεωλογική Εξέλιξη της Πιερίας.....   | 17         |
| 3.4 Λιθοστρωματογραφία.....                        | 19         |
| 3.5 Γεωλογία της περιοχής έρευνας.....             | 26         |
| 3.6 Τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου .....           | 30         |
| 3.7 Μορφολογία.....                                | 34         |
| 3.8 Υδρογραφικό δίκτυο .....                       | 36         |
| 3.9 Σεισμικότητα .....                             | 38         |
| 3.10 Συνοπτικά συμπεράσματα .....                  | 39         |
| <b>4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ</b> .....                           | <b>40</b>  |
| 4.1 Υδρολογικός Κύκλος.....                        | 40         |
| 4.2 Φάσεις υδρολογικού κύκλου .....                | 41         |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.3      | Κλιματολογικά – Μετεωρολογικά στοιχεία .....          | 45        |
| 4.3.1    | Κλίμα .....   | 46        |
| 4.3.2    | Θερμοκρασία αέρα .....                                | 47        |
| 4.3.3    | Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα .....                    | 51        |
| 4.3.4    | Σχετική υγρασία .....                                 | 55        |
| 4.3.5    | Ατμοσφαιρική πίεση .....                              | 56        |
| 4.3.6    | Εξατμισοδιαπνοή .....                                 | 57        |
| 4.4      | Συνοπτικά συμπεράσματα .....                          | 60        |
| <b>5</b> | <b>ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ .....</b>                             | <b>61</b> |
| 5.1      | Γενικά.....   | 61        |
| 5.2      | Υδρολιθολογική ταξινόμηση .....                       | 63        |
| 5.3      | Υδρογεωλογικές ενότητες .....                         | 65        |
| 5.4      | Υδροφόρα συστήματα .....                              | 67        |
| 5.5      | Πηγές .....   | 69        |
| 5.6      | Υπόγειες καρστικές μορφές .....                       | 72        |
| 5.7      | Συνθήκες εκμετάλλευσης υπόγειου νερού .....           | 73        |
| 5.8      | Πιεζομετρία .....                                     | 74        |
| 5.9      | Συνοπτικά Συμπεράσματα.....                           | 84        |
| <b>6</b> | <b>Πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.....</b>        | <b>85</b> |
| 6.1      | Εισαγωγή.....   | 85        |
| 6.2      | Ταξινόμηση πηγών ρύπανσης.....                        | 87        |
| 6.2.1    | Ρύπανση από βιομηχανικές δραστηριότητες .....         | 87        |
| 6.2.2    | Ρύπανση από αγροτικές δραστηριότητες .....            | 89        |
| 6.2.3    | Ρύπανση από αστικές και οικιακές δραστηριότητες ..... | 90        |
| 6.2.4    | Ρύπανση από μεταλλευτική δραστηριότητα .....          | 90        |
| 6.2.5    | Ρύπανση από ραδιενεργές ουσίες .....                  | 91        |
| 6.2.6    | Ρύπανση από φυσικές διεργασίες .....                  | 91        |
| 6.3      | Συνοπτικά Συμπεράσματα.....                           | 93        |
| <b>7</b> | <b>Ποιότητα του υπόγειου νερού .....</b>              | <b>94</b> |
| 7.1      | Γενικά.....   | 94        |
| 7.2      | Δειγματοληψία.....                                    | 95        |
| 7.3      | Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων .....                   | 97        |
| 7.4      | Υδροχημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού .....    | 980       |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 7.4.1    | Θερμοκρασία .....   | 101        |
| 7.4.2    | Ενεργός οξύτητα (pH) .....                                | 104        |
| 7.4.3    | Συντελεστής ηλεκτρική αγωγιμότητας (EC).....              | 107        |
| 7.4.4    | Ιόντα Ασβεστίου ( $Ca^{2+}$ ) .....                       | 110        |
| 7.4.5    | Ιόντα Μαγνησίου ( $Mg^{2+}$ ).....                        | 113        |
| 7.4.6    | Ιόντα Χλωρίου ( $Cl^-$ ).....                             | 116        |
| 7.4.7    | Νιτρικά ιόντα ( $NO_3^-$ ).....                           | 119        |
| 7.4.8    | Ιόντα Καλίου ( $K^+$ ).....                               | 122        |
| 7.4.9    | Ιόντα Νατρίου ( $Na^+$ ).....                             | 125        |
| 7.4.10   | Θειικά ανιόντα ( $SO_4^{2-}$ ).....                       | 128        |
| 7.4.11   | Όξινα ανθρακικά ιόντα ( $HCO_3^-$ ) .....                 | 131        |
| 7.4.12   | Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS) .....                     | 134        |
| 7.5      | Ιοντικοί λόγοι.....                                       | 135        |
| 7.5.1    | Ιοντικός λόγος Mg/Ca .....                                | 137        |
| 7.5.2    | Ιοντικός λόγος $Na^+ / K^+$ .....                         | 138        |
| 7.5.3    | Ιοντικός λόγος Na/Cl .....                                | 139        |
| 7.5.4    | Ιοντικός λόγος $Cl/SO_4$ .....                            | 140        |
| 7.5.5    | Ιοντικός λόγος $(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / (Na^+ + K^+)$ ..... | 141        |
| 7.6      | Υδροχημικός τύπος νερού .....                             | 142        |
| 7.7      | Υδροχημικά διαγράμματα.....                               | 143        |
| 7.7.1    | Διάγραμμα Durov (1948).....                               | 143        |
| 7.7.2    | Διάγραμμα Piper (1944) .....                              | 146        |
| 7.7.3    | Διάγραμμα Ludwig Langelier (1942) .....                   | 149        |
| 7.7.4    | Διάγραμμα Schoeller (1963).....                           | 152        |
| 7.8      | Κριτήρια καταλληλότητας αρδευτικού νερού.....             | 155        |
| 7.8.1    | Διάγραμμα Wilcox(1955).....                               | 156        |
| 7.9      | Συντελεστές συσχέτισης .....                              | 159        |
| 7.10     | Διαχρονική μεταβολή της ποιότητας.....                    | 161        |
| 7.11     | Συνοπτικά συμπεράσματα .....                              | 163        |
| <b>8</b> | <b>ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>              | <b>164</b> |
|          | <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>                                  | <b>169</b> |
|          | <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>                                    | <b>174</b> |

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα της παρούσας Μεταπτυχιακής Εργασίας «Υδρογεωλογικό καθεστώς χαμηλής ζώνης βόρεια του Ολύμπου. Σημερινές υδροδυναμικές και υδροχημικές συνθήκες» ορίστηκε και εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του Ομότιμου Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Ιωάννη Κουμαντάκη, στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνίου.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες και την εκτίμησή μου στον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ιωάννη Κουμαντάκη για την ανάθεση της μεταπτυχιακής εργασίας, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς επίσης για τις πολύτιμες συμβουλές του και την καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Ευχαριστώ επίσης, τον κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη, Επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ., για την επίβλεψη, τις συμβουλές καθώς και για την παραχώρηση οργάνων, του Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, για τις μετρήσεις υπαίθρου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Νεραντζή Καζάκη, Μεταδιδακτορικό Ερευνητή του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ., για την πολύτιμη βοήθεια, τη συμπαράσταση και τις συμβουλές που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας. Ευχαριστώ για την πολυετή συνεργασία μας.

Ευχαριστώ θερμά την Ελένη Βασιλείου, Διδάκτορα Μηχανικό Μεταλλείων Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., για την υποστήριξη, το ενδιαφέρον και τις πολύτιμες συμβουλές της για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ τον κ.Κωνσταντίνο Μαρκαντώνη, Διδάκτορα Γεωλόγο, για την σημαντική βοήθεια, καθοδήγηση και υπομονή κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών αναλύσεων.

Ευχαριστώ τον ξάδερφο και συνάδελφο Κωνσταντίνο Ζαβρίδη για την πολύτιμη βοήθεια, το χρόνο που αφιέρωσε και την υποστήριξη σε όλα τα στάδια της εργασίας.

Ευχαριστώ τον αντιδήμαρχο του Δήμου Δίου – Ολύμπου, Διονύση Φόλιο, που συναίνεσε στη δειγματοληψία της εργασίας μου, καθώς και τους υπαλλήλους της τεχνικής υπηρεσίας του δήμου για την βοήθειά τους.

Ευχαριστώ τον κ.Αγαμέμνων Ψυρίλλο, Γεωλόγο του Δήμου Κατερίνης, για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου Στάθη και Κατερίνα καθώς και την αδερφή μου Μάρθα, για την απέραντη συμπαράσταση, το κουράγιο και τη βοήθεια που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση του υδρογεωλογικού καθεστώτος της χαμηλής ζώνης βόρεια του Ολύμπου και οι υφιστάμενες υδροδυναμικές και υδροχημικές συνθήκες. Η περιοχή έρευνας καταλαμβάνει έκταση 90 km<sup>2</sup>, ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Πιερίας και υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Δίου – Ολύμπου. Οριοθετείται στα βόρεια από τον ποταμό Αίσωνα, στα νότια από την τάφρο Βαρικού και στα ανατολικά από το Θερμαϊκό κόλπο.

Για τη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής πραγματοποιήθηκε αρχικά βιβλιογραφική έρευνα και συλλογή στοιχείων ( γεωλογικών, υδρογεωλογικών, υδρολογικών) που αφορούν την περιοχή. Μελετήθηκε η γεωλογία της περιοχής και με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) κατασκευάστηκε ο γεωλογικός χάρτης, βάσει βιβλιογραφικών δεδομένων. Στη συνέχεια εκτιμήθηκαν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που δέχεται η περιοχή έρευνας και ο υπολογισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής έγινε με τη μέθοδο Thornthwaite.

Ακολούθησαν οι εργασίες υπαίθρου για τη συλλογή δεδομένων. Πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία υπόγειων νερών από γεωτρήσεις, 17 δείγματα την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και 27 δείγματα την περίοδο Απριλίου 2015, όπως και επί-τόπου μετρήσεις βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων όπως το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C) και η θερμοκρασία T. Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. Η επεξεργασία των χημικών αποτελεσμάτων και η κατασκευή των υδροχημικών διαγραμμάτων έγινε μέσω του λογισμικού Aquachem 5. Επίσης μετρήθηκε η στάθμη των υπόγειων νερών σε 19 γεωτρήσεις την περίοδο του Οκτωβρίου 2014 και 17 την περίοδο του Απριλίου 2015. Ο σχεδιασμός των υδροχημικών και πιεζομετρικών χαρτών έγινε με τη χρήση G.I.S.

Στη συνέχεια μελετήθηκε η υδρογεωλογία της περιοχής και πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός των σχηματισμών σύμφωνα με την περατότητά τους. Παρουσιάστηκαν οι πιθανές πηγές ρύπανσης του υπόγειου νερού και ακολούθησε η ανάλυση της ποιότητας του υπόγειου νερού με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων. Τέλος η μεταπτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με την σύνοψη των πιο σημαντικών συμπερασμάτων που προέκυψαν στα πλαίσια αυτής.



## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is the study of the hydrological regime in the northern coastal area of Mount Olympus. Moreover, this thesis aiming to establish the current hydrodynamic and hydrochemical conditions. The study area covers an area of 90 Km<sup>2</sup>, belongs to the Regional Unit of Pieria and it is administratively subject to the municipality of Dion – Olympus. The study area borders with Aison river to the north, Varikos moat in the south and the Thermaic Gulf to the east.

For the investigation of the area's hydrological conditions performed a literature review and data collection (hydrological, hydrogeological and geological data). The geology of the area was studied and a geological map was produced, based on the existing maps of IGME, with the use of Geographic Information System (GIS). Afterwards, the precipitations in the study area were estimated and the evapotranspiration was measured with the Thornthwaite method.

Subsequently fieldwork carried out for data collection. A ground water sampling from boreholes was conducted (17 groundwater samples were collected during September 2014 and 27 samples were collected during April 2015). Moreover, in-situ measurements of basic parameters, such as the pH, the electrical conductivity and the temperature, took place. The chemical analyses were performed in the laboratory of the School of Mining and Metallurgical Engineering, NTUA. The processing of the chemical results and the construction of the hydrochemical graphs were carried out with the use of the Aquachem software. In addition, the groundwater level was measured in 19 boreholes during October 2014 and in 17 boreholes during April 2015. The hydrochemical and piezometric maps were designed with the use of GIS.

Afterwards, the hydrogeology of the area was studied and the shapings were segmented in accordance with their ability to allow the entry of water. The possible groundwater pollution sources were presented, followed by the analysis of groundwater quality, which was based on the results of chemical analyses. Finally the thesis is completed with a summary of the most important conclusions that were derived from it.

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενικά

Τα υπόγεια νερά αποτελούν τη μεγαλύτερη δεξαμενή γλυκού νερού στον κόσμο. Υπολογίζεται ότι αποτελούν πάνω από το 97% των διαθέσιμων γλυκών νερών στη γη χωρίς να υπολογίζονται οι πολικοί πάγοι. Το υπόλοιπο 3% αποτελείται κυρίως από επιφανειακά νερά (λίμνες, ποτάμια, υγρά τοπία) και την υγρασία του εδάφους. Μέχρι σήμερα, το ενδιαφέρον για τα υπόγεια ύδατα αφορούσε κυρίως την κάλυψη των αναγκών για ύδρευση (περίπου το 75% των κατοίκων της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξαρτώνται από τα υπόγεια αποθέματα για την παροχή νερού για ανθρώπινη κατανάλωση), αναγνωρίζοντας επίσης ότι είναι ένας σημαντικός φυσικός πόρος για την άντληση νερού για τη βιομηχανία, τη γεωργία και την κτηνοτροφία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2008). Με την ένταση των φαινομένων της λειψυδρίας σε παγκόσμιο επίπεδο, όλο και συχνότερα οι άνθρωποι καταφεύγουν στην εύκολη λύση, δηλαδή στην εκμετάλλευση των «έτοιμων» υπόγειων αποθεμάτων. Ωστόσο τα υπόγεια νερά είναι ένας φυσικός πόρος, που απαιτεί πάνω από όλα προστασία από πιθανή ρύπανση, μακροχρόνιο σχεδιασμό χρήσης και εν γένει ορθολογική διαχείριση.

Γίνεται όλο και περισσότερο αντιληπτό, ότι τα υπόγεια νερά πρέπει να αντιμετωπισθούν όχι μόνο ως μια δεξαμενή, από την οποία μπορεί να αντληθεί νερό καλής ποιότητας, για διάφορες χρήσεις, αλλά και να προστατευθούν για την περιβαλλοντική τους αξία. Τα υπόγεια νερά διαδραματίζουν έναν ουσιαστικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο και είναι πολύτιμη η αξία τους ως ρυθμιστικός παράγοντας για τη διατήρηση υγρασιών και ποταμών, ιδιαίτερα σε περιόδους ξηρασίας, γιατί εξασφαλίζουν τη μόνιμη ροή (δηλαδή το νερό που τροφοδοτεί ποταμούς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους) των συστημάτων επιφανειακών νερών, πολλά από τα οποία χρησιμοποιούνται για υδροδότηση και αναψυχή. Σε πολλούς ποταμούς της Ευρώπης, πλέον του 50% της ετήσιας ροής προέρχεται από υπόγεια νερά. Το καλοκαίρι που το νερό της επιφανειακής απορροής λιγοστεύει, πλέον του 90% της ροής σε μερικούς ποταμούς μπορεί να είναι υπόγειας προέλευσης, Γι' αυτό και η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών μπορεί να επηρεάσει άμεσα τα συνδεδεμένα με αυτά υδατικά και χερσαία οικοσυστήματα.

Παράλληλα, δεδομένου ότι τα συστήματα επιφανειακών νερών τροφοδοτούνται από τα υπόγεια νερά η ποιότητα των υπόγειων νερών θα αντικατοπτριστεί τελικά στην ποιότητα των επιφανειακών. Για το λόγο αυτό, η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων μπορεί να επηρεάσει άμεσα τα συνδεδεμένα υδατικά και χερσαία οικοσυστήματα, εάν η φυσική εξασθένηση των ρύπων, κάτω από την επιφάνεια, δεν είναι επαρκής.

Τα υπόγεια νερά κινούνται αργά μέσα στο έδαφος και ως, εκ τούτου, οι επιπτώσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες μπορεί να είναι σχετικά μακροπρόθεσμες. Αυτό σημαίνει ότι η ρύπανση που εμφανίστηκε δεκαετίες πριν, ανεξαρτήτως προέλευσης – γεωργικής, βιομηχανικής ή ανθρωπογενούς – μπορεί να εξακολουθεί να είναι επικίνδυνη για την ποιότητα των υπόγειων υδάτων. Τα αποτελέσματα από τις δραστηριότητες του παρελθόντος είναι εμφανή σε πολλές περιοχές, π.χ. βιομηχανικές περιοχές ή αστικές ζώνες, όπου μπορεί να είναι δύσκολο ή ανέφικτο να καθαρισθούν από τους ρύπους ακόμα και με τη χρήση σύγχρονης τεχνολογίας. Επιπλέον, τα μέτρα αντιρύπανσης που λαμβάνονται, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι σε θέση να αφαιρέσουν εντελώς όλους τους μολυσματικούς παράγοντες και ρύπους και ότι οι πηγές ρύπανσης, ακόμα κι αν αφαιρεθούν μερικώς, συνεχίζουν να απελευθερώνουν ρύπους για μια μακρά χρονική περίοδο. Είναι συνεπώς προτιμότερο να προλαμβάνεται ή να περιορίζεται ο κίνδυνος ρύπανσης, παρά να αντιμετωπίζονται οι συνέπειες.

Τα υπόγεια νερά είναι «κρυφοί» πόροι και υπερτερούν ποσοτικά των επιφανειακών, γι' αυτό και είναι πολύ δυσκολότερη η πρόληψη της ρύπανσης καθώς και η παρακολούθηση της αποκατάστασης της ποιότητάς τους. Ο λεπτομερής εντοπισμός και χαρακτηρισμός τους δεν είναι εύκολη υπόθεση, ενώ συχνά δεν υπάρχει συνειδητοποίηση ή/ και ενδείξεις κινδύνων ρύπανσης των υπόγειων νερών. Πρόσφατες εκθέσεις δείχνουν ότι η ρύπανση από οικιακές, γεωργικές και βιομηχανικές πηγές, στις περισσότερες περιπτώσεις, αυξάνεται, είτε άμεσα, λόγω των απορρίψεων λυμάτων, είτε έμμεσα με τη χρήση λιπασμάτων ή εξαιτίας των στραγγισμάτων από χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Ενώ το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης που εντοπιζόταν έως σήμερα προερχόταν από σημειακές πηγές, υπάρχουν ενδείξεις ότι οι διάχυτες πηγές επηρεάζουν ολοένα και περισσότερο τα υπόγεια νερά. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2008).

## 1.2 Σκοπός μεταπτυχιακής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η έρευνα του υδρογεωλογικού καθεστώτος της χαμηλής ζώνης βόρεια του Ολύμπου και η περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης σε ότι αφορά τις υφιστάμενες υδροδυναμικές και υδροχημικές συνθήκες. Για την επίτευξη του στόχου αυτού υπήρξε απαραίτητη η μελέτη και επεξεργασία των γεωλογικών, υδρογεωλογικών και υδρολογικών δεδομένων της περιοχής, καθώς και εργασίες υπαίθρου.

## 1.3 Εργασίες που υλοποιήθηκαν

Για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες εργασίες:

- Συλλογή βιβλιογραφικών στοιχείων που αφορούν την περιοχή έρευνας (προγενέστερες μελέτες, τομές κοινοτικών γεωτρήσεων, γεωλογικοί και τοπογραφικοί χάρτες)
- Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων των αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών (ΑΜΣ), του προγράμματος MEDDMAN, και επεξεργασία αυτών.
- Ψηφιοποίηση χαρτών: Για την απεικόνιση των γεωλογικών συνθηκών της περιοχής αλλά και της υδροδυναμικής και υδροχημικής κατάστασης που επικρατεί ήταν απαραίτητη η ψηφιοποίηση χαρτών. Έγινε η ψηφιοποίηση χαρτών ΙΓΜΕ 1:50.000 (Φύλλο Κονταριώτισσα- Λιτόχωρο, Φύλλο Κατερίνη και Φύλλο Κολινδρός), και ΓΥΣ 1: 50.000 με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.) στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87.
- Συλλογή δειγμάτων υπόγειων νερών στην περιοχή έρευνας την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 (ξηρή περίοδος) και Απριλίου 2015 (υγρή περίοδος). Στην περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 συλλεχθήκαν 17 δείγματα για κύρια ιόντα και 17 για βαρέα μέταλλα κυρίως στο κεντρικό και παράκτιο τμήμα της περιοχής μελέτης, ενώ την περίοδο του Απριλίου 2015 συλλεχθήκαν 27 δείγματα για τα κύρια ιόντα τα οποία κάλυπταν όλη την έκταση. Παράλληλα με τη συλλογή

δειγμάτων, έγιναν επιτόπου και μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού, όπως η θερμοκρασία, το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα.

- Εργαστηριακές αναλύσεις: Οι χημικές αναλύσεις των κύριων ανιόντων και κατιόντων (και για τις δύο περιόδους), πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, του τομέα Γεωλογικών Επιστημών της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π.
- Επεξεργασία χημικών αναλύσεων: Η επεξεργασία των χημικών αναλύσεων έγινε μέσω του προγράμματος Aquachem 5.1. Αρχικά έγινε η στατιστική επεξεργασία των χημικών παραμέτρων και στη συνέχεια με τα αποτελέσματα αυτών, προέκυψαν τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov, Schoeller, Ludwig Langeller και Wilcox.
- Σταθμημετρήσεις υπόγειων νερών: Οι μετρήσεις στάθμης πραγματοποιήθηκαν την περίοδο Οκτώβριος 2014 (ξηρή περίοδος) σε 19 γεωτρήσεις και την περίοδο Απρίλιος 2015 (υγρή περίοδος) σε 17 γεωτρήσεις. Για την οριοθέτηση της αρτεσιανής ζώνης, έγινε η απογραφή 13 γεωτρήσεων, που εμφάνιζαν αρτεσιανισμό με αυτόματη εκροή νερού στην επιφάνεια του εδάφους και στις δύο περιόδους μέτρησης.
- Σύνθεση χαρτών: Για την δημιουργία υδροχημικών και πιεζομετρικών χαρτών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό G.I.S. Αρχικά έγινε η ψηφιοποίηση των θέσεων, όπου έγιναν οι δειγματοληψίες και οι μετρήσεις στάθμης υπόγειων νερών, στη συνέχεια εισήχθησαν τα δεδομένα για κάθε θέση και προέκυψαν με τη μέθοδο Kriging οι χάρτες κατανομής των χημικών στοιχείων στο χώρο, καθώς και οι πιεζομετρικοί χάρτες.

## 1.4 Διάρθρωση εργασίας

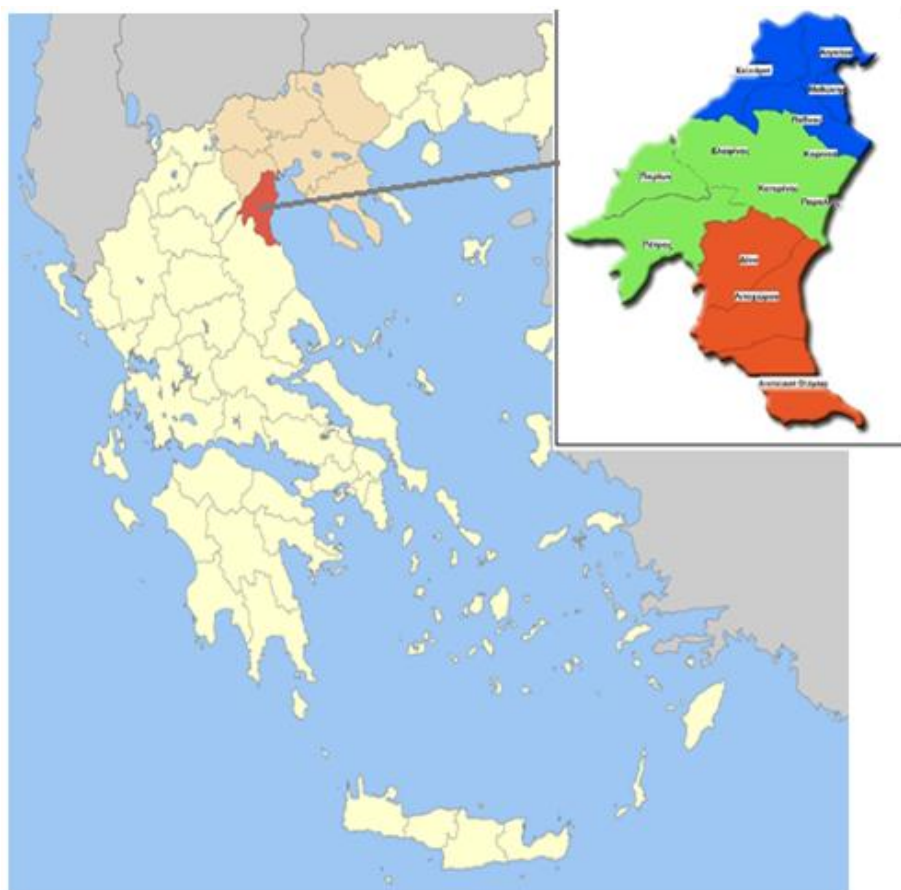
- **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>** : Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει μια εισαγωγή σχετικά με τη σημασία των υπόγειων υδάτων, το σκοπό της μεταπτυχιακής εργασίας, καθώς και τις εργασίες που υλοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση αυτής.
- **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>** : Σε αυτό γίνεται μια γενική περιγραφή του Ν. Πιερίας, καθώς και της περιοχής μελέτης. Παρατίθενται γεωγραφικά, πληθυσμιακά και ιστορικά στοιχεία της περιοχής.
- **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>** : Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί της μελετώμενης περιοχής, καθώς επίσης τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και το υδρογραφικό δίκτυο αυτής.
- **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>** : Το τέταρτο κεφάλαιο περιγράφει τις υδρογεωλογικές ενότητες, που απαρτίζουν την περιοχή, τις μετρήσεις στάθμης των δύο περιόδων, καθώς και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτές.
- **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>** : Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής έρευνας και παρουσιάζεται η επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων.
- **Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>** : Το έκτο κεφάλαιο, περιγράφει τις πιθανές πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών, φυσικής και ανθρωπογενούς προέλευσης.
- **Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>** : Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν, τους υδροχημικούς χάρτες και τα υδροχημικά διαγράμματα των υπόγειων νερών στην περιοχή μελέτης.
- **Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>** : Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας, όπως αυτά προκύπτουν από τα επιμέρους κεφάλαια.

**Παράρτημα:** παρατίθενται τομές γεωτρήσεων της περιοχή έρευνας, τα μηνιαία και ετήσια μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για κάθε δείγμα.

## 2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 2.1 Γεωγραφία του Ν. Πιερίας

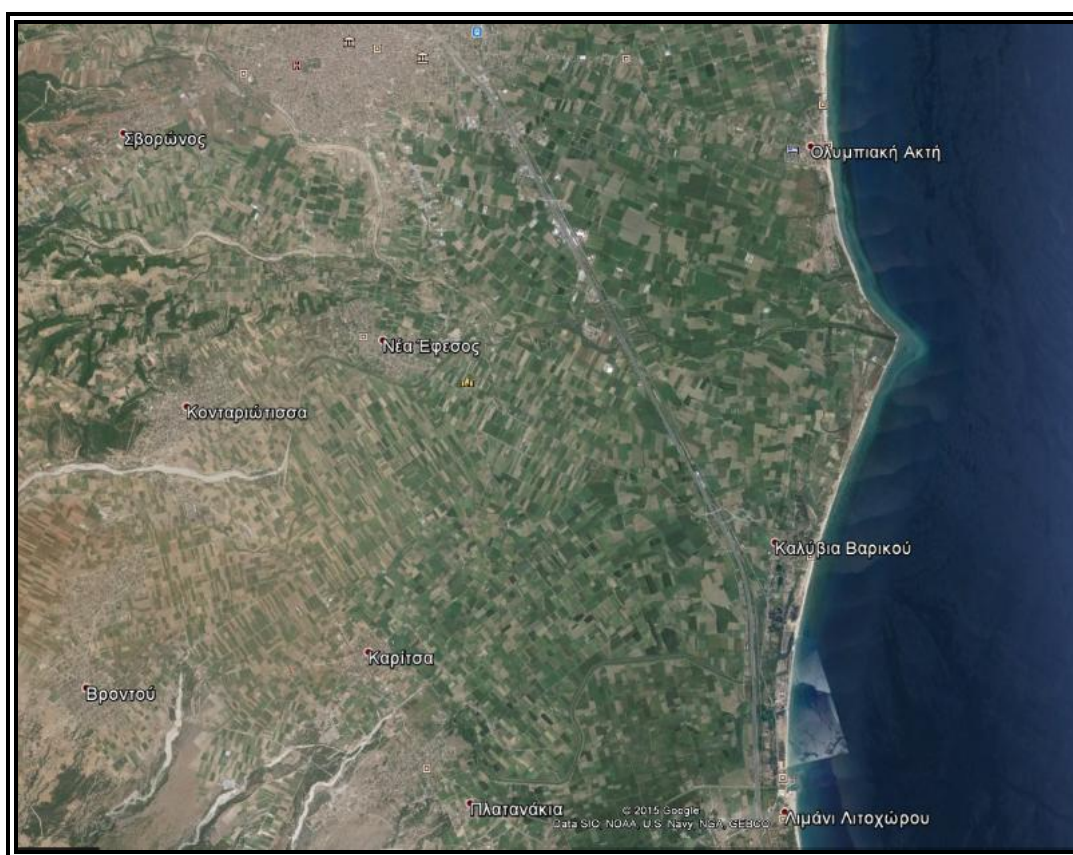
Ο Νομός Πιερίας ανήκει στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (Σχήμα 2.1). Πρωτεύουσα του νομού είναι η Κατερίνη και έχει έκταση 1.517 km<sup>2</sup> και συνολικό πληθυσμό 126.698 κατοίκους. Ο Νομός Πιερίας ορίζεται στα ανατολικά από το Θερμαϊκό Κόλπο, στα δυτικά από τον Όλυμπο και τα Πιέρια, στα βόρεια από τον ποταμό Αλιάκμονα, ενώ στο νότιο μέρος του βρίσκεται ο Πηνειός. Το μήκος των ακτών της Πιερίας ξεπερνάει τα 100 km. Συνορεύει με τους Νομούς Ημαθίας, Κοζάνης και Λάρισας. Διοικητικά διαιρείται σε τρεις 3 δήμους: Δήμος Δίου-Ολύμπου, Δήμος Κατερίνης και Δήμος Πύδνας – Κολινδρού.



Σχήμα 2.1 Χάρτης Νομού Πιερίας (Πηγή: <http://en.wikipedia.org>)

## 2.2 Γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής έρευνας

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στην βόρεια Ελλάδα, στην περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (Περιφερειακή Ενότητα Πιερίας) και υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Δίου – Ολύμπου. Ανήκει στο 9ο Υδατικό Διαμέρισμα και περιλαμβάνει τη χαμηλή ζώνη βόρεια του Ολύμπου, μεταξύ Ολύμπου και Πιερίων. Η περιοχή έρευνας, με έκταση 90 km<sup>2</sup>, οριοθετείται στα βόρεια από τον ποταμό Αίσωνα, στα νότια από την τάφρο Βαρικού και στα ανατολικά από το Θερμαϊκό κόλπο και βρίσκεται μεταξύ των χωριών Δίου, Βροντού, Άγιο Σπυρίδωνα, Κονταριώτισσα, Νέα Έφεσο και Καλύβια Βαρικού (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Δορυφορική εικόνα με τη θέση της περιοχής έρευνας( Πηγή Google Earth)



### 2.3 Πληθυσμιακά στοιχεία

Η περιοχή έρευνας, από την ενοποίηση του προγράμματος Καλλικράτης, περιλαμβάνει τη Δημοτική Ενότητα Δίου και τα Καλύβια Βαρικού από τη Δημοτική Ενότητα Λιτοχώρου. Με βάση τα στοιχεία από την Ελληνική Στατιστική Αρχή με την απογραφή του 2011, σχετικά με τον αριθμό των κατοίκων σε επίπεδο δήμου (Πίνακας 2.1), η περιοχή έρευνας παρουσιάζει τα εξής:

**Πίνακας 2.1** Διοικητικές ενότητες, πληθυσμιακά στοιχεία που περιλαμβάνει η περιοχή έρευνας (www.statistics.gr)

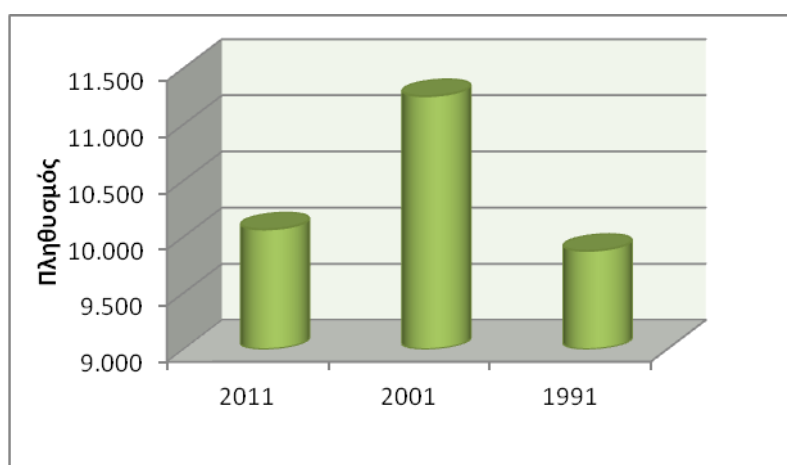
| Δήμος          | Δημοτική ενότητα | Κοινότητα        | Πληθυσμός 2011 | Συνολικός Πληθυσμός |
|----------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|
| ΔΙΟΥ - ΟΛΥΜΠΟΥ | ΔΙΟΥ             | Βροντούς         | 1.902          | 10.066              |
|                |                  | Καρίτσας         | 2.025          |                     |
|                |                  | Αγίου Σπυρίδωνος | 1.489          |                     |
|                |                  | Δίου             | 1.424          |                     |
|                |                  | Κονταριώτισσας   | 1.662          |                     |
|                |                  | Νέας Εφέσου      | 1.564          |                     |
|                | ΛΙΤΟΧΩΡΟΥ        | Καλύβια Βαρικού  | 38             | 38                  |

Το μεγαλύτερο πληθυσμό με 2.025 κατοίκους έχει η Κοινότητα Καρίτσας, ενώ το μικρότερο πληθυσμό τον συναντάμε στην περιοχή Καλύβια Βαρικού με 38 κατοίκους, που δεν αποτελεί αυτόνομη κοινότητα αλλά τμήμα της Κοινότητας Λιτοχώρου. Στον παρακάτω πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι μεταβολές του πληθυσμού ανά Κοινότητα, αλλά και του συνολικού πληθυσμού με βάση τα αποτελέσματα των απογραφών 1991 και 2001 της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ).

**Πίνακας 2.2** Πληθυσμιακά στοιχεία των κοινοτήτων της περιοχής έρευνας (Πηγή ΕΣΥΕ)

| Κοινότητα                  | Πληθυσμός     |               |              | Μεταβολή σε ποσοστό(%) |            |           |
|----------------------------|---------------|---------------|--------------|------------------------|------------|-----------|
|                            | 2011          | 2001          | 1991         | 1991-2001              | 2001-2011  | 1991-2011 |
| Βροντούς                   | 1.902         | 2.081         | 1.800        | 16                     | -9         | 6         |
| Καρίτσας                   | 2.025         | 2.220         | 2.205        | 1                      | -9         | -8        |
| Αγίου Σπυρίδωνος           | 1.489         | 1.558         | 1.337        | 17                     | -4         | 11        |
| Δίου                       | 1.424         | 1.554         | 1.300        | 20                     | -8         | 10        |
| Κονταριώτισσας             | 1.662         | 1.980         | 1.717        | 15                     | -16        | -3        |
| Νέας Εφέσου                | 1.564         | 1.859         | 1.516        | 23                     | -16        | 3         |
| <b>Συνολικός πληθυσμός</b> | <b>10.066</b> | <b>11.252</b> | <b>9.875</b> | <b>14</b>              | <b>-11</b> | <b>2</b>  |

Σύμφωνα με την απογραφή 2001 της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ), ο πρώην δήμος Δίου στον οποίο ανήκει η περιοχή έρευνας, αριθμεί συνολικά πληθυσμό 11.252 κατοίκων, ενώ σύμφωνα με την απογραφή 1991 ο πληθυσμός αριθμεί σε 9.875 κατοίκους. Παρατηρείται μια σημαντική μείωση του πληθυσμού σε ποσοστό 11% από το 2001 στο 2011, ενώ εμφανίζεται αύξηση του πληθυσμού κατά 14% κατά την περίοδο 1991-2001. Στον παρακάτω σχήμα 2.3 παρουσιάζεται η πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου Δίου, για τη δεκαετία 1991-2011.



**Σχήμα 2.3** Διακύμανση του συνολικού πληθυσμού της περιοχής έρευνας (πηγή ΕΛΣΑΤ)

Τα διαθέσιμα στοιχεία της ΕΣΥΕ κατά την απογραφή του 2001, σε σύνολο 3.888 οικονομικά ενεργών ατόμων, παρουσιάζουν τα 3.663 να είναι απασχολούμενοι, ποσοστό 94,2 %. Ο οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός του πρώην Δήμου Δίου είναι 4.531 άτομα, που αντιστοιχεί στο 45% του συνολικού πληθυσμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα και κυρίως την γεωργία και την κτηνοτροφία. Επίσης σημαντικό είναι το ποσοστό, που ασχολείται με τις τουριστικές επιχειρήσεις, λόγω της αρχαιολογικής σημασίας του Δίου και της ύπαρξης μουσείου και αρχαίου θεάτρου

## 2.4 Οικονομικές δραστηριότητες

Η οικονομία του νομού Πιερίας βασίζεται κυρίως στον τριτογενή και πρωτογενή τομέα. Στον Πίνακα 2.3 που ακολουθεί δίνονται τα ποσοστά απασχόλησης ανά τομέα σε επίπεδο νομού και χώρας το 2001.

**Πίνακας 2.3** Ποσοστά απασχόλησης ανά τομέα Ν. Πιερίας (www. statistics.gr)  
**Διάρθρωση του Α.Ε.Π. ανά τομέα οικονομικής δραστηριότητας (έτος 2001)**

| Τομέας              | Επίπεδο Νομού | Επίπεδο Χώρας |
|---------------------|---------------|---------------|
| Πρωτογενής τομέας   | 15,70%        | 7,00%         |
| Δευτερογενής τομέας | 7,40%         | 22,20%        |
| Τριτογενής τομέας   | 76,90%        | 70,80%        |

**Γεωργία - Κτηνοτροφία** Στον πρωτογενή τομέα, κυριαρχούν η γεωργία και η κτηνοτροφία. Διαδεδομένες καλλιέργειες είναι η καλλιέργεια καπνού κυρίως στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές, επίσης καλλιεργείται σιτάρι κριθάρι και καλαμπόκι, καθώς και δενδρώδεις καλλιέργειες όπως οι κερασιές και οι ροδιές. Σημαντική είναι η αύξηση των ακτινιδίων και η εξαγωγή αυτών.. Σε ότι αφορά την κτηνοτροφία, αυτή περιορίζεται κυρίως στην πτηνοτροφία, χοιροτροφία, καθώς και στην εκτροφή αιγοπροβάτων και βοοειδών. Τα εκτρεφόμενα είδη είναι κυρίως κατσίκες, πρόβατα, χοίροι, βοοειδή, κουνέλια, όρνιθες και άλλα είδη πουλερικών. Υπάρχουν επίσης ορισμένες σημαντικές μονάδες, που εκτρέφουν αγριογούρουνα και στρουθοκαμήλους. Από την εκμετάλλευσή τους παράγονται σημαντικές ποσότητες γάλακτος και κρέατος. (Πιερική Αναπτυξιακή, 2007)

### **Αλιεία**

Οι θαλάσσιες ακτές μήκους περίπου 100km, στις οποίες εκβάλλουν και τα πλούσια εσωτερικά ύδατα (ποταμοί, χείμαρροι), αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα για τη δυναμική ανάπτυξη του κλάδου. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το μεγάλο φυσικό κοίτασμα οστράκων στην περιοχή του Μακρυγιάλου, Όρμου Μεθώνης. Στην περιοχή έχουν αναπτυχθεί δυναμικά οι μυδοκαλλιέργειες, για τις οποίες έχουν εγκατασταθεί δεκάδες μονάδες σε έκταση πάνω από 600 στρέμματα. Η παραγωγή τους καλύπτει το 60 % της ελληνικής παραγωγής, ενώ μεγάλο μέρος εξάγεται.

### **Βιοτεχνία**

Οι σημαντικότεροι βιοτεχνικοί και βιομηχανικοί κλάδοι που αντιπροσωπεύουν τον δευτερογενή στην οικονομία της Πιερίας είναι ο κλάδος των επισκευών μεταφορικών μέσων, των ειδών διατροφής, των βιομηχανιών ξύλου, τελικών προϊόντων από μέταλλο, των ειδών υπόδησης, ενδυμασίας και διαφόρων ειδών από ύφασμα. Σημαντικό ρόλο παίζουν οι κλάδοι των ποτών, των υφαντικών, των εκτυπώσεων, του δέρματος και των γουναρικών, των προϊόντων από ελαστικό και πλαστική ύλη και προϊόντων χάρτου.

### **Τουρισμός**

Η Πιερία ανήκει στους πλέον τουριστικούς νομούς της Ελλάδας με μεγάλο αριθμό επισκεπτών και πολύ σημαντικούς τουριστικούς πόρους. Διαθέτει αξιόλογη τουριστική υποδομή (7.000 δωμάτια σε ξενοδοχειακές μονάδες, 6.000 ενοικιαζόμενα δωμάτια/ διαμερίσματα και 35 camping, άλλες μορφές καταλυμάτων, πολλά μέσα εστίασης και ψυχαγωγίας, τουριστικά γραφεία). Διαθέτη επίσης το παγκόσμιο γνωστό ιστορικό και φυσικό μνημείο, τον Όλυμπο και τα μυθικά Πιέρια Όρη καθώς και σημαντικούς αρχαιολογικούς χώρους όπως το Δίον, η Αρχαία Πύδνα, ο Προϊστορικός Οικισμός Μακρυγιάλου και Βυζαντινά – Μεταβυζαντινά Μνημεία.

### **Εμπόριο**

Από τις σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες των κατοίκων της Πιερίας είναι το εμπόριο. Στο χώρο του χονδρικού εμπορίου αναπτύσσονται κατά κύριο λόγο επιχειρήσεις που διακινούν γεωργικές και δασικές πρώτες ύλες, ζώντων ζώων, πρώτων υλών υφαντουργίας, κατεργασμένης ξυλείας και οικοδομικών υλικών, διατροφής, ποτών, προϊόντων καπνού και χαρτικών. Παράλληλα στο λιανικό εμπόριο, αναπτύσσονται κατά κύριο λόγο οι επιχειρήσεις, που διακινούν είδη διατροφής και ποτά, είδη ένδυσης και υπόδησης και χαρτικά.

### **Μεταφορές**

Οι μεταφορές αποτελούν σημαντικό κομμάτι των οικονομικών δραστηριοτήτων των κατοίκων του Νομού, καθώς διαθέτει έναν από τους μεγαλύτερους στόλους φορτηγών οχημάτων στην Ελλάδα που διακινούν προϊόντα στο εσωτερικό της χώρας και σε όλες τις χώρες της Ευρώπης

## 2.5 Ιστορία-Αρχαιολογία

Στους πρόποδες του Ολύμπου βρίσκεται το αρχαίο Δίον, η ιερή πόλη των Μακεδόνων, που φέρει το όνομα του πατέρα των θεών του Ολύμπου, Δία ( Σχήμα 2.4). Σε μια περιοχή με πλούσια βλάστηση που κατακλύζεται από νερά. Από τα ανασκαφικά ευρήματα προκύπτει ότι το Δίον καλύπτει μια χωρίς διακοπή ζωή 1000 χρόνων, από τον 5ο αι. π.Χ. έως 5ο αι. μ.Χ. Αρχαίοι Έλληνες συγγραφείς μας πληροφορούν ότι στο Δίον μαζεύονταν οι Μακεδόνες, για να τιμήσουν σε τακτά διαστήματα με θυσίες τους Ολύμπιους θεούς. Εδώ ο βασιλιάς Αρχέλαος, στα τέλη του 5ου αι. π.Χ. οργάνωσε αθλητικούς και σκηνικούς αγώνες, ενώ ο Φίλιππος γιόρτασε στο Δίον ένδοξες νίκες Στο ιερό του Διός Ολυμπίου στήθηκε το περίφημο χάλκινο σύνταγμα του Λυσίππου, που παρίστανε τους 25 ιπείς που έπεσαν στη μάχη του Γρανικού.

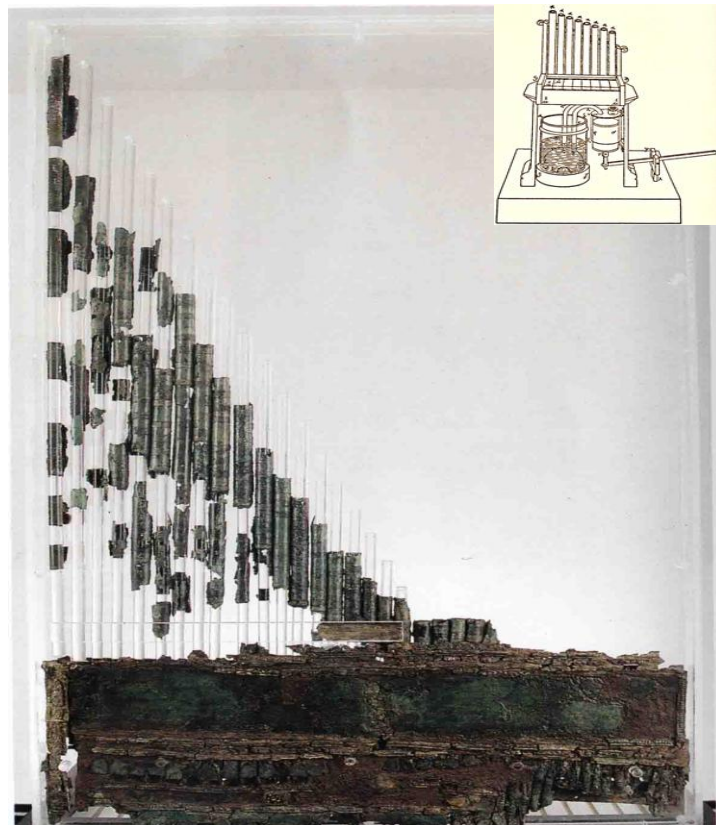


**Σχήμα 2.4** Αρχαιολογικός χώρος στο Δίον (Πηγή: <http://pieria-tourism.gr>)

Στα χρόνια του Φιλίππου του Ε΄, μετά από μία καταστρεπτική εισβολή, οι Αιτωλοί ισοπέδωσαν την πόλη. Στη μάχη της Πύδνας το 168 π.Χ. ο θάνατος του τελευταίου βασιλιά της Μακεδονίας Περσέα σήμανε την κατάλυση του μακεδονικού βασιλείου. Το Δίον γίνεται ρωμαϊκή αποικία στα χρόνια του Αυγούστου. Ο επίλογος γράφεται για το Δίον τον 5ο αι. μ.Χ., όταν καταστρεπτικοί σεισμοί, πλημμύρες και άλλες θεομηνίες σημαίνουν το τέλος της πόλης. Οι κάτοικοί της, την εγκαταλείπουν φοβισμένοι και ανεβαίνουν στα χαμηλά υψώματα του Ολύμπου αναζητώντας ασφάλεια.

Από τα σημαντικότερα ευρήματα που έφερε στο φως η αρχαιολογική σκαπάνη ήταν και η ύδραυλις. Η *ύδραυλις* (ή *ύδραυλος*), το λεγόμενο όργανο του νερού, ήταν επινοήση και εφεύρεση του μηχανικού Κτησίβιου από την Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου (Σχήμα . Ήταν αρχαιοελληνικό αερόφωνο όργανο της αρχαιότητας με ισχυρό και οξύ ήχο, χρησιμοποιούμενο στα θεάματα του ιπποδρόμου και στην εκτέλεση στρατιωτικής μουσικής. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του οργάνου αυτού ήταν το υδραυλικό σύστημα πάνω στο οποίο βασιζόταν για να λειτουργήσει, καθώς αυτό ήταν υπεύθυνο για την παραγωγή, κίνηση και ρύθμιση της πίεσης του αέρα, ο οποίος διοχετευόταν στους αυλούς διαμέσου μιας σειράς μοχλών.

Χρονολογείται στον 1<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ και είναι το παλαιότερο μουσικό όργανο του τύπου αυτού από το οποίο προήλθε το εκκλησιαστικό όργανο της Δύσης . Αυτό το όργανο παίζεται με δυο άτομα . Ο ένας πατά τα πλήκτρα ενώ ο άλλος πιέζει τον αέρα με το νερό. Η ύδραυλις του Δίου αποτελεί το πρώτο μνημειακό παράδειγμα του είδους που έχει έρθει στο φως.



**Σχήμα 2.5** Η ύδραυλις στο αρχαιολογικό μουσείο του Δίου (<http://users.sch.gr>)

## 2.6 Συνοπτικά συμπεράσματα

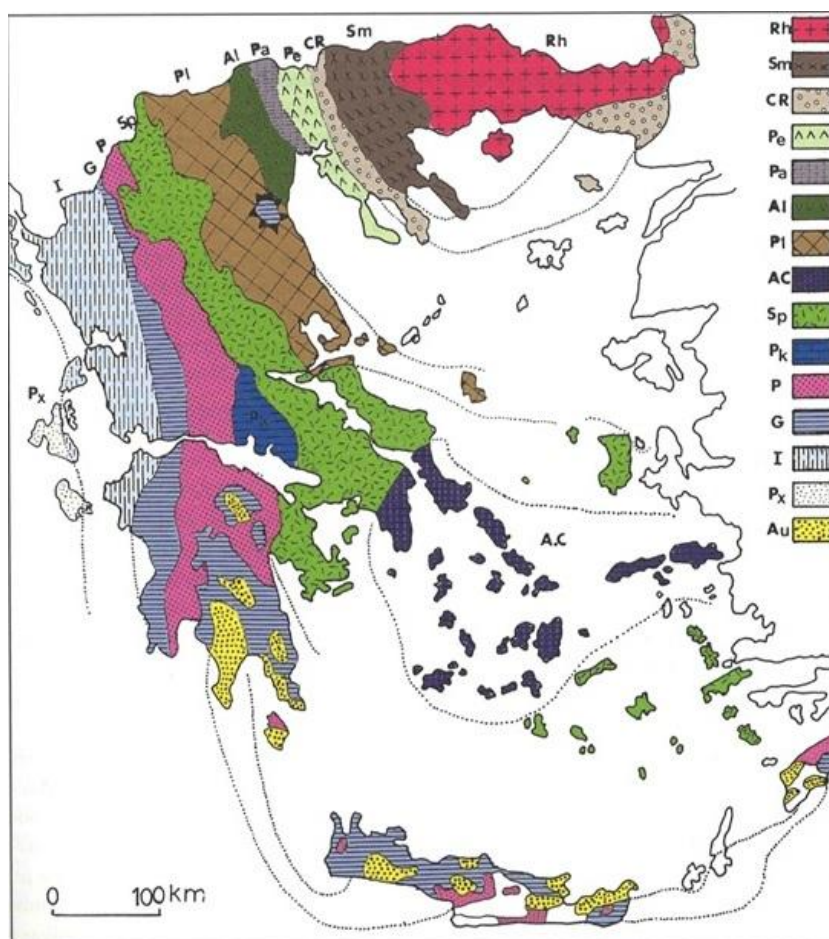
Με βάση τα παραπάνω μπορούν να συνοψιστούν τα εξής:

- Η περιοχή έρευνας υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Δίου – Ολύμπου και καταλαμβάνει έκταση 90 km<sup>2</sup>. Βρίσκεται μεταξύ των χωριών Δίον, Βροντού, Άγιο Σπυρίδωνα, Κονταριώτισσα, Νέα Έφεσο και Καλύβια Βαρικού.
- Ο συνολικός πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται στους 10.104 κατοίκους.
- Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα και κυρίως με την γεωργία και την κτηνοτροφία.
- Σημαντικό είναι και το ποσοστό που ασχολείται με τις τουριστικές επιχειρήσεις, εξαιτίας του Αρχαιολογικού χώρου του Δίου.

### 3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

#### 3.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Η ευρύτερη περιοχή της Περείας εντάσσεται στην Υποζώνη της Αλμωπίας (Ζώνη Αξιού), ενώ η ορεινή ζώνη των Πιερίων, ανατολικά της νοητής γραμμής Ελατοχωρίου - Ρητίνης - Φωτεινών – Πέτρας, εντάσσεται στη Πελαγονική Ζώνη (Εσωτερικές Ελληνίδες) όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1. Στην περιοχή εντοπίζεται το «Τεκτονικό Παράθυρο του Ολύμπου», η σημαντικότερη ανακάλυψη για τη Γεωλογία της Ελλάδας, καθώς επιβεβαίωσε την επώθηση των Ελληνικών ζωνών από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά.



Σχήμα 3.1 Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνικών ζωνών (Μουντράκης 1983)

Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Υποζώνη Παιονίας, Pa: Υποζώνη Πάικου, Al: Υποζώνη Αλμωπίας) =Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική Ζώνη, Ac: Αττικό - Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου- Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px : Ζώνη Παξών ή Προαπουλία, Au: Ενότητα «Πλακώδεις ασβεστόλιθοι-Ταλέα όρη» πιθανόν της Ιονίου ζώνης



### 3.2 Αλπική Γεωλογική Εξέλιξη της Πιερίας

Η υποζώνη της Αλμωπίας αποτελεί το δυτικό τμήμα της ζώνης Αξιού. Σήμερα θεωρείται ότι μαζί με τις Ζώνες Πάικου και Παιονίας αντιπροσωπεύει το υπόλειμμα ενός εκτεταμένου θαλάσσιου ωκεάνιου βυθίσματος (Παλαιο-Τηθύς), που βρισκόταν μεταξύ των ηπειρωτικών μαζών της Πελαγονικής Ζώνης προς δυσμάς και της Περιοδοπικής Ζώνης προς ανατολάς (Ψυρίλλος Α.,2010).

Η Αλμωπία κατέχεται κυρίως από οφειόλιθους και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας, από τα Άνωκρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα, καθώς και από μεταμορφωμένα πετρώματα προ-οφειολιθικά που αποτελούσαν πετρώματα του Πελαγονικού ηπειρωτικού περιθωρίου. Οι σχηματισμοί της ζώνης βρίσκονται υπό μορφή τεκτονικών λεπίων τα οποία από Ανατολικά προς τα Δυτικά επιπτεύουν ή επωθούνται το ένα επάνω στο άλλο και στο σύνολό τους επωθούνται προς Δυσμάς πάνω στην Πελαγονική ζώνη. Σαν αποτέλεσμα της λεπιοειδούς τεκτονικής, τα πετρώματα της Αλμωπίας εμφανίζονται σε συνεχείς επαναλήψεις και σχηματίζουν λέπια μικρής έκτασης καθώς και μεγάλεπια, χιλιομετρικής κλίμακας.

Η καταστροφή της ωκεάνιας περιοχής έγινε κατά τη διάρκεια της Αλπικής Ορογένεσης σε τρεις κύριες φάσεις:

- **1<sup>η</sup> Ορογενετική Περίοδος** Ανώτερου Ιουρασικού- Κάτω Κρητιδικού (112 ως 161 εκατ. χρόνια), η οποία συνδέεται με την καταστροφή της ωκεάνιας περιοχής και την επώθηση των οφειολίθων και των συνοδών ιζημάτων του ωκεανού της Τηθύς υπό μορφή τεκτονικών καλυμμάτων πάνω στο ανατολικό περιθώριο του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους. Το τεκτονικό αυτό κάλυμμα που επωθήθηκε πάνω στην Πελαγονική ζώνη ονομάζεται «Ηωελληνικό κάλυμμα» και προκάλεσε το σχηματισμό των οφειολιθικών μιγμάτων στο πέγμα των επωθημένων οφειολιθικών μαζών.
- **2<sup>η</sup> Ορογενετική Περίοδος** Ανώτερου Κρητιδικού- Μέσου Ηωκαίνου (40 ως 89 εκατ. χρόνια), η οποία συνδέεται με την οριστική ανάδυση της Ζώνης Αλμωπίας.
- **3<sup>η</sup> Ορογενετική Περίοδος** Ανώτερου Ηωκαίνου- Τέλος Ηωκαίνου (36ως 40 εκατ. χρόνια), κατά την οποία σημειώθηκε εκτεταμένη τεκτονική συμπίεση της ζώνης με τη δημιουργία τυπικής λεπιοειδούς τεκτονικής. Κατά τη διάρκεια αυτής

της φάσης, η Ζώνη Αλμωπίας τοποθετήθηκε λεπιοειδώς προς δυσμάς πάνω στην Πελαγονική Ζώνη.

Αντίστοιχα η Πελαγονική Ζώνη θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει το υπόλειμμα του ηπειρωτικού τεμάχους της Κιμμερικής Ηπείρου, το οποίο αποκολλήθηκε από την Αφρικανική ήπειρο, κινήθηκε προς τα βόρεια και συγκρούστηκε με την Ευρασιατική ήπειρο κατά τη διάρκεια της 1<sup>ης</sup> Ορογενετικής Περιόδου Ανώτερου Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού, με αποτέλεσμα την καταστροφή του ωκεανού της Παλαιο-Τηθύος (ζώνη Αλμωπίας). Η Πελαγονική ζώνη συγκροτείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, τους γνευσιωμένους γρανίτες, τα ημιμεταμορφωμένα Περμο- Τριαδικά πετρώματα, τα δύο ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού – Ιουρασικού, τους οφειολίθους και τα Ανωκρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα.

Στις δυτικές παρυφές του Ολύμπου (από την περιοχή Αγ. Κόρης –Βροντούς μέχρι το ρέμα Ζηλιάνα Λεπτοκαρυάς), η Ζώνη Αλμωπίας αντιπροσωπεύεται από περιορισμένες, διάσπαρτες εμφανίσεις οφειολιθικών σχηματισμών με συνοδά μεταϊζήματα. Τα πετρώματα της Ζώνης Αλμωπίας έχουν προς τα δυτικά τεκτονική επαφή με την ιζηματογενή σειρά του Ολύμπου, η οποία αποκαλύπτεται κάτω από το τεκτονικό κάλυμμα της Πελαγονικής Ζώνης υπό μορφή "τεκτονικού παραθύρου".

### **3.3 Μεταλλική Γεωλογική Εξέλιξη της Πιερίας**

Μετά το τέλος της Αλπικής ορογένεσης, κατά τη διάρκεια του Ολιγοκαίνου ως Κατώτερου Μειοκαίνου, ο ευρύτερος χώρος της Πιερίας κυριαρχείται από τη χερσαία μάζα της Πελαγονικής Ζώνης και της Ζώνης της Αλμωπίας, που αποτελούν τους σημερινούς όγκους του Ολύμπου και των Πιερίων. Αντίστοιχα, η σημερινή λοφώδης ως πεδινή περιοχή της Πιερίας, αποτελούσε τμήμα της ευρείας Λεκάνης του Θερμαϊκού. Μέσα στη λεκάνη αυτή κατά τη διάρκεια του Νεογενούς (Μέσο Μειόκαινο ως Ανώτερο Μειόκαινο) σημειώνεται απόθεση άμμων, αργίλων και μαργών, μέσα σε ένα περιβάλλον αβαθούς θάλασσας, λιμνοθάλασσας ή υφάλμυρης λίμνης. Στα περιθώρια της λεκάνης τα ποτάμια δημιουργούν εκτεταμένες δελταϊκές αποθέσεις, πλημμυρικά πεδία και τέλματα. Αυτές οι Νεογενείς ιζηματογενείς

αποθέσεις έχουν συνολικό, πραγματικό πάχος από 1600 ως 2000 m στην περιοχή Μοσχοποτάμου- Κατερίνης (Ψυρίλλος 2010, ΙΓΜΕ 2002, Κώτης 1997, ΙΓΜΕ 1986).

Κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειόκαινου ως Κατώτερου Πλειόκαινου ο εσωτερικός χώρος του Αιγαίου βρισκόταν σε καθεστώς συμπίεστικού πεδίου τάσεων με γενική διεύθυνση συμπίεσης  $\sigma_1$  ΒΔ-ΝΑ (Παυλίδης 2003). Εξαιτίας αυτού του πεδίου τάσεων, το βόρειο τμήμα της Πελαγονικής Ζώνης (Δυτική και Κεντρική Μακεδονία) ανυψώνεται (Μουντράκης 1983, Παυλίδης 1985), συμπαρασύροντας τους ορεινούς όγκους της Πιερίας και τα περιθώρια της Λεκάνης του Θερμαϊκού. Οι κατ' αυτό τον τρόπο ανυψωμένες Νεογενείς ιζηματογενείς αποθέσεις, αποτελούν σήμερα τη χαμηλή λοφώδη ζώνη της βόρειας και δυτικής Πιερίας. Αντιθέτως στα κεντρικά τμήματα της Λεκάνης του Θερμαϊκού, η καταβύθιση και η απόθεση ιζημάτων συνεχίζεται αδιάκοπα.

Κατά τη διάρκεια του Πλειόκαινου στον εσωτερικό χώρο του Αιγαίου, στη Μακεδονία και στη Θεσσαλία αναπτύχθηκε ένα εκτεταμένο εφελκυστικό πεδίο τάσεων με γενική διεύθυνση εφελκυσμού  $\sigma_3$  ΒΑ-ΝΔ (Παυλίδης 2003). Εξαιτίας αυτού του πεδίου, ο χώρος του Θερμαϊκού τεμαχίζεται περαιτέρω λόγω της δράσης κανονικών ρηγμάτων, με αποτέλεσμα την εκ νέου ανύψωση των περιθωρίων της Λεκάνης του Θερμαϊκού και την καταβύθιση το κεντρικού τμήματός της. Σε αυτή τη χρονική περίοδο σημειώνεται η μεγάλη επίκλυση της θάλασσας του Αιγαίου, που έφθασε μέχρι τις παρυφές της Έδεσσας κατακλύζοντας τη σημερινή πεδιάδα της Κεντρικής Μακεδονίας.

Στην περιοχή της Πιερίας, οι περιοχές που αποτελούνταν από τα ανυψωμένα Νεογενή ιζήματα (σημερινή χαμηλή λοφώδη ζώνη της βόρειας Πιερίας) δέχονται ήδη από το Πλειόκαινο χερσαίες διαβρωτικές επιδράσεις, ενώ κατά τόπους σημειώνεται απόθεση χερσαίων ερυθροστρωμάτων κατά το Πλειστόκαινο.

Αντίθετα, οι περιοχές χαμηλού υψομέτρου γύρω από τις ανυψωμένες αποθέσεις του Νεογενούς κατακλύζονται από τη θάλασσα κατά τη διάρκεια της επίκλυσης του Αιγαίου και αρχίζουν να δέχονται τα προϊόντα χερσαίας διάβρωσης που μεταφέρουν οι χείμαρροι. Η σημερινή πεδινή περιοχή της ζώνης Κορινού – Κατερίνης – Γρίτσας, θεωρείται ότι αποτελεί αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας σταδιακής

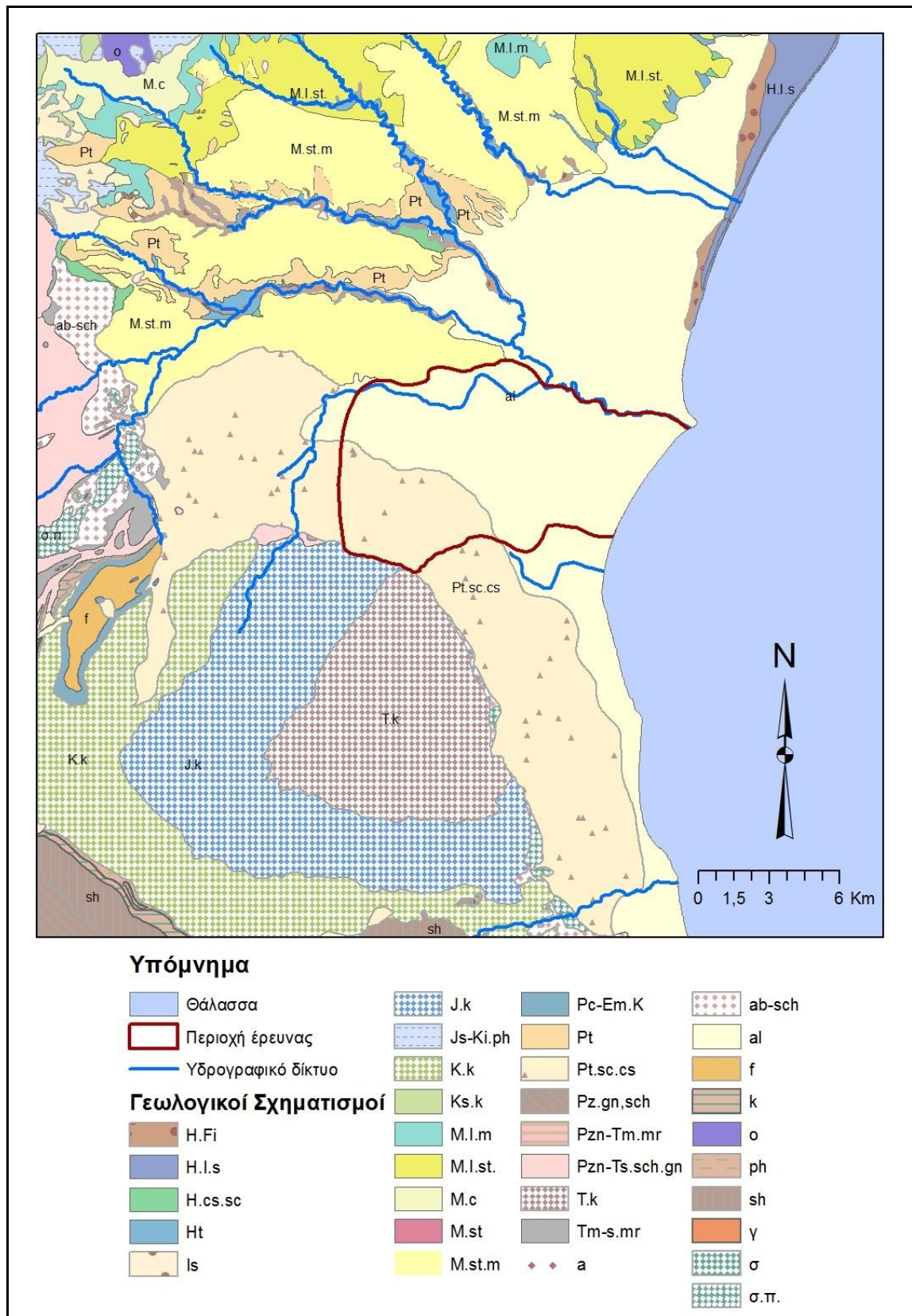
πλήρωσης, της ρηχής θάλασσας της Λεκάνης του Θερμαϊκού με ιζήματα, ήδη από το Πλειόκαινο μέχρι σήμερα (Κώτης 1997).

Από το Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα, ο εσωτερικός χώρος του Αιγαίου, βρίσκεται σε καθεστώς εφελκυσμού με γενική διεύθυνση  $\sigma_3$  B-N(Παυλίδης 2003). Σε αυτή τη χρονική περίοδο διαμορφώνονται οι πρόποδες του Ολύμπου στη σημερινή τους κατάσταση, με την απόθεση γιγάντιων αλλουβιακών ριπιδίων προς τα ανατολικά και βόρεια τους όρους (Ψιλοβίκος 1981). Σύμφωνα με τους Smith et al (1997), στη διαμόρφωση των βόρειων και ανατολικών προπόδων του Ολύμπου, συνέβαλε η δράση εκτεταμένων παγετώνων, οι οποίοι εκτιμάται ότι έφθαναν μέχρι το σημερινό υψόμετρο των 100m.

Οι βόρειες και βορειοανατολικές υπώρειες του Ολύμπου, οριοθετούνται από ζώνη κανονικών (εφελκυστικών) ρηγμάτων με παράταξη ΒΔ-ΝΑ ως ΒΒΔ-ΝΝΑ, τα οποία είναι ευδιάκριτα από την περιοχή του οικισμού Πέτρας, δυτικά του υψώματος Κούτρης, μέχρι την περιοχή του Πεδίου Βολής Λιτοχώρου και το πολεοδομικό συγκρότημα Λιτοχώρου (Ψιλοβίκος 1981). Τα ρήγματα αυτά τέμνουν και μετατοπίζουν τις παλαιότερες τουλάχιστον γενεές αλλουβιακών ριπιδίων.

### **3.4 Λιθοστρωματογραφία**

Στο σχήμα 3.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας, αλλά και της ευρύτερης περιοχής στον οποίο εμφανίζεται πλήθος διαφορετικών πετρωμάτων εξαιτίας σημαντικών τεκτονικών κινήσεων, που έδρασαν στην περιοχή. Η περιγραφή και τα γεωμετρικά στοιχεία των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής ακολουθούν στο κείμενο της παρούσας ενότητας.



**Σχήμα 3.2** Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας ( Τροποποιημένος από τα φύλλα του ΙΓΜΕ Κονταριάτισσας – Λιτόχωρο, Κατερίνης, Κολινδρός)

## **Ολόκαινο**

Ανθρωπογενείς αποθέσεις (a) : προστατευτικά αναχώματα κατά μήκος των ρεμάτων

Κατολισθήσεις (Is)

Αδρομερή υλικά από κροκαλολατύπες και άμμους (H.t) : στις κοίτες των χειμάρρων και υλικά χειμαρρωδών αναβαθμίδων μικρού πάχους. Σχηματίζουν τις αναβαθμίδες των ποταμών Πέλεκα και Μαυρονέρι, ύψους 3 και 5μ, από την κοίτη αντίστοιχα.

Αποθέσεις τεναγών(H.Is) : άργιλοι, αργιλούχοι άμμοι και πηλοί που σχηματίζουν αναχώματα κατά μήκος των ακτών με αποτέλεσμα τη δημιουργία τεναγών προς το εσωτερικό της κοιλάδας. Το χρώμα των αποθέσεων αυτών, είναι μαύρο εξαιτίας της οργανικής ύλης, που περιέχουν και προέρχεται από τα ελώδη φυτά.

Αλλουβιακές αποθέσεις (al) : ασύνδετα υλικά κυρίως αμμούχοι άργιλοι, άμμοι, χαλίκια, λεπτομερή πηλοαμμώδη, κροκαλολατύπες, ποικίλου μεγέθους και σύστασης και παράκτιοι σχηματισμοί. Το πάχος των αποθέσεων αυτών υπερβαίνει τα 60μ.

Πλευρικά κορήματα από κροκάλες και πηλούς (H.sc): που προέρχονται από την αποσάθρωση και εξαλλοίωση των νεογενών σχηματισμών, γενικά ασύνδετα.

Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων (H.Fi): μικρού πάχους από κροκάλες λατύπες και άμμους.

## **Πλειστόκαινο**

Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Pt.sc.cs) από ασβεστολιθικά κυρίως κροκαλολατυποπαγή, με συστατικά ποικίλου μεγέθους, χαλαρά ως συνεκτικά, με αργιλικό και ανθρακικό συνδετικό υλικό.

Χερσαίες αποθέσεις (Pt): κροκαλοπαγή επικρατούν κυρίως στα κατώτερα μέλη. Προς τα πάνω απαντούν ερυθρές άργιλοι, αργιλούχοι άμμοι με διάσπαρτες λατύπες, τοπικά ισχυρά συνεκτικές με αργιλικό ή ανθρακικό συνδετικό υλικό. Πάχος 60-70 m.

## **Κάτω Πλειόκαινο – Άνω Μειόκαινο**

Άργιλοι, μάργες, ψαμμίτες και άμμοι (M.st.m): καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση. Λεπτόκοκκες ή μεσόκοκκες αργιλούχοι άμμοι, σε εναλλαγές με κιτρινόφαιους ψαμμίτες και πρασινότεφρες αργίλους και μάργες. Σε πολλές θέσεις παρατηρούνται πάγκοι αρενιτικών ασβεστολίθων και πάγκοι ή φακοειδείς ενστρώσεις

κροκαλοπαγών, με κροκάλες χαλαζία, μεταμορφωμένων και ηφαιστειακών πετρωμάτων.

Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι της Σφενδάμης είναι απολιθωματοφόροι και χαρακτηριστικοί για την περιοχή). Τοπικά επικρατούν οι άργιλοι σε εναλλαγές με μεσόκοκκες άμμους, πηλούχους άμμους και απολιθωματοφόρους αργιλομάργες, και μικρές παρεμβολές μαργαϊκών ασβεστολίθων. Το χρώμα τους είναι τεφρό, πράσινο και υποκόανο. Πάχος: άνω των 700m.

Στις απολήξεις του σχηματισμού συναντώνται δελταϊκά ιζήματα που αποτελούνται από μη συνεκτικά κροκαλοπαγή, με αποστρογγυλωμένες και πεπλατυσμένες κροκάλες, διαμέτρου έως 30cm. Φέρουν ενστρώσεις ψαμιτών και κατά τόπους λιγνιτών. Οι ενστρώσεις των λιγνιτών περιέχουν πλούσια, μη καλοδιατηρημένη μικροχλωρίδα από σπόρους περιδοφύτων και γυρεόκοκκους και φυτοπλαγκτόν υφάλμυρης φάσης. Ηλικία: Πόντιο, Πάχος: άνω των 100m.

Ψαμιτίες, άργιλοι (M.I.st.) : ως επί το πλείστον χαλαρά ιζήματα από τεφροπράσινες αργίλους με παρεμβολές άμμων και πάγκους ψαμιτών μεγάλο πάχους. Στη λεκάνη Μοσχοποτάμου στα πρώτα 100m της εμφάνισης αυτής, παρατηρείται μια ερυθρωπή αργιλική ένστρωση πάχους 4-5 m (Θέση Λιβάδι, ρέμα Μοσχοποτάμου, Ασολιάρη). Το πάχος των ψαμιτικών πάγκων κυμαίνεται μεταξύ 15cm και 3m. Οι άμμοι είναι αδρόκοκκες και ελαφρώς συνδεδεμένες. Πάχος: 350-500m.

Στην περιοχή Σεβαστής Κίτρους συναντώνται ψαμιτίες λεπτο-χονδρόκοκκοι υπόλευκου χρώματος σε πάγκους των 3-4 m (παλαιότερα χρησιμοποιούνταν για δομικά υλικά) σε εναλλαγές με αργίλους. Μέσα στις αργίλους απαντούν ενστρώσεις μικρού πάχους από αμμούχα υλικά: έχουν χρώμα γκριζοκάστανο, που είναι χαρακτηριστικό για την περιοχή και φέρουν μαργαϊκά συγκρίματα.. Πάχος: 600m περίπου.

Αργιλομαργαϊκά ποταμολιμναία ιζήματα(M.I.m): στη βάση εναλλαγές κυρίως ερυθρών αργίλων, άμμων, λεπτόκοκκων ψαμιτών, με κροκαλοπαγείς ενστρώσεις μικρού πάχους (20-40 cm).

Προς τα πάνω, τα κροκαλοπαγή αντικαθίστανται από αδρόκοκκους και λεπτόκοκκους ψαμιτίες και οι ερυθρές άργιλοι από πρασινόχρες αργίλους. Στα ανώτερα μέλη της σειράς παρατηρούνται μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, καθώς επίσης και φακοειδείς ενστρώσεις λιγνιτικών κοιτασμάτων (περιοχή Μιλιάδη, Μοσχοπόταμο – Αγ.

Παρασκευή). Οι μεταξύ των λιγνιτικών στρωμάτων και αργλικές χουμώδεις ενστρώσεις περιέχουν πλούσια μικροχλωρίδα με άφθονη παρουσία γυρεοκόκκων. Ηλικία: Κατ. – Μέσο Μειόκαινο. Πάχος : 250-300m.

Κατώτερα κροκαλοπαγή (M.c) : συνεκτικά, καλά στρωμένα, πολυγενετικά, σε πάγκους μεγάλου πάχους, με καλά αποστρογγυλωμένες κροκάλες. Η συνδετική τους ύλη είναι ψαμμιτική και οι κροκάλες τους, προερχόμενες από τους υποκείμενους σχηματισμούς, παρουσιάζουν ποικιλία μεγέθους (από μερικά έως και 50cm) και σύστασης (κυρίως ανθρακική και λιγότερο οφιολιθική και ψαμμιτική). Κατά θέσεις μέσα στα κροκαλοπαγή παρεμβάλλονται ενστρώσεις ψαμμιτών, και ψαμμούχων μαργών, καστανέρυθρου χρώματος. Απολιθώματα δεν βρέθηκαν μέσα στα κροκαλοπαγή και η ηλικία τους συνεπάγεται από τη θέση των κανονικά υποκείμενων πετρωμάτων. Πάχος: ανέρχεται έως 350m (B. Μοσχοπόταμος), ενώ πλευρικά και προς τα Β και Ν μειώνεται αισθητά, (Συκέα, Παλιάμπελα, Αγ. Νικόλαος, Αρχάγγελος) και σχεδόν αποσφηνώνεται.

#### **Μέσο – Άνω Ηώκαινο**

Φλύσχη (f) : Εναλλαγές από τεφρά ως τεφροπράσινα αργλικά, αργιλοψαμμιτικά στρώματα ελαφρά μεταμορφωμένα σε φυλλίτες και σχιστόλιθους. Η εξάπλωσή του περιορίζεται στην βορειοδυτική πλευρά του Ολύμπου, όπου διατηρούνται τα κατώτερα μέλη του. Η επαφή του φλύσχη προς το ανθρακικό του υπόβαθρο δεν είναι σαφής. Πάχος: 200 – 250 m

#### **Παλαιόκαινο – Μέσο Ηώκαινο**

Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι (P<sub>C</sub> - E<sub>m</sub>k): στρωματώδεις με μερικές δολομιτικές παρεμβολές

#### **Κρητιδικό**

Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι(Ks.k): στα νοτιοανατολικά του χάρτη συναντώνται οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι της Πελαγονικής ζώνης. Τεφροί ως υποκίτρινοι, ανακρυσταλλωμένοι και έντονα τεκτονισμένοι, που υπέρκεινται ασύμφωνα στα οφιολιθικά πετρώματα. Μέσα σ' αυτούς διακρίνονται θραύσματα Ρουδιστών. Πάχος: περίπου 250m. Στα βορειοδυτικά του χάρτη συναντώνται οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι της ζώνης Αλμωπίας. Λευκοί ως τεφροί και στα κατώτερα στρώματα τοπικά καστανέρυθροι, συνήθως μεσοστρωματώδεις, κρυσταλλικοί ή ανακρυσταλλωμένοι, ρουδιστοφόροι, λατυποπαγείς ή πυριτικοί. Αποτελούν τα



ανώτερα μέλη κανονικής ελαφρά μεταμορφωμένης φλυσχοφυλλιτικής σειράς. Απολιθώματα: Ρουδιστές, θραύσματα ή ίχνη εχινόδερμων, γαστεροπόδων και τρηματοφόρων. Πάχος : 0-150m

Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι (K.k): της αυτόχθονης σειράς του Ολύμπου. Είναι τεφροί, μεσοπαχυστρωματώδεις με δολομιτικές παρεμβολές.

Σερπεντινίτες (σ.π): Πρόκειται για серπεντινωμένους περιδοτίτες τεκτονισμένους και κατά θέσεις κατακερματισμένους.

Μεταμορφωμένα βασικά οφιολιθικά και ηφαιστειοϊζηματογενή πρασινοπετρώματα (ab-sch): από αμφιβολίτες, αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους, πρασινίτες και χλωριτικούς, επιδοτικούς, πρασινιτικούς σχιστόλιθους με **ασβεστολιθικές** φακοειδείς ενστρώσεις και σώματα **серπεντινιτών** τεκτονικά τοποθετημένα μέσα σ' αυτά.

### **Ιουρασικό**

Φλυσχοφυλλιτική σειρά (J<sub>s</sub>-K<sub>i</sub>ph) : ελαφρά ως ημιμεταμορφωμένη φλυσχοειδής σειρά κλαστικών κυρίως ιζημάτων, από μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, αργιλοπηλιτικούς σχιστολίθους και φυλλίτες (με χαλαζία, αστρίους, σερικήτη, χλωρίτη) καθώς και μικρολατυποκροκαλοπαγή, από τεμάχια χαλαζιτών, ασβεστολίθων σχιστογενευσίων και μαρμάρων. Η σειρά παρουσιάζει τοπικά φακοειδείς ενστρώσεις τεφρών, λεπτο – ως μεσοστρωματωδών, ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων και δολομιτών (J<sub>s</sub> – K<sub>i</sub>.k). Περιλαμβάνει επίσης και μικρούς οφιολιθικούς ολισθολίθους (ol). Η φλυσχοφυλλιτική σειρά αναπτύσσεται επάνω σε οφιολιθικά πετρώματα.. Πάχος: από μερικά έως 250m.

Οφιόλιθοι(ο) : έντονα серпεντινωμένα και αποσαθρωμένα υπερβασικά – βασικά πετρώματα που είναι κυρίως πυρόξενικοί серпεντινίτες και δουνιτικοί серпεντινίτες με κρυστάλλους χρωμίτη. Στο περιθώριο του οφιολιθικού συστήματος και σε άμεση επαφή με τους серпεντινίτες εμφανίζονται διαβάσεις, ενώ με φλεβοειδή μορφή και σε μικρή ανάπτυξη διορίτες, μικρογάββροι και ροδινγίτες. Ηλικία: η τεκτονική τοποθέτησή τους έλαβε χώρα κατά το Ανώτερο Ιουρασικό.

Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες(J.k) : της αυτόχθονης σειράς του Ολύμπου. Εντοπίζονται τεφροί ως τεφρομέλανες, μεσο – παχυστρώδεις, τοπικά σχιστοπλακώδεις, νηριτικοί, οργανογενείς. Πάχος: 850m περίπου.

## **Τριαδικό**

Σχιστόλιθοι – γνευσιοσχιστόλιθοι (Pz<sub>n</sub> – T<sub>s</sub>.sch.gn) : μαρμαρυγιακοί, επιδοτικοί και πρασινιτικοί σχιστόλιθοι και γνευσιοσχιστόλιθοι μεταμορφωμένοι στην πρασινοσχιστολιθική φάση. Στα κατώτερα μέλη τους απαντούν παρεμβολές κρυσταλλικών ασβεστολίθων (Pz<sub>n</sub> - T<sub>m</sub>.mr) τεφρών, με λεπτές σχιστολιθικές ενστρώσεις που η ηλικία τους είναι παλαιοζωική – μεσοτριαδική και δίδεται συγκριτικά με ανάλογους σχηματισμούς του φύλλου Γόννοι (Γ. Μιγκίρος, 1980).

Τα ανώτερα μέλη τους μεταπίπτουν κανονικά σε μάρμαρα (T<sub>m-s</sub>.mr) τεφρά και λευκά μεσοπαχυστρωματώδη, πάχους 200 m περίπου. Η ηλικία τους είναι μεσο-ανωτριάδική.

Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες (T.k): της αυτόχθονης σειράς ενότητα Ολύμπου. Είναι τεφροί έως τεφρόμαυροι, υπόλευκοι ως υποκίτρινοι, λεπτοπαχυστρωματώδεις, νηριτικοί.

## **Παλαιοζωικό**

Σχιστόλιθοι – γνευσιοσχιστόλιθοι – γνεύσιοι (Pz.gn.sch): πρόκειται για μαρμαρυγιακούς, επιδοτικούς και αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους σε εναλλαγές με γνευσιοσχιστόλιθους και γνεύσιους. Τα πετρώματα αυτά διασχίζονται από γρανιτικές διεισδύσεις.

Μπλε σχιστόλιθοι και γνευσιοσχιστόλιθοι (sh) : πρασινογάλαζοι, μαρμαρυγιακοί, γλαυκοφανιτικοί σχιστόλιθοι και γνευσιοσχιστόλιθοι, που διασχίζονται κατά θέσεις από γρανοδιοριτικές διεισδύσεις (πρασινοσχιστολιθική – γλαυκοφανιτική φάση).

Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι (k): τεφροί κατά κανόνα λεπτοστρωματώδεις. Αυτοί μεταπίπτουν κανονικά προς τα κάτω σε: Μαρμαρυγιακούς – αλβιτικούς – λαβσονιτικούς σχιστόλιθους και αργιλοψαμμιτο – φυλλίτες (ph) φαιοκίτρινους ως τεφροπράσινους, μικροπτυχωμένους. Σειρά στρωμάτων μικρού πάχους έως 200 m.

Γρανιτικές – γρανοδιοριτικές και απλιτογρανιτικές διεισδύσεις(γ): που διασχίζουν τα κατώτερα μέλη του Πελαγονικού καλύμματος. Οι διεισδύσεις αυτές έλαβαν χώρα πριν την επώθηση.

### **3.5 Γεωλογία της περιοχής έρευνας**

Η ευρύτερη περιοχή που επηρεάζει άμεσα την συμπεριφορά της περιοχής έρευνας συνίσταται από τους παρακάτω γεωλογικούς σχηματισμούς (ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975):

#### **Ανθρακική σειρά Ολύμπου**

Περιλαμβάνει τους ασβεστόλιθους του Μεσοζωϊκού, ενώ στα ανώτερα τμήματά της σχηματισμούς του φλύσχη. Τα μάρμαρα του Ολύμπου, πρόκειται για σχηματισμούς που έχουν υποστεί έντονα την τεκτονική διεργασία κυρίως στις ανατολικές παρυφές, όπου διακρίνεται μια ζώνη κατακερματισμού και μυλωνιτίωσης. Τα πετρώματα αυτά είναι έντονα αποκαρστωμένα και αυτό είναι εμφανές από την απουσία της επιφανειακής αποροής.

#### **Κροκαλοπαγές του Ολύμπου**

Μεγάλη έκταση στην Α και ΒΑ παρυφή του Ολύμπου καταλαμβάνει ένας σχηματισμός από αδρομερή υλικά που προέρχονται από την αποσάθρωση των πετρωμάτων του Ολύμπου. Πρόκειται για ασβεστολιθικό συνεκτικό, λατυποκροκαλοπαγές με σαφή διάστρωση. Αποτελείται από λατύπες και κροκάλες ποικίλου μεγέθους που συνδέονται με λευκό ασβεστιτικό ή καστανέρυθρο ασβεστομαργαϊκό υλικό.

#### **Αναβαθμίδες**

Αναπτύσσονται ανατολικά των σχηματισμών της περιμέτρου του Ολύμπου και στην κοιλάδα του Αίσωνα και διαχωρίζονται στις:

##### **α) Ποτάμιες αναβαθμίδες**

Οι παλαιές αναβαθμίδες του Αίσωνα αναπτύσσονται στα τεκτονικά βυθίσματα και στις διαβρωσιγενείς κοιλάδες της περιοχής των νεογενών. Υψομετρικά βρίσκονται αρκετά χαμηλά σε σχέση με το όλο ανάγλυφο της περιοχής και αποτελούνται από αμμομαργαϊκά υλικά με σημαντική συμμετοχή αδρομερών στοιχείων, κυρίως γνευσιακών κροκάλων και ογκολίθων.

##### **β) Αναβαθμίδα παραλίας Λιτοχώρου - Αγ. Σπυρίδωνος**

Πρόκειται για παράκτια αναβαθμίδα, με μεταβαλλόμενη λιθολογική σύσταση που εκτείνεται μεταξύ των σχηματισμών του Ολύμπου και της πεδιάδας της Κατερίνης. Έχει μέσο πλάτος 1,5-2 km, μέγιστο μήκος 4 km περίπου κοντά στο Λιτόχωρο και

εκτείνεται μέχρι τη θάλασσα. Παρατηρείται βαθμιαία μετάβαση από τους αδρομερείς σχηματισμούς του Λιτοχώρου προς τους αργιλικούς του Αγίου Σπυρίδωνα. Το υλικό της αναβαθμίδας προέρχεται από την διάβρωση και απόπλυση του υλικού των σχηματισμών της περιμέτρου του Ολύμπου.

#### **Αργιλοαμμομαργαϊκές αποθέσεις της πεδιάδας της Κατερίνης**

Η πεδιάδα της Κατερίνης καλύπτεται από τεταρτογενείς αποθέσεις με αξιόλογο πάχος. Στην περιοχή νότια του Αίσωνα επικρατούν αργιλομαργαϊκά υλικά και σε σημαντικό ποσοστό άμμοι. Στο Βαρικό, Ν.Α της Ν. Εφέσου και γενικά στις θέσεις όπου υπήρχαν έλη, η σύσταση των αποθέσεων είναι καθαρά αργιλική. Στην παράκτια ζώνη υπάρχουν θίνες πλάτους μέχρι 1 km. Κατά μήκος των κοιλάδων υπάρχουν σύγχρονες ποτάμιες αποθέσεις, όπως στον Ξηρόλακα, όπου επικρατούν οι ασβεστολιθικές κροκάλες με άμμο και των αμμομαργαϊκών υλικών με γνευσιακές κροκάλες και ογκόλιθους στον Αίσωνα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΥΔΡΟΓΑΙΑ, το πάχος των τεταρτογενών αποθέσεων νότια του Αίσωνα, ξεπερνά πολλές φορές τα 250 m. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις της πεδιάδας περιέχουν ορίζοντες με άμμο, ψηφίδες και κροκάλες, που αποτελούν σημαντικές υπό πίεση υδροφορίες.

Ο Ψιλοβίκος (1981) περιγράφει αναλυτικά τις γεωμορφολογικές – μορφογενετικές, τεκτονικές, ιζηματολογικές και κλιματικές διεργασίες, που οδήγησαν στο σχηματισμό και ρύθμισαν την εξέλιξη των αλλουβιακών ριπιδίων του στους ανατολικούς και βόρειους πρόποδες του Ολύμπου (Ψυρίλλος 2010). Με βάση τα γεωμορφολογικά, γεωλογικά και ιζηματολογικά στοιχεία, ο Ψιλοβίκος (1981) διακρίνει τρεις διαδοχικές γενιές ριπιδίων:

- 1<sup>η</sup> γενιά: επικρατούν συμπαγή ριπιδιοπαγή (ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή). Η απόθεσή τους, έγινε κατά το Κατώτερο Βιλλαφράγκιο-Κατώτερο Πλειστόκαινο, σε κλίμα θερμό- ξηρό ως ημίξηρο (πάχος άνω των 600 m).
- 2<sup>η</sup> γενιά: επικρατούν συμπαγή και χαλαρά ριπιδιοπαγή. Η απόθεσή τους έγινε κατά το Κατώτερο- Μέσο Πλειστόκαινο, σε περιπαγετώδεις κλιματικές συνθήκες (πάχος κάτω των 200 m).
- 3<sup>η</sup> γενιά: επικρατούν χαλαρά ριπιδιοπαγή. Η απόθεσή τους έγινε κατά το Μέσο- Ανώτερο Πλειστόκαινο, σε παγετώδεις ως περιπαγετώδεις κλιματικές συνθήκες (πάχος κάτω των 300 m).

Ο Ψιλοβίκος (1981) αναφέρει ότι στα αλλουβιακά ριπίδια κυριαρχούν οι αποθέσεις χονδροκλαστικού ασβεστολιθικού, ενώ μικρή συμμετοχή έχουν οι αποθέσεις ερυθροστρωμάτων και ολισθολίθων. Πιο συγκεκριμένα και ανεξάρτητα από τις γενεές απόθεσης, ο ίδιος ερευνητής διακρίνει τους κάτωθι λιθολογικούς τύπους:

1. **Ριπιδιοπαγή Α'** τύπου (ορθο-κροκαλοπαγή): τα οποία αποτελούνται από χονδροκλαστικό υλικό, με πολυπληθυσμιακές κοκκομετρικές κατανομές και φτωχή ταξινόμηση, χαρακτηριστικά τα οποία ερμηνεύονται ως δείκτες περιορισμένης επεξεργασίας. Ο τύπος αυτός διαθέτει κατά θέσεις εσωτερική διάταξη και οργανωμένη δομή. Πρόκειται για τυπικούς σχηματισμούς της κεφαλής των ριπιδίων και θεωρείται ότι σχηματίστηκαν σε συνθήκες έντονης μεταφοράς υλικού από τον Όλυμπο και απόθεσής τους μέσα και έξω από τις κοίτες και τις εκβολές των χειμάρρων. Τα ριπίδια αυτά κατέχουν τα βαθύτερα τμήματα και έχουν παραμείνει στην επιφάνεια μόνο στην περιοχή Πέτρας και Λιτοχώρου. Πρόκειται για κροκαλοπαγείς σχηματισμούς (ριπιδιοπαγή) σημαντικού πάχους με μεγάλη συνεκτικότητα (συμπαγή), που έχουν υποστεί έντονη τεκτονική και καρστική δράση (μεταποθετικά φαινόμενα). Τα ριπίδια της 1<sup>ης</sup> γενιάς φαίνεται ότι είχαν μεγάλη επιφανειακή και σε βάθος ανάπτυξη, ώστε αποτελούσαν ένα σχηματισμό με σύνθετη μορφή που κάλυπτε ολόκληρη την περιθωριακή ζώνη Ολύμπου/λεκάνης Θερμαϊκού.

2. **Ριπιδιοπαγή Β'** τύπου (παρα-κροκαλοπαγή): πρόκειται για υλικά που βρίσκονται μέσα στα ριπιδιοπαγή Α' τύπου 1<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> γενιάς. Αποτελούνται από ανάμικτα χονδροκλαστικά υλικά και λεπτοκόκκινο αργιλικό υλικό, με διπλοπληθυσμιακή κοκκομετρική κατανομή, πολύ κακή ταξινόμηση, ενώ απουσιάζει η εσωτερική διάταξη και δομή (άτακτη ανάμιξη υλικών). Ερμηνεύονται ως αποθέσεις δεβριτικών ροών (debris flow) και λασπορροών, που συνέβησαν ως συνέπεια έντονων και βίαιων μετεωρολογικών φαινομένων επεισοδιακού χαρακτήρα. Τα ριπίδια αυτά κατέχουν την υψηλότερη επιφάνεια της ζώνης με σημαντική επέκταση προς τα ανατολικά. Εναλλασσόμενα στρώματα από κροκαλοπαγή (ριπιδιοπαγή) ψαμμίτες και χαλαρά χονδροκλαστικά υλικά με κλίση προς τα ανατολικά χαρακτηρίζουν τα υλικά της 2<sup>ης</sup> γενιάς. Έντονη ποτάμια διάβρωση και τεκτονική δράση, έχουν μεταβάλει σε σημαντικό βαθμό την αρχική δομή των υλικών αυτών.

3. **Ριπιδιοπαγή Γ'** τύπου (ορθο-κροκαλοπαγή): αποτελούνται από χονδροκλαστικό υλικό (κροκάλες και άμμοι), με μόνο ή διπλοπληθυσμιακές κοκκομετρικές κατανομές, μέτρια – καλή ταξινόμηση, χαρακτηριστικά τα οποία ερμηνεύονται ως δείκτες καλής επεξεργασίας και καλύπτουν τα υλικά των ριπιδίων της 2<sup>ης</sup> γενιάς στο χώρο αυτό. Ο τύπος αυτός διαθέτει σαφή εσωτερική διάταξη και καλά οργανωμένη δομή. Τα υλικά αυτά προήλθαν από διάβρωση στο υπόβαθρο του Ολύμπου και στα ριπιδιοπαγή από τις προηγούμενες γενιές. Θεωρείται ότι αποτελούν αποθέσεις κοίτης, φραγμάτων και όχθης σε υδατορεύματα μικρής κλίσης και ρυθμικής ροής, στον πόδα των αλλουβιακών ριπιδίων.

4. **Ερυθροστρώματα**: συνοδεύουν τα ριπιδιοπαγή Α' τύπου στα αλλουβιακά ριπίδια 1<sup>ης</sup> γενιάς. Παρουσιάζουν φτωχή ταξινόμηση και ερυθρό χρώμα. Ερμηνεύονται ως τοπικές, περιορισμένες, χερσοποτάμιες αποθέσεις.

Τα αλλουβιακά ριπίδια της περιοχής δεν είναι αυτόνομα και ανεξάρτητα αλλά πολύπλοκοι και σύνθετοι σχηματισμοί που χαρακτηρίζονται από:

- Πλευρική επικάλυψη στα ανεξάρτητα αλλουβιακά ριπίδια κάθε γενιάς και το σχηματισμό μια αδιαίρετης ζώνης ριπιδίων ( bajada,glacis).
- Διαδοχική υπερκάλυψη των πιο παλιών από τις πιο νέες γενιές σύνθετων αλλουβιακών ριπιδίων.
- Έντονη τεκτονική δράση, δηλαδή ρήγματα και μετακινήσεις τεμαχών, που έχει αλλοιώσει σε σημαντικό βαθμό την αρχική αποθετική δομή των υλικών και τους μορφολογικούς χαρακτήρες των ριπιδίων.

Τα αλλουβιακά ριπίδια του Ολύμπου υπέρκεινται στρωματογραφικά, συνεπώς είναι μεταγενέστερα, των Νεογενών (Μειόκαινο-Πλειόκαινο) ιζηματογενών πετρωμάτων (άμμοι, άργιλοι, μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι) που συναντώνται στη λοφοσειρά Λόφου- Κονταριώτισσας- Νέας Εφέσου. Το συνολικό τους γεωλογικό πάχος είναι άνω των 800 m. Προς τα κατάντη τα αλλουβιακά ριπίδια του Ολύμπου μεταπίπτουν πλευρικά στις αλλουβιακές ιζηματογενείς αποθέσεις, ηλικίας Τεταρτογενούς, της πεδιάδας Καρίτσας- Βαρικού.

### 3.6 Τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου

Οι απότομες ψηλές κορυφές του Ολύμπου, που κατέχονται από μία συνεχή ανθρακική ιζηματογενή σειρά ηλικίας Τριαδικού-Ηωκαίνου, περιβάλλονται τελείως από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο και τα Τριαδικά μάρμαρα της Πελαγονικής ζώνης (Σχήμα 3.4). Αναλυτικά το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο αποτελείται από γνευσίους οφθαλμομοειδείς, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, γρανίτες και οφειολίθους (προαλπικούς). Πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες βρίσκονται τα μάρμαρα Τριαδικού-Ιουρασικού υπό μορφή επικαλύμματος..

Η ανθρακική ιζηματογενής σειρά της περιοχής των κορυφών του Ολύμπου περιλαμβάνει τα παρακάτω στρώματα από κάτω προς τα πάνω:

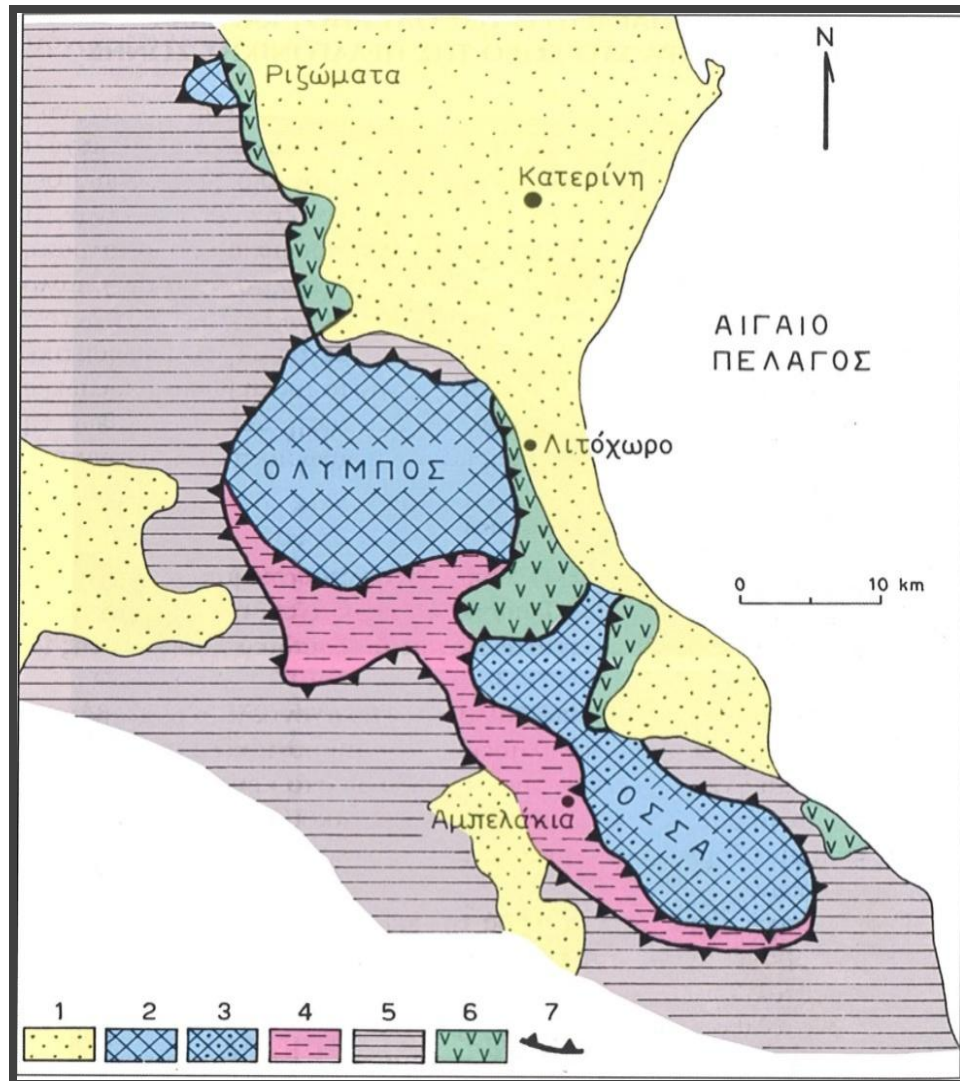
- Ασβεστόλιθοι και δολομίτες ηλικίας Άνω Τριαδικού
- Ασβεστόλιθοι και δολομίτες Ιουρασικού
- Ασβεστόλιθοι και δολομίτες Κρητιδικού –Κάτω Ηωκαίνου
- Φλύσχη σχιστοψαμμιτοκροκαλοπαγής ηλικίας Ηωκαίνου

Η σειρά του Ολύμπου περιβάλλεται τελείως από τα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, τα οποία εμφανίζονται να επωθούνται πάνω στη σειρά του Ολύμπου από όλες τις πλευρές. Πολλές φορές η επώθηση συνοδεύεται από έντονη μυλωνιτίωση των στρωμάτων όπως συμβαίνει στην περιοχή παλαιάς Βροντούς από το ρεύμα Ξηρολάκι.

Ύστερα από τις τεκτονικές παρατηρήσεις (κατά GODFRIAUX 1968) διαπιστώνεται ότι ολόκληρη η Πελαγονική ζώνη, έχει επωθηθεί πάνω στις εξωτερικές ζώνες, όπου ένα τμήμα – η σειρά Ολύμπου- αποκαλύπτεται υπό μορφή τεκτονικού παραθύρου κάτω από το επωθημένο κάλυμμα της Πελαγονικής. Η απόθεση αυτή έγινε οπωσδήποτε μετά την απόθεση του φλύσχη της σειράς του Ολύμπου, κατά τη διάρκεια του Ολιγοκαίνου και μέχρι το Κατώτερο Μειόκαινο.

Τα διαδοχικά τεκτονικά καλύμματα της Πελαγονικής Ζώνης και της Ζώνης Αλμωπίας τοποθετήθηκαν πάνω στην Αυτόχθονη Ιζηματογενή Σειρά του Ολύμπου, δημιουργήθηκε η μεγάλη αντικλινική δομή του Ολύμπου, δημιουργήθηκαν δομές λεπιοειδούς τεκτονικής στην Πελαγονική Ζώνη και εν τέλει σχηματίστηκε το "τεκτονικό παράθυρο" του Ολύμπου έπειτα από τη διάβρωση των τεκτονικών καλυμμάτων της Πελαγονικής και της Ζώνης Αλμωπίας (Σχήμα 3.5) (Μουντράκης

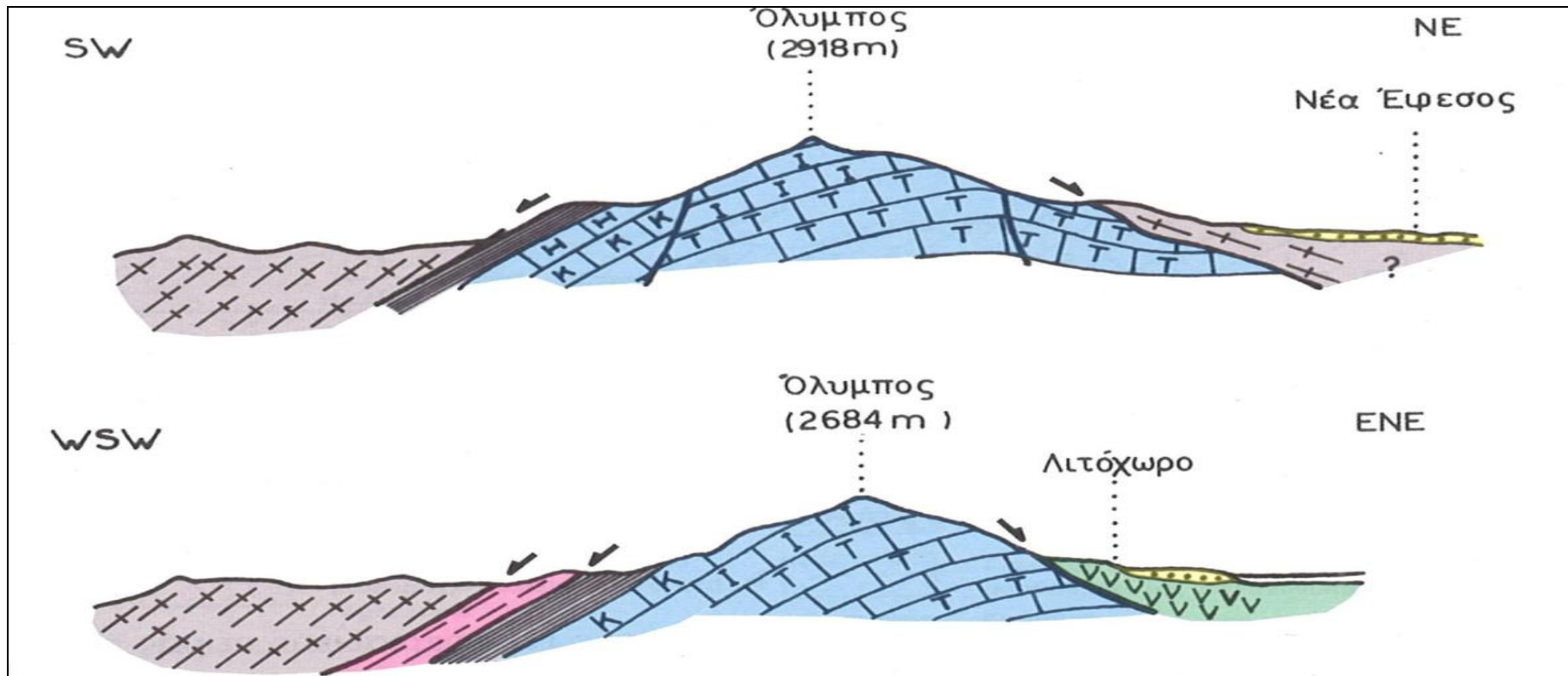
1985, Ψιλοβίκος 1981). Τα γεγονότα αυτά σηματοδότησαν το τέλος της Αλπικής Ορογένεσης στην ευρύτερη περιοχή της Πιερίας και το τέλος των φαινομένων της συμπίεστικής τεκτονικής



**Σχήμα 3.3** Γεωλογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής του παραθύρου του Ολύμπου (Μουντράκης 1985)

1: Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις 2: Αυτόχθονη σειρά Ολύμπου 3: υποκείμενος ανθρακικός ορίζοντας ανάλογος της σειράς Ολύμπου 4: σειρά Αμπελάκια 5: Πετρώματα της Πελαγονικής Ζώνης 6: οφειόλιθοι και φυλλιτικά πετρώματα προερχόμενα από τη ζώνη Αξιού (Ηωελληνικό κάλυμμα) 7: επωθήσεις





Σχήμα 3.4 Σχηματικές γεωλογικές τομές με την πολύπλοκη τεκτονική των καλυμμάτων (Μουντράκης 1985)

Η μελέτη του Ολύμπου απέδειξε ότι έχει χαρακτηριστικά που μοιάζουν με αυτά των εξωτερικών Ελληνικών ζωνών και όχι με την Πελαγονική, που ανήκει ή άλλες Ελληνικές ζώνες. Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι:

1. Η ιζηματογένεση στη σειρά Ολύμπου ήταν συνεχής από το Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο. Αυτό δείχνει ότι δεν επέδρασαν πρώιμες ορογενετικές φάσεις που επέδρασαν στις εσωτερικές ζώνες (Αν.Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό, Κρητιδικό)
2. Η συνεχής ανθρακική σειρά είναι νηριτική με πάχος 2.500 μέτρα, που δείχνει ότι πρόκειται για ιζηματογένεση υβώματος.
3. Από όλη τη σειρά του Ολύμπου ξεκινώντας από το ρέμα του Ενιπέα, στην περιοχή Αγίου Διονυσίου, την Πετρόστρουγκα, κορυφή του Μύτικα, Προφήτη Ηλία καταλήγοντας στο ρέμα του Ενιπέα απουσιάζουν τα πυριγενή πετρώματα (γρανίτες, γάββροι, βασάλτες, οφιόλιθοι), που είναι διαδεδομένα στις εσωτερικές ζώνες.
4. Τα ιζήματα της σειράς δεν έχουν υποστεί την γενική μεταμόρφωση των ιζημάτων των Εσωτερικών Ζωνών.
5. Απουσιάζει το κροκαλοπαγές βάσης χαρακτηριστικό της μέσο-ανωκρητιδικής επίκλυσης των Εσωτερικών Ζωνών.
6. Ο φλύσχος αποτέθηκε στο Ηώκαινο ενώ στις εσωτερικές ζώνες άρχισε από το Μαιστρίχτιο.

Συμπεραίνεται ότι η σειρά του Ολύμπου, ανήκει στις Εξωτερικές Ελληνικές Ζώνες των οποίων παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά. Μεγαλύτερη ομοιότητα δείχνει με τη ζώνη Γαβρόβου- Τρίπολης στην οποία και αποδόθηκε παρόλο που ομοιότητες υπάρχουν και με την ζώνη Παρνασσού Γκιώνας. Διαπιστώνεται ότι ολόκληρη η Πελαγονική έχει επωθηθεί πάνω στις Εξωτερικές Ζώνες, ένα τμήμα των οποίων – η σειρά του Ολύμπου – αποκαλύπτεται υπό μορφή τεκτονικού παραθύρου κάτω από το επωθημένο κάλυμμα της Πελαγονικής. Η απόθεση αυτή έγινε μετά την απόθεση του φλύσχη της σειρά του Ολύμπου δηλαδή στο Ανώτερο Ηώκαινο - Ολιγόκαινο.

### 3.7 Μορφολογία

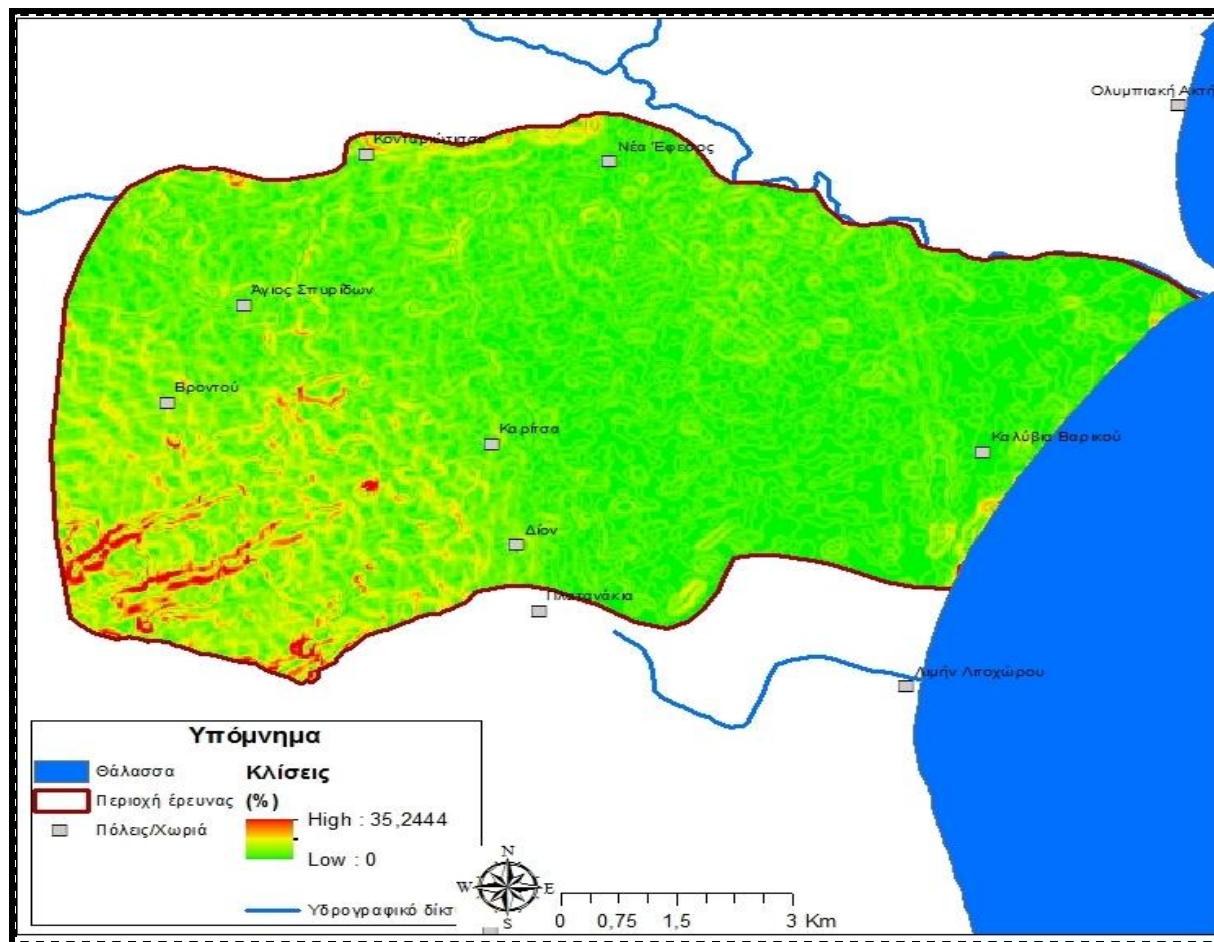
Η ευρύτερη περιοχή, μπορεί να διακριθεί στις ακόλουθες μορφολογικές ενότητες : Όλυμπος – Πιέρια – Λοφώδης περιοχή των νεογενών – περίμετρος του Ολύμπου – πεδιάδα Κατερίνης.

Ο ορεινός όγκος του Ολύμπου χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο με βαθιές ρηγματογενείς κοιλάδες με μεγάλες κλίσεις πρηνών οι οποίες οφείλονται στους σχηματισμούς που συμμετέχουν στη δομή του (μάρμαρα- ασβεστόλιθοι), καθώς και στην τεκτονική και καρστική διεργασία. Βορειοδυτικά του Ολύμπου εκτείνεται ο ορεινός όγκος των Πιερίων, με ανάγλυφο απαλότερο γενικά του Ολύμπου και βαθιές διαβρωσιγενείς κοιλάδες, που έχουν μικρές κλίσεις πρηνών.

Η περίμετρος του Ολύμπου αποτελεί μια περιοχή μεγάλης έκτασης που εκτείνεται κατά μήκος προς τις Α και ΒΑ υπώρειες από Πλαταμώνα μέχρι Πέτρα. Το πλάτος του είναι γενικά μικρό (4-5 km), εκτός από την περιοχή Βροντούς-Ξηρόλακκα όπου υπερβαίνει τα 10 km. Έχει σχετικά μικρή κλίση, βαθιές χαραδρώσεις και καλύπτεται από αδρομερή προϊόντα της αποσάθρωσης των σχηματισμών του Ολύμπου.

Στην περιοχής έρευνας συναντάμε τη ζώνη των αλλουβιακών ριπιδίων που περιβάλλουν τους πρόποδες του Ολύμπου προς τα βόρεια και ανατολικά και το πεδινό τμήμα που εκτείνεται μέχρι την ακτογραμμή.

Το ριπίδιο Βροντούς έχει κεφαλή στην περιοχή Παλαιάς Βροντούς – Αγίας Κόρης σε υψόμετρο 300-350m και εκτείνεται με μορφή βεντάλιας μέχρι την Καρίτσα τις παρυφές της Κονταριώτισσας, τον Άγιο Σπυρίδωνα. Η κλίση του εδάφους παρουσιάζει μεν μεταβαλλόμενη διεύθυνση κλίσης (μορφή βεντάλιας), αλλά έχει ομαλά μεταβαλλόμενες γωνίες μορφολογικής κλίσης που κυμαίνονται από 4-7° στους πετροπρόποδες του Ολύμπου (περιοχή Αγίας Κόρης) και βαίνουν μειούμενες προς τα ΒΒΑ (περίπου 2-4° στο σώμα του ριπιδίου) στις παρυφές της Κονταριώτισσας και την πεδινή περιοχή της Καρίτσας, όπου οι κλίσεις πρακτικά μηδενίζονται καταλήγοντας στο παράκτιο τμήμα της περιοχής μελέτης. Στο σχήμα 3.6 παρουσιάζεται ο χάρτης κλίσεων της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 3.5 Χάρτης κλίσεων της περιοχής έρευνας

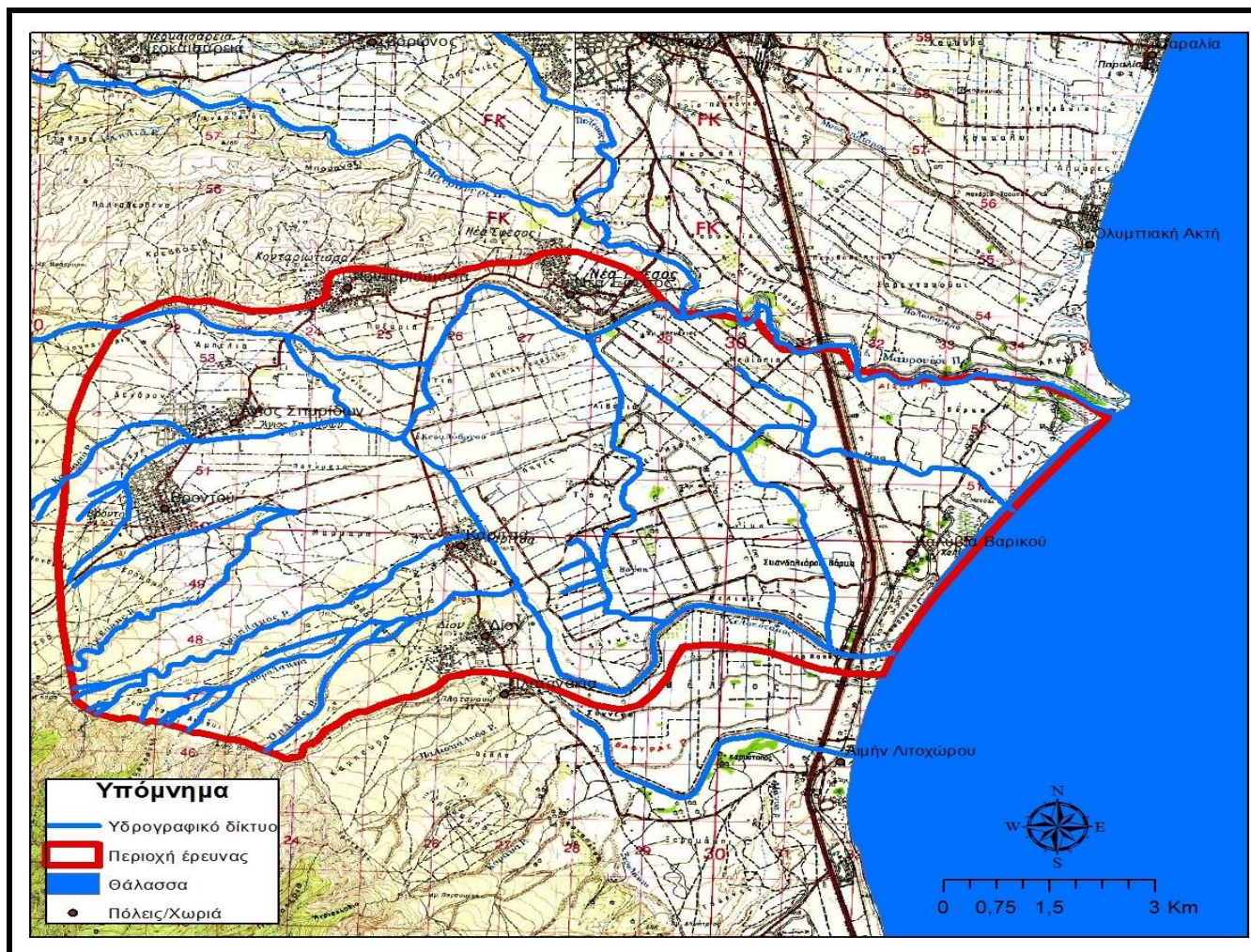
### 3.8 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας αποτελείται από πολυάριθμα ρέματα σχετικά μικρού μήκους, τα οποία έχουν εν γένει τυχαίο προσανατολισμό και δεν συνενώνονται σε ρέματα μεγάλης τάξης κατά Horton. Ρέουν ακτινωτά από την κεφαλή του ριπιδίου, προς χαμηλότερα υψόμετρα και εκφορτίζουν το μεταφερόμενο κλαστικό υλικό τους στο σώμα ή στον πόδα του ριπιδίου.

Οι μόνοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου, οι οποίοι είναι καλά καθορισμένοι και δείχνουν χαρακτήρες ωριμότητας είναι αυτοί που οριοθετούν πλευρικά τα ριπίδια Βροντούς και Δίου. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τα ρέματα Αράπλακος και Γαβρόλακκα, ενώ προς τα Δ από τα ρέματα Πόρος, Δήμος και Ουρλιάς. Τα ρέματα αυτά συνιστούν σαφείς ζώνες βαθείας διάβρωσης, συμβάλλουν σε άλλους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου ή εκφορτίζουν το κλαστικό υλικό τους απευθείας στην πεδινή ζώνη. Να σημειωθεί ότι οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου είναι χείμαρροι εφήμερης ροής, οι οποίοι το καλοκαίρι είναι στεγνοί.

Στην περιοχή έρευνας αναπτύσσονται τρεις μικρές υπολεκάνες Βροντούς – Αγίας Κόρης, Δίου, Βαρικού πάνω σε υδροπερατούς σχηματισμούς (μάρμαρα ασβεστόλιθοι, σχηματισμοί περιμέτρου). Στην ουσία αποχετεύουν υπόγεια – πηγαία ύδατα τα οποία απορρέουν προς το στραγγιστικό δίκτυο του Βαρικού και Λιτοχώρου. Οι τάφροι Βαρικού και Λιτοχώρου, καθώς και οι μικρότερες που βρίσκονται μεταξύ τους μεταφέρουν και τα νερά των πηγών Δίου και Καρίτσας. Από μετρήσεις που είχαν γίνει για τη μελέτη της ΥΔΡΟΓΑΙΑ το 1986, στην μεγάλη τάφρο του Βαρικού η μεγαλύτερη τιμή παροχής παρατηρήθηκε το μήνα Σεπτέμβριο και ήταν 1.133 lit/s. Η τάφρος Λιτοχώρου είχε σχεδόν σταθερή παροχή, που κυμάνθηκε μεταξύ 223 και 509 lit/s.

Στο βόρειο τμήμα της περιοχής έρευνας αναπτύσσεται η υδρολογική λεκάνη του Αίσωνα στο δίκτυο του οποίου παρατηρείται αξιόλογη απορροή, καθώς το ορεινό τμήμα της λεκάνης του είναι σημαντικό σε έκταση και αποτελείται από υδατοστεγή πετρώματα. Το καλοκαίρι επίσης παρουσιάζει επιφανειακή ροή, αλλά μέρος των υδάτων του προέρχεται τόσο κατά το καλοκαίρι, όσο και κατά το χειμώνα από την στράγγιση του φρεάτιου ορίζοντα (ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975).



Σχήμα 3.6 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας

### 3.9 Σεισμικότητα

Ο νέος Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό του 2000, που τροποποιήθηκε με την απόφαση Δ 17α/115/9/ΦΝ 275/7.8.2003 και δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 1154B/12.8.2003. Κατατάσσει τόσο την άμεση όσο και την ευρύτερη περιοχή μελέτης, στην ζώνη επικινδυνότητας 1 (χαμηλής σεισμικής επικινδυνότητας)(Σχήμα 3.8). Η αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση για την κατηγορία 1 δίνεται από τη σχέση:  $A = \alpha * g$  όπου  $g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $\alpha$ : 0,16 για τη ζώνη 1 σεισμικής επικινδυνότητας.



**Σχήμα 3.7** Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας

### 3.10 Συνοπτικά συμπεράσματα

Από την ανάλυση των γεωλογικών συνθηκών της περιοχής έρευνας προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η περιοχή έρευνας περιλαμβάνει τα πλευρικά κορήματα και τους κώνους κορημάτων, καθώς και τις αλλουβιακές αποθέσεις που παρεμβάλλονται με μορφή επιμήκους ζώνης μεταξύ των κροκαλοπαγών και της ακτής.
- Τα πλευρικά κορήματα αποτελούνται από ασβεστολιθικά κυρίως κροκαλολατυποπαγή, ενώ οι αλλουβιακές αποθέσεις από ασύνδετα υλικά κυρίως αμμούχοι άργιλοι, άμμοι, χαλίκια.
- Τα συνολικό γεωλογικό πάχος των πλευρικών κορημάτων είναι άνω των 800 m και προς τα κατάντη μεταπίπτουν πλευρικά στις αλλουβιακές ιζηματογενείς αποθέσεις πάχους άνω των 60 m, ηλικίας Τεταρτογενούς της πεδιάδας Καρίτσας – Βαρικού.
- Στα Δυτικά της περιοχής έρευνας συναντάται η αυτόχθονη, συνεχούς ιζηματογένεσης, ανθρακική σειρά του Ολύμπου, η οποία στα ανώτερα τμήματά της συνίσταται από σχηματισμούς του Φλύσχη.
- Η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από χαμηλές μορφολογικές κλίσεις. Τα αλλουβιακά ριπίδια κυμαίνονται από 4°- 7° στους πετροπρόποδες του Ολύμπου και καταλήγουν 2°- 4° στις παρυφές της Κονταριώτισσας. Στην πεδινή ζώνη της Καρίτσας οι κλίσεις πρακτικά μηδενίζονται καταλήγοντας στο παράκτιο τμήμα.
- Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από σχετικά μικρού μήκους ρέματα, τα οποία έχουν εν γένει τυχαίο προσανατολισμό. Οι μόνοι κλάδοι καλά καθορισμένοι είναι αυτοί που οριοθετούν πλευρικά τα ριπίδια Βροντούς και Δίον.



## 4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

### 4.1 Υδρολογικός Κύκλος

Το νερό αποτελεί το εξεταζόμενο φυσικό μέγεθος στον υδρολογικό κύκλο και έχει την τάση να ανακυκλώνεται, εξαιτίας των δυνάμεων, που ασκούνται πάνω του, αρχικά της ηλιακής ενέργειας και στη συνέχεια της βαρύτητας. Ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει τις συνολικές διαδικασίες από τη στιγμή που τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (αθροιστικά η βροχή, το χιόνι και το χαλάζι) πέφτουν στην επιφάνεια του πλανήτη μας, μέχρι την με οποιοδήποτε τρόπο επιστροφή τους στην ατμόσφαιρα (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 Σχηματική αναπαράσταση του υδρολογικού κύκλου (Πηγή [ga.water.usgs.gov](http://ga.water.usgs.gov))

Ο υδρολογικός κύκλος χωρίζεται σε τρεις βασικές φάσεις α) Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, β) την επιφανειακή απορροή, γ) την εξατμισοδιαπνοή και τέλος δ) την κατείσδυση. Σε αυτόν τον συνεχή κύκλο κίνησης του νερού, ο ωκεανός αποτελεί την κύρια πηγή νερού αφού εκεί βρίσκεται το 98% της συνολικής ποσότητας στον πλανήτη. Η ατμόσφαιρα είναι το μέσο μέσα στο οποίο κινείται το νερό υπό μορφή υδρατμών κυρίως, που έχουν προέλθει ως επί των πλείστων από την διαδικασία της εξάτμισης και διαπνοής από την επιφάνεια της γης. Η ξηρά είναι ο τελικός αποδέκτης της ωφέλιμης για τον άνθρωπο ποσότητας νερού, που έχει προέλθει από την διαδικασία της συμπύκνωσης του νερού και της κατακρήμνισης (Καλλέργης 1999).

## 4.2 Φάσεις υδρολογικού κύκλου

### α) Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Τα κατακρημνίσματα είναι η πτώση του νερού από τα σύννεφα, με τη μορφή βροχής, χιονόνεου, χιονιού ή χαλαζιού. Αποτελεί τον κύριο τρόπο με τον οποίο το νερό της ατμόσφαιρας επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης. Η συχνότερη μορφή κατακρημνισμάτων είναι η βροχή.

Τα σύννεφα περιέχουν υδρατμούς και σταγονίδια τα οποία είναι πολύ μικρά για να πέσουν ως κατακρημνίσματα αλλά ταυτόχρονα είναι αρκετά μεγάλα ώστε να σχηματίζουν ορατά σύννεφα. Το νερό συνεχώς εξατμίζεται και συμπυκνώνεται στον αέρα. Το περισσότερο νερό δεν πέφτει καθώς υποστηρίζεται από ανοδικά ρεύματα αέρα. Για να προκληθούν κατακρημνίσματα, τα μικροσκοπικά σταγονίδια πρέπει να συνενωθούν για να σχηματίσουν σταγόνες αρκετά μεγάλες και βαριές ώστε να πέσουν υπό την επίδραση βαρύτητας. (Μακρόπουλος, Κουτσογιάννης,2005).

### β) Επιφανειακή Απορροή

Η απορροή των κατακρημνισμάτων πάνω από το εδαφικό ανάγλυφο αποτελεί την επιφανειακή απορροή. Μέρος των κατακρημνισμάτων που πέφτουν πάνω στο έδαφος, κυλούν επιφανειακά προς τα ποτάμια, σχηματίζοντας επιφανειακή απορροή.

Η απορροή εξαρτάται από την ένταση της βροχόπτωσης, τη διάρκειά της, την υδροπερατότητα του εδάφους, το είδος της γλωρίδας, τα φυσιολογικά χαρακτηριστικών της λεκάνης, τη γεωμετρία του υδρογραφικού δικτύου και του βάθους της επιφάνειας του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απορροή διακρίνονται σε κλιματικούς και σε φυσιολογικούς. Στους κλιματικούς ανήκουν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (είδος, τύπος, ένταση), η κομοστεγής κατακράτηση ( είδος βλάστησης, εποχή του έτους), την εξάτμιση (κλιματικά στοιχεία, μορφολογία επιφάνειας εξάτμισης) και τη διαπνοή. Στους φυσιολογικούς παράγοντες ανήκουν τα χαρακτηριστικά της λεκάνης (μέγεθος, σχήμα, κλίση, υψόμετρο, τύπος εδάφους, κατείσδυση, γεωλογικές συνθήκες φυσικά), καθώς και τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου (μεταφορική ικανότητα, κλίση ,διακλάδωση). (Καλλέργης 1999).

### γ) Εξατμισοδιαπνοή

Η εξατμισοδιαπνοή ορίζεται ως το νερό, που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα ως εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και ως διαπνοή από τα φύλλα των φυτών. Το νερό αυτό μπορεί να είναι υπόγειο, που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους μέσω τριχοειδών εδαφικών σωληνίσκων και στα φύλλα των φυτών μέσω του τριχοειδούς αγγειακού συστήματος των φυτών.

Διαπνοή είναι η διεργασία μέσω της οποίας η υγρασία μεταφέρεται από τις ρίζες των φυτών μέχρι τους μικρούς πόρους, που βρίσκονται στο κάτω μέρος των φύλλων όπου και μετατρέπεται σε υδρατμό και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Εκτιμάται ότι περίπου 10% της υγρασίας στην ατμόσφαιρα προέρχεται από την διαπνοή των φυτών (Μακρόπουλος, Κουτσογιάννης, 2005).

Το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που καταναλώνεται για την εξάτμιση εξαρτάται από την φυσική επιφάνεια και το ανάγλυφο. Για παράδειγμα, επιφάνεια με φρέσκο χιόνι ανακλά το 90% της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, παλιό χιόνι 60%, η ελεύθερη επιφάνεια του νερού 5-15%, ενώ οι βραχώδεις περιοχές 40-50% και αυτές που έχουν χλωρίδα 10-25%. Η εξάτμιση του υπόγειου νερού μπορεί να γίνει μέχρι βάθος 1m σε αμμούχα περιβάλλοντα, ενώ έως 3m σε αργιλούχα (Καλλέργης 1999).

Η ποσότητα νερού, που τα φυτά διαπνέουν μεταβάλλεται γεωγραφικά και χρονικά. Η διαπνοή εξαρτάται από τη θερμοκρασία (οι ρυθμοί της ανεβαίνουν, όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία ειδικά τις εποχές ανάπτυξης των φυτών, όταν ο αέρας είναι ζεστός) τη σχετική υγρασία (οι ρυθμοί της πέφτουν όσο αυξάνει η σχετική υγρασία) και τον τύπο του φυτού (διαφορετικά φυτά έχουν διαφορετικούς ρυθμούς διαπνοής).

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή ( $E_p$ ) εκφράζει την ποσότητα του νερού που θα εξατμιζόταν ή θα χρησιμοποιούνταν από τα φυτά για την διεργασία της διαπνοής, αν τα αποθέματα σε νερό ήταν αρκετά για να αντισταθμίζουν τις μέγιστες απώλειες ενέργειας (μέγιστη υδρολογική εξατμισοδιαπνοή από τον D. Countage). Λόγω των απωλειών αυτών σε ενέργεια οι τιμές της πραγματικής εξάτμισης και διαπνοής είναι μικρότερες. Υπάρχουν πολλοί εμπειρικοί τύποι για τον υπολογισμό της πραγματικής και της

### δ) Κατείσδυση

Κατείσδυση είναι η διαδικασία κατά την οποία το νερό εισέρχεται αρχικά στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους και κατόπιν κινείται προς τα βαθύτερα στρώματα (Σχήμα 4.2). Η ικανότητα για κατείσδυση είναι η έννοια κατά Horton (1933) που δηλώνει τη μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να απορροφήσει δοσμένο έδαφος υπό δοσμένες συνθήκες και σε ορισμένο χρόνο. Η πραγματική τιμή της κατείσδυσης είναι σχεδόν πάντα μικρότερη από την ικανότητα κατείσδυσης (Καλλέργης, 1999).

Το κλάσμα του νερού που αντιπροσωπεύει την κατείσδυση αρχικά συντελεί στον κορεσμό του εδάφους σε υγρασία και έπειτα το νερό που πλεονάζει κινείται βαθύτερα προς τους υδροφόρους ορίζοντες ένα φαινόμενο γνωστό με τον όρο διήθηση. Καθώς το νερό διηθείται προς το υπέδαφος, σχηματίζει συνήθως μια ακόρεστη και μια κορεσμένη ζώνη



**Σχήμα 4.2** Σχηματική απεικόνιση της κατείσδυσης του υπόγειου νερού (ga.water.usgs.gov)

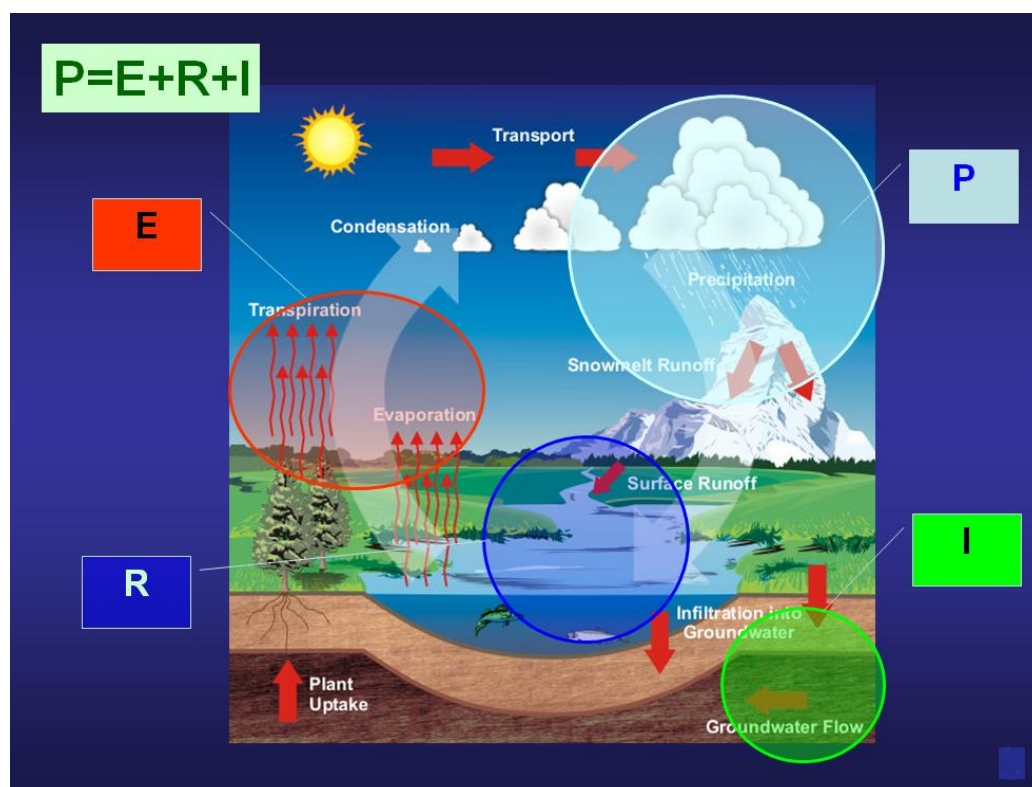
Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την κατείσδυση σε δοσμένο πέτρωμα είναι η υγρασία του εδάφους, η κλίση του εδάφους καθώς και η ένταση της βροχόπτωσης. Τέλος υπάρχουν και δευτερεύοντες παράγοντες που επηρεάζουν την κατείσδυση που είναι η πιθανή πάκτωση του εδάφους σε κάποιο βαθμό, η παρουσία πολύ λεπτόκοκκου υλικού στην επιφάνεια του εδάφους (και οι δυο παράγοντες προκαλούν μείωση), η κάλυψη του εδάφους με χλωρίδα, η υδροπερατότητα, η θερμοκρασία κλπ. (Καλλέργης, 1999).

## Υδρολογικό ισοζύγιο

Ο όγκος του νερού που παίρνει μέρος στον υδρολογικό κύκλο, αποκτά τοπικό χαρακτήρα και διαφοροποιείται από περιοχή σε περιοχή, αφού εξαρτάται άμεσα από το εκάστοτε μικροκλίμα της, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος που βρίσκεται η λεκάνη απορροής. Το υδρολογικό ισοζύγιο είναι το πλαίσιο μέσα στο οποίο γίνεται προσπάθεια να εκφραστεί με αριθμούς, ο όγκος του νερού στις διάφορες φάσεις του υδρολογικού κύκλου. Η γενική λοιπόν μορφή του υδρολογικού ισοζυγίου (σχέση 4.3), εκφράζει την ισότητα εισροών και εκροών στην λεκάνη, όπως προέρχεται από μακροχρόνιες μετρήσεις και έχει μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον:

$$P = E + R + I \quad (4.1)$$

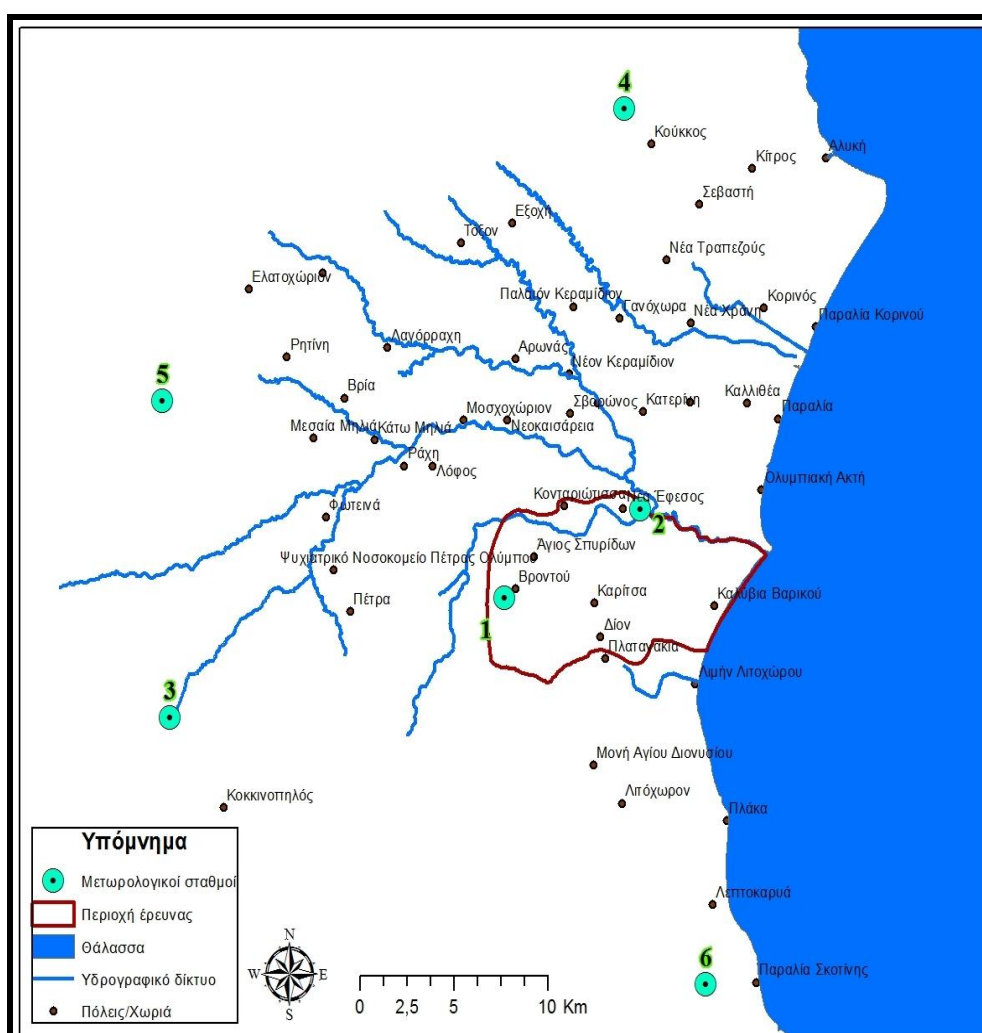
Όπου P = ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (mm), R= απορροή (mm), E= πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm) και I = κατείσδυση (mm)



Σχήμα 4.3 Υδρολογικός κύκλος και υδατικό ισοζύγιο (Πηγή: Εμμ. Ανδρεαδάκης)

### 4.3 Κλιματολογικά – Μετεωρολογικά στοιχεία

Για την μελέτη των υδρολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής, έγινε η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων από τους αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς (ΑΜΣ), που βρίσκονται εντός αλλά και στην ευρύτερη περιοχή της περιοχής έρευνας. Πρόκειται για τους ΑΜΣ (1) Βροντού, (2) Ν. Εφέσου, (3) Σαρακατσάνα, (4) Κούκος, (5) Άγιος Δημήτριος, (6) Σκοτίνα, οι οποίοι καλύπτουν όλη την έκταση του Νομού Πιερίας (Σχήμα 4.4). Τα δεδομένα ελήφθησαν από την σελίδα του προγράμματος MEDDMAN (meddman.agro.auth).



Σχήμα 4.4 Χάρτης θέσης μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή έρευνας

### 4.3.1 Κλίμα

Το κλίμα μιας γεωγραφικής περιοχής διαμορφώνεται κατά κύριο λόγο από το γεωγραφικό πλάτος, την αναλογία ξηράς-θάλασσας και το ανάγλυφο.

Σύμφωνα με τον ερευνητή Kendrew, η περιοχή έρευνας αναφέρεται ως 4<sup>η</sup> υποδιαίρεση για την βόρεια περιοχή του Αιγαίου Πελάγους. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής είναι ψυχροί χειμώνες με ψυχρούς Β – ΒΔ ανέμους με την δημιουργία αντικυκλωνικών συστημάτων, που επιδρούν στη Βαλκανική χερσόνησο. Οι θερμοκρασίες το χειμώνα κατεβαίνουν κάτω από τους 0 °C.

Κατά τον Μαριολόπουλο, η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται ως κλιματικός τύπος μεταβατικός μεσογειακό-μεσοευρωπαϊκός. Τα βροχομετρικά ύψη δεν είναι σημαντικά, ενώ η ξηρή περίοδος ταυτίζεται με τη θερμή. Επίσης η διάρκεια των βροχών είναι δυνατόν να κρατά αρκετά με διαδοχή των ημερών την μία ως συνέχεια της άλλης και με περιορισμό της ηλιοφάνειας, σχετικά με τις νότιες περιοχές της χώρας. Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος (ΕΘΕ) είναι > 20Χ και εμφανίζονται θερμοκρασίες < - 25° C σε αρκετές περιπτώσεις.

Η κλιματική κατάταξη κατά τον Groucynski, η οποία βασίζεται στο ετήσιο θερμομετρικό εύρος (ΕΘΕ) αναφέρεται ως ημίυγρος τύπος με ετήσιο βροχομετρικό ύψος από 500-1.000mm. Το κλίμα χαρακτηρίζεται ως θαλάσσιο μεταβατικό, με τιμές ΕΘΕ να κυμαίνονται μεταξύ 10° C και 25° C.

Κατά Korpen ο κλιματικός τύπος της περιοχής χαρακτηρίζεται ως Csa, Μεσογειακός τύπος κλίματος ή Μεσόθερμος τύπος κλίματος με ξηρό και θερμό καλοκαίρι. Η θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα είναι από -2 °C μέχρι +1,8 °C, ενώ η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι > 10°C. Γενικά η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα Ιουλίου – Αυγούστου είναι +22°C. Τα βροχομετρικά ύψη κατά τη διάρκεια του θερμού διμήνου Ιουλίου – Αυγούστου είναι < 30mm. Ενώ συγχρόνως, η βροχερότερη περίοδος συμπίπτει με την ψυχρή περίοδο. Επομένως το κλίμα καθορίζεται ως « s » το δεύτερο γράμμα της κατάταξης λαμβανόμενο από την λέξη summer που δηλώνει την ξηρότητα της εποχής. Το « a » είναι το τρίτο γράμμα και συμβολίζει τα ελληνικά κλίματα των περιοχών που έχουν υψόμετρο < 1000 m.

### 4.3.2 Θερμοκρασία αέρα

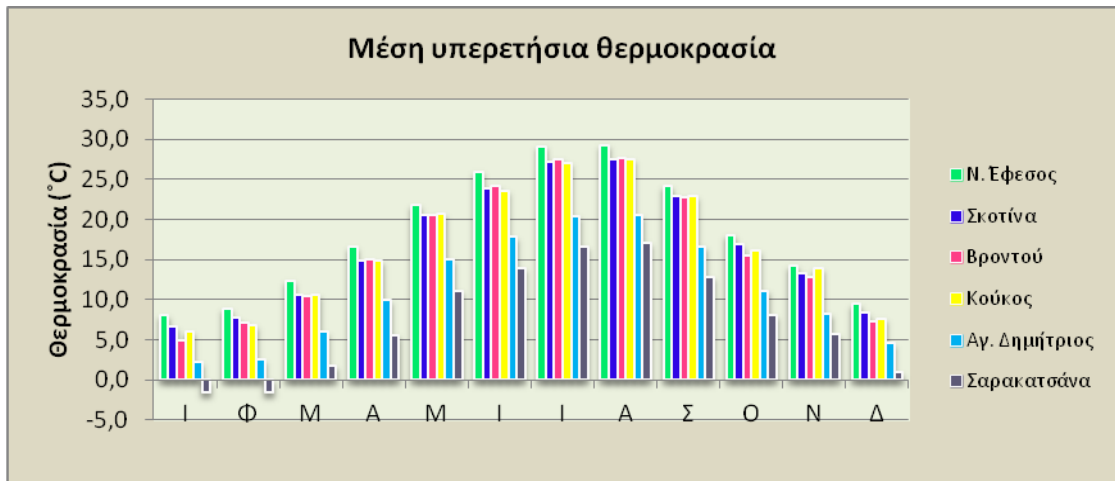
Στον Πίνακα 5.1 δίνονται οι τιμές της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης υπερετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών Ν. Εφέσου, Σκοτίνας, Βροντούς και Κούκου, Αγίου Δημητρίου Σαρακατσάνας, αντίστοιχα για την περίοδο 2009 – 2013. Στα σχήματα 4.5 έως 4.7 παρουσιάζονται τα δεδομένα με μορφή ραβδογραμμάτων. Στο παράρτημα της παρούσας εργασίας, δίνονται τα πρωτογενή μηνιαία και ετήσια δεδομένα με τη μορφή πινάκων.

**Πίνακας 4.1** Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας των Σταθμών Ν. Έφεσος, Βροντού, Σκοτίνα Κούκος, Αγ. Δημήτριος, Σαρακατσάνα

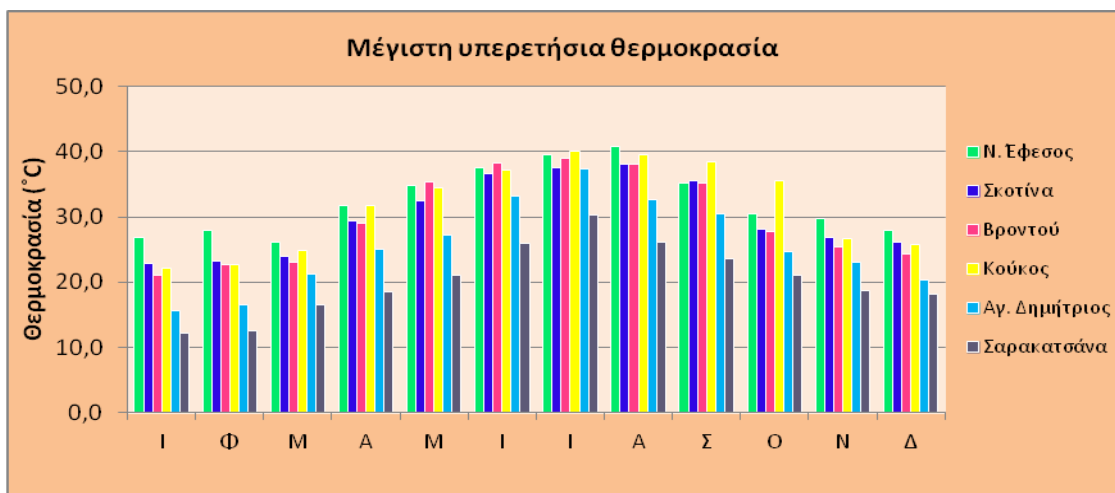
|             | Ν. Έφεσος |         |          | Σκοτίνα |         |          | Βροντού |         |          |
|-------------|-----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|             | Μέση      | Μέγιστη | Ελάχιστη | Μέση    | Μέγιστη | Ελάχιστη | Μέση    | Μέγιστη | Ελάχιστη |
| Ιανουάριος  | 8         | 26,9    | -7,7     | 6,5     | 22,9    | -3,8     | 4,9     | 21      | -27,7    |
| Φεβρουάριος | 8,9       | 27,9    | -6,2     | 7,7     | 23,3    | -3,3     | 7,1     | 22,7    | -3,4     |
| Μάρτιος     | 12,3      | 26,1    | -2,3     | 10,6    | 23,9    | -2,9     | 10,3    | 23,1    | -2       |
| Απρίλιος    | 16,5      | 31,8    | 2,5      | 14,7    | 29,3    | 5,2      | 14,9    | 29      | 4,2      |
| Μάιος       | 21,7      | 34,8    | 8,4      | 20,4    | 32,5    | 7,7      | 20,5    | 35,4    | 8,4      |
| Ιούνιος     | 25,9      | 37,5    | 14,5     | 23,8    | 36,7    | 15,5     | 24,1    | 38,2    | 14       |
| Ιούλιος     | 29,1      | 39,5    | 17,3     | 27,2    | 37,5    | 16,4     | 27,5    | 38,9    | 16,3     |
| Αύγουστος   | 29,2      | 40,7    | 17,5     | 27,4    | 38      | 18,6     | 27,5    | 38,1    | 17,7     |
| Σεπτέμβριος | 24,1      | 35,1    | 11,8     | 22,8    | 35,6    | 14,8     | 22,8    | 35,2    | 13,2     |
| Οκτώβριος   | 18        | 30,4    | 0,1      | 16,8    | 28,2    | 3,4      | 15,4    | 27,7    | -10,3    |
| Νοέμβριος   | 14,2      | 29,8    | -1,1     | 13,3    | 26,9    | 0,7      | 12,7    | 25,4    | -23,9    |
| Δεκέμβριος  | 9,4       | 27,9    | -5,5     | 8,3     | 26,1    | -3,1     | 7,3     | 24,4    | -20,8    |

|             | Κούκος |         |          | Αγ. Δημήτριος |         |          | Σαρακατσάνα |         |          |
|-------------|--------|---------|----------|---------------|---------|----------|-------------|---------|----------|
|             | Μέση   | Μέγιστη | Ελάχιστη | Μέση          | Μέγιστη | Ελάχιστη | Μέση        | Μέγιστη | Ελάχιστη |
| Ιανουάριος  | 5,9    | 22,2    | -5,5     | 2,1           | 15,6    | -13,8    | -1,6        | 12,2    | -14,8    |
| Φεβρουάριος | 6,7    | 22,7    | -5,1     | 2,4           | 16,5    | -12,5    | -1,6        | 12,6    | -13,8    |
| Μάρτιος     | 10,6   | 24,9    | -3,1     | 5,9           | 21,2    | -27,9    | 1,7         | 16,6    | -15      |
| Απρίλιος    | 14,8   | 31,8    | 3,4      | 9,9           | 25      | -0,5     | 5,5         | 18,6    | -5,1     |
| Μάιος       | 20,6   | 34,4    | 8,7      | 14,9          | 27,2    | 1,8      | 11,1        | 21      | -0,7     |
| Ιούνιος     | 23,5   | 37,2    | 13,5     | 17,7          | 33,2    | 6,6      | 13,9        | 26      | 3,2      |
| Ιούλιος     | 27     | 40,1    | 13,8     | 20,4          | 37,4    | 8,1      | 16,6        | 30,3    | 7,4      |
| Αύγουστος   | 27,4   | 39,5    | 16,4     | 20,4          | 32,6    | 8        | 17          | 26,2    | 7,6      |
| Σεπτέμβριος | 22,8   | 38,4    | 13,4     | 16,5          | 30,4    | 5,5      | 12,8        | 23,6    | 4,8      |
| Οκτώβριος   | 16     | 35,6    | 3,7      | 11,1          | 24,6    | -3,3     | 8           | 21      | -7,2     |
| Νοέμβριος   | 13,8   | 26,6    | 2,4      | 8,2           | 23,1    | -5,3     | 5,6         | 18,7    | -7,4     |
| Δεκέμβριος  | 7,6    | 25,8    | -4,9     | 4,5           | 20,3    | -7,6     | 0,9         | 18,1    | -13,8    |

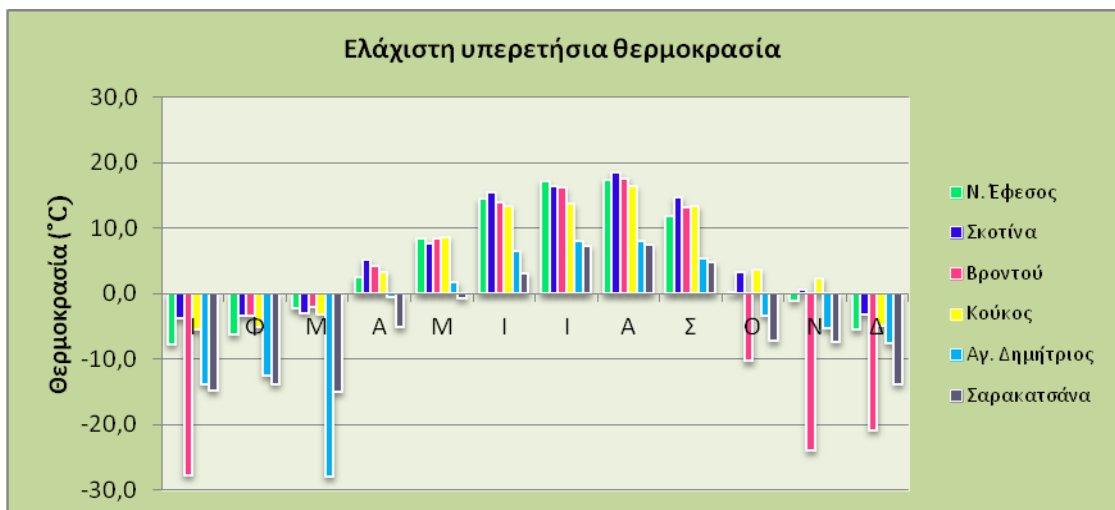




**Σχήμα 4.5** Κατανομή μέσης υπερετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών για την περίοδο 2009-2013



**Σχήμα 4.6** Κατανομή μέγιστης υπερετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών για την περίοδο 2009 – 2013



**Σχήμα 4.7** Κατανομή ελάχιστης θερμοκρασίας των σταθμών για την περίοδο 2009- 2013

Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, με πρώτο τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να ακολουθεί και μέση μέγιστη θερμοκρασία 37,3°C και 35,9 °C αντίστοιχα. Η υψηλότερη θερμοκρασία (40,1°C) εντοπίζεται στο σταθμό Κούκος, ενώ στο Σταθμό Ν. Εφέσου η υψηλότερη θερμοκρασία είναι 39,5 °C. Στο σταθμό Βροντού, η υψηλότερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε τον Ιούλιο με τιμή 38,9°C, ενώ στους σταθμούς Άγιο Δημήτριο και Σαρακατσάνα 33,2°C και 30,3°C αντίστοιχα.

Ψυχρότεροι μήνες είναι ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος με μέση ελάχιστη θερμοκρασία -12°C και -9,3°C αντίστοιχα. Η χαμηλότερη ελάχιστη υπερετήσια θερμοκρασία εντοπίζεται στο σταθμό της Σαρακατσάνας. Για το σταθμό Ν. Εφέσου η χαμηλότερη τιμή που παρατηρήθηκε ήταν - 7,7°C το μήνα Ιανουάριο, για το σταθμό Σκοτίνα ήταν -3,8°C το μήνα Ιανουάριο, στο σταθμό Βροντού ήταν -27,7°C το μήνα Ιανουάριο και για τον σταθμό Κούκος ήταν -5,5°C τον ίδιο μήνα. Ενώ για τον σταθμό Άγιο Δημήτριο και Σαρακατσάνα οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν τον μήνα Μάρτιο και ήταν -27,9°C και -15°C αντίστοιχα. Στον Πίνακα 4.2 δίνονται τα δεδομένα των σταθμών Βροντού, Ν. Έφεσος, Σκοτίνα, Αγ. Δημήτριος, Σαρακατσάνα και Κούκος για τα υδρολογικά έτη 2009-2010 και 2010- 2011 για τα οποία υπολογίζεται στη συνέχεια η θερμοβαθμίδα της περιοχής μελέτης.

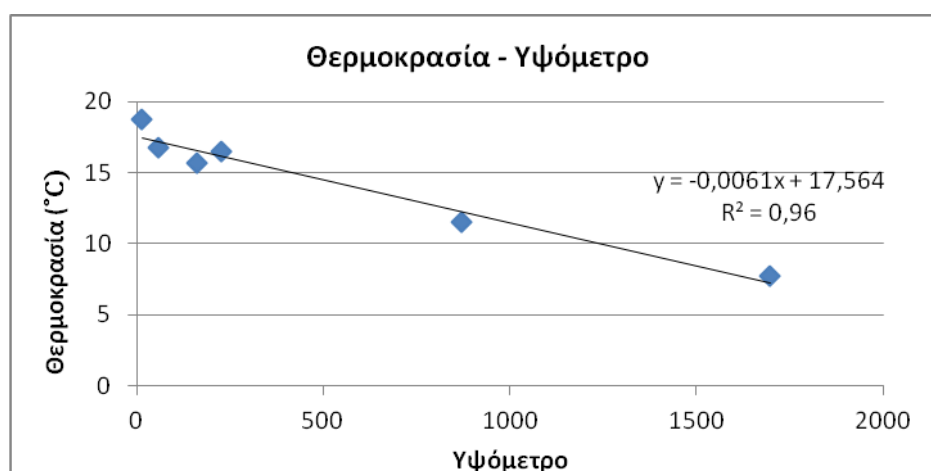
**Πίνακας 4.2** Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τα τρία υδρολογικά έτη ανά σταθμό

| Υδρ.<br>Έτος/Μήνας | Σταθμός (Θερμοκρασία °C) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                    | Βροντού                  |                   | Ν. Έφεσος         |                   | Σαρακατσάνα       |                   | Άγ.Δημήτριος      |                   | Σκοτίνα           |                   | Κούκος            |                   |
|                    | 2009<br>-<br>2010        | 2010<br>-<br>2011 | 2009<br>-<br>2010 | 2010<br>-<br>2011 | 2009<br>-<br>2010 | 2010<br>-<br>2011 | 2009<br>-<br>2010 | 2010<br>-<br>2011 | 2009<br>-<br>2010 | 2010<br>-<br>2011 | 2009<br>-<br>2010 | 2010<br>-<br>2011 |
| <b>Οκτώβριος</b>   | 13,9                     | 14,1              | 19,3              | 17,6              | 8                 | 6,7               | 11,9              | 9,8               | 17,4              | 14,9              | 16,9              | 14                |
| <b>Νοέμβριος</b>   | 14,2                     | 14,7              | 14,8              | 16,8              | 6,7               | 7,8               | 9,3               | 10,9              | 13,2              | 15,7              | 13,6              | 15,8              |
| <b>Δεκέμβριος</b>  | 9                        | 7,6               | 12,8              | 10,2              | 2,2               | 1,1               | 7,7               | 4,9               | 10,5              | 8,6               | 9,3               | 7,7               |
| <b>Ιανουάριος</b>  | -0,7                     | 6,1               | 9,9               | 8,6               | -2,2              | -0,3              | 1,9               | 2,5               | 7,2               | 6,8               | 6,4               | 6,4               |
| <b>Φεβρουάριος</b> | 7,9                      | 7                 | 11,2              | 9,6               | -0,5              | -0,3              | 4,2               | 2,8               | 8,6               | 8,4               | 7,9               | 7,5               |
| <b>Μάρτιος</b>     | 9,7                      | 8,9               | 13                | 12,5              | 2,2               | 1                 | 6,5               | 5,4               | 10,3              | 10,5              | 10,2              | 10,4              |
| <b>Απρίλιος</b>    | 14,8                     | 12,8              | 17,8              | 15,8              | 5,3               | 4                 | 10                | 8,4               | 15,1              | 13,3              | 14,9              | 13,3              |
| <b>Μάιος</b>       | 19,1                     | 18,1              | 21,9              | 20,9              | 11                | 8,5               | 15                | 12,7              | 19,6              | 18,5              | 19,6              | 18,4              |
| <b>Ιούνιος</b>     | 22,9                     | 23,4              | 26,3              | 25,9              | 13,8              | 13,4              | 17,7              | 17,4              | 23,6              | 24                | 23,2              | 23,6              |
| <b>Ιούλιος</b>     | 26,6                     | 26,8              | 30,2              | 28,7              | 16                | 17,5              | 19,7              | 21                | 27                | 27,7              | 26,5              | 27,5              |
| <b>Αύγουστος</b>   | 28                       | 25,9              | 31,7              | 28                | 18,6              | 16,8              | 21,7              | 19,9              | 28,7              | 26,7              | 28,7              | 26,8              |
| <b>Σεπτέμβριος</b> | 21,3                     | 23,7              | 25,5              | 22,7              | 11,9              | 14,7              | 16                | 17,7              | 22,2              | 24,8              | 21,9              | 24,6              |
| <b>Μέσος όρος</b>  | <b>15,6</b>              | <b>15,8</b>       | <b>19,5</b>       | <b>18,1</b>       | <b>7,8</b>        | <b>7,6</b>        | <b>11,8</b>       | <b>11,1</b>       | <b>17</b>         | <b>16,7</b>       | <b>16,6</b>       | <b>16,3</b>       |
| <b>Average</b>     | <b>15,7</b>              |                   | <b>18,8</b>       |                   | <b>7,7</b>        |                   | <b>11,5</b>       |                   | <b>16,8</b>       |                   | <b>16,5</b>       |                   |

Με βάση τις ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας των 6 σταθμών και το υψόμετρό τους όπως εμφανίζονται στον Πίνακα 4.3 υπολογίστηκε η σχέση θερμοκρασίας με το υψόμετρο για δύο υδρολογικά έτη (2009-2010, 2010-2011) Σύμφωνα με το διάγραμμα συσχέτισης στο σχήμα 4.8) η θερμοκρασία μειώνεται 0,6°C ανά 100m (σχέση 4.2) Ο συντελεστής συσχέτισης είναι  $R^2 = 0,96$  και η συσχέτιση κρίνεται πολύ υψηλή

**Πίνακας 4.3** Μέση θερμοκρασία για τα υδρολογικά έτη 2009- 2011 ανά σταθμό

| Σταθμός       | Θερμοκρασία ( °C) | Υψόμετρο(m) |
|---------------|-------------------|-------------|
| Ν. Έφεσος     | 18,8              | 14          |
| Σκοτίνα       | 16,8              | 59          |
| Βροντού       | 15,7              | 160         |
| Κούκος        | 16,5              | 227         |
| Αγ. Δημήτριος | 11,5              | 869         |
| Σαρακατσάνα   | 7,7               | 1698        |



**Σχήμα 4.8** Διάγραμμα συσχέτισης της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας με το υψόμετρο για τα υδρολογικά έτη 2009- 2011

$$T (^{\circ}\text{C}) = -0,0061 \times H(\text{m}) + 17,564 \quad (4.2)$$

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.8 η θερμοκρασία κατανέμεται κανονικά και είναι αναμενόμενη, σε σχέση με το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή μελέτης. Με τις μέγιστες τιμές θερμοκρασίας να εντοπίζονται το καλοκαίρι και τις ελάχιστες τον χειμώνα.

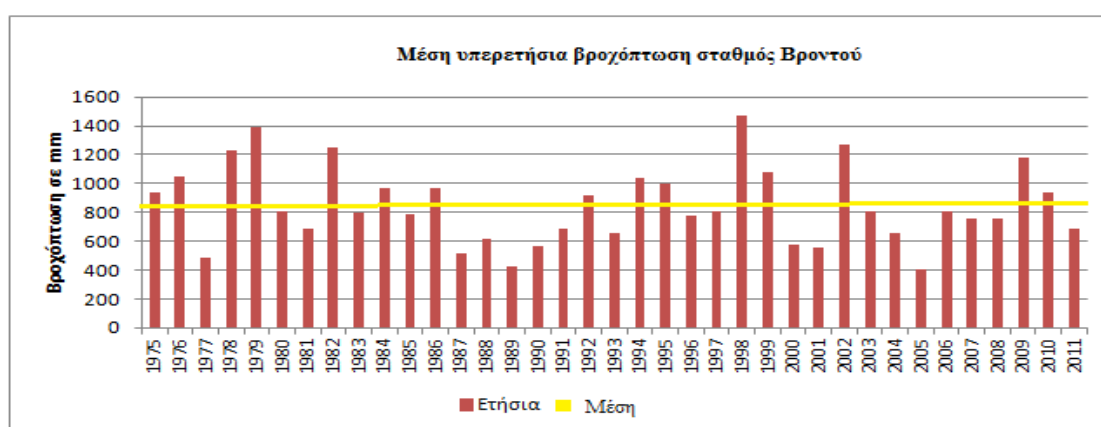
### 4.3.3 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Με τον όρο ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, περιλαμβάνονται όλες οι μορφές με τις οποίες το νερό φτάνει στη γη (βροχή, χιόνι, χαλάζι). Όλες οι μορφές κατακρημνισμάτων ανάγονται σε ισοδύναμο ύψος βροχής. Όσον αφορά στη χιονόπτωση, όταν δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία (πυκνότητα χιονιού), θεωρείται ότι 10 mm ύψος χιονιού ισοδυναμούν με 1 mm ύψος βροχής.

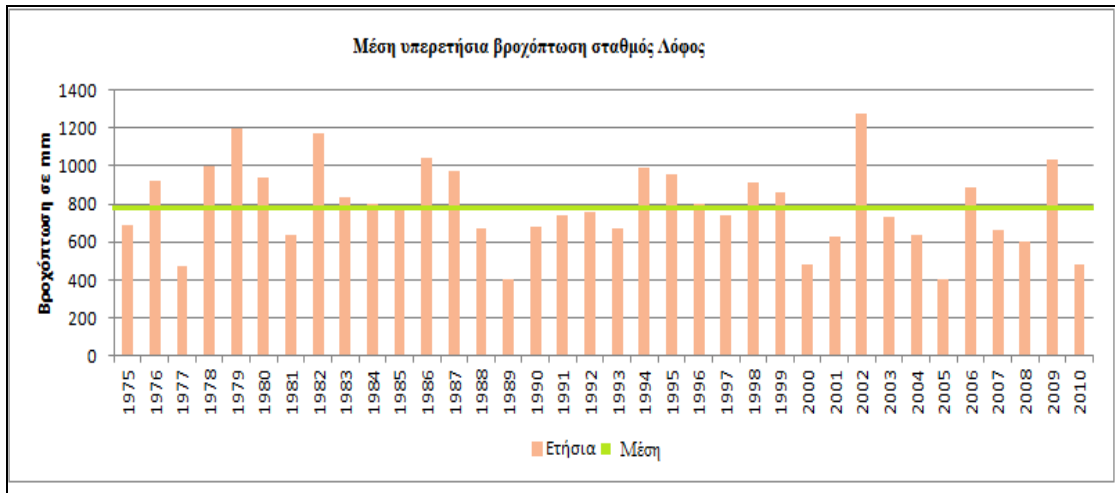
Κατά τον Μαριολόπουλο, η περιοχή έρευνας κατατάσσεται στο βροχομετρικό σύστημα Β και παρουσιάζει διπλή κύμανση της βροχόπτωσης. Κατά τον χειμώνα εμφανίζεται το κύριο μέγιστο, ενώ το δευτερεύον μέγιστο εμφανίζεται τον Μάιο – Ιούνιο. Ένα πρωτεύον ελάχιστο παρατηρείται κατά τον Ιούλιο – Αύγουστο (βροχομετρικό ύψος < 30mm), ενώ ένα δευτερεύον ελάχιστο εμφανίζεται μεταξύ Φεβρουαρίου και Απριλίου.

Για τον υπολογισμό των κατακρημνισμάτων στην περιοχή μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των σταθμών Ν. Έφεσος, Βροντούς, Σαρακατσάνας, Σκοτίνας, Άγιος Δημήτριος και Κούκος για τη χρονική περίοδο 2009 - 2013. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι χρονοσειρές των δεδομένων ήταν σχεδόν πλήρεις και στις ελάχιστες περιπτώσεις που έλειπε κάποια τιμή, αυτή συμπληρώθηκε χρησιμοποιώντας των μέσο όρο των τιμών των τριών προηγούμενων ετών.

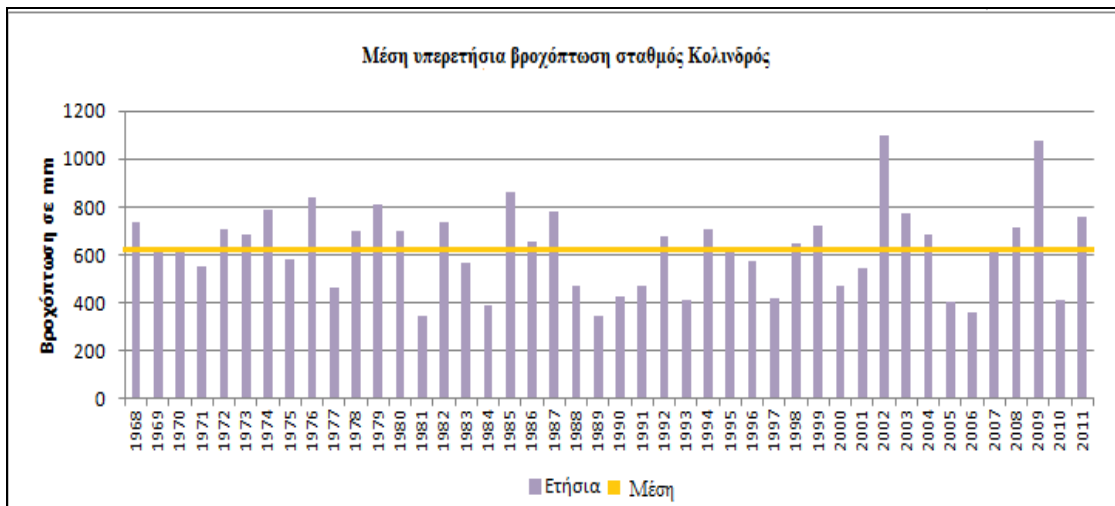
Οι εν λόγω μετεωρολογικοί σταθμοί έχουν εμπλουτισθεί με τα πιο πρόσφατα δεδομένα από τους συμβατικούς σταθμούς Βροντούς (1975-2011), Μοσχοποτάμου (1969-2010), Λόφου (1975-2010) και Κολινδρού (1968- 2011). Στο σχήμα 4.9-4.12 που ακολουθούν, παρουσιάζεται η μέση υπερετήσια βροχόπτωση για κάθε σταθμό



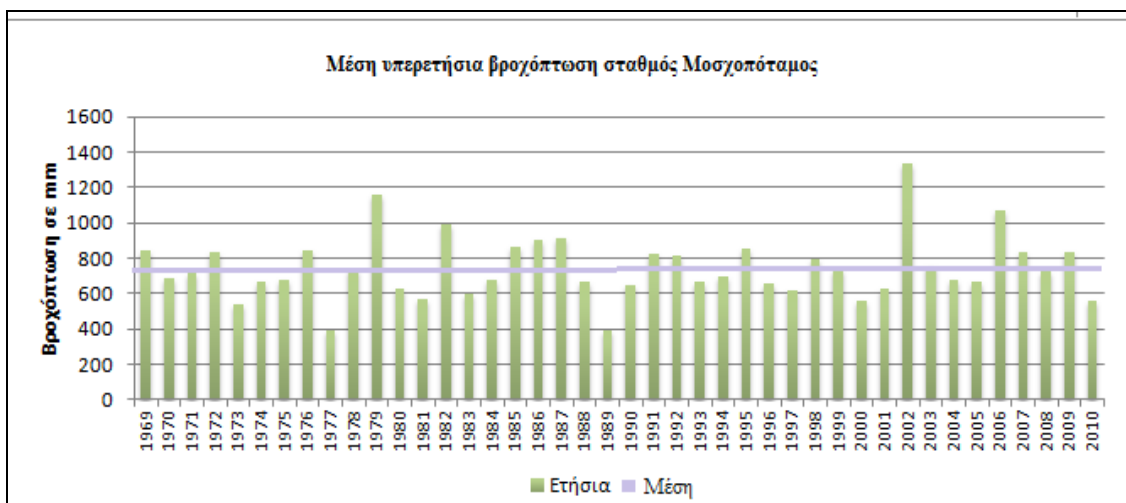
Σχήμα 4.9 Κατανομή ετήσιας βροχόπτωσης του σταθμού Βροντούς (1975 - 2011)



Σχήμα 4.10 Κατανομή ετήσιας βροχόπτωσης του σταθμού Λόφος (1975 - 2010)



Σχήμα 4.11 Κατανομή ετήσιας βροχόπτωσης του σταθμού Κολινδρός (1968 - 2011)

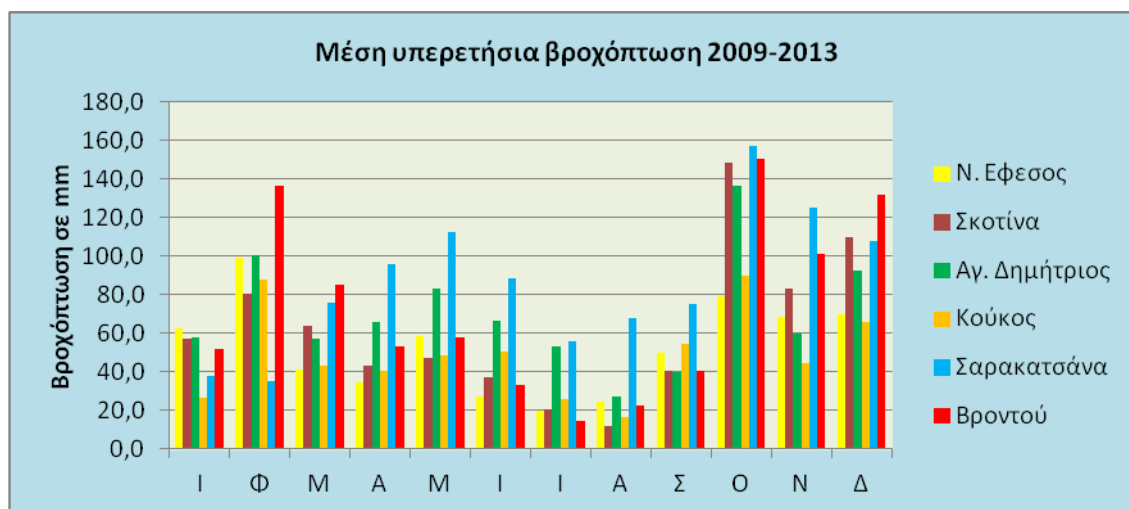


Σχήμα 4.12 Κατανομή ετήσιας βροχόπτωσης του σταθμού Μοσχολόταμος (1969 - 2010)

Στον Πίνακα 4.4 και στο Σχήμα 4.13 παρουσιάζονται οι μέσες υπερετήσιες τιμές της βροχόπτωσης, στους σταθμούς Ν. Έφεσος, Βροντού, Άγιος Δημήτριος, Σαρακατσάνα, Κούκος, Σκοτίνα, για την χρονική περίοδο 2009 – 2013.

**Πίνακας 4.4** Μέση υπερετήσια βροχόπτωση των σταθμών για την περίοδο 2009-2013

|               | Ν.<br>Έφεσος | Σκοτίνα      | Άγ.<br>Δημήτριος | Κούκος       | Σαρακατσάνα   | Βροντού      |
|---------------|--------------|--------------|------------------|--------------|---------------|--------------|
| Ιανουάριος    | 62,5         | 57,1         | 58,2             | 26,9         | 37,8          | 51,8         |
| Φεβρουάριος   | 99,2         | 80,9         | 100,7            | 87,8         | 35,1          | 136,6        |
| Μάρτιος       | 41,6         | 64,1         | 57,2             | 43,3         | 76,1          | 85,6         |
| Απρίλιος      | 34,8         | 43,4         | 65,9             | 40,8         | 95,7          | 53,6         |
| Μάιος         | 58,4         | 47,4         | 83,4             | 48,4         | 112,8         | 57,9         |
| Ιούνιος       | 27           | 37,4         | 66,7             | 50,4         | 88,9          | 33,5         |
| Ιούλιος       | 20,2         | 20,5         | 53,4             | 25,7         | 56,2          | 14,9         |
| Αύγουστος     | 24,5         | 11,8         | 27,5             | 16,4         | 67,8          | 22,7         |
| Σεπτέμβριος   | 49,9         | 40,9         | 40,2             | 54,7         | 75,5          | 40,5         |
| Οκτώβριος     | 79,6         | 148,7        | 136,9            | 89,6         | 157           | 150,4        |
| Νοέμβριος     | 68,5         | 83,4         | 59,8             | 44,8         | 125,1         | 101,2        |
| Δεκέμβριος    | 70,2         | 110          | 92,4             | 65,8         | 107,9         | 132          |
| <b>Σύνολο</b> | <b>636,4</b> | <b>745,6</b> | <b>842,2</b>     | <b>594,6</b> | <b>1035,8</b> | <b>880,7</b> |



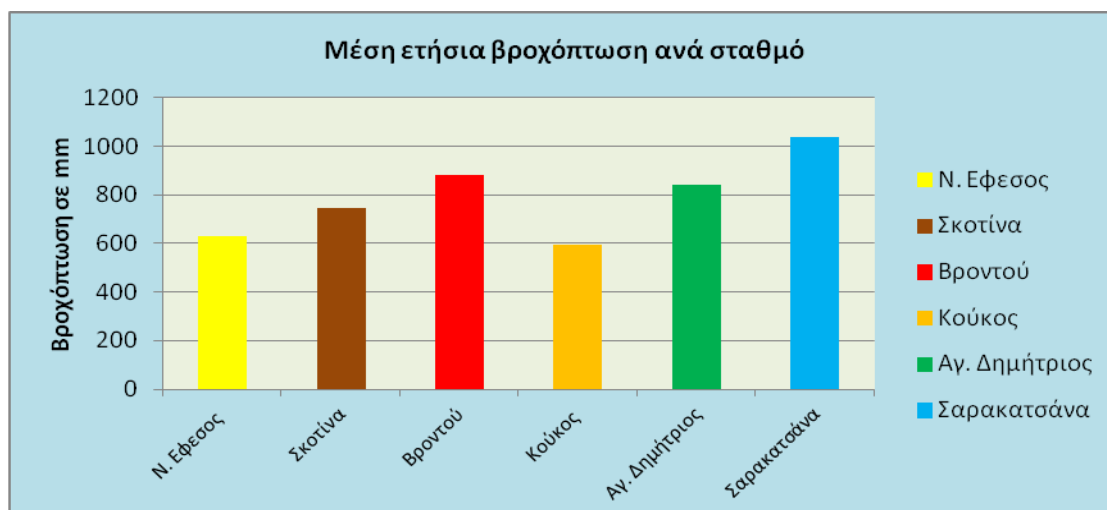
**Σχήμα 4.13** Κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης των σταθμών για την περίοδο 2009-2013

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα, ο πιο βροχερός μήνας για τους σταθμούς Σκοτίνα, Άγιος Δημήτριος Κούκος, Σαρακατσάνα και Βροντού είναι Οκτώβριος με 148,7 mm, 136,9mm, 89,6 mm, 157 mm και 150,4mm αντίστοιχα, ενώ για το σταθμό Ν. Έφεσος βροχερότερος μήνας είναι ο Φεβρουάριος με 99,2mm βροχόπτωσης.

Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζεται η μέση ετήσια βροχόπτωση για κάθε σταθμό σε συνάρτηση με το υψόμετρο για τη χρονική περίοδο 2009 – 2013. Στο Σχήμα 4.14 σχεδιάστηκε το ραβδόγραμμα, στο οποίο φαίνονται οι σταθμοί με το χαμηλότερο προς το υψηλότερο υψόμετρο από αριστερά προς τα δεξιά. Όπως είναι εμφανές, στο σχήμα η τιμή της ετήσιας βροχόπτωσης δεν μεταβάλλεται με το υψόμετρο. Ο σταθμός Βροντού σε υψόμετρο 160 m έχει μέση ετήσια βροχόπτωση 880,7 mm ενώ ο σταθμός Κούκος και Αγ. Δημήτριος που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, έχουν μέση ετήσια βροχόπτωση 594,6 mm και 842,2 mm αντίστοιχα. Έτσι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ βροχόπτωσης και υψομέτρου στην περιοχή μελέτης. Αυτό πιθανό να οφείλεται στον τεράστιο όγκο του Ολύμπου, στην δυτική πλευρά της περιοχής μελέτης.

**Πίνακας 4.5** Μέση Βροχόπτωση για τα υδρολογικά έτη 2009- 2013 ανά σταθμό

| Σταθμός       | Μέση βροχόπτωση | Υψόμετρο |
|---------------|-----------------|----------|
| Ν. Έφεσος     | 636,4           | 14       |
| Σκοτίνα       | 745,6           | 59       |
| Βροντού       | 880,7           | 160      |
| Κούκος        | 594,6           | 227      |
| Αγ. Δημήτριος | 842,2           | 869      |
| Σαρακατσάνα   | 1035,8          | 1689     |



**Σχήμα 4.14** Κατανομή μέσης ετήσια βροχόπτωσης για τα υδρολογικά έτη 2009 - 2013 ανά σταθμό

#### 4.3.4 Σχετική υγρασία

Είναι η κοινότερη έκφραση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Εκφράζει το πηλίκο των υδρατμών, που υπάρχουν σε μια δοσμένη στιγμή στην ατμόσφαιρα, ως προς το μέγιστο ποσό που θα μπορούσε να συγκρατήσει ο αέρας, κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Είναι μέγεθος σχετικό και δίδεται σε εκατοστιαία αναλογία. Ο υπολογισμός της γίνεται, εάν διαιρεθούν οι σχετικές με τις απόλυτες τιμές μιας υγρομετρικής παραμέτρου.

Η ημερήσια πορεία της σχετικής υγρασίας είναι αντίθετη αυτής της θερμοκρασίας του αέρα. Σε ετήσια βάση παρουσιάζει απλή κύμανση, με τις μέγιστες τιμές επάνω από την ξηρά το χειμώνα και επάνω από τους ωκεανούς το θέρος.

**Πίνακας 4.6** Τιμές σχετικής υγρασίας για τους Βροντού και Ν. Έφεσος

| Σταθμός/<br>Έτη | Βροντού<br>2009-2013 | Ν. Έφεσος<br>2009 - 2013 |
|-----------------|----------------------|--------------------------|
|                 | Σχετική Υγρασία (%)  |                          |
| Ιανουάριος      | 75,3                 | 80,5                     |
| Φεβρουάριος     | 71                   | 77,5                     |
| Μάρτιος         | 68,3                 | 76,6                     |
| Απρίλιος        | 67,1                 | 76                       |
| Μάιος           | 61,1                 | 72,8                     |
| Ιούνιος         | 59,6                 | 71,2                     |
| Ιούλιος         | 50,8                 | 63,7                     |
| Αύγουστος       | 53                   | 65                       |
| Σεπτέμβριος     | 61                   | 69,5                     |
| Οκτώβριος       | 71,3                 | 79,5                     |
| Νοέμβριος       | 76,3                 | 84,1                     |
| Δεκέμβριος      | 76,6                 | 81,8                     |
| Μέσος όρος      | 66                   | 74,8                     |

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.6, η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή έρευνας κυμαίνεται από 50,8% μέχρι 76,6% για το Σταθμό Βροντού και από 63,7 % μέχρι 84,1 % για το σταθμό Ν. Εφέσου. Και για τους δύο σταθμούς, οι ελάχιστες τιμές εντοπίζονται το μήνα Ιούλιο, ενώ οι μέγιστες για τον σταθμό Βροντού, τον μήνα Δεκέμβριο και για τον σταθμό Ν. Εφέσου το μήνα Νοέμβριο



### 4.3.5 Ατμοσφαιρική πίεση

Με τον όρο ατμοσφαιρική πίεση εννοούμε τη δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας, που ασκείται σε μια επιφάνεια από το βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα πάνω σε αυτή. Αποτελεί σημαντική κλιματική παράμετρο γιατί συνδέεται με τη θερμοκρασία, που είναι το αίτιο των μεταβολών της, και με τους ανέμους, που είναι το αποτέλεσμα των διαφορών της ανάμεσα σε δύο τόπους. Η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται σχεδόν εκθετικά με το ύψος κατά μέσον όρον κατά 1 mb/10 m και δεν είναι κατανεμημένες ομοιόμορφα σε ένα οριζόντιο επίπεδο. Σε ένα δεδομένο σημείο, στο επίπεδο της θάλασσας, και στις περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους, η ατμοσφαιρική πίεση έχει τιμές μεταξύ 950 και 1050 mb. Οι μεταβολές της πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο είναι μικρές. Υπάρχει μια ελαφρά ημερήσια μεταβολή της πίεσης η οποία είναι μικρότερη από 1 mb.

**Πίνακας 4.7** Τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης για τους σταθμούς Βροντού και Ν. Έφεσος

| Σταθμός/<br>Έτη   | Βροντού 2009-2013         | Ν. Έφεσος 2009-2013 |
|-------------------|---------------------------|---------------------|
|                   | Ατμοσφαιρική πίεση (mbar) |                     |
| Ιανουάριος        | 994,3                     | 1009                |
| Φεβρουάριος       | 992,5                     | 1007                |
| Μάρτιος           | 993,2                     | 1010                |
| Απρίλιος          | 994,7                     | 1008                |
| Μάιος             | 992,8                     | 1007                |
| Ιούνιος           | 993,3                     | 1006                |
| Ιούλιος           | 994,4                     | 1006                |
| Αύγουστος         | 994,8                     | 1007                |
| Σεπτέμβριος       | 995,3                     | 1009                |
| Οκτώβριος         | 998,7                     | 1010                |
| Νοέμβριος         | 996,1                     | 1011                |
| Δεκέμβριος        | 999,8                     | 1010                |
| <b>Μέσος όρος</b> | 995                       | 1008                |

Στον πίνακα 4.7 δίνονται οι μετρήσεις της ατμοσφαιρικής πίεσης για το σταθμό Βροντού (2009-2013) και Ν. Εφέσου (2009- 2013). Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.7, η μέγιστη ατμοσφαιρική πίεση για τον σταθμό Βροντού μετρήθηκε το μήνα Δεκέμβριο, ενώ για το σταθμό Ν. Εφέσου το μήνα Νοέμβριο. Η μέση ετήσια τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι 995 mb και 1008 mb για τους σταθμούς Βροντού και Σκοτίνα αντίστοιχα, και κρίνεται φυσιολογική για την περιοχή έρευνας σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος και το επίπεδο από τη θάλασσα.

#### 4.3.6 Εξατμισοδιαπνοή

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, εφαρμόστηκε ο εμπειρικός τύπος του Thornthwaite, για το έτος 2013, ο οποίος έχει αποδειχθεί ότι σε Μεσογειακά κλίματα είναι πιο αξιόπιστος και δίνει καλύτερα αποτελέσματα (Panagopoulos, Voudouris, Hionidi & Koumantakis, 2002). Χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις των σταθμών Βροντού και Ν. Εφέσου οι οποίοι βρίσκονται στην περιοχή μελέτης.

##### Μέθοδος του Thornthwaite & Mather (1957)

Για την δυνητική Εξατμισοδιαπνοή  $E$  ισχύει ο τύπος του C.Thornthwaite:

$$E_{\Delta} = 16 \left( 10 \frac{T}{I} \right)^a \quad (4.3)$$

Όπου  $E_{\Delta}$  = η μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm

$T$  = η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρος για τον υπόψη μήνα σε °C

$$a = 0,49239 + 1792 * 10^{-5} * T^2 + 675 * 10^{-9} * T^3$$

$I$  = το άθροισμα των μηνιαίων δεικτών της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Η μέθοδος εφαρμόστηκε με βάση τις μέσες τιμές των μηνιαίων θερμοκρασιών αέρα και το μηνιαίο ύψος κατακρημνισμάτων για το έτος 2013. Στους Πίνακες 4.8 και 4.9 παρουσιάζεται ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής για τους σταθμούς Βροντού και Ν. Εφέσου αντίστοιχα. Συντελεστής μέγιστης υδατοαποθηκευτικής ικανότητας προσδιορίστηκε βιβλιογραφικά με βάση τους λιθολογικούς σχηματισμούς της περιοχής και εκτιμήθηκε σε 100 mm και για τους δύο σταθμούς.

Με βάση τη μεθοδολογία αυτή προκύπτει ότι, για το έτος 2013, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή στη θέση των σταθμών Βροντού και Ν. Εφέσου ισούται με  $E_{\Delta} = 895,04$  mm και  $E_{\Delta} = 1059$  mm αντίστοιχα. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι 421mm για το σταθμό Βροντού και αντιστοιχεί στο 68,2 % της βροχόπτωσης, ενώ για το σταθμό της Ν. Εφέσου είναι 374 mm και αντιστοιχεί σε ποσοστό 73,5 % της βροχόπτωσης.

Πίνακας 4.8 Υπολογισμός της μηνιαίας πραγματικής εξατμισοδιαποής στο σταθμό Βροντού

| Υπολογισμός εξατμισοδιαποής κατά Thornthwaite |      |       |      |      | $S_{10} = 100$ |        | $a = 1,73729$ |        | Συντ. Πρ. εξατμισ. κατά Thornthwaite |        |      |       | 68,20% |
|---|------|-------|------|------|----------------|--------|---------------|--------|--------------------------------------|--------|------|-------|--------|
|   | I    | Φ     | M    | A    | M              | I      | I             | A      | Σ                                    | O      | N    | Δ     | Σ/Μ.Ο. |
| T °C  | 6,7  | 8     | 10,4 | 15,6 | 21,3           | 23,5   | 26,2          | 27,2   | 21,8                                 | 16,5   | 12,6 | 6,4   | 16,35  |
| i   | 1,56 | 2,04  | 3,03 | 5,6  | 8,97           | 10,41  | 12,28         | 12,99  | 9,29                                 | 6,1    | 4,05 | 1,45  | 77,77  |
| E <sub>A</sub> '                              | 12,3 | 16,8  | 26,5 | 53,6 | 92,1           | 109,3  | 132           | 140,8  | 95,9                                 | 59,1   | 37   | 11,4  |        |
| n   | 0,84 | 0,83  | 1,03 | 1,11 | 1,25           | 1,26   | 1,27          | 1,19   | 1,04                                 | 0,96   | 0,82 | 0,8   |        |
| E <sub>A</sub>                                | 10,4 | 13,9  | 27,3 | 59,5 | 115,1          | 137,7  | 167,6         | 167,6  | 99,7                                 | 56,7   | 30,3 | 9,1   | 895,04 |
| P (mm)  | 33,4 | 113,2 | 35,2 | 54,4 | 25             | 44,2   | 36,6          | 28,2   | 23,6                                 | 18,2   | 79,6 | 125,6 | 617,2  |
| Έλλειμμα                                      | 0    | 0     | 0    | 5,1  | 90,1           | 93,5   | 131           | 139,4  | 76,1                                 | 38,5   | 0    | 0     |        |
| Πλεον.  | 23   | 99,3  | 7,9  | 0    | 0              | 0      | 0             | 0      | 0                                    | 0      | 49,3 | 116,5 |        |
| APWL  | 0    | 0     | 0    | -5,1 | -95,2          | -188,7 | -319,7        | -459,1 | -535,2                               | -573,8 | 0    | 0     |        |
| St  | 100  | 100   | 100  | 95   | 38,6           | 15,2   | 4,1           | 1      | 0,5                                  | 0,3    | 49,6 | 100   |        |
| ΔSt   | 0    | 0     | 0    | -5   | -56,4          | -23,4  | -11,1         | -3,1   | -0,5                                 | -0,2   | 49,3 | 50,4  |        |
| E <sub>r</sub>                                | 10,4 | 13,9  | 27,3 | 59,4 | 81,4           | 67,6   | 47,7          | 31,3   | 24,1                                 | 18,4   | 30,3 | 9,1   | 421    |
| Έλλ. νερού                                    | 0    | 0     | 0    | 0,1  | 33,7           | 70     | 119,9         | 136,3  | 75,6                                 | 38,4   | 0    | 0     |        |
| Ολ. Απορροή                                   | 23   | 99,3  | 7,9  | 0    | 0              | 0      | 0             | 0      | 0                                    | 0      | 0    | 66,1  | 196,2  |

Πίνακας 4.9 Υπολογισμός μηνιαίας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής στο σταθμό Ν. Εφέσου

| Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite |      |      |      |       | $S_{t0} = 100$ |        | $\alpha = 2,064$ |        | Συντ. Πρ. εξατμισ. κατά Thornthwaite |      |      |      | 73,50%         |
|--|------|------|------|-------|----------------|--------|------------------|--------|--------------------------------------|------|------|------|----------------|
|  | I    | Φ    | M    | A     | M              | I      | I                | A      | Σ                                    | O    | N    | Δ    | Σ/Μ.Ο.         |
| $T^{\circ}C$                                   | 9,2  | 10,8 | 13,5 | 18,1  | 23,7           | 26     | 28,5             | 29,1   | 24,3                                 | 18,9 | 15,3 | 8,5  | <b>18,83</b>   |
| i  | 2,52 | 3,21 | 4,5  | 7,01  | 10,55          | 12,13  | 13,94            | 14,39  | 10,95                                | 7,49 | 5,44 | 2,23 | <b>94,37</b>   |
| $E_A'$   | 15,2 | 21,1 | 33,5 | 61,4  | 107,1          | 129,6  | 156,7            | 163,5  | 112,7                                | 67,1 | 43,4 | 12,9 |                |
| n  | 0,83 | 0,83 | 1,03 | 1,11  | 1,25           | 1,26   | 1,27             | 1,19   | 1,04                                 | 0,96 | 0,82 | 0,8  |                |
| $E_A$  | 12,6 | 17,5 | 34,5 | 68,1  | 133,8          | 163,3  | 198,9            | 194,6  | 117,2                                | 64,4 | 35,6 | 10,3 | <b>1051,01</b> |
| P (mm)   | 29   | 112  | 31   | 22    | 27             | 27     | 43               | 15     | 20                                   | 13   | 79   | 91   | <b>509</b>     |
| Έλλειμα  | 0    | 0    | 3,5  | 46,1  | 106,8          | 136,3  | 155,9            | 179,6  | 97,2                                 | 51,4 | 0    | 0    |                |
| Πλεον.   | 16,4 | 94,5 | 0    | 0     | 0              | 0      | 0                | 0      | 0                                    | 0    | 43,4 | 80,7 |                |
| APWL   | 0    | 0    | -3,5 | -49,6 | -156,5         | -292,8 | -448,7           | -628,3 | -725,6                               | -777 | 0    | 0    |                |
| St   | 100  | 100  | 96,5 | 60,9  | 20,9           | 5,4    | 1,1              | 0,2    | 0,1                                  | 0    | 43,5 | 100  |                |
| ΔSt  | 0    | 0    | -3,5 | -35,7 | -40            | -15,6  | -4,2             | -0,9   | -0,1                                 | 0    | 43,4 | 56,5 |                |
| Er   | 12,6 | 17,5 | 34,5 | 57,7  | 67             | 42,6   | 47,2             | 15,9   | 20,1                                 | 13   | 35,6 | 10,3 | <b>374</b>     |
| Έλλ. νερού                                     | 0    | 0    | 0,1  | 10,4  | 66,9           | 120,7  | 151,7            | 178,7  | 97,1                                 | 51,4 | 0    | 0    |                |
| Ολ. Απορροή                                    | 16,4 | 94,5 | 0    | 0     | 0              | 0      | 0                | 0      | 0                                    | 0    | 0    | 24,2 | <b>135</b>     |

#### 4.4 Συνοπτικά συμπεράσματα

Με βάση την υδρολογική ανάλυση της περιοχής έρευνας συμπεραίνουμε ότι:

- Ο κλιματικός τύπος κατά Κορρεν χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακός ή Μεσόθερμος, ενώ σύμφωνα με το Μαριολόπουλο χαρακτηρίζεται ως μεταβατικός μεσογειακό - μεσοευρωπαϊκός.
- Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέση μέγιστη θερμοκρασία 37,3 °C και 35,9 °C, ενώ αντίστοιχα ψυχρότεροι μήνες είναι ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος με μέση ελάχιστη θερμοκρασία -12° C και -9,3° C αντίστοιχα.
- Η μέση ετήσια βροχόπτωση στους σταθμούς που συναντώνται μέσα στην περιοχή έρευνας είναι 636,4 mm για το σταθμό Ν. Εφέσου και για το σταθμό Βροντούς είναι 880,7 mm.
- Η σχετική υγρασία έχει μέσο όρο 66% στο σταθμό Βροντού και 74,8% στο σταθμό Ν. Εφέσου, ενώ ο μέσος όρος της ατμοσφαιρική πίεσης είναι 995 mbar και 1008 mbar για τους δύο σταθμούς αντίστοιχα.
- Για το έτος 2013, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή στη θέση των σταθμών Βροντού και Ν. Εφέσου υπολογίστηκε ίση με  $E_{\Delta} = 895,04$  mm και  $E_{\Delta} = 1059$  mm αντίστοιχα.
- Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι 421 mm για το σταθμό Βροντού και αντιστοιχεί στο 68,2% της βροχόπτωσης ενώ για το σταθμό της Ν. Εφέσου είναι 374 mm και αντιστοιχεί σε ποσοστό 73,5% της βροχόπτωσης.

## 5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

### 5.1 Γενικά

Υδροφορείς ή υδροφόροι (aquifers) είναι οι γεωλογικοί σχηματισμοί, που περιέχουν αρκετό κορεσμένο με νερό υλικό, ώστε να τροφοδοτήσουν με σημαντικές ποσότητες νερού γεωτρήσεις ή πηγές (Σχήμα 5.1). Οι υδροφορείς έχουν αυξημένη ικανότητα να αποθηκεύουν και να μεταβιβάζουν το νερό. Το υδροφόρο στρώμα αποτελείται από το γεωλογικό σχηματισμό και το υπεδαφικό νερό, που βρίσκεται σε βαρυτική μορφή και ως νερό συγκράτησης. Ως υδροφόρος ορίζοντας θεωρείται η άνω επιφάνεια του υδροφόρου, αν και οι έννοιες υδροφορέας, υδροφόρος, υδροφόρο στρώμα, υδροφόρος ορίζοντας χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν το ίδιο πράγμα.

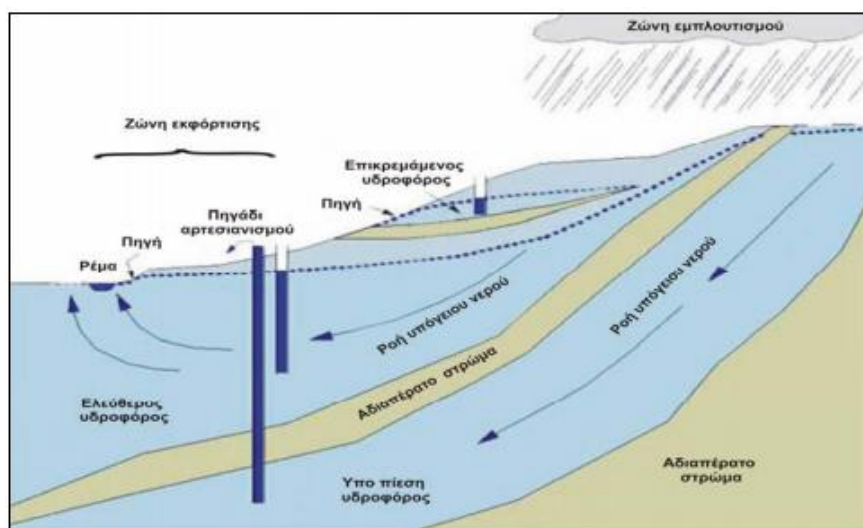
Οι κυριότεροι τύποι υπόγειων υδροφορέων είναι:

– **Ελεύθεροι υδροφορείς**

Είναι οι υδροφόροι, που έχουν ως δάπεδο στεγανό στρώμα και στην οροφή τους δεν παρεμβάλλεται αδιαπέρατο γεωλογικό στρώμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην ελεύθερη επιφάνεια (φρεάτια) των υπόγειων νερών, η υδροστατική πίεση να είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Οι μεταβολές της στάθμης του νερού αντιστοιχούν σε μεταβολές του όγκου του αποθηκευμένου νερού στον υδροφόρο. Ελεύθεροι υδροφόροι ορίζοντες των οποίων η υδροστατική επιφάνεια βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους λέγονται φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες, επειδή η απόληψη νερού από αυτούς μπορεί να γίνει με πηγάδια.

– **Ημιαρτεσιανοί (υπό μερική πίεση) υδροφορείς**

Πρόκειται για υπόγειους υδροφορείς, ανάλογους με τους υπό πίεση, με τη διαφορά ότι το υπερκείμενο στρώμα είναι ημιπερατό, παρουσιάζει δηλαδή μικρή υδροπερατότητα.



Σχήμα 5.1 Είδη υδροφόρων στρωμάτων (Πηγή Βουδούρης 2011)

– **Υπό πίεση υδροφόροι ή εγκλωβισμένοι ή αρτεσιανοί**

Στα υδροφόρα αυτά στρώματα, το νερό είναι εγκλωβισμένο ανάμεσα στα αδιαπέρατα στρώματα του δαπέδου και της οροφής. Είναι κορεσμένοι σε όλο το πάχος τους και η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Για τον λόγο αυτό η πιεζομετρική επιφάνεια, η οποία είναι μια εικονική επιφάνεια και συμπίπτει με το επίπεδο της υδροστατικής επιφάνειας στον υδροφόρο, βρίσκεται ψηλότερα από τη βάση της αδιαπέρατης οροφής. Όταν η πιεζομετρική επιφάνεια βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, τότε παρατηρείται αυτόματη ροή με μορφή πίδακα (αρτεσιανισμός).

Από πετρογραφικής άποψης διακρίνονται τρεις κατηγορίες υδροφορέων:

- 1) Οι **καρστικοί ή διερρηγμένων πετρωμάτων**, εδώ ανήκουν συμπαγή πετρώματα τα οποία δεν έχουν πόρους, ωστόσο επιτρέπουν την κίνηση νερών δια μέσου δικτύου ρωγμών ή καρστικών αγωγών που αυλακώνουν τη μάζα τους.
- 2) **πορώδεις**, που αναπτύσσονται σε κοκκώδεις σχηματισμούς όπως τεταρτογενείς και αδρομερείς νεογενείς αποθέσεις.

## 5.2 Υδρολιθολογική ταξινόμηση

Οι διάφοροι τύποι πετρωμάτων που συμμετέχουν στην πετρολογική σύσταση της περιοχής, μπορεί να διακριθούν στις ακόλουθες κατηγορίες ανάλογα με την υδροπερατότητά τους (ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975):

— Σχηματισμοί περατοί λόγω ρωγμών.

Στους σχηματισμούς του Ολύμπου (μάρμαρα και ασβεστόλιθοι ) σε συνδυασμό με την τεκτονική έχει επιδράσει και η καρστική διεργασία με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα πυκνό δίκτυο από καρστικές κοιλότητες και αγωγούς.

Οι βραχώδεις σχηματισμοί του λατυποκροκαλοπαγούς έχουν αποκαρστωθεί σε μεγάλο βαθμό, λόγω διαλύσεως του συνδετικού υλικού και λόγω τεκτονισμού (περιοχή πεδίου βολής Λιτοχώρου).

— Σχηματισμοί περατοί λόγω πορώδους

Οι σχηματισμοί της περιμέτρου του Ολύμπου και οι αναβαθμίδες της Κατερίνης – Λιτοχώρου – Αγ. Σπυρίδωνα αποτελούνται από υλικά χαλαρής σύνδεσης (άμμοι ή κροκάλες). Η περατότητα των σχηματισμών εξαρτάται από την ομοιογένεια και το μέγεθος των κόκκων του υλικού σε κάθε θέση.

Προς τα τεταρτογενή, όπου επικρατούν άμμοι, το ενεργό πορώδες είναι μικρότερο, επίσης τοπικά όπου υπάρχει ανάμιξη άμμου και κροκαλών με άργιλο αμμομαργαϊκό υλικό, το ενεργό πορώδες είναι ελαττωμένο.

— Σχηματισμοί εναλλασσόμενοι με ποικίλη υδατοπερατότητα

Οι σχηματισμοί αυτοί περιέχουν υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες στα διαπερατά τους στρώματα (νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμοί). Στην κατηγορία αυτή υπάγονται και οι νεογενείς σχηματισμοί, λόγω όμως της επικράτησης των μαργαϊκών και αργιλικών υλικών συμπεριφέρονται σαν ένα αδιαπέρατο σύνολο, μέσα στο οποίο περικλείονται υδατοπερατοί υδροφόροι ορίζοντες σε κατάσταση κορεσμού. Γενικά, μικρή υδροφορία παρατηρείται στις αμμώδεις ενστρώσεις τους, λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε άργιλο. Όταν το ποσοστό αργίλου είναι μικρό, οι αμμώδεις ενστρώσεις αποτελούν υδροφόρους ορίζοντες υπό πίεση, μικρής ως επί το πλείστον δυναμικότητας.



Στην περιοχή Ν. Εφέσου-Λόφου-Μονής Πέτρας επικρατούν οι αδιαπέρατοι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με μαργαϊκές ενστρώσεις. Στις αποθέσεις αυτές, υπάρχουν ορίζοντες τραβερτίνου και κροκαλοπαγών με υψηλό πορώδες.

Οι σχηματισμοί της πεδιάδας της Κατερίνης αποτελούνται από διαδοχικές εναλλαγές οριζόντων από λεπτομερή (αργιλομαργαϊκά) και αδρομερή υλικά. Οι ενστρώσεις αδρομερών υλικών παρουσιάζουν σχετικά υψηλό πορώδες και αποτελούν τους υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες. Οι ορίζοντες των αδρομερών υλικών βρίσκονται σε πλευρική επαφή μεταξύ τους και με τους σχηματισμούς της περιμέτρου του Ολύμπου και έτσι εξασφαλίζεται η ανανέωση των υδατικών αποθεμάτων τους.

#### — Σχηματισμοί με μεταβαλλόμενη διαπερατότητα

Σε αυτούς τους σχηματισμούς η διαπερατότητα μεταβάλλεται κατά την κατακόρυφη και οριζόντια έννοια χωρίς υδρολογική σημασία. Εδώ κατατάσσονται οι παλαιές ποτάμιες αναβαθμίδες του Αίσωνα που αν και εμπεριέχουν περισσότερο αδρομερή υλικά υπό μορφή φακών, είναι χωρίς υδρολογική σημασία, γιατί με την παρεμβολή της αργίλου διακόπτεται η τροφοδοσία τους και η ανανέωση των υδατικών αποθεμάτων τους.

#### — Σχηματισμοί αδιαπέρατοι

Σ' αυτούς ανήκουν κατά κύριο λόγο τα πετρώματα του γνευσιακού συστήματος (γνεύσιοι – σχιστόλιθοι – πρασινόλιθοι) και οι οφειόλιθοι. Πρόκειται για σχηματισμούς πρακτικά υδατοστεγείς λόγω κορεσμού των διακλάσεων και του θεωρητικού πορώδους. Σε ζώνες όμως έντονης τεκτονικής κατακλάσεως ή επιφανειακής εξαλλοιώσεως, οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν τοπική υδατοπερατότητα, μικρής σημασίας. Οι υδατοπερατές αυτές ζώνες είναι περιορισμένης ανάπτυξης, όπου όμως αναπτύσσονται ο συντελεστής απορροής παραμένει πολύ υψηλός.

### 5.3 Υδρογεωλογικές ενότητες

Με βάση τα παραπάνω υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων, που συμμετέχουν στη σύσταση της περιοχής και ανάλογα με τη θέση τους, γίνεται ο ακόλουθος διαχωρισμός σε υδρογεωλογικές ενότητες (ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975):

- Σύστημα γνευσίων- οφειολίθων

Ο ορεινός όγκος των Πιερίων δομείται κυρίως από σχηματισμούς που γενικά εμποδίζουν την κατείσδυση του ύδατος. Οι ζώνες επιφανειακής αποσάθρωσης ή τεκτονισμού και οι φακοί μαρμάρων που περιέχονται μέσα στο σύστημα αυτό σχηματίζουν υδροφόρους ορίζοντες μικρής δυναμικότητας που δεν επηρεάζουν σημαντικά το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής. Το μεγαλύτερο μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων τα οποία δέχεται η λεκάνη αυτή, απορρέουν επιφανειακά από τους χείμαρρους Αίσωνα και Μοσχοπόταμο.

- Σύστημα ανθρακικών πετρωμάτων

Ο ορεινός όγκος του Ολύμπου αποτελείται από ανθρακικά κυρίως πετρώματα (μάρμαρα - ασβεστόλιθοι), που έχουν υποστεί έντονη τεκτονική και καρστική διεργασία, με αποτέλεσμα να ευνοείται η κατείσδυση των όμβριων υδάτων. Ο κερματισμός των πετρωμάτων είναι εντονότερος κατά μήκος των επιπευτικών ρηγμάτων και παρατηρούνται παράλληλες ζώνες διαφορετικής περατότητας που σχετίζονται με το βαθμό διάρρηξης. Από την καρστικού τύπου διάβρωση στην επιφάνεια σχηματίζονται δολίνες και πόλγες. (Βεράνης, 2010)

Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν μεγάλη υδατοπερατότητα και τροφοδοτούν το σύστημα των πηγών Καρίτσας-Δίου, όπως και των υπό πίεση υδροφόρο ορίζοντα της πεδιάδας της Κατερίνης. Η τροφοδοσία αυτή γίνεται μέσα από τους αδρομερείς σχηματισμούς της περιμέτρου του Ολύμπου, που έρχονται απευθείας πλευρική επαφή με τους καρστικούς ανθρακικούς σχηματισμούς. Στην ίδια ενότητα εντάσσονται και οι βραχώδεις σχηματισμοί της περιμέτρου του Ολύμπου (ασβεστολιθικό κροκαλοπαγές).

- Σύστημα νεογενών αποθέσεων

Η υδρογεωλογική ενότητα των νεογενών αποτελείται από τις μαργαϊκές αποθέσεις βόρεια του Ξηρόλακκα, στις οποίες μπορούν να ενταχθούν και οι παλαιές αναβαθμίδες του ποταμού που παρεμβάλλονται μεταξύ τους.

Η περατότητα των σχηματισμών αυτών, στο σύνολο τους, είναι γενικά μικρή. Κατά θέσεις υπάρχουν ενστρώσεις από αδρομερές υλικό που σχηματίζουν υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες μέσα στα νεογενή. Οι ορίζοντες αυτοί, χαμηλής γενικά παροχής, δεν παρουσιάζουν κανονική δίαιτα. Η ανανέωση των αποθεμάτων τους είναι προβληματική, λόγω της διακοπής, της συνέχειας των υδατοπερατών στρωμάτων που οφείλεται σε κατακόρυφες κινήσεις, από την επαναλειτουργία των ρηγμάτων του υποβάθρου και σε αποσφηνώσεις του αδρομερούς υλικού.

- Σύστημα τεταρτογενών αποθέσεων

Το σύστημα των τεταρτογενών αποθέσεων, που καλύπτει ολόκληρο το πεδινό τμήμα και την περιμετρική ζώνη του Ολύμπου παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία στο πετρογραφικό υλικό. Από υδρογεωλογική άποψη ανήκουν σε αυτό:

- Οι αδρομερείς σχηματισμοί της περιμέτρου του Ολύμπου
- Οι σχηματισμοί της αναβαθμίδας Λιτοχώρου – Αγ. Σπυρίδωνα
- Η αργιλική επικάλυψη στην πεδιάδα της Κατερίνης, κάτω από την οποία υπάρχουν οι εναλλαγές από αδρομερή και λεπτομερή υλικά, που σχηματίζουν τους υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες της πεδιάδας.
- Οι νεότερες ποτάμιες αναβαθμίδες της περιοχής Κατερίνης
- Σχηματισμοί από Terra Rossa και ασβεστολιθικής σύστασης κροκάλες.

Οι αδρομερείς σχηματισμοί της περιμέτρου του Ολύμπου βρίσκονται σε πλευρική επαφή με τον καρστικό υδροφορέα και συνεχίζονται κάτω από την αργιλική επικάλυψη της πεδιάδας. Πάνω στους αδρομερείς σχηματισμούς της περιμέτρου επικάθεται η αναβαθμίδα Λιτοχώρου - Αγ. Σπυρίδωνος, από αδρομερές υλικό και αποτελεί μαζί με τον προηγούμενο σχηματισμό ένα ενιαίο υδρογεωλογικό σύνολο. Οι αδρομερείς σχηματισμοί της περιμέτρου και της αναβαθμίδας βυθίζονται κάτω από την αργιλική επικάλυψη της πεδιάδας και

αποτελούν το υδροφόρο μέσον που τροφοδοτεί τους εγκλωβισμένους υδροφόρους ορίζοντες και τις πηγές Καρίτσας – Δίου.

Η αργιλική επικάλυψη είναι ένα στρώμα πάχους 20-30m, που εκτείνεται σε όλη την πεδιάδα της Κατερίνης και αποτελείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από άργιλο που περιέχει και αδρομερές υλικό. Η περατότητα του σχηματισμού αυτού εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε αδρομερές υλικό και μεταβάλλεται κατά την οριζόντια έννοια από θέση σε θέση, ενώ κατά την κατακόρυφο είναι γενικά μικρή. Μέσα στο σχηματισμό αυτό αναπτύσσεται ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας, που γίνεται αντικείμενο εκμετάλλευσης με μικρές γεωτρήσεις για περιορισμένες ανάγκες των καλλιεργειών.

Κάτω από την αργιλική επικάλυψη αναπτύσσονται οι εναλλαγές από αδρομερείς και λεπτομερείς αποθέσεις, που περιέχουν τους υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες. Οι ορίζοντες αυτοί τροφοδοτούνται στη Ν.Δ περιοχή από τον καρστικό όγκο του Ολύμπου. Στη βόρεια περιοχή συμβάλλουν και τα ύδατα που απορρέουν από το υδρογραφικό δίκτυο.

## **5.4 Υδροφόρα συστήματα**

Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή έρευνας εντάσσεται στο Υδροφόρο Σύστημα του Ολύμπου (ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975), το οποίο γεωγραφικά εκτείνεται προς τα βόρεια μέχρι τη γραμμή Κονταριώτισσα - Νέα Έφεσος - Εκβολές ποταμού Αίσωνα (Ψυρίλλος 2010). Στο Υδροφόρο Σύστημα Ολύμπου μετέχουν δύο επιμέρους Υδρογεωλογικές Ενότητες:

### Καρστική υδρογεωλογική ενότητα Μεσοζωικών μαρμάρων – ασβεστολίθων Ολύμπου.

Η ενότητα αυτή συνιστά ένα εκτεταμένο καρστικό – ρηγματωμένο υδροφορέα, μεγάλης υδροδυναμικότητας, του οποίου η έκταση ανέρχεται σε 309 km<sup>2</sup> και ο εμπλουτισμός του πραγματοποιείται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Βρίσκεται πλευρικά σε επαφή με την Υδρογεωλογική Ενότητα των Τεταρτογενών Αποθέσεων της Πεδιάδας Πιερίας.

### Υδρογεωλογική Ενότητα Τεταρτογενών Ιζηματογενών Αποθέσεων.

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τις ιζηματογενείς αποθέσεις που έχουν αποθεθεί στο εσωτερικό της λεκάνης του Θερμαϊκού. Υποδιαιρείται στις παρακάτω υποενότητες:

- Τα αλλουβιακά ριπίδια του Ολύμπου συνιστούν ένα σχετικά ομοιογενές πακέτο μεγάλου πάχους, το οποίο αποτελείται από αδρομερή, κλαστικά, ιζηματογενή πετρώματα με μεγάλο πορώδες και σημαντική διαπερατότητα. Τα αλλουβιακά ριπίδια του Ολύμπου έχουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι προς τα ΝΝΑ εφάπτονται με τον καρστικό υδροφορέα των Μεσοζωικών μαρμάρων – ασβεστολίθων του Ολύμπου. Ο τελευταίος τροφοδοτεί με υπόγειο νερό τα διαπερατά αλλουβιακά ριπίδια, με συνέπεια την ανάπτυξη ισχυρού ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα.
- Προς τα κατάντη τα αλλουβιακά ριπίδια βυθίζονται κάτω από το αργιλικό κάλυμμα της πεδιάδας Καρίτσας – Βαρικού και μεταπίπτουν πλευρικά σε πιο λεπτόκοκες αλλουβιακές προσχωματικές αποθέσεις, όπου κυριαρχούν λιθολογίες άμμων εναλλασσόμενων με στρώματα αργιλοϊλύων μεγάλου πάχους. Κατά αυτό τον τρόπο τα αλλουβιακά ριπίδια τροφοδοτούν με υπόγειο νερό τους κοκκώδεις, εγκλωβισμένους (υπό πίεση) υδροφορείς των αλλουβιακών προσχωματικών αποθέσεων.

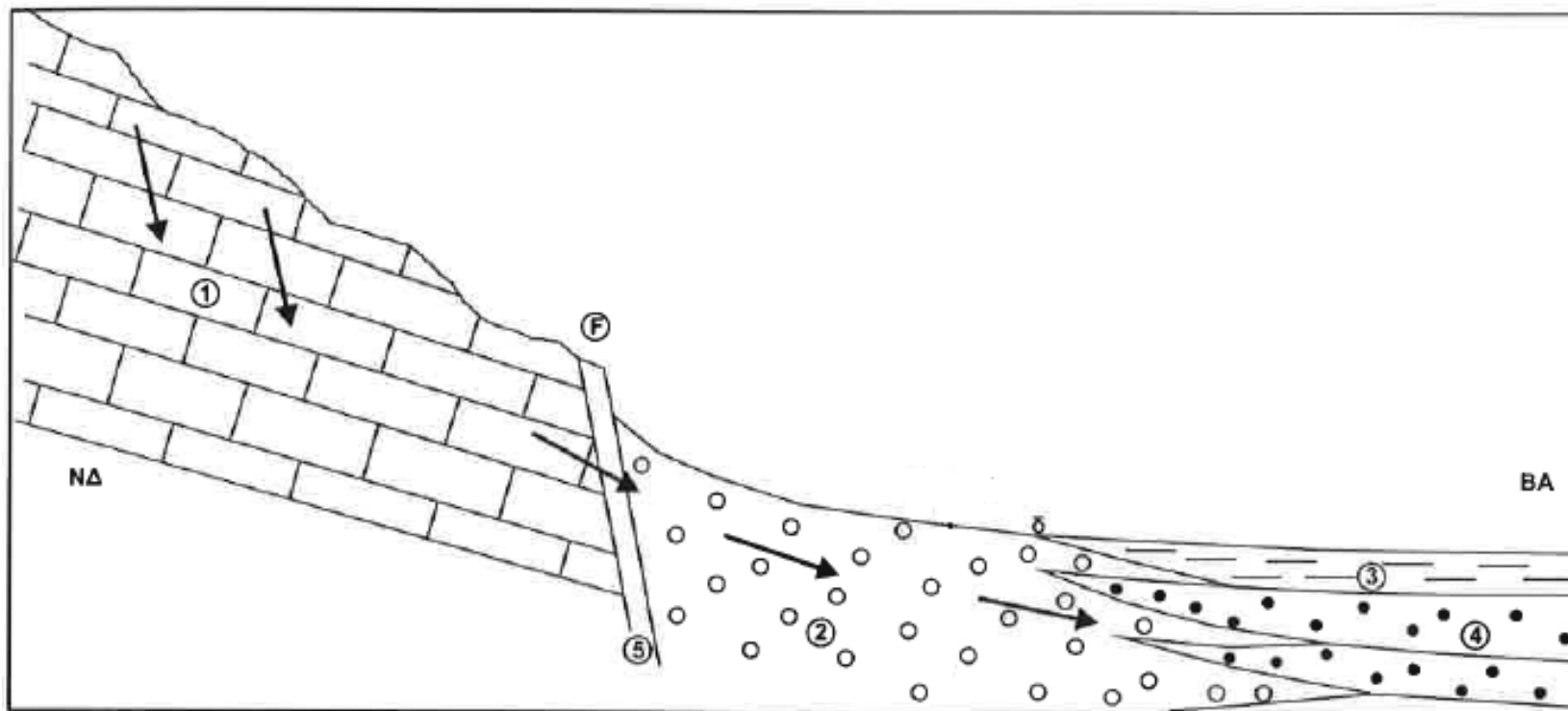
Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (2007) η περιοχή έρευνας δηλαδή η ζώνη των αλλουβιακών ριπιδίων του Ολύμπου και η πεδινή ζώνη μέχρι το Βαρικό εντάσσεται στο Υπόγειο Υδατικό Σύστημα 915 "Σύστημα Κατερίνης", ενώ οι ανθρακικοί σχηματικοί σχηματισμοί του Ολύμπου και τμήμα της περιμέτρου, στο Υπόγειο Υδατικό Σύστημα 914 "Σύστημα Λιτοχώρου". Το Σύστημα Κατερίνης χαρακτηρίζεται ως εν γένει υδροφόρο σύστημα με ετήσιες απολήψεις της τάξης των  $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

## 5.5 Πηγές

Στην επαφή των αδρομερών ιζημάτων των αλλουβιακών ριπιδίων με την αργιλική επικάλυψη της πεδιάδας και σε μήκος περίπου 5 km εκδηλώνεται η ομάδα πηγών Καρίτσας – Δίου (σχήμα 5.2). Οι πηγές αυτές αποτελούν εκφόρτιση της βασικής υδροφορίας του Ολύμπου, η οποία οφείλεται στη διαφορά διαπερατότητας μεταξύ των αλλουβιακών ριπιδίων και των προσχωσιγενών αποθέσεων της πεδιάδας. Το στοιχείο αυτό επιβεβαιώθηκε από τις υδρομετρήσεις στις πηγές και στην τάφρο του Δίου, όταν μετά από έντονες βροχοπτώσεις και λιώσιμο χιονιών παρατηρήθηκε απότομη αύξηση στην παροχή τους, που σημαίνει ότι υφίστανται ικανοποιητικό δίκτυο καρστικών αγωγών μέσω των οποίων διακινούνται τα υπόγεια νερά. Οι πηγές αυτές κατατάσσονται στις υπερπλήρωσης, δεδομένου ότι η δίατά τους μπορεί να επηρεασθεί από την εντατική άντληση των κατάντη υπό πίεση υδροφόρων. Η μέση ετήσια παροχή τους ανέρχεται σε  $55 * 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ , με σημαντικές διακυμάνσεις που εξαρτώνται από τα εποχιακά κατακρημνίσματα (ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975).

Τα νερά των πηγών Δίου – Καρίτσας μεταφέρονται με τις τάφρους Βαρικού και Λιτοχώρου αλλά και με μικρότερες που βρίσκονται μεταξύ τους. Το Σεπτέμβριο του 1986 η τάφρος του Λιτοχώρου είχε σχεδόν σταθερή παροχή, που κυμαίνονταν από 187 έως 289 lit/s, ενώ η μεγάλη τάφρος του Βαρικού σημείωσε τιμή παροχής 1.133 lit/s. Η συνολική παροχή των τεσσάρων τάφρων που μεταφέρουν τα νερά των πηγών Δίου – Καρίτσας το Σεπτέμβριο του 1986 κυμαίνονταν μεταξύ 1,2 και 1,7  $\text{m}^3/\text{s}$ . Από μετρήσεις που έγιναν το 1997- 98 η παροχή των πηγών Δίου παρουσίαζε μια μέση τιμή παροχής τα 1,5  $\text{m}^3/\text{s}$ . ( Τερζίδης-Μπαμπατζιμόπουλος 1998).

Εκτός από τις πηγές χαμηλής περιοχής, υπάρχουν και σε υψηλότερες θέσεις του Ολύμπου μικρής παροχής αναβλύσεις. Τα νερά των πηγών αυτών απορρέουν επιφανειακά μόνο πάνω στην ανθρακική μάζα του Ολύμπου, ενώ διηθούνται κατάντη, στους αδρομερές σχηματισμούς της περιμέτρου. Πρόκειται για μικρές εκδηλώσεις του καρστικού υδροφορέα του Ολύμπου, που οφείλονται σε τοπική μεταβολή του πορώδους των ανθρακικών σχηματισμών.. Σημαντικότερες ομάδες στην υψηλή ζώνη είναι οι πηγές του Ενιπέα και οι πηγές Βροντούς - Αγίας Κόρης.



**Σχήμα 5.2** Σχηματική τομή τροφοδοσίας πηγών Καρίτσας – Δίου (Πηγή ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975, Τροποποιημένη Ψυρίλλος 2010)

(1) Καρστική υδρογεωλογική ενότητα Μεσοζωικών μαρμάρων – ασβεστολίθων Ολύμπου (2) Τεταρτογενείς ιζηματογενείς αποθέσεις-Αλλουβιακά ριπίδια Ολύμπου (3) Αργιλική επικάλυψη πεδιάδας Καρίτσας – Βαρικού (4) Τεταρτογενείς αλλουβιακές προσχωματικές αποθέσεις, εναλλαγές άμμων & αργίλων (κοκκώδεις εγκλωβισμένοι υδροφορείς πεδιάδας Καρίτσας- Βαρικού) (5) Ζώνη κατακερματισμού (F) Ζώνη περιθωριακών κανονικών ρηγμάτων Ολύμπου (δ) Ζώνη πηγών Καρίτσας – Δίου

Στο καρστικό σύστημα Λιτοχώρου, που περιλαμβάνει τους καρστικούς σχηματισμούς του Ολύμπου, παρατηρούνται πηγές διαλείπουσας μορφής σε διάφορες θέσεις με παροχές 15 έως 3,5 m<sup>3</sup>/h, αλλά και σημαντικές πηγές με παροχές, που κυμαίνονται μεταξύ 30 και 150 m<sup>3</sup>/h. Οι σημαντικότερες καρστικές πηγές, οι οποίες στην πλειοψηφία τους εμφανίζουν σημειακή ανάβλυση και συνεχή ροή, εντοπίζονται στα επίπεδα: (α) 1000- 1150m, (β) 600- 750m και (γ) 350 – 450m. Στην συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας 4.2 με τις κυριότερες καρστικές πηγές του υδροφόρου Συστήματος του Λιτοχώρου (Βεράνης 2010).

**Πίνακας 5.5.1** Κυριότερες καρστικές πηγές στο υδροφόρο Σύστημα Λιτοχώρου

| <b>Τοποθεσία</b> | <b>Παροχή (m<sup>3</sup>/h)</b> | <b>Τύπος πηγής</b> | <b>Γεωλογικό περιβάλλον</b>            |
|------------------|---------------------------------|--------------------|--|
| Πολυδένδρι       | 40-60                           | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι           |
| Αγ. Κόρη         | 100-400                         | Επαφής             | Οφειόλιθοι επωθημένοι σε ασβεστόλιθους |
| Αγ. Τριάς        | 1500-4000                       | Επαφής             | Οφειόλιθοι επωθημένοι σε ασβεστόλιθους |
| Ορλιά            | 40-140                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι, κορήματα |
| Τάφος Δίου       | 2000-5500                       | Υπερχείλισης       | Ιζήματα (κροκάλες, άμμοι, άργιλοι)     |
| Μάνα             | 250-65                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι, κορήματα |
| Κοκκώνη          | 150-15                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι           |
| Γιάννακα         | 10 - 70                         | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι           |
| Τσιμπίλι         | 10 - 70                         | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι, κορήματα |
| Ιερό σπήλαιο     | 50-120                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι, κορήματα |
| Πυξάρι           | 25-130                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι, κορήματα |
| Πριόνια          | 30-250                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι, κορήματα |
| Πριόνια          | 20-200                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι           |
| Παλιοπρίονα      | 25-250                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι           |
| Παλιοπρίονα      | 20-150                          | Επαφής             | Ασβεστόλιθοι καρστοποιημένοι           |



## 5.6 Υπόγειες καρστικές μορφές

Είναι τα σπήλαια μέσα στα συμπαγή ριπιδιοπαγή της 1<sup>ης</sup> γενιάς των ριπιδίων που συνδέονται με πυκνό δίκτυο αγωγών με υπόγειες κοιλότητες. Τα περισσότερα σπήλαια δεν έχουν εσωτερικό διάκοσμο από σταλακτίτες και σταλαγμίτες, γιατί τα στρώματα των συμπαγών ριπιδιοπαγών της οροφής πέφτουν στο πυθμένα των σπηλαίων πολύ συχνά και έχουν αποφραχτεί. Στην περιοχή του Λιτοχώρου υπάρχουν αρκετοί γνωστοί υπόγειοι αγωγοί (Ψιλοβίκος 1981).

Η προχωρημένη καρστικοποίηση που συνέβη στα ριπιδιοπαγή της 1<sup>ης</sup> γενιάς των ριπιδίων που έχουν μεγάλο πάχος είχε σαν συνέπεια να παρουσιάζουν αυτά την ίδια υδρολογική συμπεριφορά που παρουσιάζουν και τα καρστικοποιημένα ανθρακικά πετρώματα του Ολύμπου. Μεγάλες ποσότητες νερού, που πέφτουν σήμερα στον Όλυμπο ακολουθούν την πορεία υπόγειου καρστ στο ορεινό τμήμα και στα ριπίδια και τροφοδοτούν υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες της λεκάνης Κατερίνης και Θερμαϊκού.

Μια εκδήλωση αυτής της υπόγειας τροφοδοσίας σε νερό αποτελούν οι πηγές περιοχής Λεπτοκαρυάς – Λιτοχώρου, περιοχής Δίου – Πλατανάκια – Καρίτσας που βρίσκονται σε υψόμετρο 6- 15m. Πιο βόρεια στο ριπίδιο Βροντούς και Πέτρας και Πέτρας υπάρχουν επίσης πηγές, στο χειμάρρο Βοσίνικο, Πευκάρι και Στεφανή σε υψόμετρο 180- 300m, που λειτουργούν σαν πηγές επαφής των ριπιδιοπαγών της 1<sup>ης</sup> γενιάς με τα μαργαϊκά πλειοκαινικά ιζήματα.

Η τροφοδοσία του υπόγειου δικτύου με νερό δεν γίνεται μόνο από το χώρο του υποβάθρου του Ολύμπου, αλλά και από το χώρο των ριπιδίων. Το νερό της βροχής που συγκεντρώνεται μέσα στους χειμάρρους του ανατολικού Ολύμπου διαφεύγει υπόγεια από τις κοίτες ροής, όταν περνά μέσα από τα ριπίδια. Τα χαλαρά υλικά που βρίσκονται στα χαμηλότερα τμήματα των ριπιδίων, τα ρήγματα που έχουν σχηματιστεί σε συμπαγή και χαλαρά υλικά και τα καρστικά φαινόμενα στα συμπαγή ριπιδιοπαγή, ευνοούν την κατείσδυση του νερού και την υπόγεια διαφυγή του. Με τον τρόπο αυτό, σχεδόν όλο το νερό που ρέει μέσα στις κοίτες ροής των χειμάρρων και στην επιφάνεια των ριπιδίων, χάνεται υπόγεια και δεν κατορθώνει να φτάσει μέχρι τη θάλασσα..

## 5.7 Συνθήκες εκμετάλλευσης υπόγειου νερού

Ολόκληρος ο χώρος της πεδινής περιοχής της Κατερίνης (οριοθετούμενος προς τα ΝΔ από την ισοϋψή των 100 m, προς το Δ-ΒΔ από το γεωλογικό όριο της Νεογενούς Ιζηματογενούς σειράς και προς τα Α από μία παράκτια λωρίδα πλάτους περίπου 1 km), θα μπορούσε να αποτελέσει πεδίο εκμετάλλευσης με υδρογεωτρήσεις, από το οποίο για κάθε αρδευτική περίοδο μπορούν να αντλούνται περί τα  $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  (ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1985). Η εκμεταλλευσιμότητα όμως δεν είναι ίδια σε όλη την περιοχή και διακρίνονται τρεις επιμέρους ζώνες ( Ψυρίλλος 2010, ΥΔΡΟΓΑΙΑ 1975):

1. Ζώνη 1, η οποία περιλαμβάνει την υποζώνη 1 α των αλλουβιακών ριπιδίων του Ολύμπου (από την περιοχή της Λεπτοκαρυάς, προς το Λιτόχωρο μέχρι την περιοχή δυτικά της Βροντούς) και την υποζώνη 1 β της πεδινής περιοχής Καρίτσας- Βαρικού (εκτείνεται προς τα Βόρεια μέχρι τη γραμμή Κονταριώτισσα- Νέα Έφεσος – Εκβολές ποταμού Αίσωνα – Μαυρονέρι). Στην υποζώνη 1 α, το ενεργό πορώδες κυμαίνεται περί το 25% και το μέσο πάχος του υδροφόρου είναι περίπου 94 m. Στη ζώνη αυτή οι υδρογεωτρήσεις εκμεταλλεύονται το πλούσιο Υδροφόρο Σύστημα του Ολύμπου και οι αναμενόμενες παροχές κυμαίνονται στα 200 ως  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ .
2. Ζώνη 2, η οποία περιλαμβάνει την πεδιάδα Κατερίνης στο τμήμα της που ορίζεται από γραμμή Νέα Έφεσος – Εκβολές ποταμού Αίσωνα (Μαυρονέρι), προς τα Δυτικά από τη γραμμή Νέα Έφεσος – Κατερίνη και προς τα Βόρεια από τη γραμμή Κατερίνη – Περίσταση – Παραλία. Η ζώνη αυτή τροφοδοτείται με νερό κατά κύριο λόγο από τον ποταμό Αίσωνα – Μαυρονέρι και δευτερευόντως επηρεάζεται από πλευρική τροφοδοσία από το υδροφόρο σύστημα Ολύμπου. Οι αναμενόμενες παροχές γεωτρήσεων κυμαίνονται από 100 ως  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ .
3. Ζώνη 3, η οποία περιλαμβάνει την πεδιάδα Κατερίνης βορείως της γραμμής Νέα Έφεσος- Κατερίνη μέχρι την περιοχή Κορινού- Αλυκών Κίτρους. Σε αυτή την περιοχή, η τροφοδοσία με νερό είναι φτωχή και προέρχεται από τα ρέματα που αποστραγγίζουν τη χαμηλή λοφοσειρά της Βόρειας Πιερίας, που δομείται από ιζηματογενείς σχηματισμούς του Νεογενούς. Οι αναμενόμενες παροχές γεωτρήσεων κυμαίνονται από 60 –  $80 \text{ m}^3/\text{h}$ .

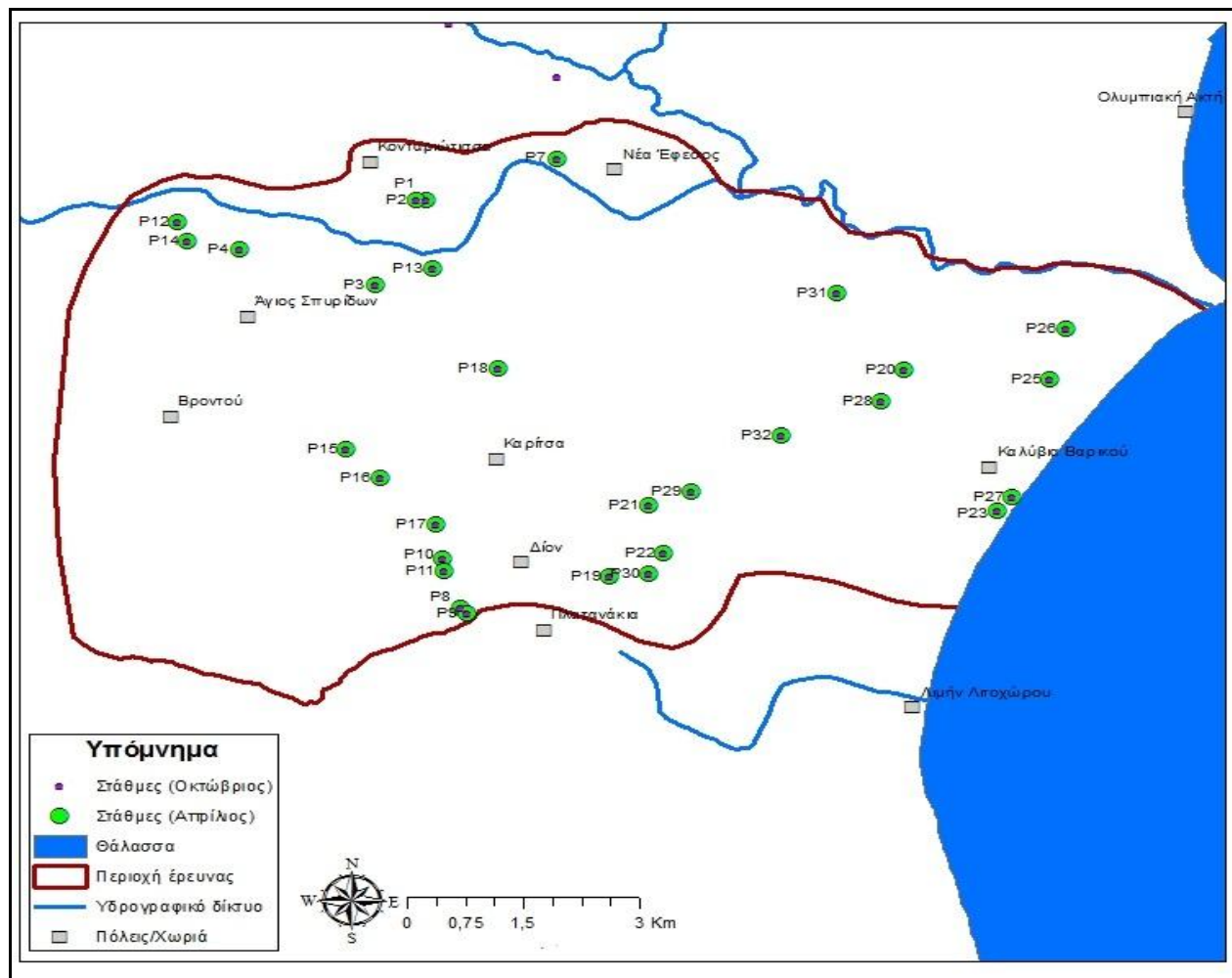
## 5.8 Πιεζομετρία

Ένα από τα σημαντικότερα υδραυλικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφορέων, είναι το υδραυλικό ή αλλιώς πιεζομετρικό φορτίο. Το πιεζομετρικό φορτίο ταυτίζεται με το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπόγειου νερού, σε μια γεώτρηση ανορυγμένη σε ελεύθερο υδροφορέα. Στους υπό πίεση υδροφορείς το φορτίο είναι το απόλυτο υψόμετρο, που θα έφτανε το νερό, αν ο σωλήνας της γεώτρησης επεκτεινόταν πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Το υδραυλικό φορτίο δεν μένει σταθερό, αλλά μειώνεται κατά την κίνηση του υπόγειου νερού λόγω απωλειών.

Η δυναμική επιφάνεια ηρεμίας του υπόγειου νερού ονομάζεται πιεζομετρική επιφάνεια. Για την παρουσίαση της πιεζομετρικής επιφάνειας σχεδιάζονται χάρτες οι οποίοι απεικονίζουν τη μορφολογία της ελεύθερης επιφάνειας (στάθμη ηρεμίας) του υδροφόρου ορίζοντα. Από τους πιεζομετρικούς χάρτες αντλούμε πληροφορίες για την ύπαρξη ή όχι πλευρικής τροφοδοσίας, για τις περιοχές εκτόνωσης του υδροφορέα, την υδροπερατότητα και τον τύπο του υδροφορέα, καθώς και την αποθηκευτική του ικανότητα.

Στην περιοχή έρευνας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης του υπόγειου νερού για τον προσδιορισμό της πιεζομετρίας την περίοδο Οκτώβριος 2014 (ξηρή περίοδος) σε 19 γεωτρήσεις και την περίοδο Απρίλιος 2015 (υγρή περίοδος) σε 17 γεωτρήσεις. Για την οριοθέτηση της ζώνης αρτεσιανισμού έγινε απογραφή 13 γεωτρήσεων και παρουσίαζαν αρτεσιανισμό και στις δύο περιόδους μετρήσεων.

Στο σχήμα 5.3 παρουσιάζεται ο χάρτης με τις ακριβείς θέσεις των γεωτρήσεων της περιοχής έρευνας, στις οποίες έγιναν οι μετρήσεις. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την περίοδο Σεπτεμβρίου και Απριλίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2. Οι τιμές στάθμης που δίνονται στους πίνακες αυτούς αφορούν στις στάθμες, που μετρήθηκαν από την επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια υπολογίστηκε το πιεζομετρικό φορτίο από την επιφάνεια της θάλασσας για κάθε σημείο μέτρησης. Οι γεωτρήσεις P20 – P32 που παρουσιάζονται στο χάρτη με τις θέσεις των μετρήσεων στάθμης είναι αρτεσιανές γεωτρήσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της ζώνης αρτεσιανισμού, που εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης.

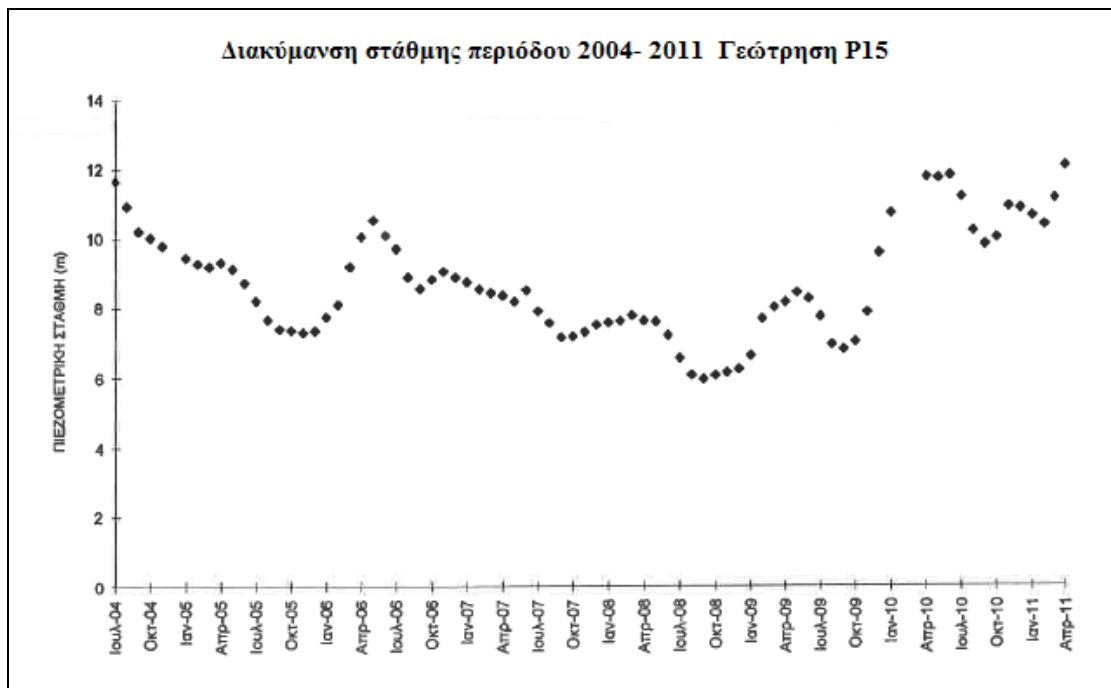


Σχήμα 5.3 Θέσεις μέτρησης της στάθμης των υπόγειων νερών στην περιοχή έρευνας

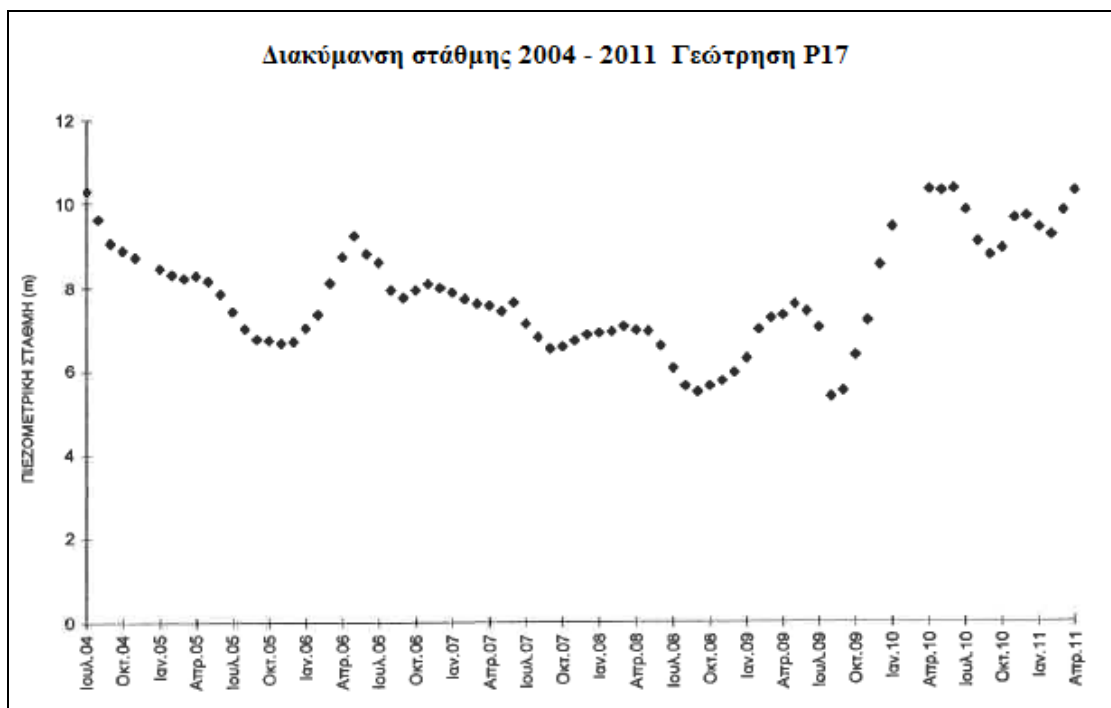
**Πίνακας 5.2** Μετρήσεις στάθμης και πιεζομετρικό φορτίο σε κάθε γεώτρηση

| Γεώτρηση | Περιοχή       | Υψόμετρο | Οκτώβριος 2014    |                         | Απρίλιος 2015     |                         |
|----------|---------------|----------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|          |               |          | Βάθος στάθμης (m) | Πιεζομετρικό φορτίο (m) | Βάθος στάθμης (m) | Πιεζομετρικό φορτίο (m) |
| P1       | Κονταριώτισσα | 30       | 22,7              | 7,3                     | 19,1              | 10,9                    |
| P2       | Κονταριώτισσα | 32       | 23,2              | 8,8                     | 19,8              | 12,2                    |
| P3       | Κονταριώτισσα | 35       | 29,3              | 5,7                     | 25,4              | 9,6                     |
| P4       | Κονταριώτισσα | 60       | 54,2              | 5,8                     | 49,9              | 10,1                    |
| P5       | Κονταριώτισσα | 29       | 12,1              | 16,9                    | –                 | –                       |
| P6       | Κονταριώτισσα | 21       | 9,3               | 11,7                    | –                 | –                       |
| P7       | Κονταριώτισσα | 17       | 6,9               | 10,1                    | 3,8               | 13,2                    |
| P8       | Δίον          | 67       | 62,8              | 4,2                     | 60,3              | 6,7                     |
| P9       | Δίον          | 67       | 57                | 10                      | 54,3              | 12,7                    |
| P10      | Δίον          | 64       | 59,4              | 4,6                     | 53,1              | 10,9                    |
| P11      | Δίον          | 69       | 64                | 5                       | 61                | 8                       |
| P12      | Αγ.Σπυρίδωνας | 75       | 67                | 8                       | 62,7              | 12,3                    |
| P13      | Κονταριώτισσα | 22       | 16                | 6                       | 12,1              | 9,9                     |
| P14      | Αγ.Σπυρίδωνας | 73       | 67                | 6                       | 62,8              | 10,2                    |
| P15      | Καρίτσα       | 65       | 58,8              | 6,2                     | 55                | 10                      |
| P16      | Καρίτσα       | 62       | 57,3              | 4,7                     | 53,8              | 8,2                     |
| P17      | Καρίτσα       | 55       | 50,1              | 4,9                     | 48,5              | 6,5                     |
| P18      | Βροντού       | 11       | 4,5               | 6,5                     | 2                 | 9                       |
| P19      | Δίον          | 5        | 1,6               | 3,4                     | 0,5               | 4,5                     |

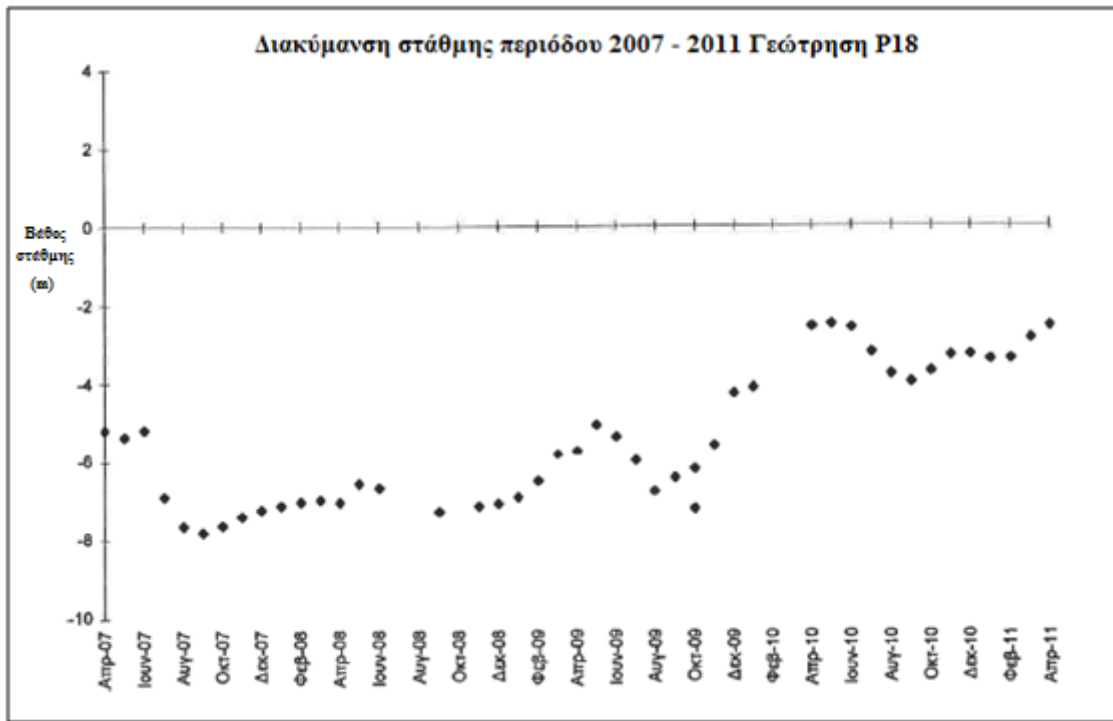
Από τις παραπάνω μετρήσεις παρατηρείται, ότι η πλέον αβαθής στάθμη μετρήθηκε στην περιοχή του Δίον (Γεώτρηση P19) και ήταν 0,5m τον μήνα Απρίλιο, ενώ η βαθύτερη ήταν 67m (Γεώτρηση P14) στην περιοχή του Αγ. Σπυρίδωνα. Το μεγαλύτερο πιεζομετρικό φορτίο που υπολογίστηκε από την επιφάνεια της θάλασσας ήταν 13,2m το μήνα Απρίλιο, στην περιοχή της Κονταριώτισσας (Γεώτρηση P7), ενώ το μικρότερο ήταν 3,4m το μήνα Οκτώβριο στην περιοχή του Δίον (Γεώτρηση P19). Η ετήσια ανύψωση της πιεζομετρικής επιφάνειας κυμάνθηκε από 1 m (P19, Δίον) έως 6,3 m (P10, Δίον). Για την ολοκληρωμένη ερμηνεία των μετρήσεων, που πραγματοποιήθηκαν για την παρούσα διπλωματική εργασία, παρουσιάζονται τα διαγράμματα στάθμης συναρτήσει του χρόνου από το Έργο « Έρευνα Υδρολογικής Κατάστασης Νομού Πιερίας» (Μπαμπατζιμόπουλος 2011,2014) για την Περιφερειακή Ενότητα Πιερίας.



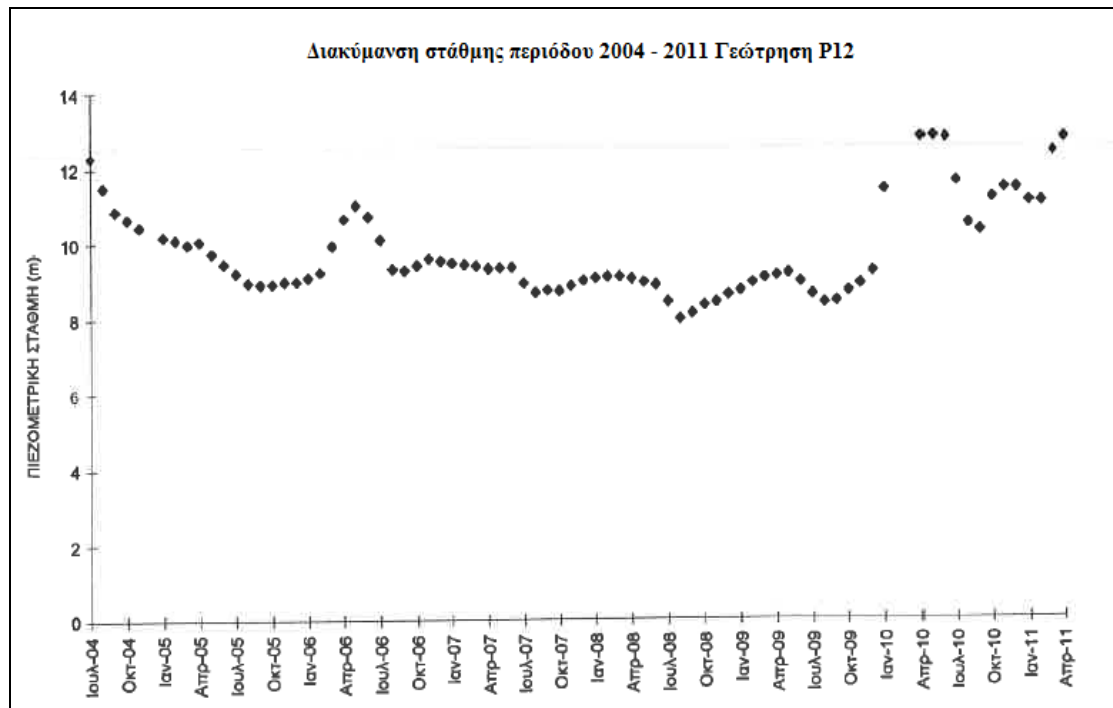
**Σχήμα 5.5.4** Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης για τη γεώτρηση P15 στην περιοχή Καρίτσα (Μπαμπατζιμόπουλος 2011)



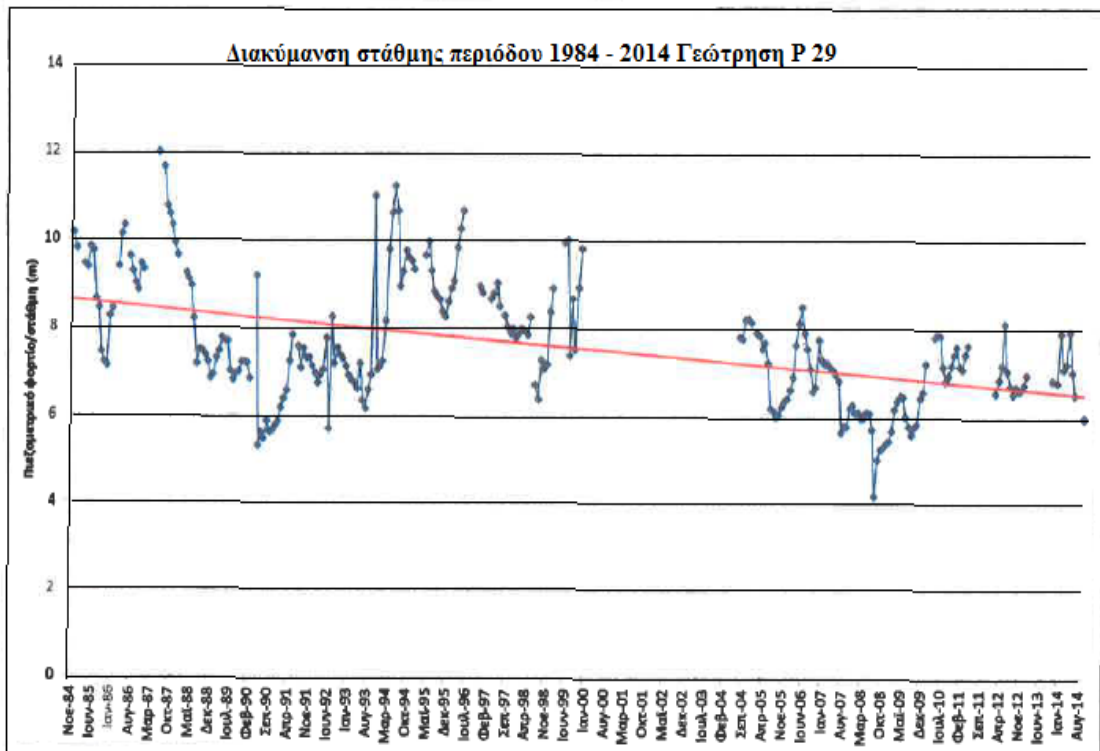
**Σχήμα 5.5** Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης για τη γεώτρηση P17 στην περιοχή Καρίτσα (Μπαμπατζιμόπουλος 2011)



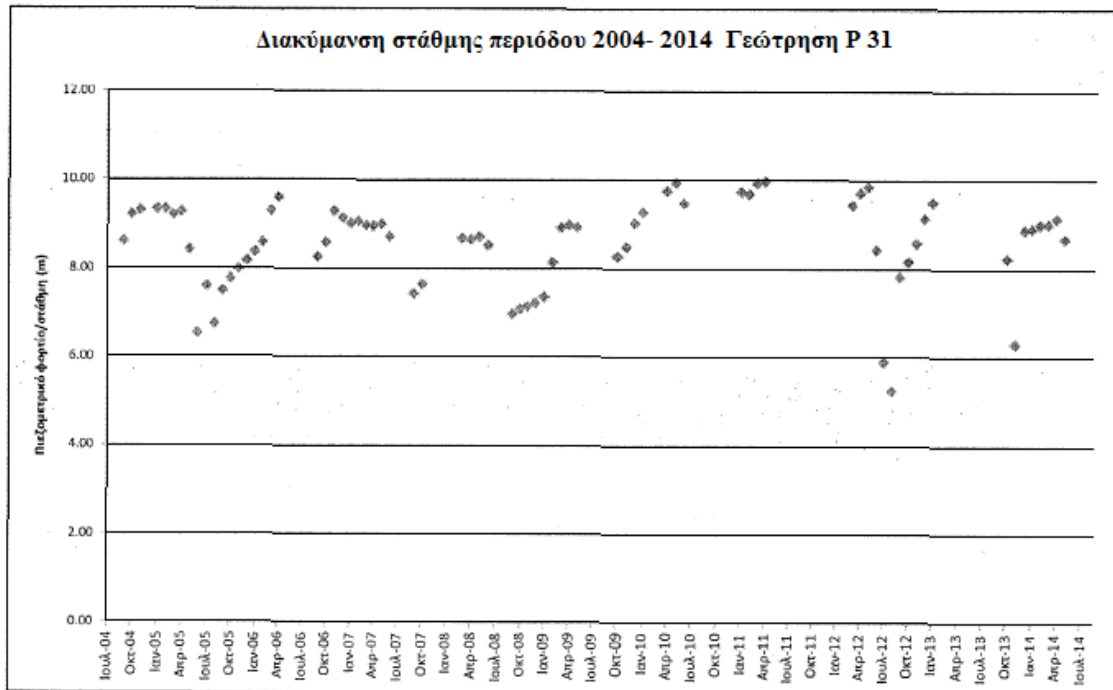
**Σχήμα 5.5.5** Διακύμανση βάθους στάθμης για τη γεώτρηση P18 στην περιοχή Βροντού (Βάθος στάθμης από την επιφάνεια του εδάφους) (Μπαμπατζιμόπουλος 2011)



**Σχήμα 5.5.6** Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης για τη γεώτρηση P12 στην περιοχή Αγ.Σπυρίδωνας (Μπαμπατζιμόπουλος 2011)

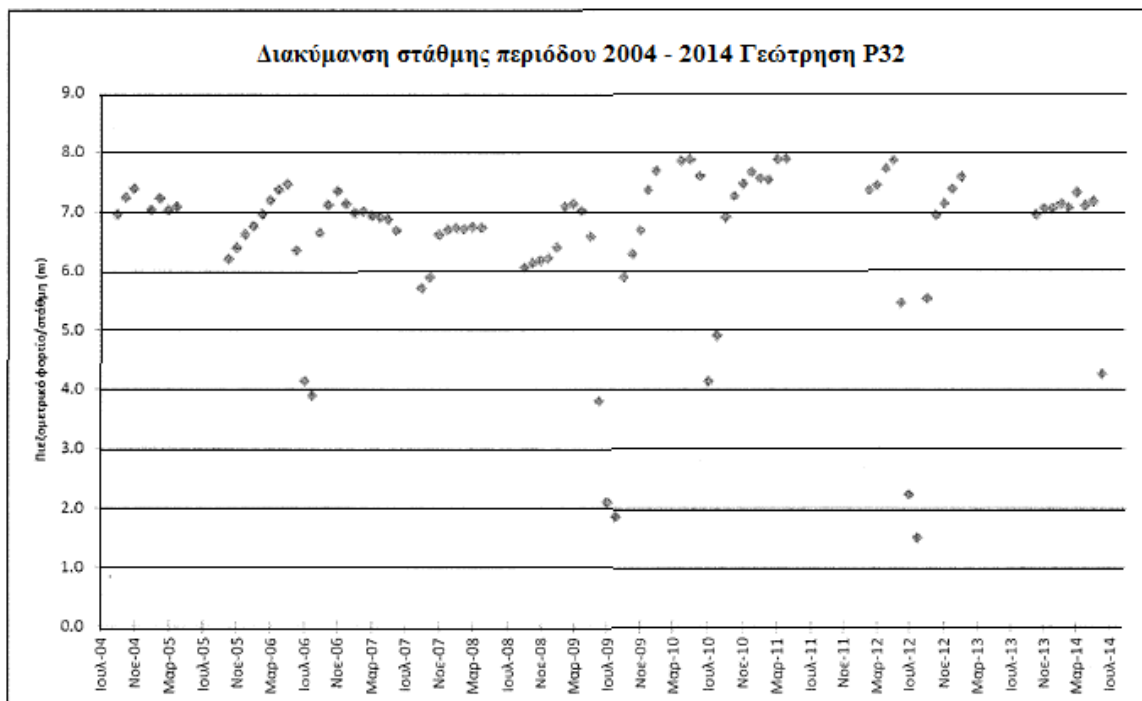


**Σχήμα 5.5.7** Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης για τη γεώτρηση P 29 στην περιοχή Καρίτσα (αρτεσιανή γεώτρηση) (Μπαμπατζιμόπουλος 2014)

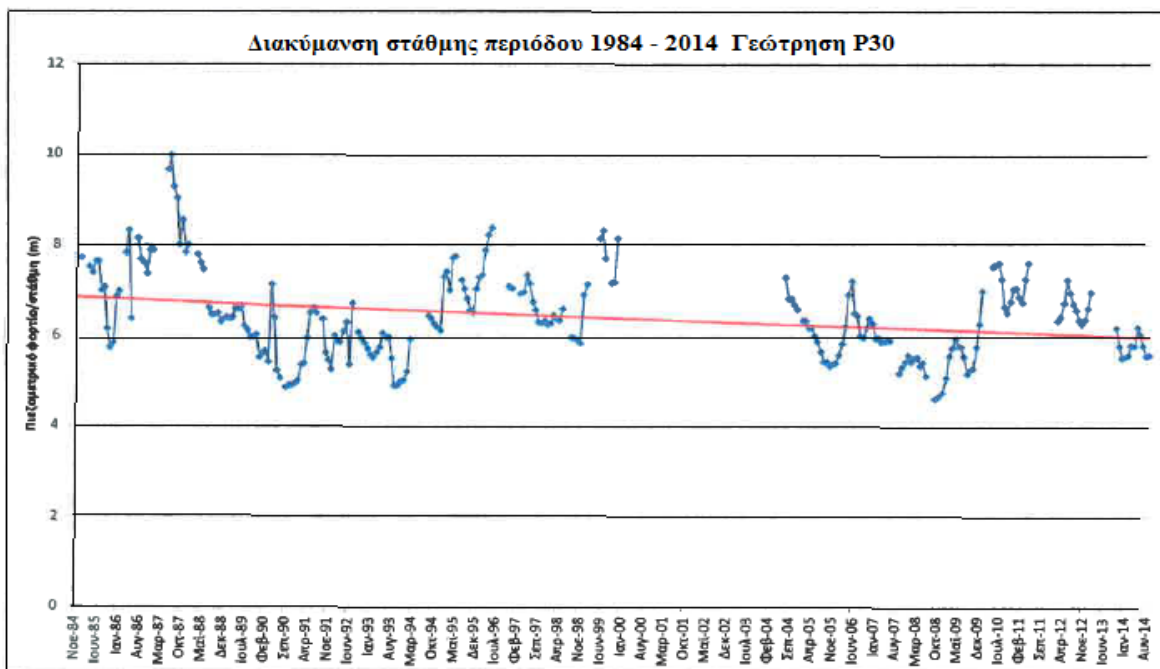


**Σχήμα 5.5.8** Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης για τη γεώτρηση P31 στην περιοχή Ν. Έφεσος (Μπαμπατζιμόπουλος 2014)





**Σχήμα 5.5.9** Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης για τη γεώτρηση P32 στην περιοχή Καρίτσας (Μπαμπατζιμόπουλος 2014)



**Σχήμα 5.10** Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης για τη γεώτρηση P30 στην περιοχή Δίον (Μπαμπατζιμόπουλος 2014)

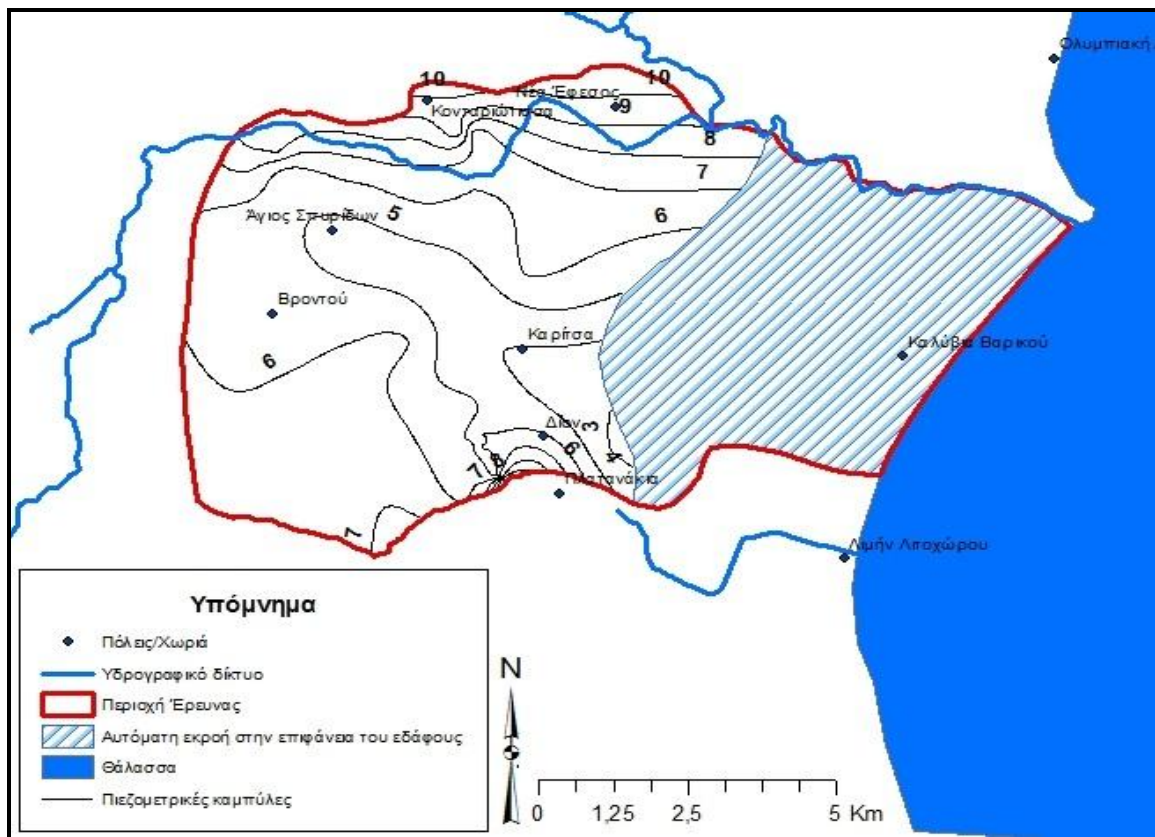
Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα στάθμης συναρτήσεως του χρόνου, για το διάστημα 2004 – 2011 παρατηρείται μια ομαλή εποχιακή μεταβολή της στάθμης. Από τη διαχρονική παρακολούθηση (1984 – 2014) της στάθμης στις γεωτρήσεις P12 (περιοχή Άγιος Σπυρίδωνας), P29 (περιοχή Καρίτσα), P30 (περιοχή Δίον) γίνεται αντιληπτή η πτώση στάθμης στα διαστήματα 1990- 1993 και 2007- 2008, η οποία πιθανώς να οφείλεται είτε στην έλλειψη αποθεμάτων, εξαιτίας μειωμένων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, είτε στην εντατική εκμετάλλευσή του.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατέθηκαν στο κεφάλαιο της υδρολογίας η χρονοσειρά που δόθηκε για το σταθμό της Βροντούς (1975-2011), με μέση τιμή 846 mm, βροχής εμφανίζει όντως μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων για την περίοδο 1987-1993 με τη μέση τιμή να φτάνει τα 530 mm. Επομένως η μείωση της στάθμης των υδροφόρων στρωμάτων οφείλεται ακριβώς σε αυτή τη μεταβολή.

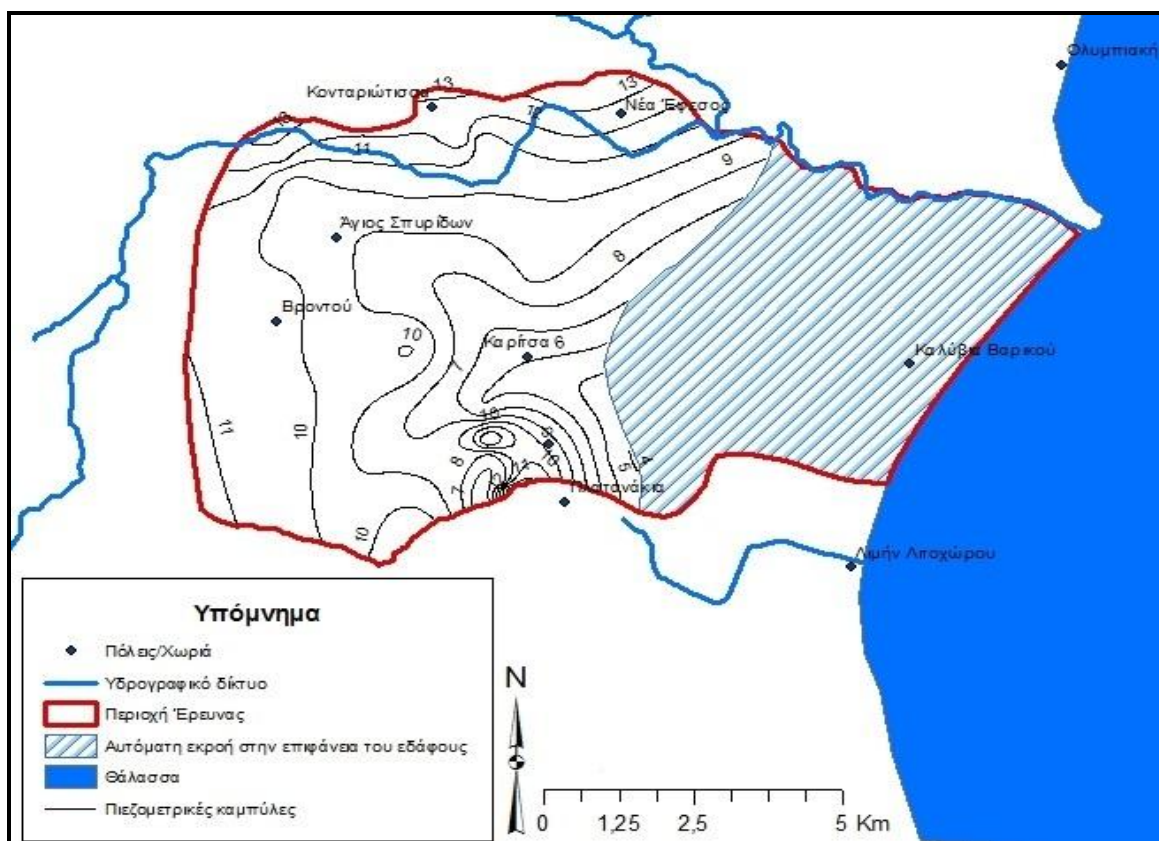
Για τη μικρή μείωση της στάθμης της τάξης των 1 – 2 m που παρατηρείται την περίοδο 2006 -2007- 2008 η μέση τιμή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων 736 mm (λίγο κάτω από τη μέση υπερετήσια) ωστόσο τα έτη 2004 – 2005 η μέση τιμή ήταν 526 mm

Συμπερασματικά, η τροφοδοσία των υδροφορέων του συστήματος συνδέεται άμεσα με τις διακυμάνσεις των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είτε κατεισδύουν στους καρστικούς σχηματισμούς της ορεινής μάζας και στους πορώδεις της περιμέτρου και τροφοδοτούν τον υπό πίεση υδροφορέα, είτε κατεισδύουν στις αλλουβιακές αποθέσεις και τροφοδοτούν τον φρεάτιο υδροφορέα.

Στα σχήματα 5.13 και 5.14 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι πιεζομετρικοί χάρτες που σχεδιάστηκαν στην περιοχή έρευνας για τους μήνες Οκτώβριος 2014 και Απρίλιος 2015 αντίστοιχα.



Σχήμα 5.11 Πιεζομετρικός χάρτης στην περιοχή έρευνας για την περίοδο Οκτώβριος 2014



Σχήμα 5.12 Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής έρευνας για την περίοδο Απρίλιος 2015

Το μεγαλύτερο πιεζομετρικό φορτίο υπολογίστηκε για την περίοδο Απριλίου 2015, στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης, στην περιοχή Ν. Εφέσου – Κονταριώτισσας. Οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες είναι παράλληλες στο βόρειο τμήμα της περιοχής, ενώ στο κεντρικό και νότιο τμήμα παρουσιάζουν ανωμαλίες. Η διεύθυνση ροής είναι προς το κέντρο και ταυτίζεται με τον Αίσωνα αναδεικνύοντας την τροφοδοσία του ποταμού στον φρεάτιο υδροφορέα. Στα ανάντη της περιοχής έρευνας ο ποταμός φαίνεται να τροφοδοτεί τον υδροφορέα μέσω διήθησης.

Στο Δυτικό τμήμα της περιοχής έρευνας οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες επιβεβαιώνουν την πλευρική τροφοδοσία από τον καρστικό υδροφορέα του Ολύμπου. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής αποτελεί η μεγάλη σε έκταση ζώνη αρτεσιανισμού. Η ζώνη αυτή ξεκινάει κατάντη των πηγών Δίου-Καρίτσας και φτάνει μέχρι το Βαρικό στο παράκτιο τμήμα της περιοχής έρευνας. Οι γεωτρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την παρατήρηση της ζώνης αυτής εμφανίστηκαν αρτεσιανές και στις δύο περιόδους παρατήρησης, δηλαδή μετά από την υγρή και ξηρή περίοδο, πράγμα που δείχνει τη μεγάλη πιεζομετρική δυναμικότητα του υπό πίεση υδροφορέα.

Οι πιεζομετρικές καμπύλες επιβεβαιώνουν τις βασικές περιοχές τροφοδοσίας των υδροφόρων σχηματισμών. Ο εμπλουτισμός τους πραγματοποιείται κυρίως πλευρικά από τον καρστικό υδροφορέα, από την κατείσδυση στους χαλαρούς σχηματισμούς και μέσω της διήθησης από τον Αίσωνα ποταμό.

## 5.9 Συνοπτικά Συμπεράσματα

Με βάση την υδρογεωλογική μελέτη στην περιοχή συμπεραίνουμε :

- Η περιοχή έρευνας εντάσσεται στο Υδροφόρο Σύστημα του Ολύμπου, το οποίο περιλαμβάνει την καρστική υδρογεωλογική ενότητα Μεσοζωικών μαρμάρων - ασβεστολίθων του Ολύμπου και την υδρογεωλογική ενότητα Τεταρτογενών ιζηματογενών αποθέσεων.
- Ο υδροφορέας της περιοχής έρευνας αναπτύσσεται κυρίως στους αδρομερείς σχηματισμούς όπου συναντάται ως ελεύθερος στη ζώνη των πλευρικών κορημάτων και μεταπίπτει σε υπο πίεση προς το παράκτιο τμήμα υπο την παρουσία αργιλικού καλύμματος. Ο φρεάτιος υδροφορέας αναπτύσσεται σε άμμους και χαλίκια υπερκείμενα του αργιλικού στρώματος πάχους 20 – 30 m που τον διαχωρίζει από τον βαθύτερο υπο πίεση υδροφορέα.
- Η τροφοδοσία του υπό πίεση υδροφορέα πραγματοποιείται κατά βάση πλευρικά από τον καρστικό υδροφορέα του Ολύμπου. Ο φρεάτιος υδροφόρος τροφοδοτείται από τη διήθηση του ποταμού Αίσωνα, από τις τάφρους και σε μεγαλύτερο ποσοστό από τα νερά της βροχής.
- Η αύξηση της στάθμης την περίοδο του Απριλίου στην περιοχή έρευνας δείχνει την ικανοποιητική επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων (άνοδος 1 έως 6 m).
- Από τους πιεζομετρικούς χάρτες επιβεβαιώνεται η πλευρική τροφοδοσία από τον καρστικό υδροφορέα του Ολύμπου και από τον Αίσωνα ποταμό.
- Οι πηγές Δίου-Καρίτσας εκδηλώνονται στην επαφή αδρομερών ιζημάτων των αλλουβιακών ριπιδίων με την αργιλική επικάλυψη της πεδιάδας. Ανήκουν στις πηγές υπερπλήρωσης με μέση ετήσια παροχή  $55 * 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$

## 6 Πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων

### 6.1 Εισαγωγή

Η χημική σύσταση του φυσικού νερού, προσδιορίζεται από διάφορες ουσίες που βρίσκονται διαλυμένες σ' αυτό. Οι πηγές προέλευσης των ουσιών αυτών, άλλοτε έχουν σχέση με φυσικο-χημικές διαδικασίες του περιβάλλοντος, άλλοτε αφορούν σε ανθρώπινες δραστηριότητες και συνήθως σε συνδυασμό και των δύο (Σχήμα 6.1). Πολλές φορές ορισμένες από αυτές τις διαλυμένες ουσίες, ή και κάποιες αδιάλυτες στο νερό, έχουν βλαβερές συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων, των ζώων και γενικά στο περιβάλλον. Στην περίπτωση αυτή, οι βλαβερές ουσίες καλούνται ρύποι και το νερό που τους περιέχει χαρακτηρίζεται ως ακάθαρτο ή χαμηλής ποιότητας. Η ορθολογική λοιπόν διαχείριση των υπόγειων νερών, αναφορικά με την ποιότητα τους, απαιτεί κατ' αρχήν τη βασική γνώση των διαδικασιών που καθορίζουν τη σύσταση του φυσικού νερού. Ως ρύπανση ορίζεται η άμεση ή έμμεση εισαγωγή, μετά από ανθρώπινες δραστηριότητες, οποιασδήποτε ουσίας ή ενέργειας στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, στο έδαφος ή το υπέδαφος, που μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία και ευεξία του ανθρώπου, να προκαλέσει βλάβες στο φυτικό ή ζωικό κόσμο ή το υδατικό οικοσύστημα, ή να παρεμποδίσει τις νόμιμες, δυνατές ή πιθανές χρήσεις των νερών. (Κουμαντάκης Ι.)

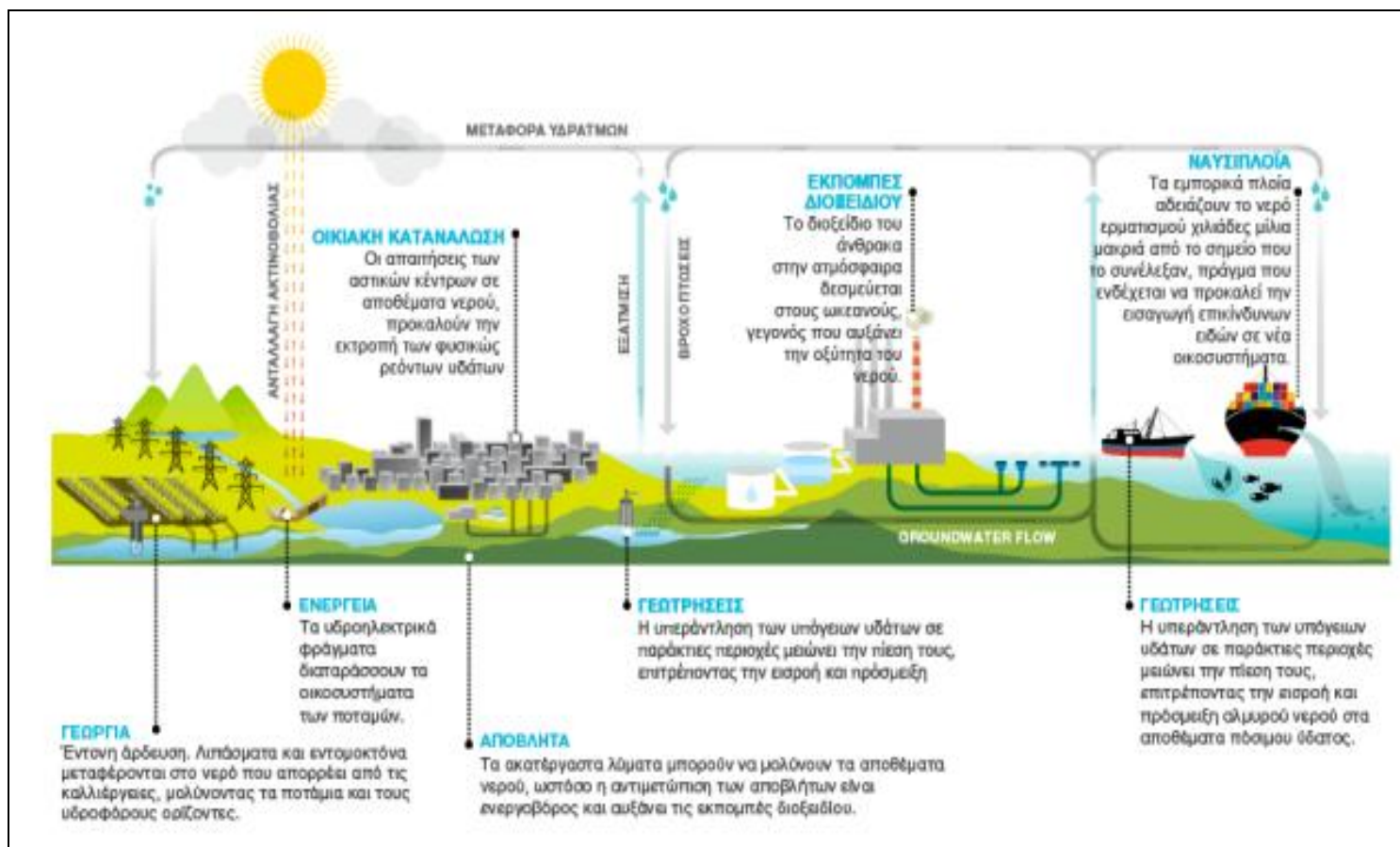
Η μόλυνση έχει χαρακτήρα μικροβιακό – παθογένεια, καλείται δε η άμεση ή έμμεση εισαγωγή μετά από ανθρώπινες δραστηριότητες ή η παρουσία στα επιφανειακά ή υπόγεια νερά, το έδαφος και το υπέδαφος, παθογόνων μικροοργανισμών ή δεικτών που υποδηλώνουν τη δυνατότητα παρουσίας τους. (Κουμαντάκης Ι.)

Η ποιοτική διαχείριση του νερού απαιτείτε σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος να έχει διαταραχθεί η χημική σύσταση του φυσικού νερού σε τέτοιο βαθμό που να δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα από τη χρήση του.

Η επικινδυνότητα ενός περιστατικού ρύπανσης εξαρτάται από:

- το μέγεθος της συγκέντρωσης, την εμμονή και την τοξικότητα των ρύπων
- τον αριθμό των ανθρώπων των οποίων θα επηρεασθεί η υγεία
- το ποσοστό των διαθέσιμων υπόγειων υδατικών πόρων που έχουν ρυπανθεί

Συνδεδεμένο με όλες τις παραμέτρους αυτές, είναι και το οικονομικό κόστος εύρεσης εναλλακτικών υδατικών πόρων, εάν το νερό δεν είναι πλέον κατάλληλο για χρήση ή το κόστος των εγκαταστάσεων καθαρισμού για την εκ νέου χρήση του, εφόσον ο καθαρισμός αυτός είναι τεχνολογικά εφικτός.



Σχήμα 6.1 Τρόποι ρύπανσης υδατικών πόρων (Πηγή : [www.ibm.com](http://www.ibm.com))

## 6.2 Ταξινόμηση πηγών ρύπανσης

Οι πηγές ρύπανσης, οι οποίες επιβαρύνουν κατ' αρχήν τα επιφανειακά νερά και στη συνέχεια τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες ταξινομούνται ανάλογα με:

(α) Γεωμετρία

- σημειακές( ΧΥΤΑ, χωματερές, βόθροι, υπόγειες δεξαμενές
- γραμμικές (δρόμοι , αύλακες)
- διάχυτες (νιτρορρύπανση, όξινη βροχή)

(β) Ρυθμός εκπομπής

- συνεχούς εκπομπής
- επαναλαμβανόμενος (περιοδικά ή όχι)

Ταξινόμηση των πηγών ρύπανσης γίνεται και με βάση τις δραστηριότητες ή τις διεργασίες που την προκαλούν (Πίνακας 6.1). Με βάση το κριτήριο αυτό έχουμε κατηγορίες ρύπανσης από: α) βιομηχανικές δραστηριότητες, β) αγροτικές δραστηριότητες, γ) αστικές και οικιακές δραστηριότητες, δ) ραδιενεργές ουσίες και ε) φυσικές διεργασίες.

### 6.2.1 Ρύπανση από βιομηχανικές δραστηριότητες

Η ρύπανση των υπόγειων νερών από βιομηχανικές δραστηριότητες, χαρακτηρίζεται από την τεράστια ποικιλία οργανικών και ανόργανων ουσιών και ενώσεων, που μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ρύποι. Γενικά διακρίνονται τρεις ομάδες πηγών ρύπανσης: α) βιομηχανικά απόβλητα που διατίθενται στον αέρα, το έδαφος, τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά, β) διαρροές και γ) ατυχήματα.

Τα υγρά απόβλητα αποτελούνται συνήθως από υψηλές συγκεντρώσεις διάφορων αλάτων, μπορεί όμως να είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα οξέα ή οργανικές ενώσεις. Ο πιο κοινός τρόπος διάθεσής τους, είναι απευθείας σε επιφανειακές δεξαμενές, στοές, λεκάνες, ή βαθιά πηγάδια. Τα στερεά απόβλητα κατά κανόνα διατίθενται σε ειδικούς χώρους ταφής, απ' όπου όμως οι ρύποι διασταλάζουν με τη βοήθεια του διηθούμενου νερού της βροχής ή των υγρών αποβλήτων που πιθανόν διατίθενται στον ίδιο χώρο.

Οι διαρροές αφορούν κυρίως στους αγωγούς μεταφοράς και στις δεξαμενές αποθήκευσης ρευστών π. χ. πετρελαιοειδή ή διάφορα χημικά προϊόντα. Οι διαρροές από αγωγούς μπορούν να χαρακτηρισθούν και ως ατυχήματα, εφόσον η διάρκεια τους είναι μικρή. Τέλος, ρύπανση από ατυχήματα προκαλείται και από τη μεταφορά χημικών ή πετρελαιοειδών με φορτηγά ή



τραίνα που ανατρέπονται ή εκτροχιάζονται αντίστοιχα. Επειδή ο άμεσος κίνδυνος στις περιπτώσεις αυτές αφορά στη φωτιά και στις εκρήξεις, η πρώτη επέμβαση μετά από κάθε τέτοιο ατύχημα είναι η έκπλυση της περιοχής με μεγάλες ποσότητες νερού. Συνέπεια όμως της διαδικασίας αυτής είναι η ταυτόχρονη μεταφορά νερού και ρύπων μέσω των στραγγιστικών συστημάτων στο έδαφος απ' όπου διηθούνται στους υποκείμενους υδροφορείς.

Τα επικίνδυνα απόβλητα κατατάσσονται στις κάτωθι τέσσερις κατηγορίες (Βουδούρης, 2006)

1. Ανόργανα απόβλητα σε διάλυση ή αιώρηση που περιέχουν βαρέα μέταλλα (μόλυβδο, υδράργυρο), αρσενικό, κάδμιο και κυανίδια.
2. Οργανικά υδατοδιαλυτά απόβλητα (Aqueous Phase Liquids-APLs).Σ' αυτά ανήκουν τα απόβλητα της φαρμακευτικής βιομηχανίας, της βιομηχανίας γεωργικών φαρμάκων, διαλύτες, χρώματα.
3. Οργανικά μη υδατοδιαλυτά απόβλητα (Non-Aqueous Phase Liquids-NAPLs) Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα λιπαντικά, ελαιοχρώματα, ελαιώδεις διαλύτες, προϊόντα πετρελαίου. Τα μη αναμίξιμα εξ' αυτών με πυκνότητα μικρότερη του νερού **LNAPLs** (βενζίνη, πετρέλαιο κ.ά.), επιπλέουν στο νερό και συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα, διαχεόμενα μόνον οριζόντια. Οι υδρογονάνθρακες έχουν τη δυνατότητα να παραμένουν επί πολύ χρόνο στην επιφάνεια των υπόγειων νερών, προσδίνοντας δυσάρεστη οσμή. Τα βαρύτερα **DNAPLs** (χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες) κινούνται κατακόρυφα στην ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη και εγκαθίστανται πάνω στο αδιαπέρατο υπόβαθρο, ρυπαίνοντας έτσι τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες σε βάθος.
4. Απόβλητα με μορφή παχύρρευστων υγρών, ιλύος και στερεών. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται απόβλητα διυλιστηρίων και απόβλητα καθαρισμού των δεξαμενών πλοίων μεταφοράς πετρελαιοειδών

Οι πιο επικίνδυνοι ρύποι, είναι αυτοί που προέρχονται από βιομηχανίες εντομοκτόνων και φυτοφαρμάκων, ενώ εδώ ανήκουν και όλα τα πετρελαιοειδή (υδρογονάνθρακες), που έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι είναι αδιάλυτα στο νερό. Τέλος οι οργανικές ενώσεις από άλλες βιομηχανίες, όπως επεξεργασίας τροφίμων, χαρτιού κτλ., αποτελούν σημαντικό ποσοστό του συνόλου των διατιθέμενων στο έδαφος ρύπων, όμως η μόνη ίσως συνέπεια που έχει η διάθεση τους στο έδαφος είναι η αύξηση του οργανικού του φορτίου. (Βουδούρης, 2006).

## 6.2.2 Ρύπανση από αγροτικές δραστηριότητες

Το πιο χαρακτηριστικό στοιχείο της ρύπανσης από αγροτικές δραστηριότητες, είναι ότι στις περισσότερες περιπτώσεις είναι κατανεμημένη στον χώρο, σε αντίθεση με τον "σημειακό" χαρακτήρα των άλλων πηγών. Από τις αγροτικές γενικά δραστηριότητες, ρύπανση του υπόγειου νερού προκαλούν τα ζωικά λύματα, τα άλατα των αρδεύσεων και τα διάφορα χημικά που εφαρμόζονται στους αγρούς. Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν οι οργανικές και ανόργανες ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου που υπάρχουν στα εμπορικά λιπάσματα, καθώς και τα εντομοκτόνα και τα ζιζανιοκτόνα. Μικρής έκτασης, δηλαδή σημειακή, ρύπανση μπορεί να προκληθεί από δραστηριότητες τοπικού χαρακτήρα, που αφορούν στη διάθεση αποβλήτων, ζωικών, γεωργοχημικών ή φυτικών, ή από την αποθήκευση διάφορων χημικών ουσιών, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων (Λατινόπουλος 2007).

Οι πλέον επικίνδυνοι ρύποι είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία έχουν μεγάλη ευκινησία και μετακινούνται εύκολα από την ακόρεστη ζώνη, στον υπόγειο υδροφορέα. Στην ακόρεστη ζώνη οι διαλυμένες ουσίες κινούνται κατακόρυφα προς την υπόγεια στάθμη, και στην κορεσμένη ζώνη η υδραυλική κλίση προκαλεί την οριζόντια κίνηση του υπόγειου νερού και των ρύπων που περιέχονται σε αυτό. Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών ιόντων, έχει οδηγήσει σε πλήρη υποβάθμιση πολλούς υδροφορείς κυρίως φρεάτιους σε πολλές περιοχές της χώρας (Βουδούρης, 2006).

Σημαντικές ποσότητες νερού από αυτές που χρησιμοποιούνται για άρδευση (περίπου το 10%) επιστρέφουν και τροφοδοτούν τον υποκείμενο υδροφορέα. Το νερό αυτό είναι εμπλουτισμένο με άλατα, τα οποία προστίθενται με τη διαδικασία της διάλυσης κατά την άρδευση ή στα άλατα των λιπασμάτων. Επικρατούντα ιόντα στην επιστρεφόμενη αρδευτική ροή είναι  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Το νερό αυτό αποτελεί σημαντική πηγή ρύπανσης των υπόγειων νερών, ειδικά στις περιοχές όπου εφαρμόζεται εντατική άρδευση (Βουδούρης, 2006).

Σήμερα μεγάλο κίνδυνο για τα υπόγεια νερά, που προέρχεται από αγροτικές δραστηριότητες, αποτελούν και τα αζωτούχα λιπάσματα. Αυτό οφείλεται στην τεράστια διάδοση και έκταση της εφαρμογής τους, που έχει ως στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών.

### **6.2.3 Ρύπανση από αστικές και οικιακές δραστηριότητες**

Δύο είναι οι τύποι ρύπανσης των υπόγειων νερών που προέρχονται από αστικές και οικιακές δραστηριότητες: α) τα οικιακά και αστικά λύματα και β) τα αστικά απορρίμματα.

Τα οικιακά λύματα αποτελούν τα υγρά απόβλητα των κατοικιών, ιδρυμάτων ή άλλων εγκαταστάσεων μιας περιοχής που είναι συνδεδεμένες με τις λειτουργίες της πόλης. Αποτελούνται κυρίως από νερό, που περιέχει οργανικά και ανόργανα προϊόντα. Τα οργανικά υλικά στα λύματα είναι συνήθως: χαρτιά, ούρα, κόπρανα, σαπούνια, έλαια, λίπη. Τα ανόργανα συστατικά είναι: αμμωνία, άλατα του αμμωνίου, άργιλος κ.α. Ως βλαβερά συστατικά των λυμάτων θεωρούνται τα αιωρούμενα στερεά, τα οργανικά συστατικά, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία. Η ποσότητα των παραγόμενων λυμάτων ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και από χώρα σε χώρα. (Βουδούρης 2006).

Αν τα στερεά απορρίμματα διατίθενται ανεπεξέργαστα σε ανοικτούς μη στεγανούς λάκκους στο έδαφος ο κίνδυνος για ρύπανση των υπόγειων νερών από τα διασταλάζοντα υγρά είναι άμεσος. Διάφορες σύγχρονες τεχνικές υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων αναπτύχθηκαν ακριβώς για να μειωθεί αυτή η επικινδυνότητα. Όσον αφορά στα αστικά λύματα, οι κίνδυνοι που δημιουργούνται, όχι μόνο από την απευθείας διάθεση τους στο έδαφος αλλά και από τη διάθεση της λάσπης των επεξεργασμένων καταλοίπων τους, αφορούν μικροβιακής και χημικής προέλευσης επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Πρέπει να τονιστεί ότι στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται τόσο αυτά των συλλογικών δικτύων, όσο και αυτά των μεμονωμένων κατοικιών, που διατίθενται στο έδαφος με βόθρους (Λατινόπουλος 2007).

### **6.2.4 Ρύπανση από μεταλλευτική δραστηριότητα**

Τα απόβλητα από τη μεταλλευτική δραστηριότητα παράγονται κατά την εξόρυξη ορυκτών πόρων σε ανθρακωρυχεία, μεταλλεία και αποτελούνται από ένα ετερογενές μίγμα νερού και κονιορτοποιημένου ορυκτού και πιθανά περιέχουν και βαρέα μέταλλα, ως παραπροϊόντα.

Με τις διαδικασίες αποκάλυψης των μεταλλευμάτων αφαιρείται ο προστατευτικός εδαφικός μανδύας και έτσι οι πιθανοί ρύποι οδηγούνται κατευθείαν στους υπόγειους υδροφορείς. Συχνά οι μεταλλευτικές εργασίες επεκτείνονται κάτω από την επιφάνεια του υπόγειου νερού και απαιτείται στράγγιση. Το νερό αυτό είναι πλούσιο σε μέταλλα, γνωστό ως όξινο νερό μεταλλείου. Οι εκσκαφές μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, χρησιμοποιούνται ως χώροι απόθεσης απορριμμάτων με πιθανή ρύπανση των υπόγειων νερών (Βουδούρης, 2006).

### **6.2.5 Ρύπανση από ραδιενεργές ουσίες**

Η πηγή προέλευσης της ρύπανσης που χαρακτηρίζει την κατηγορία αυτή είναι η βιομηχανία, που σχετίζεται με την ατομική ενέργεια και τις κάθε μορφής πυρηνικές τεχνολογίες. Εξ ορισμού η ρύπανση αυτή αφορά σε ραδιενεργές ουσίες, που βρίσκονται στο υπόγειο νερό και που, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες κατηγορίες, είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία ακόμα και σε πολύ μικρές τιμές των συγκεντρώσεών τους.

Οι πιο σημαντικές πηγές της κατηγορίας αυτής είναι: α) η ύπαρξη στο υπόγειο νερό ραδιενεργών ουσιών ή στοιχείων φυσικής προέλευσης, β) αστοχίες δοκιμών ατομικών όπλων και γ) ειρηνικές χρήσεις της ατομικής ενέργειας. Γενικά για το περιβάλλον ο μεγαλύτερος κίνδυνος προέρχεται από τους πυρηνικούς αντιδραστήρες και τις αντίστοιχες βιομηχανίες. Ειδικά για τα υπόγεια νερά το υπ' αριθμόν ένα πρόβλημα αποτελεί η διάθεση των ραδιενεργών αποβλήτων στο έδαφος. Η διάθεση αυτή πρέπει να γίνεται λοιπόν με ιδιαίτερη μελέτη και προσοχή ώστε να μη συνιστά πηγή κινδύνων για τις ανθρώπινες δραστηριότητες στο μέλλον (Λατινόπουλος 2007).

### **6.2.6 Ρύπανση από φυσικές διεργασίες**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται περιστατικά ρύπανσης υπόγειων νερών που η πηγή προέλευσής τους μπορεί να είναι μια από τις εξής: α) διείσδυση θαλασσινού νερού, β) ρύποι της ατμόσφαιρας, γ) επαγωγικός εμπλουτισμός υδροφορέων με ακάθαρτα επιφανειακά νερά, δ) θερμική ρύπανση και ε) τεχνητός εμπλουτισμός.

Η διείσδυση θαλασσινού νερού αποτελεί έναν τύπο ρύπανσης που θα μπορούσε να ανήκει και σε προηγούμενη κατηγορία αφού προκαλείται κυρίως από υπεραντλήσεις παράκτιων υδροφορέων και συνεπώς είναι ανθρωπογενούς προέλευσης. Επειδή όμως διάφορα κλιματικά και γεωλογικά φαινόμενα και μεταβολές σε παλιότερες γεωλογικές περιόδους είχαν ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων σε σχηματισμούς που σήμερα αποτελούν εκμεταλλεύσιμους υδροφορείς και γενικά το φαινόμενο της διείσδυσης θαλασσινού νερού σε παράκτιους υδροφορείς είναι ένα μάλλον φυσικό φαινόμενο, γίνεται αποδεκτή η ταξινόμησή του στην κατηγορία αυτή. Πρόκειται ίσως για τον σημαντικότερο τύπο ρύπανσης φυσικής προέλευσης, ειδικά για την Ελλάδα, που έχει ένα τεράστιο μήκος ακτών, κατά μήκος των οποίων έχουν αναπτυχθεί πολλοί οικισμοί, χωριά ή και πόλεις

Η ρύπανση των υπόγειων νερών από ρύπους που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα γίνεται μέσω των σταγόνων της βροχής. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν ρύποι κυρίως ανθρωπογενούς προέλευσης, όπως οι αέριες εκπομπές βιομηχανιών, τα καυσαέρια καθώς και

διάφορες μορφές αστικών πηγών. Ακόμα, ο επαγωγικός εμπλουτισμός από επιφανειακούς αποδέκτες, όπως ποτάμια ή λίμνες, που συνδέονται υδραυλικά μ' αυτούς, έχει ως συνέπεια τη μεταφορά ρύπων από τα επιφανειακά στα υπόγεια νερά. Οι ρύποι αυτοί είναι συνήθως οργανικές και ανόργανες ενώσεις αλλά μπορεί να είναι και βακτήρια ή ιοί. Ο τύπος αυτής της ρύπανσης εμφανίζει έξαρση, κυρίως σε περιοχές με βαριά βιομηχανία.

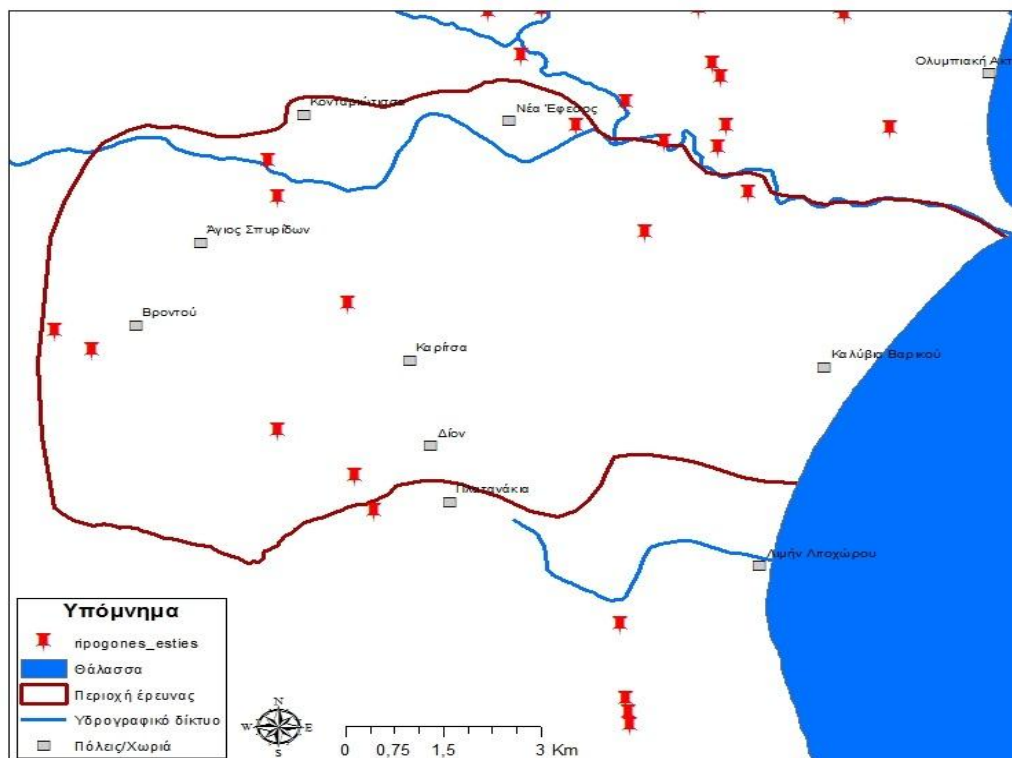
**Πίνακας 6.1** Πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών (Βουδούρης Κ.,2006)

| Πηγή Ρύπανσης   | Είδος ρύπου   | Επίδραση   |
|---|---|--|
| Χημικές βιομηχανίες<br>Μεταλλουργεία  | Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Co,<br>Cr, Ag, As, CN                           | Συσώρευση στις τροφικές αλυσίδες   |
| Χημικές βιομηχανίες<br>Βιομηχανίες τροφίμων<br>Φαρμακευτικές βιομηχανίες<br>Χαρτοποιεία | Φαινόλες, Αμμωνία,<br>Απορρυπαντικά,<br>Ίνες χαρτιού                | Ελαττώνουν το οξυγόνο<br>Φαινόμενα ευτροφισμού<br>Τοξικά προϊόντα Ελάττωση της<br>οικολογικής ποικιλότητας             |
| Χώροι Υγειονομικής Ταφής<br>Απορριμμάτων  | Βαρέα μέταλλα,<br>Αέρια, Οργανικές<br>ενώσεις, Ανόργανες<br>ενώσεις | Ρύπανση υπόγειων<br>υδροφορέων   |
| Αγροτικές δραστηριότητες  | Λιπάσματα,<br>Εντομοκτόνα,<br>Παρασιτοκτόνα                         | Αύξηση νιτρικών ιόντων και<br>τοξικών ρύπων  |
| Κτηνοτροφικές<br>δραστηριότητες, Σφαγεία  | Άζωτο, Φώσφορος,<br>Βακτήρια, Μύκητες                               | Καρκινογένεσις Ρύπανση και<br>μόλυνση επιφανειακών νερών   |
| Όξινη βροχή   | Οξειδία S και N   | Καταστροφή καλλιεργειών,<br>δασών κλπ.   |
| Πυρηνικοί Σταθμοί   | Ραδιενέργεια στο νερό   | Γενετικές αλλοιώσεις<br>Συσώρευση στις τροφικές<br>αλυσίδες  |
| Διυλιστήρια<br>Διαρροές υδρογονανθράκων   | Υδρογονάνθρακες,<br>Πετρέλαιο, Άσφαλτος                             | Καταστροφή πανίδας και<br>χλωρίδας   |
| Μεταλλευτικές Δραστηριότητες  | Αιωρούμενα στερεά,<br>Ορυκτές ενώσεις,<br>Όξινα απόβλητα            | Ρύπανση αέρα και υπόγειων<br>νερών Καθιζήσεις εδάφους  |
| Ενεργειακοί σταθμοί<br>Βιομηχανίες  | Θερμό νερό  | Θανάτωση των αυγών των<br>ψαριών. Ελάττωση του O <sub>2</sub> ,<br>αύξηση του ρυθμού<br>μεταβολισμού των<br>οργανισμών |
| Διείσδυση της θάλασσας  | Άλατα κυρίως (NaCl)   | Καταστροφή παράκτιων<br>υδροφορέων   |

### 6.3 Συνοπτικά Συμπεράσματα

Με βάση τη βιβλιογραφική αναφορά που προηγήθηκε συμπεραίνουμε ότι:

- Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης είναι :
  - Ρύπανση από βιομηχανικές δραστηριότητες
  - Ρύπανση από αγροτικές δραστηριότητες
  - Ρύπανση από αστικές και οικιακές δραστηριότητες
  - Ρύπανση από μεταλλευτική δραστηριότητα
  - Ρύπανση από ραδιενεργές ουσίες
  - Ρύπανση από φυσικές διεργασίες
  
- Στην περιοχή έρευνας σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (1999) οι κυριότερες εστίες ρύπανσης είναι οι κτηνοτροφικές μονάδες καθώς και παλιοί Χ.Α.Δ.Α. οι οποίοι καταγράφηκαν ως ανενεργοί.



Σχήμα 6.2 Κατανομή ρυπογόνων εστιών στην περιοχή μελέτης

## 7 Ποιότητα του υπόγειου νερού

### 7.1 Γενικά

Η εκτίμηση της ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων νερών είναι εξίσου σημαντική με την ποσοτική τους κατάσταση. Η χημική σύσταση του φυσικού νερού προσδιορίζεται από διάφορες ουσίες που βρίσκονται διαλυμένες σ' αυτό. Η χημική τους σύνθεση διαφέρει από θέση σε θέση, μεταβάλλεται με το χρόνο και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επιδρούν στο χημισμό των υπόγειων νερών είναι η χημική σύσταση του εδάφους, η χημική και ορυκτολογική σύσταση των στρωμάτων από τα οποία αποτελείται ο υδροφόρος, η χρονική διάρκεια επαφής νερού και πετρώματος, τα ρυπαντικά φορτία ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης, οι συνθήκες εμπλουτισμού και ανανέωσης των νερών, καθώς και οι συνθήκες υφαλμύρωσής του.

Η φυσικής προέλευση επιβάρυνση του υπόγειου νερού στα κοκκώδη συστήματα μπορεί να προέρχεται από την μεταφορά ιχνοστοιχείων από τα εκατέρωθεν ευρισκόμενα συστήματα και την παρουσία οργανικών υλικών σε βαθύτερα στρώματα. Επιπλέον, η παρουσία γεωθερμικών ρευστών, η οποία οδηγεί σε αυξημένες συγκεντρώσεις Na, Cl, SO<sub>4</sub>, Fe, Mn και τέλος η παρουσία οριζόντων που συνδέονται με φάση αλμυρότητας κατά την ιζηματογένεση, διεργασία που έχει σαν αποτέλεσμα τις αυξανόμενες τιμές αγωγιμότητας, Cl<sup>-</sup> και Na<sup>+</sup>. Στα καρστικά συστήματα η πρωτογενής επιβάρυνση του υπόγειου νερού σχετίζεται με την διαλυτότητα του CaCO<sub>3</sub>, η οποία δίνει αυξημένη περιεκτικότητα σε Ca. Όταν το επίπεδο καρστικοποίησης βρίσκεται σε αρκετές δεκάδες μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, εξαιτίας γεωλογικών δεδομένων, και δεν υπάρχει φραγμός παρατηρείται σημαντική υφαλμύριση, λόγω διείσδυσης του θαλασσινού νερού. Το φαινόμενο εντάσσεται στην πρωτογενή ρύπανση καθώς συνδέεται με γεωλογικές συνθήκες και όχι με υπεράντληση των αποθεμάτων.

Τέλος, η χημική ανάλυση αποτελεί το βασικό εργαλείο ελέγχου της ποιότητας των υδάτων. Συνεπώς στα πλαίσια της παρούσας υδρογεωλογικής έρευνας κρίνεται απαραίτητη η ανάλυση της ποιότητας του υπόγειου νερού ώστε να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα ως προς την καταλληλότητα του για χρήση, την προέλευση του καθώς και μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την προστασία του.

## 7.2 Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία αποτελεί σημαντικό κομμάτι στην προσπάθεια ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού. Για τη σωστή δειγματοληψία απαιτούνται κανόνες οι οποίοι τηρήθηκαν και εφαρμόστηκαν στη διαδικασία δειγματοληψίας της περιοχής έρευνας όπως:

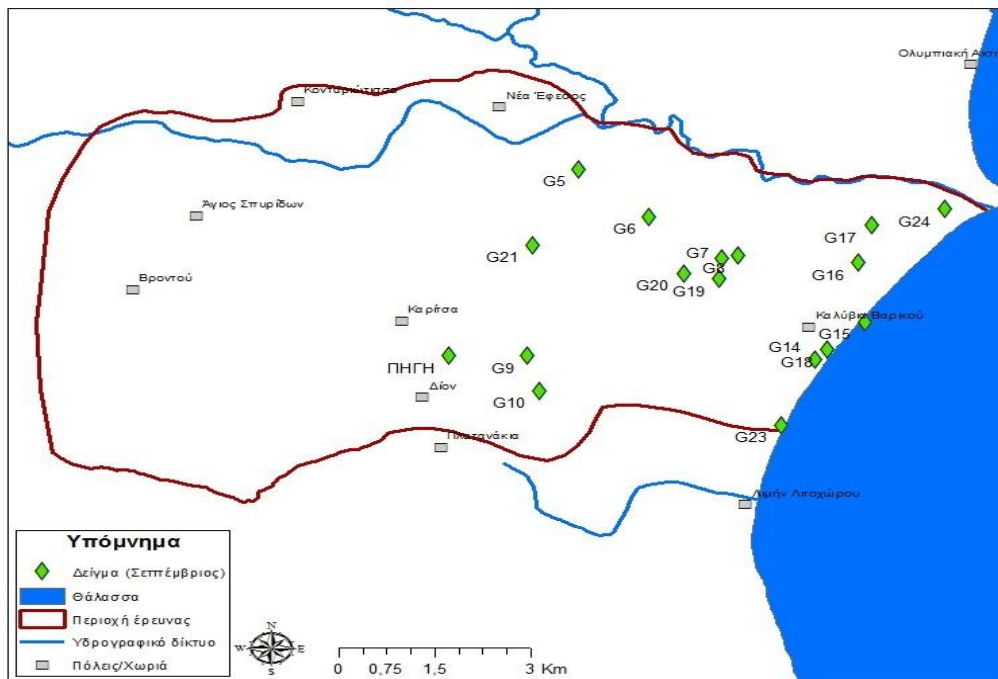
- Όχι στάσιμο νερό
- Όμοιες συνθήκες σε κάθε δειγματοληψία
- Ενιαίος υδροφόρος
- Αποθήκευση σε γυάλινο δοχείο ή παγούρι με αεροστεγές πώμα
- Συντήρηση σε δροσερό μέρος μέχρι τη μεταφορά στο εργαστήριο
- Ανάλυση σε 2- 3 ημέρες το πολύ
- Επί τόπου μετρήσεις T, pH, EC

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία υπόγειων νερών σε δύο περιόδους, την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και την περίοδο Απριλίου 2015. Για την περίοδο δειγματοληψίας Σεπτεμβρίου, ο συνολικός αριθμός των δειγμάτων είναι 17 δείγματα για κύρια ιόντα και 17 δείγματα για βαρέα μέταλλα και δευτερεύοντα ιόντα, ενώ για την περίοδο του Απριλίου είναι 27 δείγματα για κύρια ιόντα.

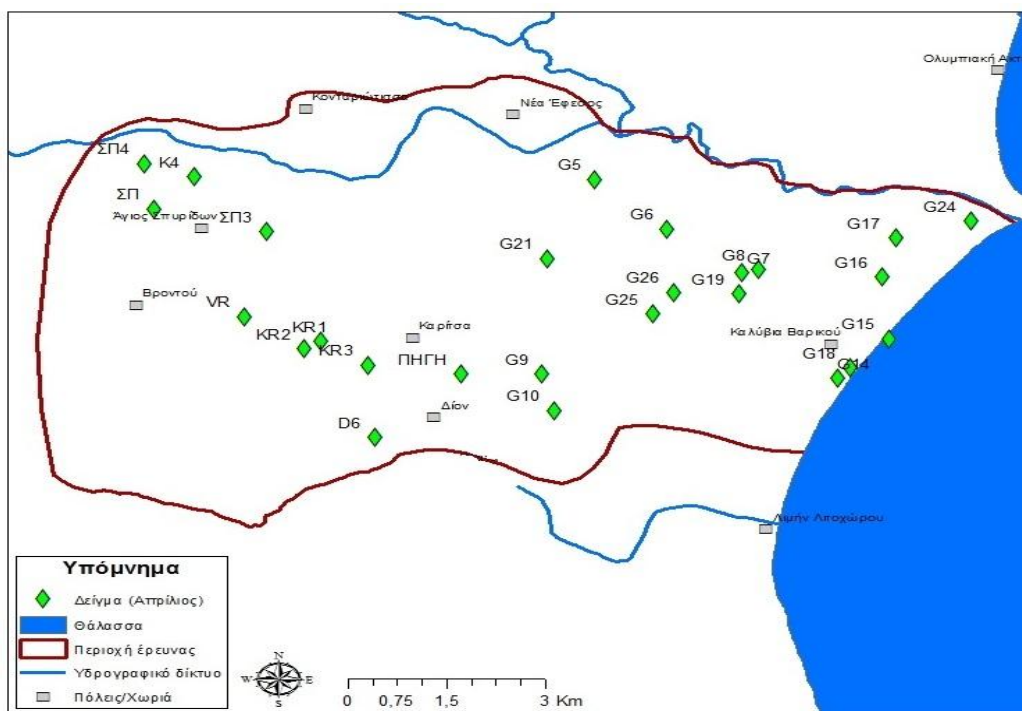
Τα σημεία δειγματοληψίας είναι χωρικά κατανεμημένα σε όλη σχεδόν την έκταση της περιοχής έρευνας για την περίοδο του Απριλίου, ενώ για την περίοδο του Σεπτεμβρίου κατανέμονται κυρίως στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7.1 και 7.2 όπου και απεικονίζονται.

Σε κάθε σημείο υδροληψίας μετρήθηκαν επί τόπου οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού, μετρήσεις pH, ηλεκτρικής αγωγιμότητας και θερμοκρασίας με φορητό όργανο τύπου CRISON, του Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.





Σχήμα 7.1 Θέσεις δειματοληψίας κατά την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014



Σχήμα 7.2 Θέσεις δειματοληψίας κατά την περίοδο του Απριλίου 2015

### 7.3 Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων

Μετά την δειγματοληψία, ακολούθησε η εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων, που περιελάμβανε τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ιόντων νατρίου, καλίου, ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, χλωριόντων, όξινων ανθρακικών, νιτρικών και θειικών. Οι χημικές αναλύσεις των κύριων ανιόντων και κατιόντων, πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π (Σχήμα 7.3).

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τις ακόλουθες μεθόδους:

- Τα χλωριόντα ( $\text{Cl}^-$ ) προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με τιτλοδότη  $\text{AgNO}_3$  2,256N της HACH.
- Τα νιτρικά  $\text{NO}_3^-$  και θειικά  $\text{SO}_4^{2-}$  προσδιορίστηκαν με φορητή ψηφιακή συσκευή φασματοφωτόμετρου μοντέλου DR2010 του οίκου HACH, σε δείγμα 25ml, με τα αντιδραστήρια Nitruver 5 και Sulfaver 4 αντίστοιχα.
- Τα ιόντα ασβεστίου ( $\text{Ca}^{+2}$ ) και μαγνησίου ( $\text{Mg}^{+2}$ ) προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με τιτλοδότη EDTA 0,8N της HACH.
- Τα όξινα ανθρακικά ( $\text{HCO}_3^-$ ) προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με τιτλοδότη  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1,6 N της HACH.
- Με φλογοφωτόμετρο Digital Frame Analyser τύπου Gallenkamh προσδιορίστηκαν τα ιόντα νατρίου  $\text{Na}^+$  και καλίου  $\text{K}^+$ .



Σχήμα 7.3 Αντιδραστήρια και όργανα για τις χημικές αναλύσεις

## 7.4 Υδροχημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού

Οι συγκεντρώσεις (σε mg/l) και τα στατιστικά δεδομένα των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων, που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.1 και 7.2 . Τα στατιστικά στοιχεία που υπολογίστηκαν είναι η μέγιστη, ελάχιστη, μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Η επεξεργασία των χημικών δεδομένων έγινε μέσω του λογισμικού Aquachem 5.1, εργαλείο επεξεργασίας χημικών αναλύσεων και δημιουργίας υδροχημικών διαγραμμάτων. Με το λογισμικό αυτό ελέγχθηκαν τα αποτελέσματα από το σφάλμα ισοζυγίου κατιόντων-ανιόντων (N) που υπολογίζεται από τη σχέση 7.1 και εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις εκατό με αποδεκτό σφάλμα έως 10% Οι συγκεντρώσεις των ιόντων λαμβάνονται σε meq/l.

$$N = \frac{\Sigma(\text{κατιόντων}) - \Sigma(\text{ανιόντων})}{\Sigma(\text{κατιόντων}) + \Sigma(\text{ανιόντων})} * 100 \quad (7.1)$$

Σε περίπτωση υπέρβασης του ιοντικού σφάλματος η χημική ανάλυση επαναλαμβάνεται. Τα σφάλματα στις χημικές αναλύσεις είναι αναμενόμενα, διότι υπεισέρχεται ο υποκειμενικός παράγοντας, όπως στον προσδιορισμό ορισμένων στοιχείων που βασίζονται στην τιτλοδότηση, δηλαδή στη μεταβολή του χρώματος. Ωστόσο στην περίπτωσή μας το σφάλμα παρέμεινε κάτω από 10%.

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σχεδιάστηκαν υδροχημικά διαγράμματα και υδροχημικοί χάρτες των υπόγειων νερών.

**Πίνακας 7.1** Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των κύριων ιόντων (mg/l) για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014

| Κωδικός                | T(°C)       | PH          | E.C.          | TDS          | T.H.         | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
|------------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>G5</b>              | 17,6        | 7,89        | 909           | 776          | 516          | 156,2            | 30,6             | 19,7            | 2,7            | 492                           | 14              | 45                           | 16,1                         |
| <b>G6</b>              | 17          | 7,81        | 615           | 598          | 327          | 98,5             | 19,9             | 9,9             | 2,1            | 404                           | 8,8             | 41                           | 14                           |
| <b>G7</b>              | 17,7        | 7,84        | 513           | 447          | 250          | 78,1             | 13,4             | 9               | 1,4            | 309                           | 9,5             | 8                            | 18                           |
| <b>G8</b>              | 16,2        | 7,69        | 549           | 480          | 256          | 68,9             | 20,4             | 11,6            | 1,6            | 362                           | 5,8             | 3                            | 6,7                          |
| <b>G9</b>              | 17,6        | 7,54        | 653           | 546          | 325          | 89,3             | 24,8             | 3,2             | 1,4            | 398                           | 6,4             | 2                            | 21                           |
| <b>G10</b>             | 16,8        | 7,62        | 649           | 583          | 352          | 92,1             | 29,6             | 3,9             | 1,5            | 436                           | 3,4             | 1                            | 15,9                         |
| <b>G14</b>             | 17,3        | 7,73        | 522           | 454          | 258          | 74,1             | 17,7             | 16,1            | 1,7            | 327                           | 6,3             | 3                            | 7,9                          |
| <b>G15</b>             | 18,1        | 7,75        | 492           | 462          | 240          | 82,9             | 8                | 10,1            | 1,5            | 342                           | 4,8             | 3                            | 10                           |
| <b>G16</b>             | 15,9        | 7,66        | 549           | 451          | 275          | 90,1             | 12,2             | 12,1            | 1,6            | 320                           | 5,2             | 5                            | 5                            |
| <b>G17</b>             | 15,6        | 7,69        | 593           | 490          | 299          | 76,9             | 26               | 14,5            | 1,8            | 353                           | 7,2             | 4                            | 6,1                          |
| <b>G18</b>             | 16,8        | 7,79        | 477           | 434          | 256          | 74,9             | 16,8             | 16,3            | 1,7            | 305                           | 7,6             | 3                            | 8,9                          |
| <b>G19</b>             | 16,6        | 7,75        | 493           | 421          | 274          | 76,1             | 20,4             | 8               | 1,6            | 283                           | 7,5             | 10                           | 14                           |
| <b>G20</b>             | 15,9        | 7,88        | 638           | 525          | 319          | 92,5             | 21,4             | 7,2             | 1,7            | 322                           | 11,8            | 49                           | 19,8                         |
| <b>G21</b>             | 17,1        | 7,45        | 837           | 752          | 440          | 117,7            | 35,5             | 14,8            | 1              | 527                           | 2,9             | 28                           | 25                           |
| <b>G23</b>             | 17,4        | 7,7         | 483           | 501          | 217          | 64,1             | 13,9             | 7,6             | 1,3            | 395                           | 3,2             | 2                            | 13,9                         |
| <b>G24</b>             | 15,6        | 7,62        | 624           | 451          | 296          | 78,9             | 24,1             | 15,4            | 1,8            | 309                           | 7,8             | 3                            | 10,7                         |
| <b>ΠΗΓΗ ΔΙΟΝ</b>       | 17,4        | 7,76        | 741           | 565          | 393          | 88               | 42               | 9               | 3,6            | 366                           | 14              | 18                           | 24,5                         |
| <b>Μέγιστη</b>         | <b>18,1</b> | <b>7,89</b> | <b>909</b>    | <b>776</b>   | <b>516</b>   | <b>156,2</b>     | <b>42</b>        | <b>19,7</b>     | <b>3,6</b>     | <b>527</b>                    | <b>14</b>       | <b>49</b>                    | <b>25</b>                    |
| <b>Ελάχιστη</b>        | <b>15,6</b> | <b>7,45</b> | <b>477</b>    | <b>421</b>   | <b>217</b>   | <b>64,1</b>      | <b>8,02</b>      | <b>3,2</b>      | <b>1</b>       | <b>283</b>                    | <b>2,9</b>      | <b>1</b>                     | <b>5</b>                     |
| <b>Μέση τιμή</b>       | <b>16,9</b> | <b>7,7</b>  | <b>608</b>    | <b>525,6</b> | <b>311,4</b> | <b>88,2</b>      | <b>22,2</b>      | <b>11,1</b>     | <b>1,8</b>     | <b>367</b>                    | <b>7,4</b>      | <b>13,4</b>                  | <b>14</b>                    |
| <b>Τυπική απόκλιση</b> | <b>0,78</b> | <b>0,12</b> | <b>124,68</b> | <b>104,4</b> | <b>77,9</b>  | <b>21,6</b>      | <b>8,77</b>      | <b>4,57</b>     | <b>0,59</b>    | <b>67,7</b>                   | <b>3,39</b>     | <b>16,61</b>                 | <b>6,25</b>                  |

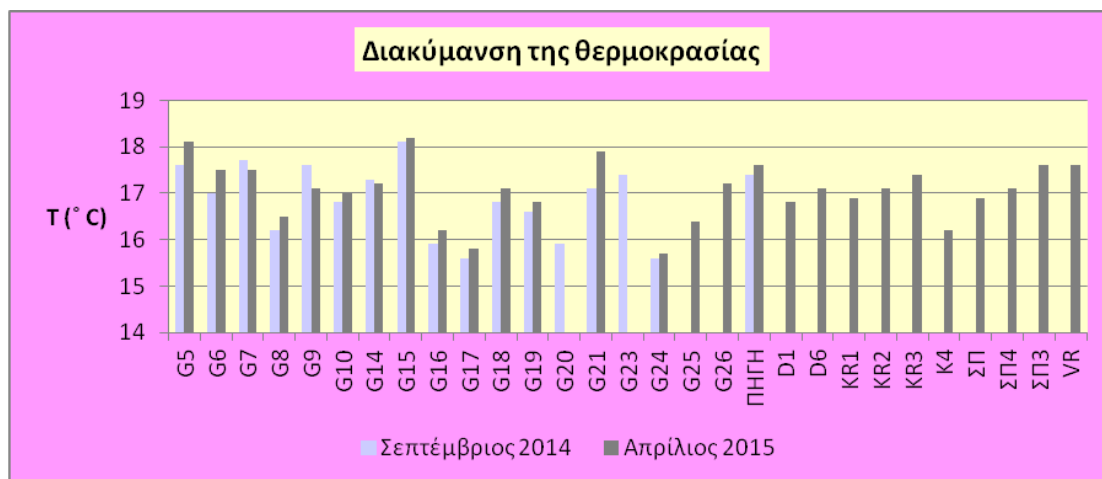
**Πίνακας 7.2** Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των κύριων ιόντων (mg/l) για την περίοδο Απριλίου 2015

| Κωδικός            | T(°C) | PH   | E.C. | TDS   | T.H   | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
|--------------------|-------|------|------|-------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| G5                 | 18,1  | 7,55 | 537  | 614   | 338   | 128,2            | 4,4              | 23,6            | 1,8            | 380                           | 9,2             | 58                           | 8,9                          |
| G6                 | 17,5  | 7,37 | 527  | 444   | 254   | 86,9             | 9                | 10,5            | 1,4            | 264                           | 18,1            | 45                           | 9                            |
| G7                 | 17,5  | 7,73 | 377  | 359   | 224   | 60,5             | 17,7             | 9,7             | 1,1            | 242                           | 12,3            | 8                            | 7,8                          |
| G8                 | 16,5  | 7,66 | 450  | 355   | 238   | 57,3             | 23,1             | 11,4            | 1,6            | 254                           | 5,2             | 0                            | 2,9                          |
| G9                 | 17,1  | 7,67 | 374  | 451   | 290   | 79,3             | 22,4             | 5,4             | 0,8            | 320                           | 3,9             | 1                            | 18,2                         |
| G10                | 17    | 7,69 | 375  | 453   | 295   | 79,7             | 23,3             | 5,8             | 0,9            | 324                           | 4,1             | 0                            | 14,7                         |
| G14                | 17,2  | 8    | 381  | 360   | 214   | 58,1             | 16,8             | 15              | 1,3            | 258                           | 5,3             | 0                            | 5,2                          |
| G15                | 18,2  | 7,85 | 375  | 349   | 219   | 59,7             | 17               | 11              | 1,2            | 252                           | 4,2             | 0                            | 3,6                          |
| G16                | 16,2  | 7,9  | 414  | 379   | 234   | 63,3             | 18,5             | 12,9            | 1,4            | 270                           | 5,4             | 0                            | 4,4                          |
| G17                | 15,8  | 7,82 | 447  | 415   | 260   | 68,5             | 21,6             | 14              | 1,4            | 292                           | 5,9             | 1                            | 10,5                         |
| G18                | 17,1  | 7,43 | 450  | 377   | 214   | 56,5             | 17,7             | 15,1            | 1,4            | 274                           | 7,2             | 1                            | 4,5                          |
| G19                | 16,8  | 7,63 | 439  | 354   | 243   | 63,7             | 20,4             | 8,9             | 1,2            | 240                           | 5,1             | 10                           | 4,5                          |
| G21                | 17,9  | 7,79 | 544  | 455   | 298   | 79,3             | 24,3             | 4,6             | 0,8            | 340                           | 3,3             | 1                            | 1,4                          |
| G24                | 15,7  | 7,91 | 383  | 469   | 270   | 71,3             | 22,4             | 14,2            | 1,5            | 348                           | 6,1             | 0                            | 5,2                          |
| G25                | 16,4  | 7,67 | 385  | 344   | 217   | 60,9             | 15,8             | 6,9             | 1,2            | 226                           | 7,2             | 16                           | 9,9                          |
| G26                | 17,2  | 7,7  | 368  | 460   | 280   | 76,5             | 21,4             | 6,4             | 0,9            | 334                           | 4,2             | 0                            | 16,8                         |
| ΠΗΓΗ ΔΙΟΝ          | 17,6  | 7,75 | 382  | 587   | 362   | 96,1             | 29,6             | 9,8             | 3,9            | 360                           | 7,1             | 41                           | 39,2                         |
| D1                 | 16,8  | 7,48 | 461  | 341   | 206   | 49,7             | 19,9             | 2               | 0,5            | 260                           | 2,1             | 0                            | 7                            |
| D6                 | 17,1  | 7,46 | 384  | 403   | 193   | 64,5             | 7,8              | 3,7             | 0,9            | 314                           | 4,3             | 0                            | 7,8                          |
| KR1                | 16,9  | 7,49 | 478  | 461   | 268   | 80,9             | 16               | 5,2             | 1,8            | 306                           | 4,3             | 22                           | 24,4                         |
| KR2                | 17,1  | 7,55 | 495  | 455   | 274   | 89,3             | 12,4             | 5,8             | 1              | 332                           | 3,2             | 0                            | 11,8                         |
| KR3                | 17,4  | 7,49 | 520  | 456   | 286   | 84,9             | 18               | 5,2             | 0,9            | 332                           | 3,3             | 0                            | 11,5                         |
| K4                 | 16,2  | 7,77 | 495  | 467   | 280   | 96,1             | 9,5              | 6,1             | 0,9            | 310                           | 3,2             | 13                           | 27,8                         |
| ΣΠ                 | 16,9  | 7,28 | 489  | 536   | 316   | 92,1             | 20,9             | 7,2             | 0,9            | 360                           | 6,1             | 14                           | 34,6                         |
| ΣΠ4                | 17,1  | 7,3  | 450  | 303   | 175   | 38,8             | 19               | 1               | 0,3            | 240                           | 1,5             | 0                            | 2,8                          |
| ΣΠ3                | 17,6  | 7,24 | 510  | 479   | 295   | 78,5             | 24,1             | 5,4             | 0,9            | 320                           | 5,1             | 23                           | 21,7                         |
| VR                 | 17,6  | 7,6  | 525  | 417   | 273   | 71,7             | 22,8             | 6,2             | 0,9            | 294                           | 3,8             | 2                            | 15,3                         |
| μέγιστη            | 18,2  | 8    | 544  | 614   | 362   | 128,2            | 29,6             | 23,6            | 3,9            | 380                           | 18,1            | 58                           | 39,2                         |
| ελάχιστη           | 15,7  | 7,24 | 368  | 303   | 175   | 38,8             | 4,4              | 1               | 0,3            | 226                           | 1,5             | 0                            | 1,4                          |
| μέση τιμή          | 17    | 7,6  | 445  | 427,4 | 259,8 | 73,78            | 18,36            | 8,63            | 1,21           | 298                           | 5,58            | 9,48                         | 12,3                         |
| τυπική<br>απόκλιση | 0,6   | 0,2  | 60,5 | 74,9  | 44,5  | 18,1             | 5,7              | 4,9             | 0,6            | 43,5                          | 3,3             | 15,7                         | 9,8                          |

### 7.4.1 Θερμοκρασία

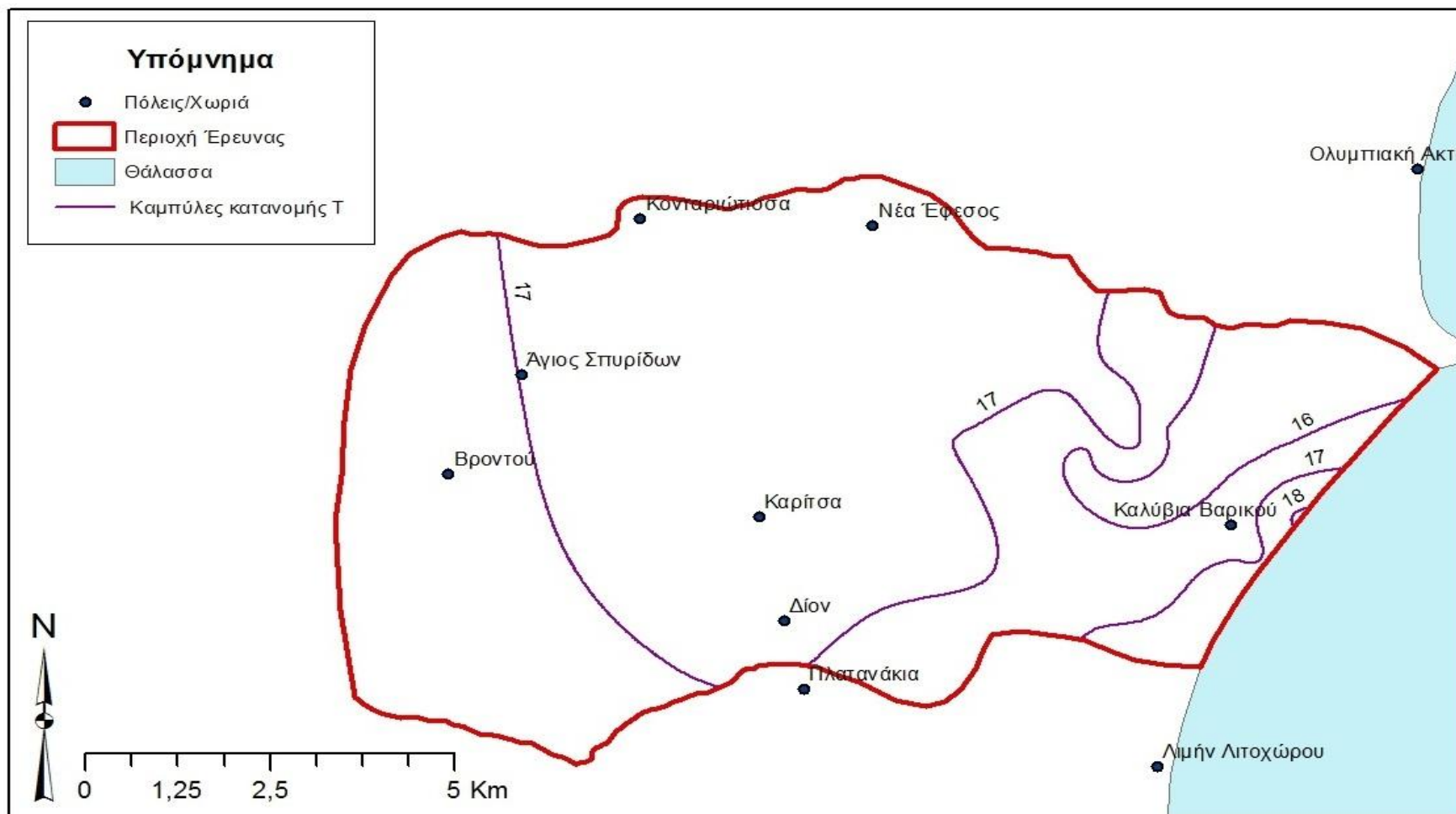
Η θερμοκρασία των υπόγειων νερών καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία των πετρωμάτων, τα οποία το περιβάλλουν (Βουδούρης 2009). Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού κυμαίνεται από 10- 20° C. Στα αβαθή υπόγεια νερά (βάθους <15m), η θερμοκρασία επηρεάζεται και από τη θερμοκρασία του εδάφους, που είναι σχεδόν σταθερή σε όλη τη διάρκεια του έτους (Σούλιος 2006). Οι θερμοκρασίες του υπόγειου νερού τείνουν να παραμείνουν σταθερές, εκτός από τα επιφανειακά νερά που παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως αποτέλεσμα των μεταβολών της ηλιακής ενέργειας πάνω στην επιφάνεια της γης, αλλά και να επηρεάζονται και από τις μεταβολές της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφορέα.

Στην περιοχή μελέτης, η μέγιστη τιμή για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 είναι 18,1° C, ενώ για την περίοδο του Απριλίου 2015 είναι 18,2° C και εντοπίζεται στη γεώτρηση G15, η οποία βρίσκεται στο παράκτιο τμήμα στην περιοχή του Βαρικού. Οι τιμές για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 κυμαίνονται από 15,6° C έως 18,1° C με μέση τιμή 16,9° C. Η ίδια εικόνα παρουσιάζεται και για την περίοδο Απριλίου 2015 όπου οι τιμές κυμαίνονται από 15,7° C έως 18,2° C με μέση τιμή 17° C. Επομένως οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται εντός φυσιολογικών ορίων της χωρικής διακύμανσης. Η διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.4.

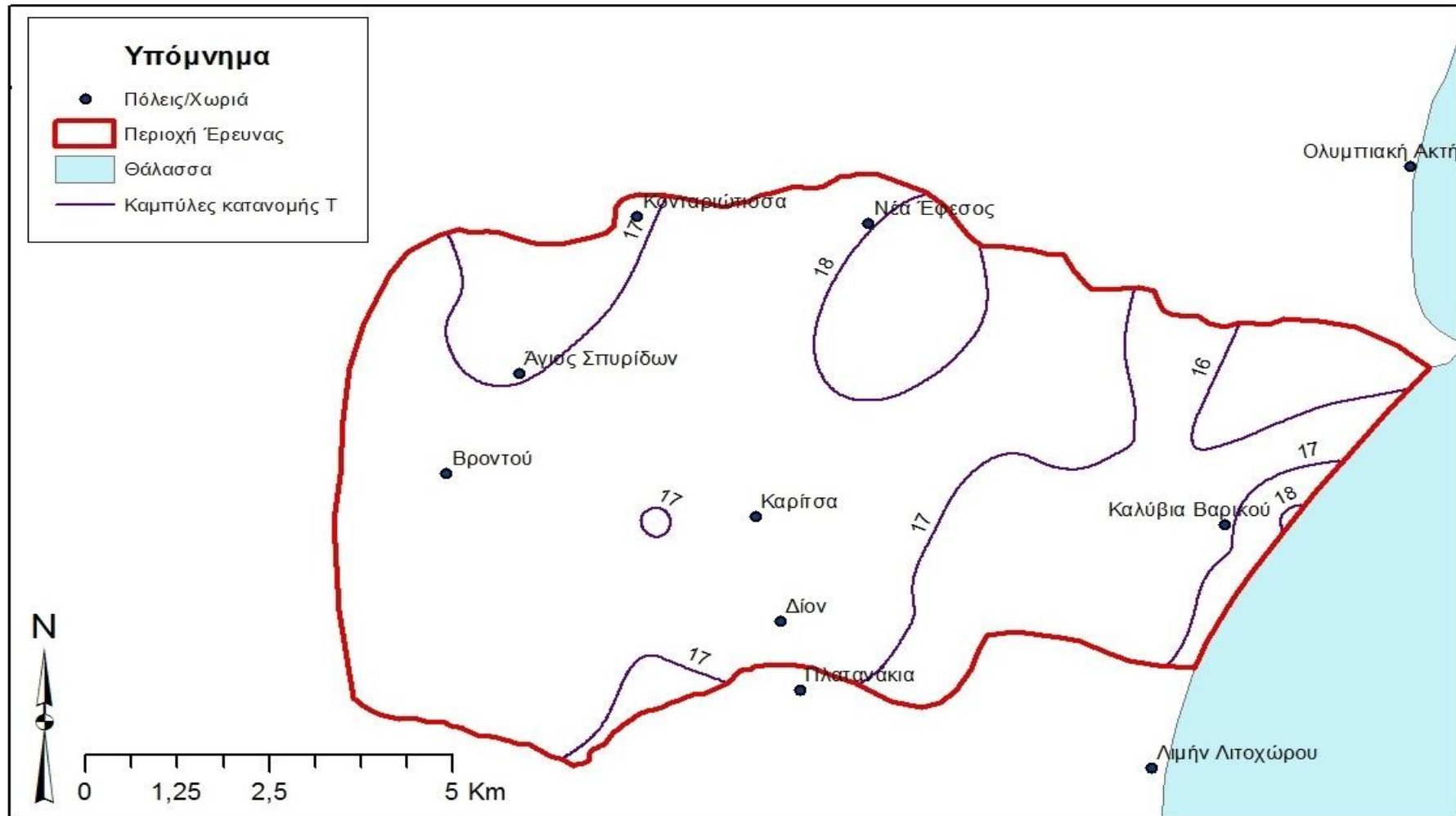


Σχήμα 7.4 Η κατανομή θερμοκρασίας των δύο περιόδων δειγματοληψίας

Στα σχήματα 7.5 και 7.6 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τιμές των θερμοκρασιών και η γεωγραφική τους κατανομή, των δύο περιόδων δειγματοληψιών.



**Σχήμα 7.5** Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας T (σε °C) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014



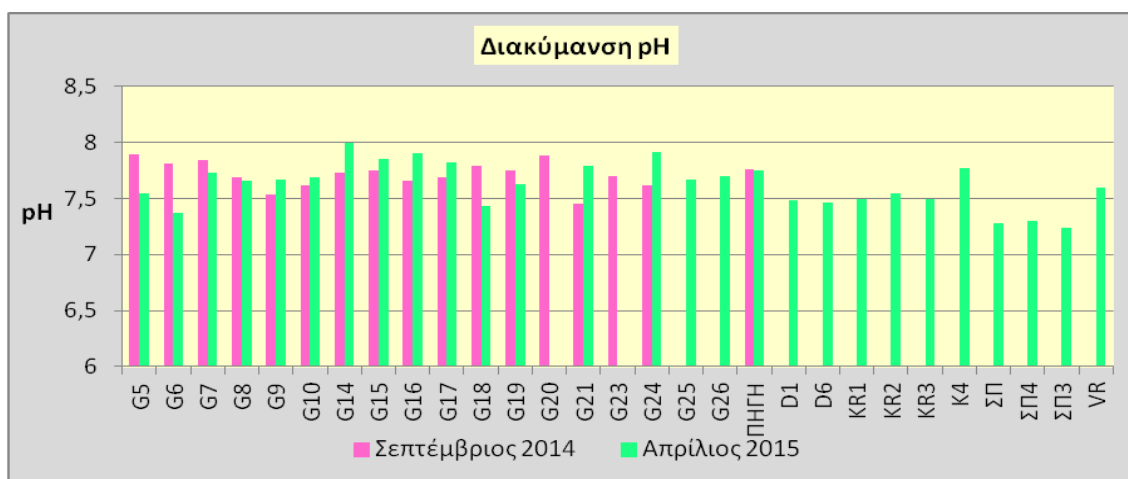
Σχήμα 7.6 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας T (σε °C) την περίοδο του Απριλίου



#### 7.4.2 Ενεργός οξύτητα (pH)

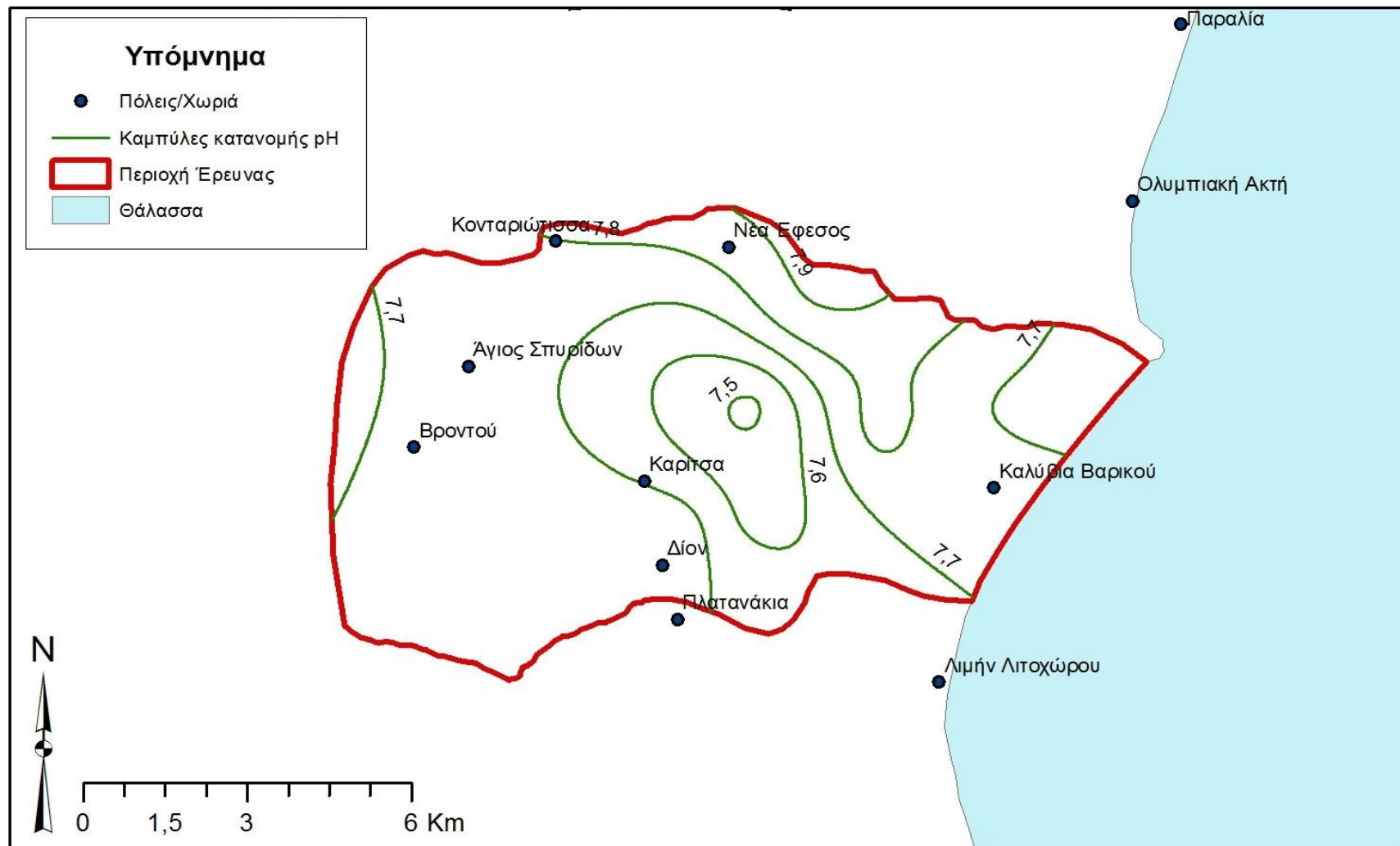
Ενεργός οξύτητα είναι η συγκέντρωση των ιόντων  $H_3O^+$  που περιέχεται στο διάλυμα και εκφράζεται με το pH, δηλ. με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων  $H_3O^+$ . Το pH του υπόγειου νερού καθορίζεται από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις και ισορροπίες μεταξύ των διαλυμένων ιόντων μέσα σε αυτό. Το pH των νερών γενικά μειώνεται, όσο η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική και σιγά-σιγά με τον χρόνο γίνεται όξινη. Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει  $CO_2$  όταν αποσυντίθεται. Το pH του νερού του υπεδάφους είναι σημαντικός παράγοντας αποσάθρωσης. Όξινο περιβάλλον ευνοεί την αφαίρεση Fe και Al από τα μητρικά ορυκτά, καθώς και τη συγκέντρωση του  $SiO_2$  (Βουδούρης 2009).

Τα υπόγεια νερά ανάλογα με την πετρολογική σύσταση των σχηματισμών μέσα στους οποίους φιλοξενούνται και ρέουν, μπορεί να είναι όξινα, αλκαλικά ή ουδέτερα. Για παράδειγμα οι οφιόλιθοι, υπό φυσικές συνθήκες περιέχουν αλκαλικά νερά ( $pH > 7$ ), ενώ οι ασβεστόλιθοι και οι αλλουβιακές αποθέσεις κυρίως όξινα νερά ( $pH < 7$ ) (Σούλιος 2006). Η διακύμανση του pH παρουσιάζεται στο σχήμα 7.7 και η χωρική κατανομή του pH στο Σχήμα 7.8 και 7.9 για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.

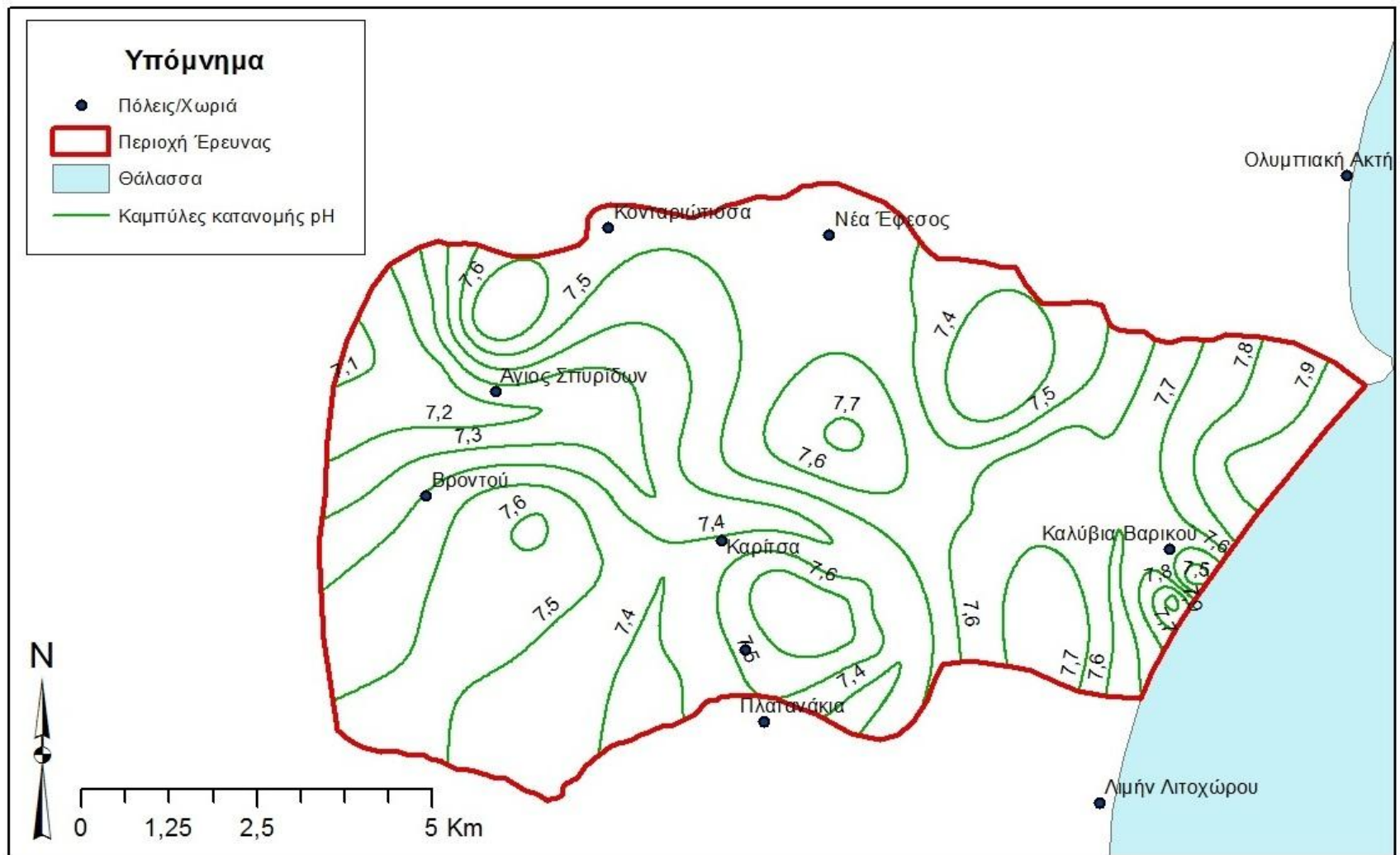


Σχήμα 7.7 Η κατανομή του pH των δύο περιόδων δειγματοληψίας

Στην περιοχή έρευνας το pH κυμαίνεται από 7,2 μέχρι 8 και χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς αλκαλικό έως αλκαλικό. Η μέση τιμή του pH είναι 7,7 και 7,6 για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα. Γενικά δεν παρατηρούνται σοβαρές μεταβολές από την ξηρή στην υγρή περίοδο.



Σχήμα 7.8 Χωρική κατανομή του pH την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014



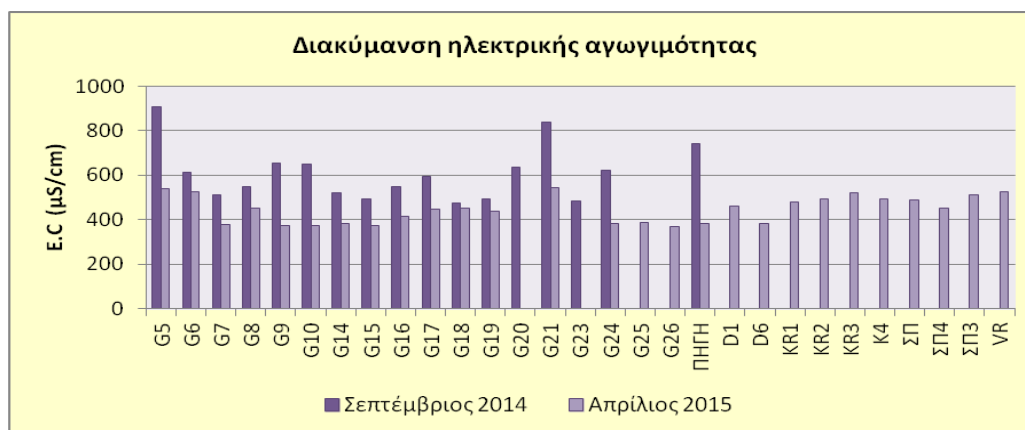
Σχήμα 7.9 Χωρική κατανομή του pH την περίοδο του Απριλίου 2015

### 7.4.3 Συντελεστής ηλεκτρική αγωγιμότητας (EC)

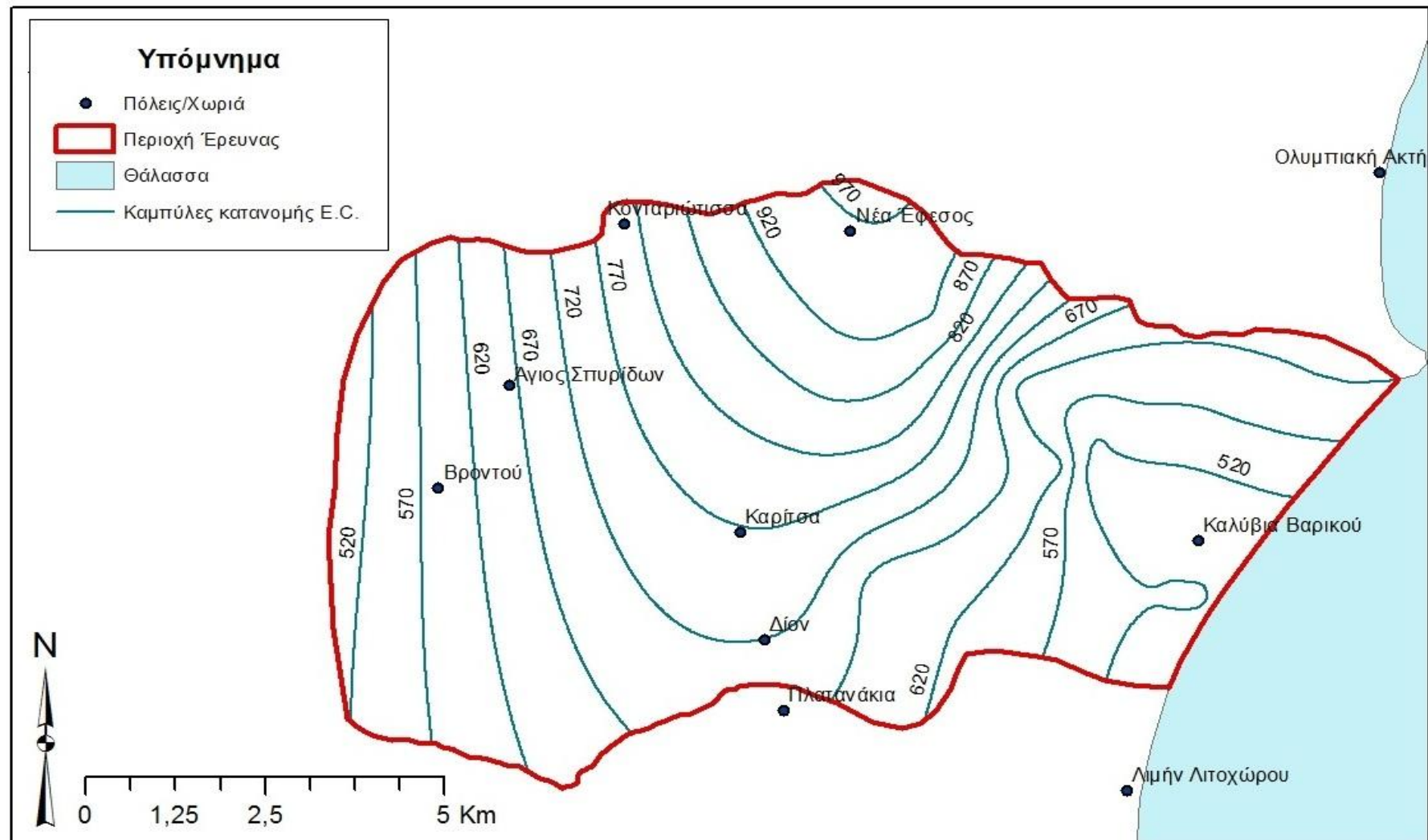
Μετράται για θερμοκρασία T ίση με 25° C και αναφέρεται στην αγωγιμότητα ενός cm<sup>3</sup> νερού στην παραπάνω θερμοκρασία. Στα υπόγεια νερά των υδροφόρων στρωμάτων η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά. Εκφράζει έμμεσα τις συνθήκες κίνησης του υπόγειου νερού, το χρόνο παραμονής του στον υδροφόρο ορίζοντα και τις συνθήκες τροφοδοσίας και ανανέωσης καθώς και το γενικό πλαίσιο υποβάθμισης της ποιότητας του νερού λόγω ρύπανσης και υφαλμύρωσης.

Η αγωγιμότητα αυξάνει με την πάροδο του χρόνου, διότι το νερό απορροφά διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Οι συνήθεις τιμές είναι από 140 μS/cm έως 1100 μS/cm. Τιμές από 500 - 1000 μS/cm αναφέρονται σε νερά καλής ποιότητας με πολύ μικρό βαθμό ρύπανσης, τιμές 1000-3000 μS/cm, αναφέρονται σε νερά μέτριας ως κακής ποιότητας, με πιθανότητα υφαλμύρωσης, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 3000 μS/cm υποδεικνύουν νερά κακής ποιότητας.

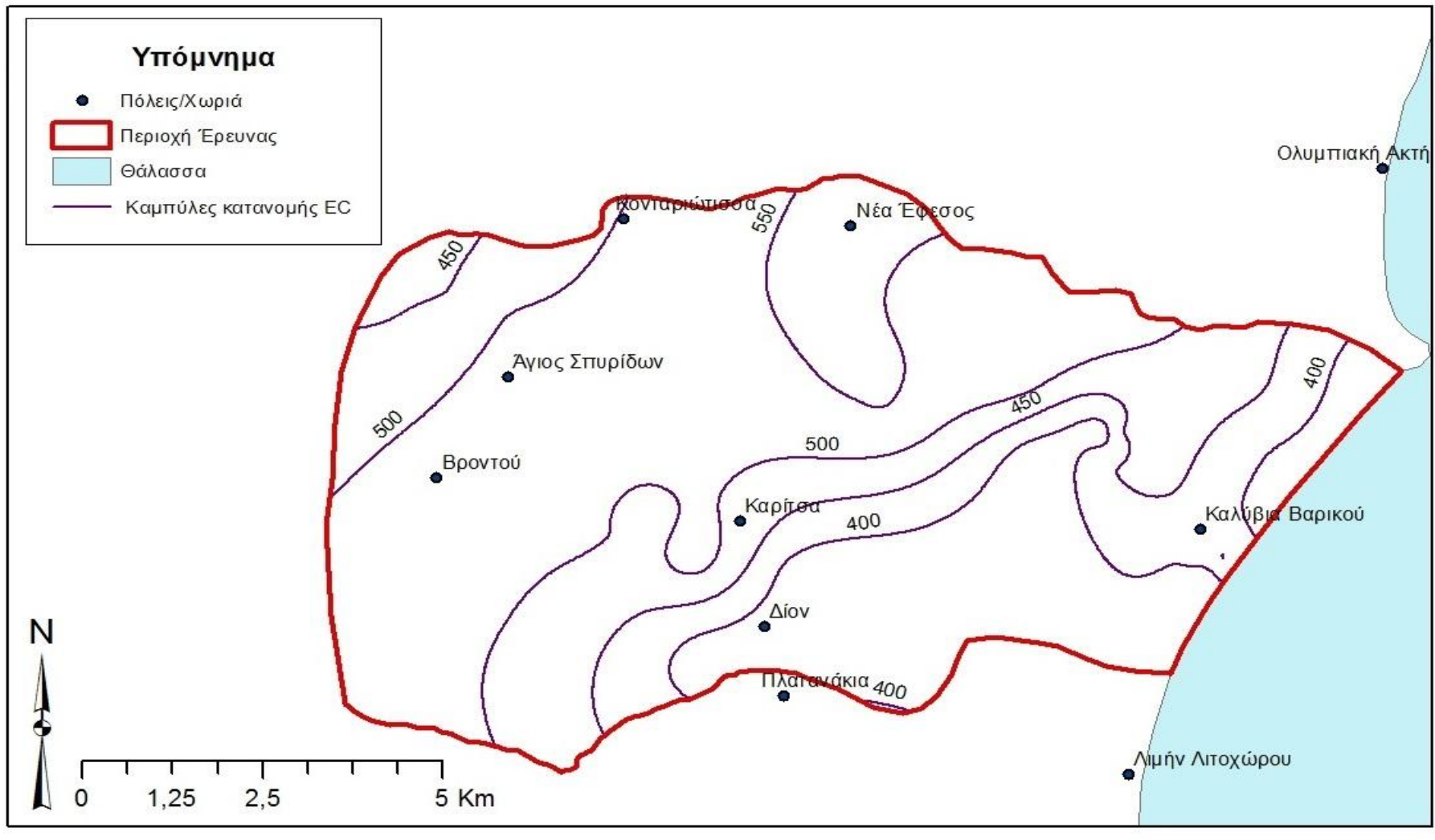
Την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 η αγωγιμότητα κυμάνθηκε από 477 έως 909 μS/cm με μέση τιμή τα 608 μS/cm, και τον Απρίλιο από 368 έως 544 μS/cm και μέση τιμή τα 445 μS/cm. Οι τιμές και για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας, βρίσκονται στο όριο που προσδιορίζει νερά καλής ποιότητας με πολύ μικρό βαθμό ρύπανσης. Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 7.10, η διακύμανση της αγωγιμότητας παρουσιάζει μεταβολές ανάμεσα στις δύο περιόδους. Την περίοδο του Απριλίου παρατηρείται πτώση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας λόγω σημαντικής επανατροφοδοσίας με νέα- καθαρά νερά. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στις γεωτρήσεις G5, G24, καθώς πρόκειται για γεωτρήσεις που εκμεταλλεύονται την αβαθή φρεάτια υδροφορία. Στο Σχήμα 7.11 και 7.12 παρουσιάζεται η κατανομή της EC στην περιοχή έρευνας για τις δύο περιόδους αντίστοιχα.



Σχήμα 7.10 Η κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας



Σχήμα 7.11 Χωρική κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014

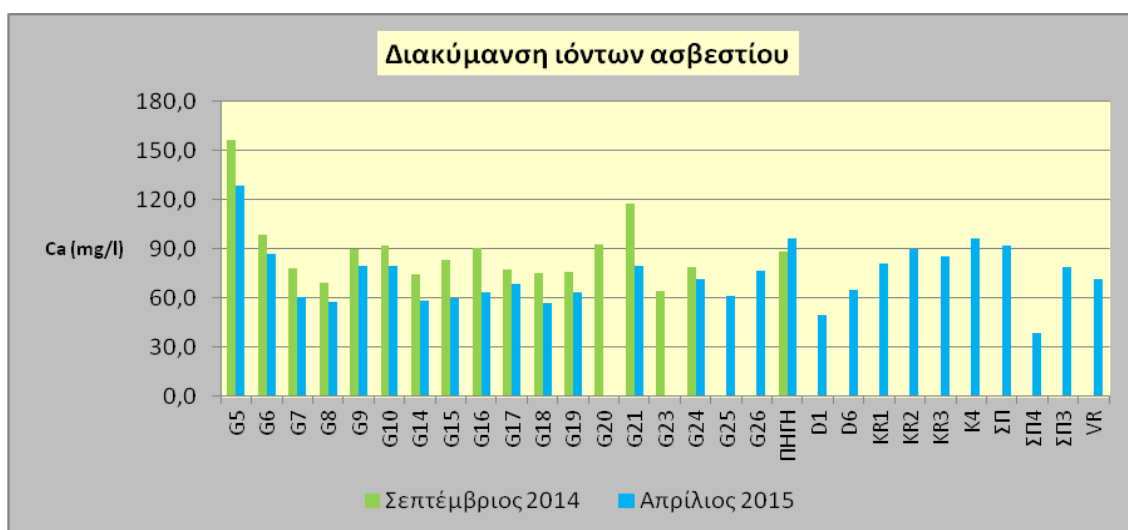


**Σχήμα 7.12** Χωρική κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) την περίοδο του Απριλίου 2015

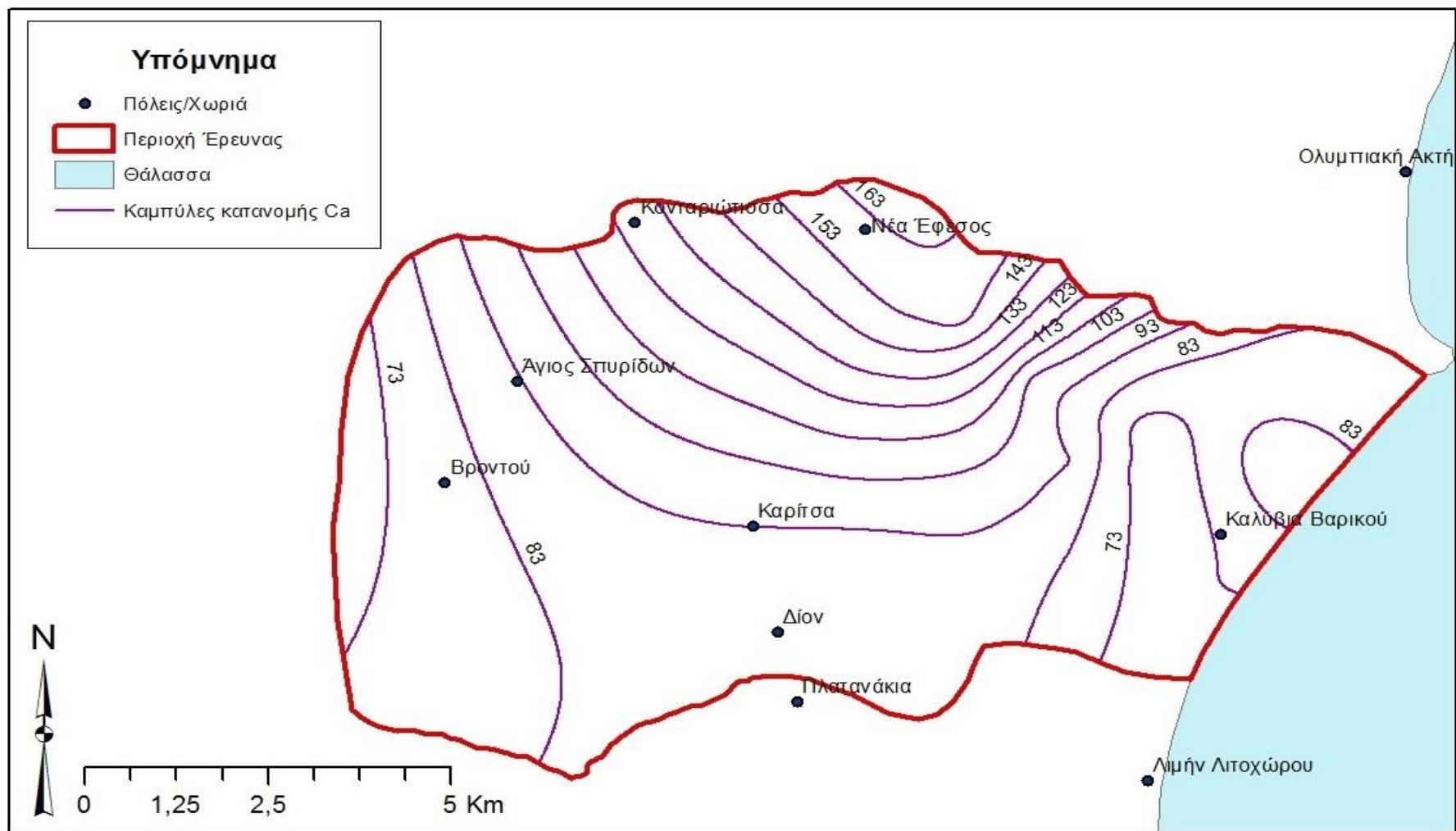
#### 7.4.4 Ιόντα Ασβεστίου (Ca<sup>2+</sup>)

Το ασβέστιο είναι ένα από τα επικρατέστερα ιόντα των υπόγειων νερών. Προέρχεται κυρίως από τη διάλυση ανθρακικών σχηματισμών, όπως ασβεστίτη, δολομίτη και γύψων. Πηγή προέλευσης ασβεστίου αποτελούν οι ασβεστόλιθοι, οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή και οι μάργες ενώ συνήθη ορυκτά είναι ο ασβεστίτης, ο δολομίτης, το επίδοτο, η γύψος, ο ανυδρίτης, οι αμφίβολοι, το ολιγόκλαστο, οι πυρόξενοι και τα αργιλικά ορυκτά. Οι τιμές του ασβεστίου (Ca<sup>2+</sup>) στα υπόγεια νερά κυμαίνονται από 10 έως 100mg/L. Αύξηση των ιόντων ασβεστίου παρατηρείται σε παράκτιες περιοχές στα αρχικά στάδια της υφαλμύρωσης, που ακολουθείται από ανταλλαγή κατιόντων, κατά τη διάρκεια της οποίας απελευθερώνεται Ca<sup>2+</sup> και απορροφώνται ιόντα θαλάσσιας προέλευσης Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> (Walraevens et al.1993).

Οι τιμές του ασβεστίου στην περιοχή έρευνας κυμαίνονται από 64 μέχρι 156 mg/l για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014, ενώ από 38,8 μέχρι 128 mg/l για την περίοδο του Απριλίου 2015. Η μέση τιμή συγκέντρωσης είναι 88 mg/l και 73,8 mg/l για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα της περιοχής έρευνας στην περιοχή Ν. Εφέσου και Κονταριώτισσας, καθώς εκεί συναντάται η επαφή των αλλουβιακών αποθέσεων με τις νεογενείς. Στο Σχήμα 7.13 παρουσιάζεται η διακύμανση των ιόντων ασβεστίου και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας, ενώ στο Σχήμα 7.14 και 7.15 παρουσιάζεται η χωρική τους κατανομή.

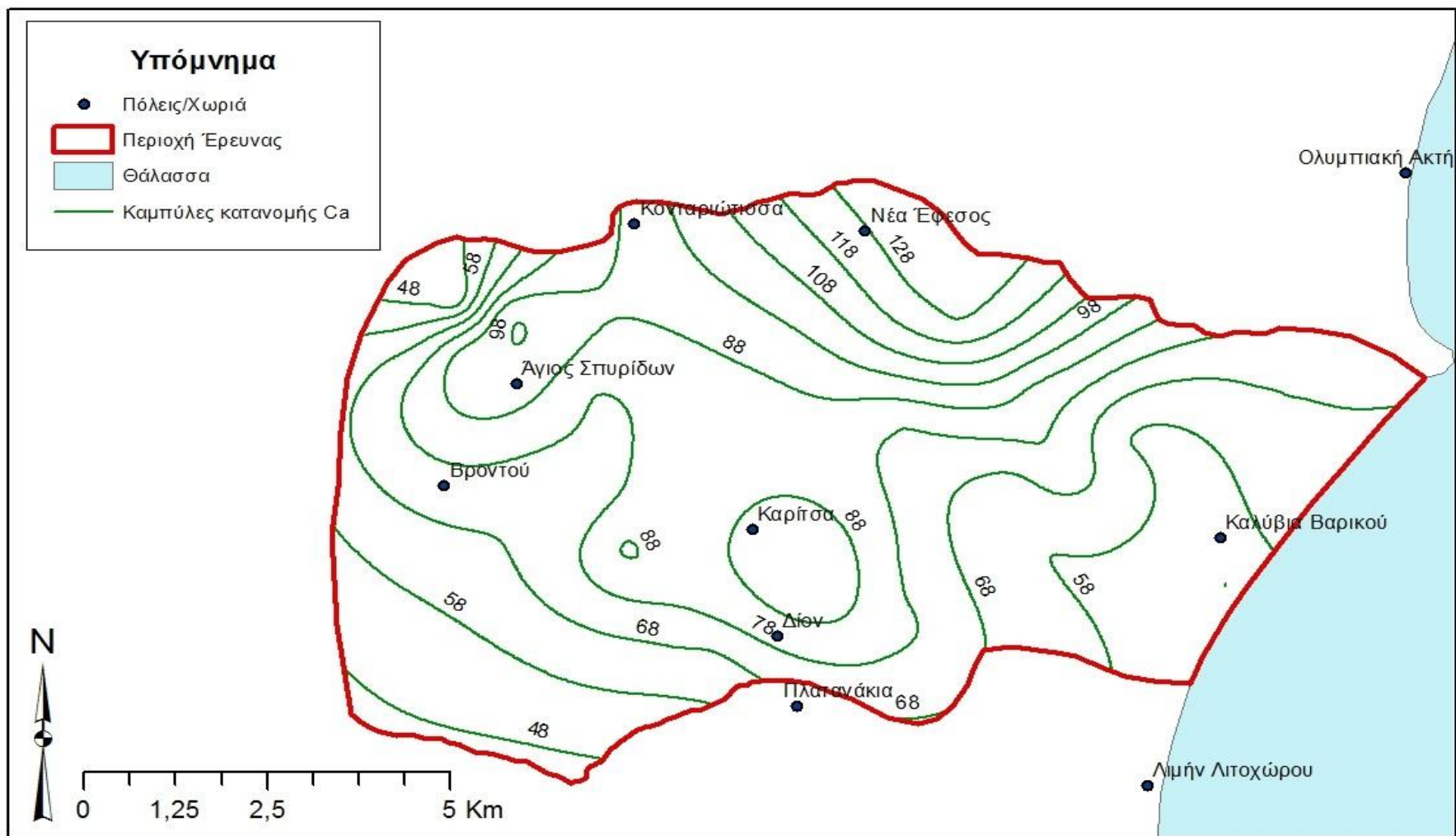


Σχήμα 7.13 Η κατανομή του ασβεστίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας



Σχήμα 7.14 Χωρική κατανομή του  $\text{Ca}^{+2}$  (mg/L) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2015



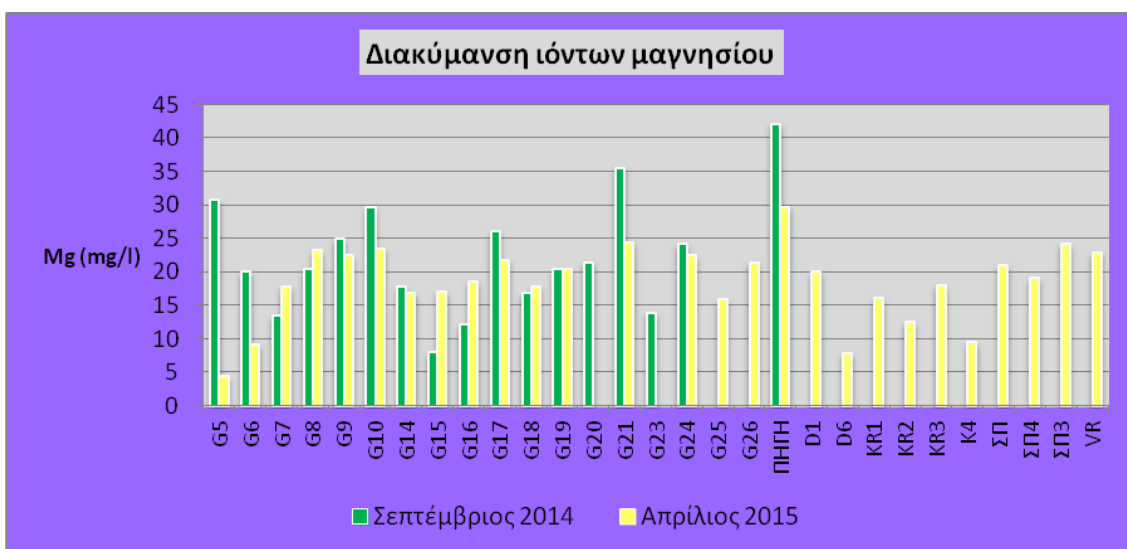


Σχήμα 7.15 Χωρική κατανομή του  $\text{Ca}^{+2}$  (mg/L) την περίοδο του Απριλίου 2015

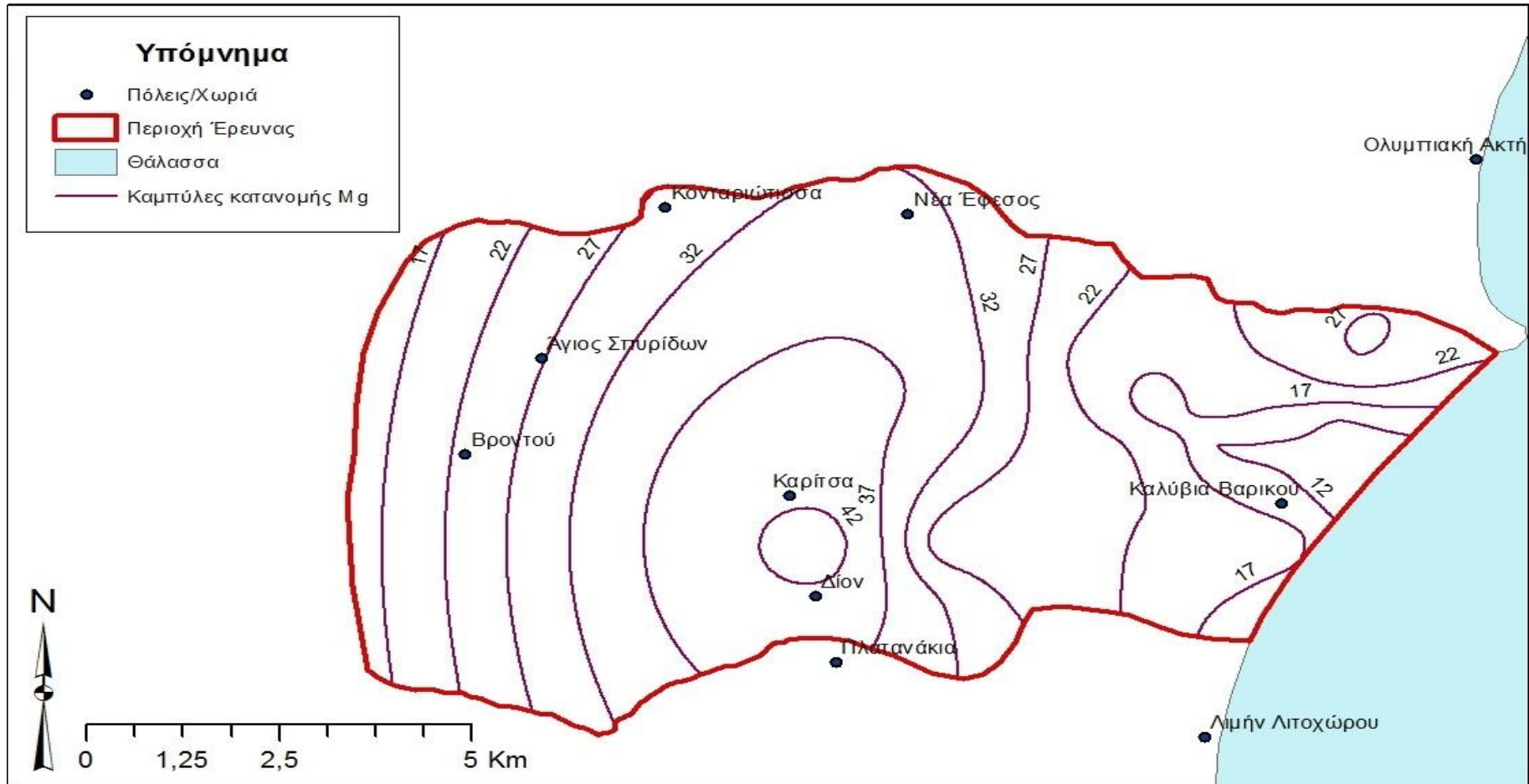
#### 7.4.5 Ιόντα Μαγνησίου (Mg<sup>2+</sup>)

Η συγκέντρωση μαγνησίου στα υπόγεια νερά προέρχεται από τα σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά όπως τον ολιβίνη και τους πυροξένους. Περιέχεται επίσης σε ανθρακικά πετρώματα, που περιέχουν κυρίως δολομίτη, μαγνησίτη, χλωρίτη αλλά και σε αργιλικά ορυκτά. Οι συνήθεις συγκεντρώσεις μαγνησίου στα υπόγεια νερά είναι <50 mg/L, ενώ μεγάλες συγκεντρώσεις σχετίζονται με οφιολιθικά νερά (Σούλιος 2006).

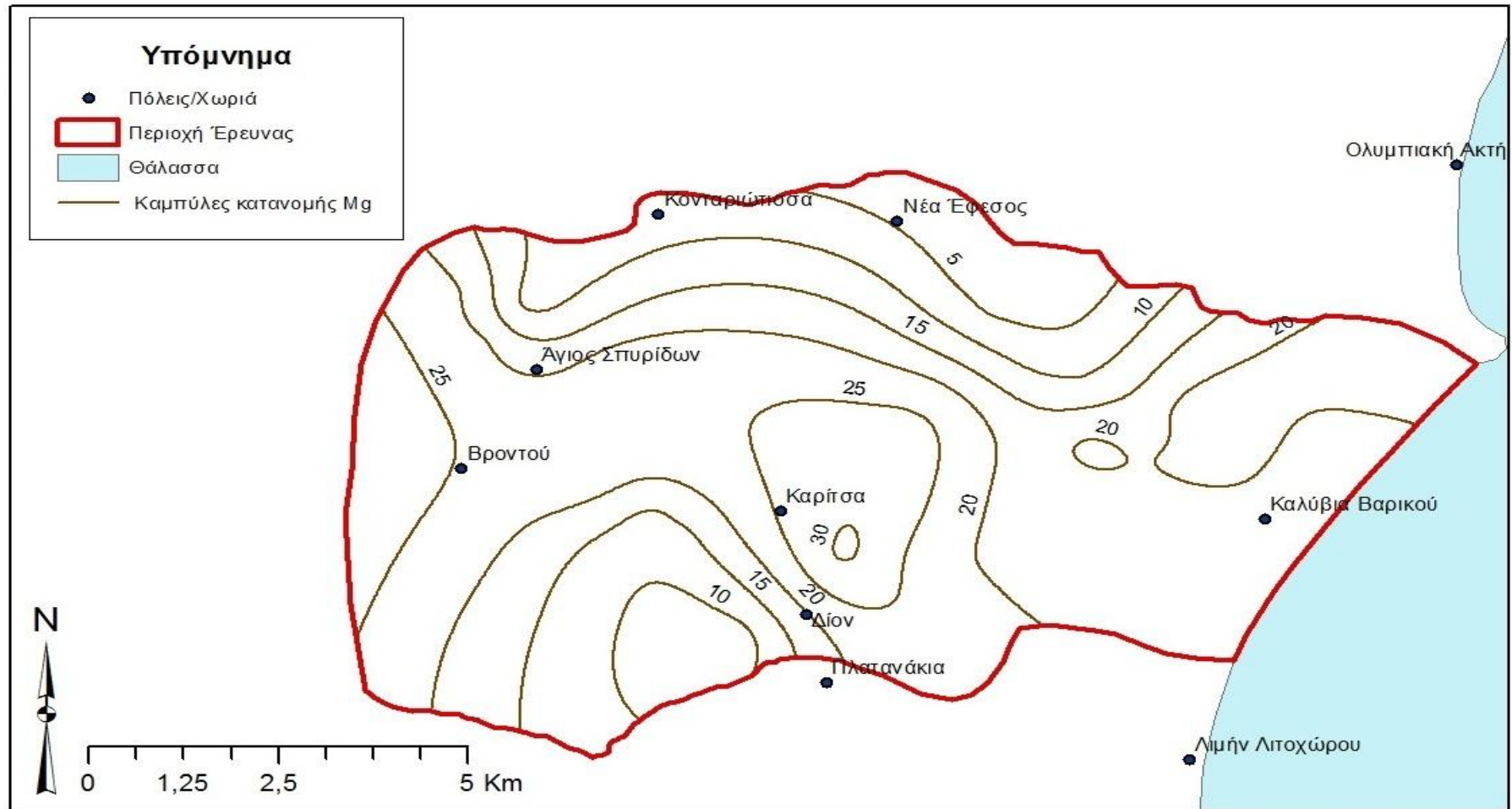
Στην περιοχή έρευνας το μαγνήσιο έχει μέση τιμή 22 mg/l και 18 mg/l για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα. Το εύρος τιμών κυμαίνεται τον Σεπτέμβριο από 8mg/l μέχρι 42 mg/l, ενώ τον Απρίλιο από 4,4 mg/l μέχρι 29,6 mg/l. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.16 όπου παρουσιάζεται η διακύμανση των ιόντων μαγνησίου, υπάρχει πτώση των τιμών την περίοδο του Απριλίου, ωστόσο οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων βρίσκονται μέσα στις συγκεντρώσεις των φυσικών υπόγειων υδάτων χωρίς να ξεπερνούν το όριο των 50 mg/l. Στο Σχήμα 7.17 και 7.18 που ακολουθούν παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των ιόντων ασβεστίου την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.



Σχήμα 7.16 Η κατανομή του μαγνησίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας



Σχήμα 7.17 Χωρική κατανομή του  $Mg^{2+}$  (mg/L) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014



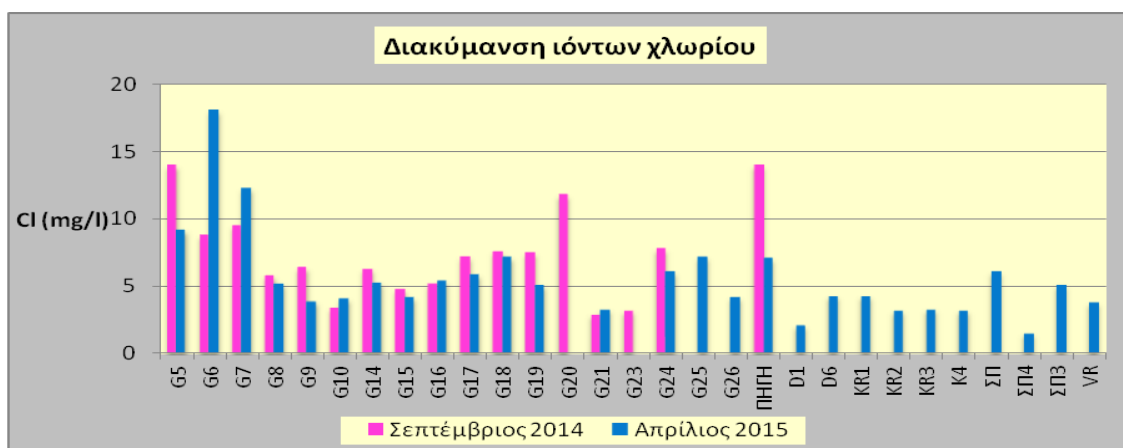
Σχήμα 7.18 Χωρική κατανομή του  $Mg^{2+}$  (mg/L) την περίοδο του Απριλίου 2015

#### 7.4.6 Ιόντα Χλωρίου (Cl)

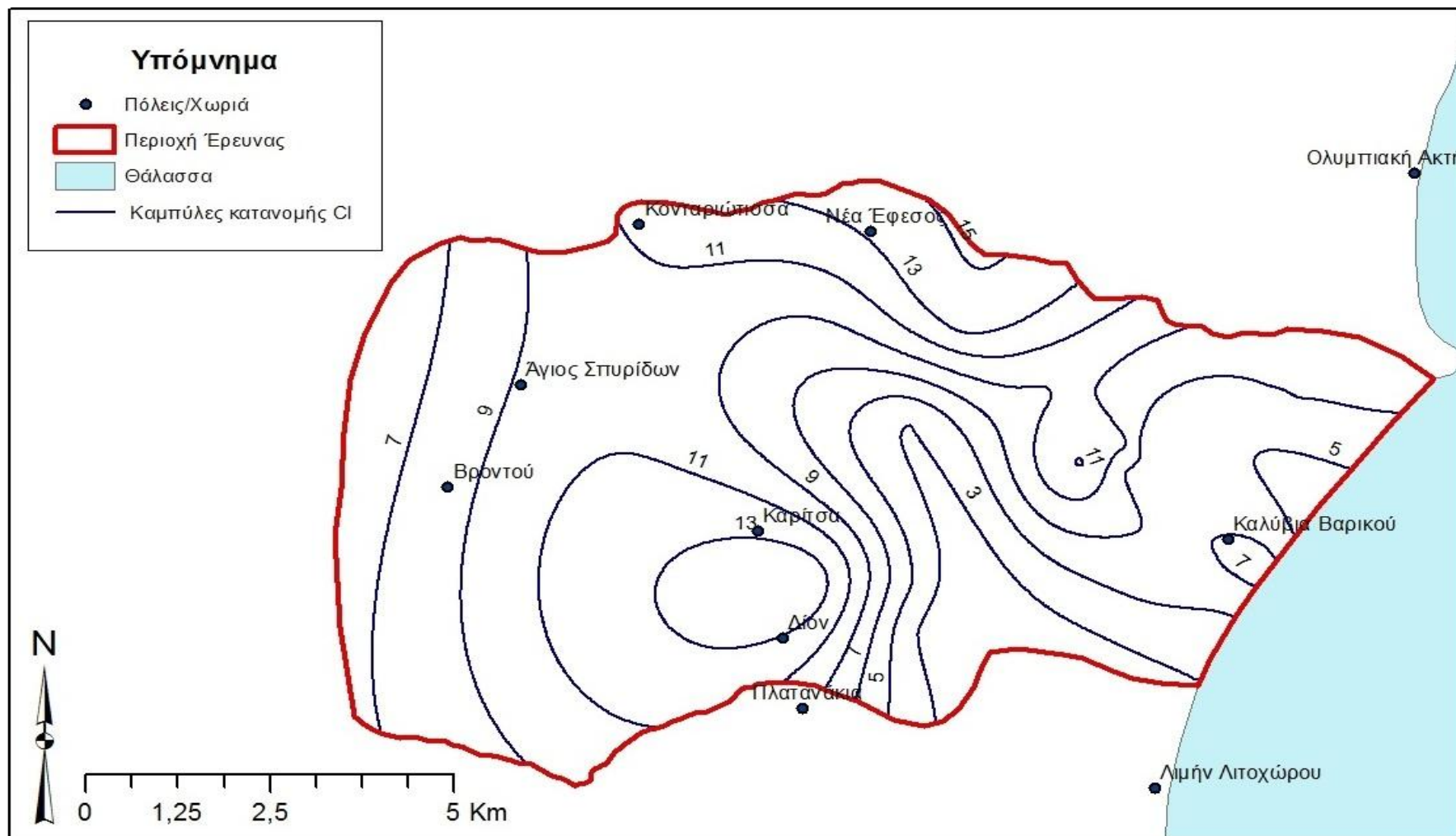
Τα ιόντα χλωρίου μπορεί να προέρχονται από τη φυσική αποδέσμευση των αλάτων τους τα οποία αποτελούν μέρος της ορυκτολογικής δομής ιζηματογενών πετρωμάτων όπως εβαπορίτες και αργιλικά πετρώματα θαλάσσιας γένεσης με συγκέντρωση <10 mg/l σε υγρές περιοχές (Καλλέργης 2009). Επίσης από εισροή θαλάσσιου νερού σε παράκτιους υδροφόρους, από μεταφορά σταγονιδίων θαλάσσιου νερού στην ενδοχώρα μέσω ισχυρών ανέμων καθώς και της βροχής εάν το μετεωρικό νερό έχει υψηλή συγκέντρωση ιόντων χλωρίου (Χαρμανίδης 1998). Αυξημένες συγκεντρώσεις χλωρίου μπορεί τέλος να προέρχονται από θερμές πηγές και βιομηχανικά απόβλητα.

Το χλώριο εμφανίζεται αυξημένο και σε νερά με υψηλή θερμοκρασία. Απορροφάται λίγο από τα αργιλικά ορυκτά και αποτελεί ιχνηθέτη της ανθρώπινης επίδρασης καθώς και της θαλάσσιας διείσδυσης με όριο τα 100mg/l (Βουδούρης 2009). Οι φυσιολογικές συγκεντρώσεις του χλωρίου για μη ρυπασμένα νερά κυμαίνονται μεταξύ 10 – 30mg/l με ανώτατη παραδεκτή για το πόσιμο τα 250mg/l.

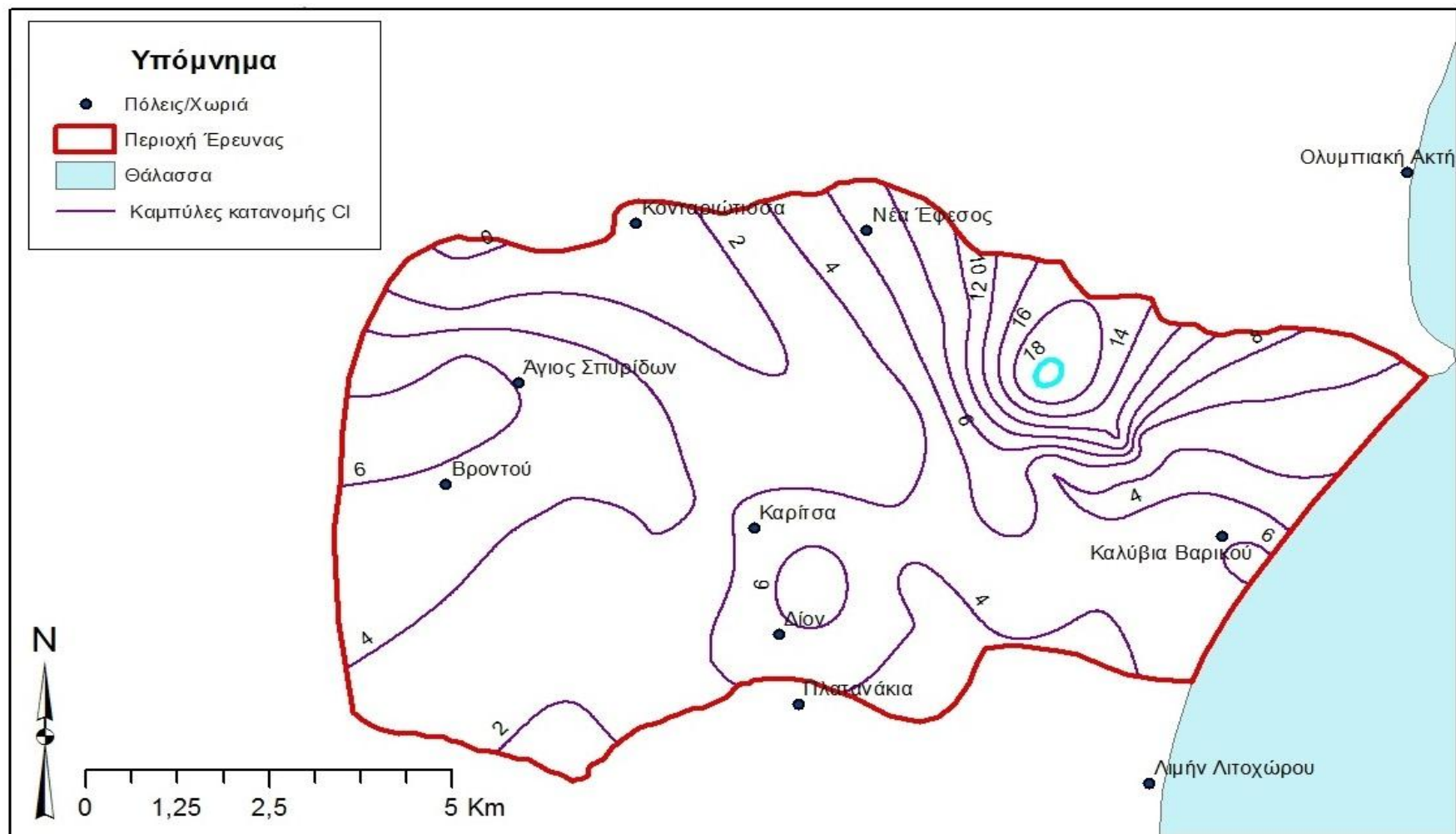
Η χωρική κατανομή του χλωρίου δίνεται στο Σχήμα 7.20 και 7.21 για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα. Στο Σχήμα 7.19 παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των ιόντων του χλωρίου. Όπως παρατηρείται, οι τιμές για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 κυμαίνονται από 2,9 mg/l μέχρι 14 mg/l με μέση τιμή 7,4 mg/l, ενώ για την περίοδο Απριλίου 2015 κυμαίνεται από 1,5 mg/l μέχρι 18,1mg/l και μέση τιμή 5,6 mg/l. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων χλωρίου βρίσκονται μέσα στις φυσιολογικές συγκεντρώσεις για μη ρυπασμένα νερά. Με εξαίρεση τρία δείγματα (G5,G21,ΠΗΓΗ) για την ξηρή περίοδο και δύο δείγματα (G6, G7) για την υγρή περίοδο, τα δείγματα βρίσκονται χαμηλότερα από το όριο των 10 mg/l.



Σχήμα 7.19 Η κατανομή χλωρίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας



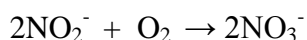
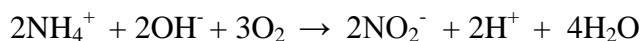
Σχήμα 7.20 Χωρική κατανομή του Cl<sup>-</sup> (mg/l) την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014



Σχήμα 7.21 Χωρική κατανομή του Cl<sup>-</sup> (mg/l) την περίοδο Απριλίου 2015

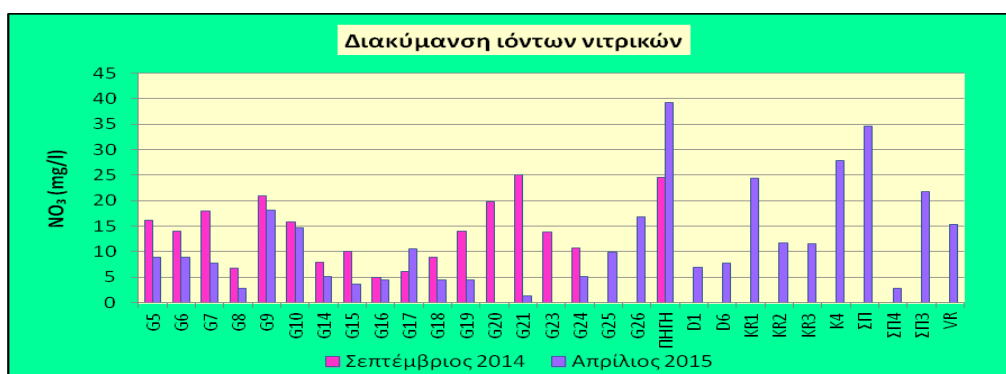
#### 7.4.7 Νιτρικά ιόντα (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως φυτικής και ζωικής πρωτεΐνης. Η οξείδωση του ιόντος NH<sub>4</sub><sup>+</sup> που προκύπτει από την αποσύνθεση πραγματοποιείται σε δύο στάδια με τη βοήθεια μικροοργανισμών:



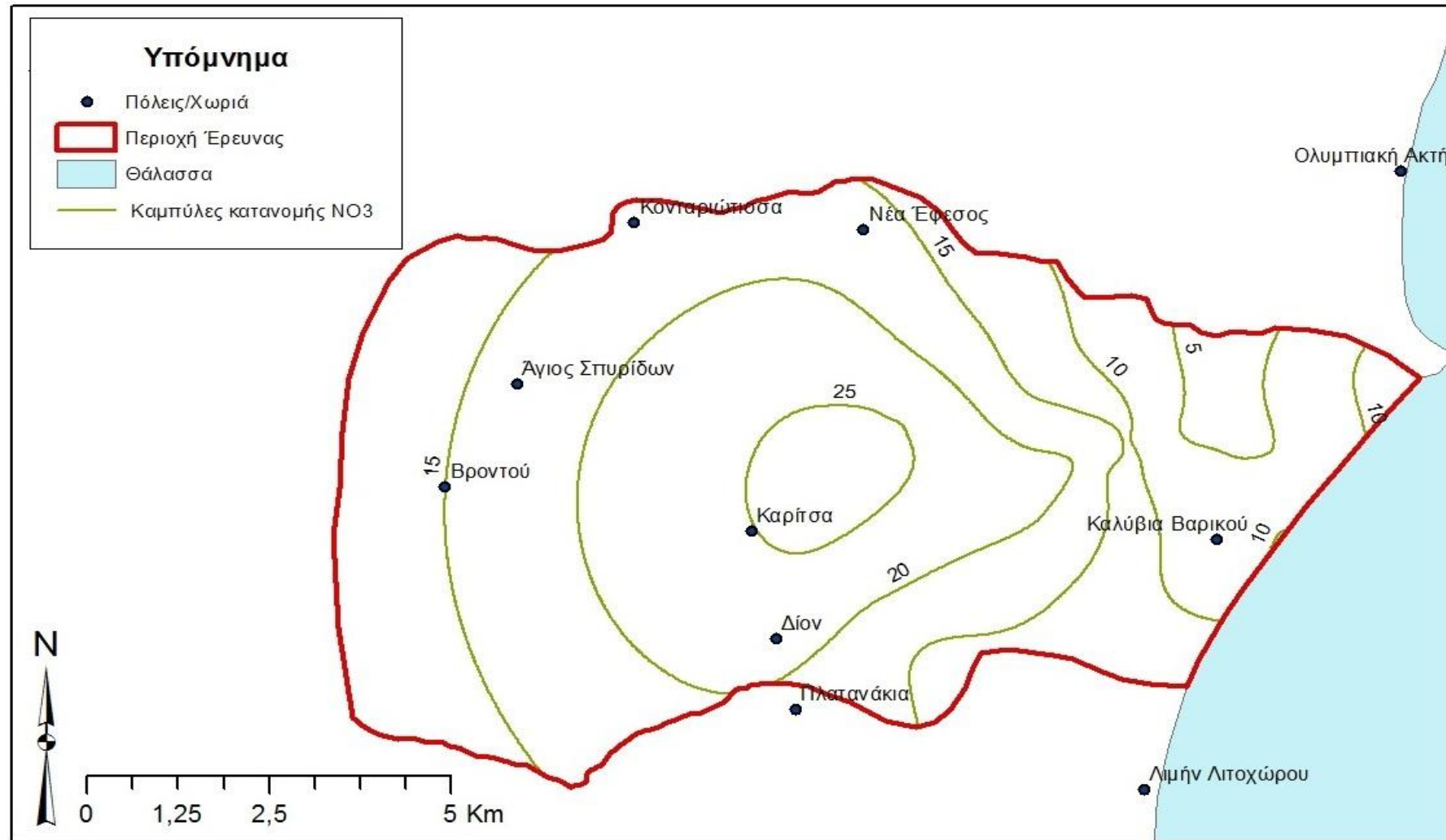
Κύρια πηγή προέλευσης είναι η ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως: η αλόγιστη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων σε καλλιεργούμενες εκτάσεις, η απόθεση οικιακών λυμάτων, η αποστράγγιση βόθρων και η διαφυγή στραγγισμάτων από Χ.Υ.Τ.Α. Η νιτρική ρίζα είναι μια από τις μορφές του διαλυμένου αζώτου που έχει μεγάλη κινητικότητα στα υπόγεια νερά. Παρόλα αυτά, οι φυσιολογικές τιμές δεν ξεπερνούν τα 10 mg/l (Καλλέργης 2000) ενώ στα επιφανειακά όταν δεν υπάρχει ανθρώπινη παρέμβαση οι τιμές δεν υπερβαίνουν το 1 mg/l.

Οι τιμές συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στην περιοχή έρευνας κυμαίνονται από 5mg/l έως 25mg/l με μέση τιμή 14 mg/l, για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και από 1, 4 mg/l έως 39,2 mg/l με μέση τιμή 12,3 mg/l. Όπως διαπιστώνεται οι τιμές των νιτρικών είναι σχετικά χαμηλές και εντός ακόμη και των ορίων ποσιμότητας του νερού (<50mg/l). Οι υψηλότερες τιμές που συναντώνται σε ελάχιστες περιπτώσεις οφείλονται στην γεωργική δραστηριότητα. Παρατηρείται επίσης ότι οι τιμές διατηρούνται χαμηλές και σε γεωτρήσεις που εκμεταλλεύονται το φρεάτιο αβαθή υδροφόρο. Στο Σχήμα 7.22 παρουσιάζεται η διακύμανση των νιτρικών ιόντων, ενώ στο Σχήμα 7.23 και 7.24 η χωρική τους κατανομή την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.

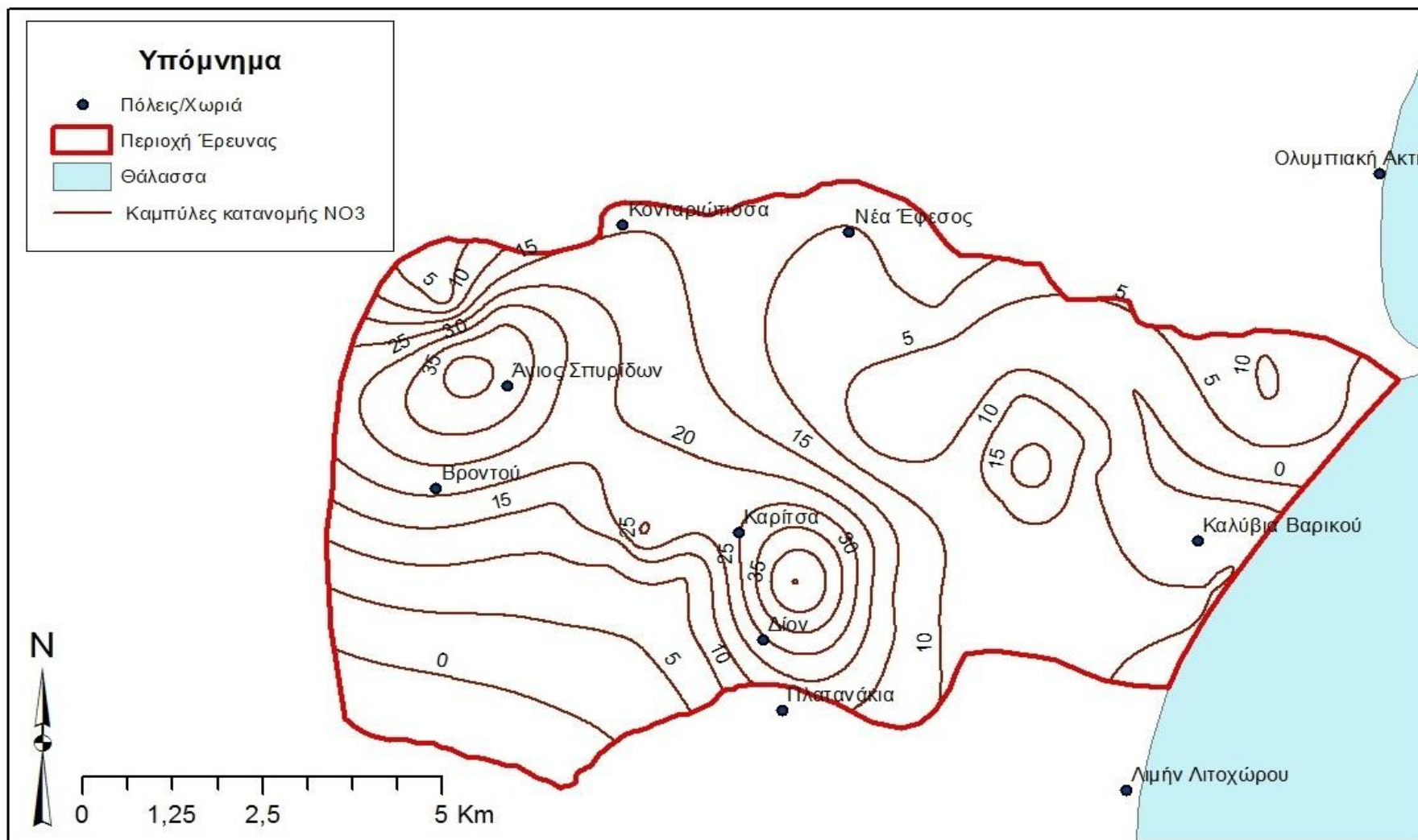


Σχήμα 7.22 Κατανομή των νιτρικών των δύο περιόδων δειγματοληψίας





Σχήμα 7.23 Χωρική κατανομή του NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2015

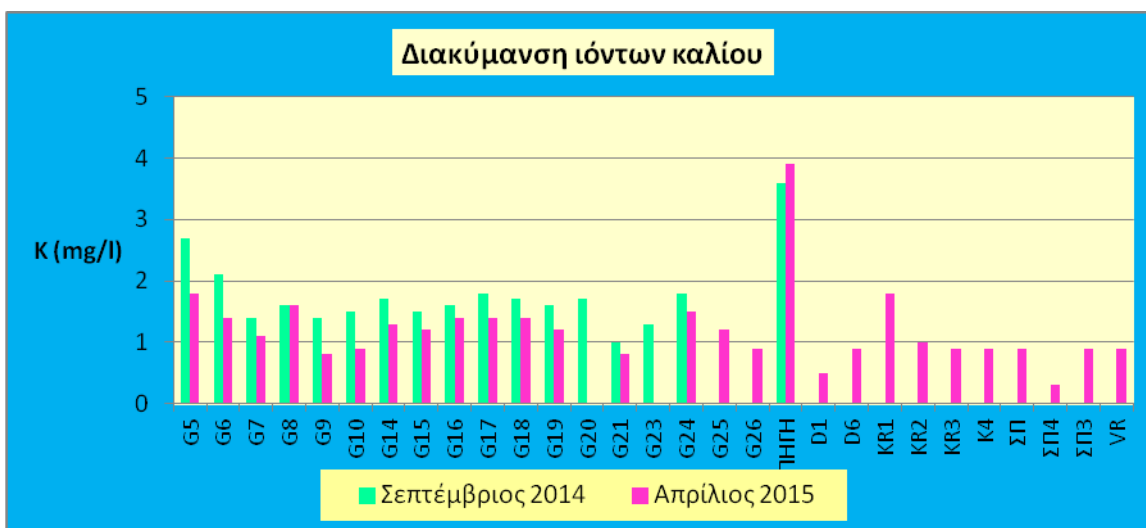


Σχήμα 7.24 Χωρική κατανομή του NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) την περίοδο του Απριλίου 2015

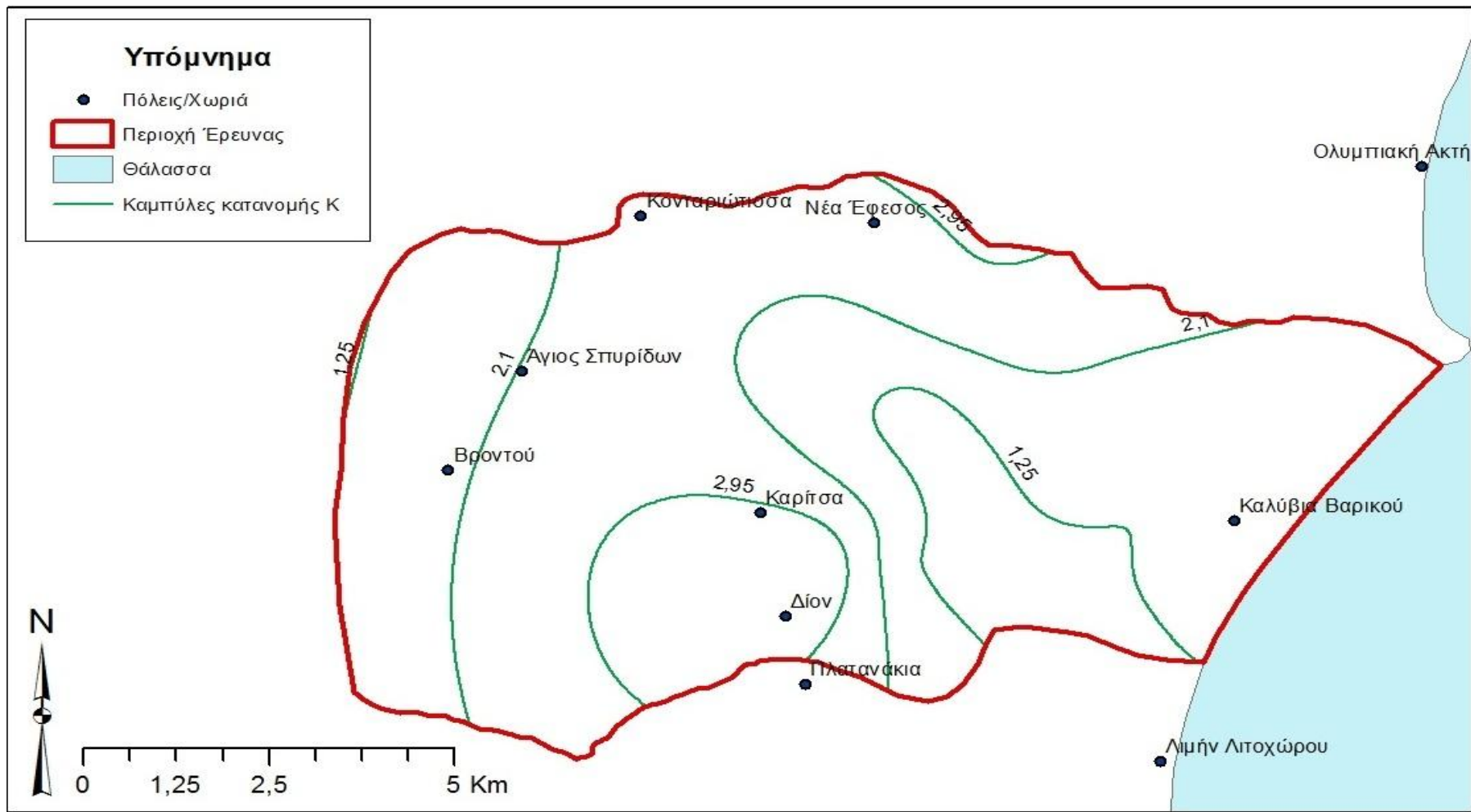
#### 7.4.8 Ιόντα Καλίου (K<sup>+</sup>)

Το κάλιο προέρχεται από την αποσάθρωση των καλιούχων αστρίων και πετρώματα που περιέχουν αστρίους (ορθόκλαστο, μικροκλινή), αστριοειδή (λευκίτη), μερικούς μαρμαρυγίες και αργιλικά άλατα. Στο υπόγειο νερό οι συγκεντρώσεις καλίου έχουν ως ανώτατο όριο τα 10 mg/l, ενώ σε θερμές πηγές μπορεί να φτάσει μέχρι και 100 mg/l (Καλλέργης 2000). Το κάλιο μπορεί να έχει ανθρωπογενή προέλευση μιας και περιέχεται σε λιπάσματα (KCl), που χρησιμοποιούνται σε αγροτικές δραστηριότητες, ενώ υψηλές συγκεντρώσεις συναντώνται σε νερά μεταλλείων και σε νερά θερμών πηγών.

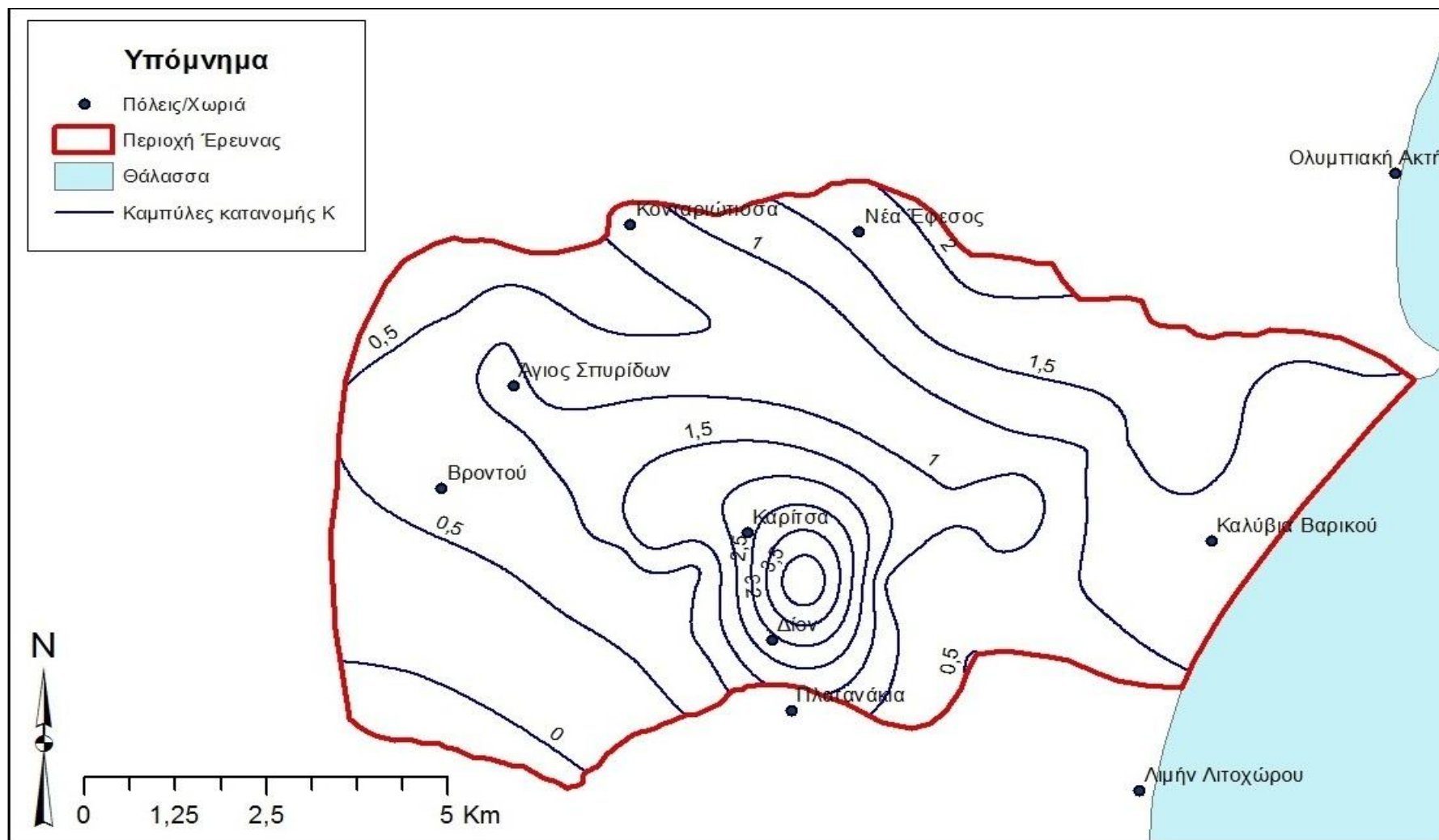
Στην περιοχή έρευνας το εύρος των τιμών κυμαίνεται από 1 mg/l μέχρι 3,6mg/l και μέση τιμή 1,8 mg/l για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014, ενώ από 0,3 mg/l μέχρι 3,9 mg/l και μέση τιμή 1,2 mg/l για την περίοδο Απριλίου 2015. Οι τιμές των ιόντων δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές από την ξηρή στην υγρή περίοδο. Οι υψηλότερες τιμές συναντώνται στο δείγμα G5, γεώτρηση βάθους 6 m και στην Πηγή που πρόκειται για περιοχή με εκτεταμένη γεωργική δραστηριότητα, που εκμεταλλεύεται τον αβαθή υδροφόρο ορίζοντα. Ωστόσο και αυτές οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλότερες από το ανώτατο αποδεκτό όριο. Στο Σχήμα 7.25 παρουσιάζεται η διακύμανση των ιόντων καλίου και στο Σχήμα 7.26 και 7.27 η χωρική τους κατανομή για την περίοδο Σεπτεμβρίου και Απριλίου αντίστοιχα.



Σχήμα 7.25 Κατανομή του καλίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας



Σχήμα 7.26 Χωρική κατανομή του  $K^+$  (mg/l) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014

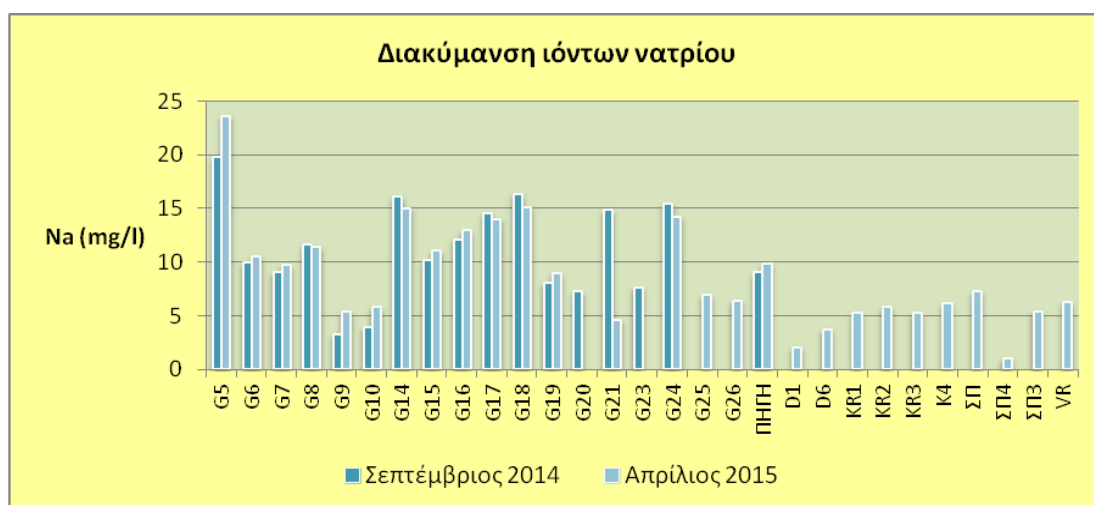


Σχήμα 7.27 Χωρική κατανομή του  $K^+$  (mg/l) την περίοδο του Απριλίου 2015

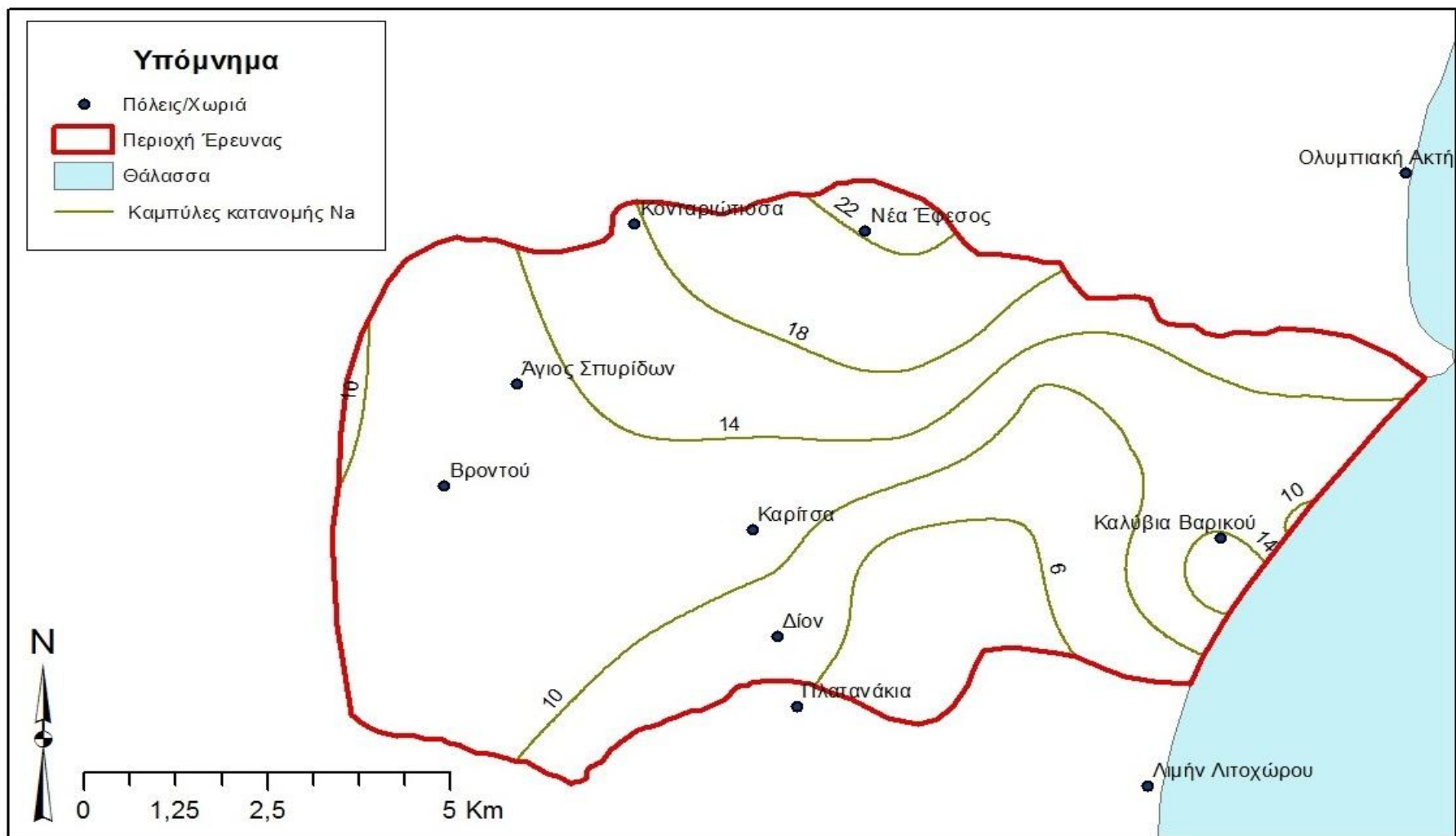
#### 7.4.9 Ιόντα Νατρίου (Na<sup>+</sup>)

Τα ιόντα νατρίου προέρχονται από διάλυση αργιλικών ορυκτών, ορθόκλαστων και πλαγιόκλαστων, εβαποριτών (αλίτης) καθώς και από αργιλικούς σχιστόλιθους.(Καλλέργης 2000). Στα ανθρακικά πετρώματα το νάτριο βρίσκεται συνήθως σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Οι συνήθεις συγκεντρώσεις στα υπόγεια νερά είναι μικρότερες των 20 mg/l. Η παρουσία νατρίου σε υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρείται σε περιοχές και λεκάνες που έχουν υποστεί ανθρωπογενή επίδραση (λιπάσματα ,φυτοφάρμακα και βιομηχανικά απόβλητα) καθώς και σε περιοχές θερμών πηγών και έχει ιδιαίτερη σημασία για την γεωργία. Μια επιπλέον εξήγηση είναι η δευτερογενής ρύπανση από διείσδυση θαλασσινού νερού και η ανάμειξη με γλυκά νερά.

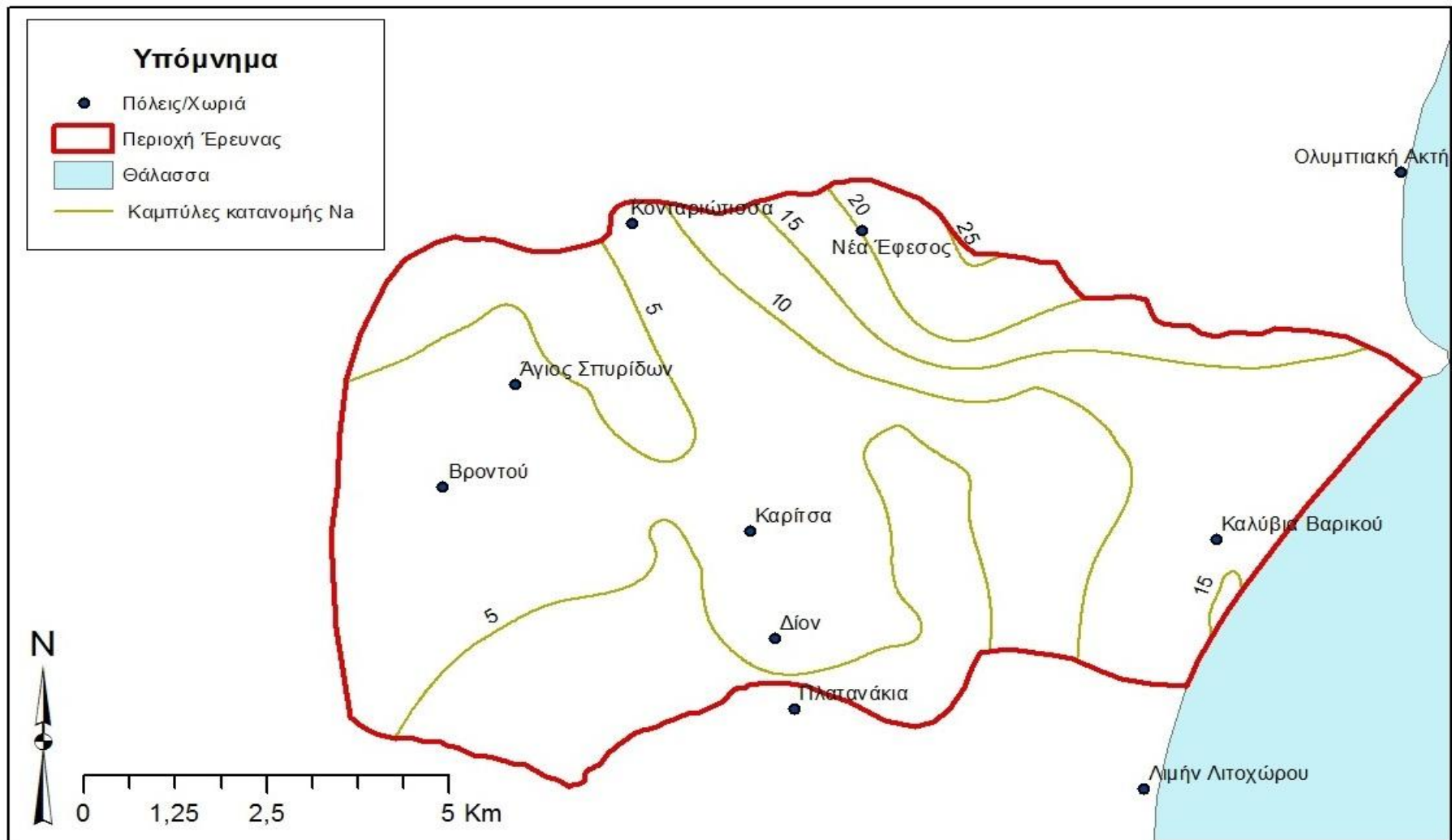
Στην περιοχή έρευνας οι τιμές του νατρίου κυμαίνονται από 3,2 mg/l μέχρι 19,7 mg/l με μέση τιμή 11,1 mg/l για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και από 1 mg/l μέχρι 23,6 mg/l με μέση τιμή 8,6 mg/l για την περίοδο του Απριλίου 2015. Οι τιμές των ιόντων νατρίου βρίσκονται εντός του ορίου των φυσιολογικών τιμών για τα υπόγεια νερά. Εξαιρέση αποτελεί το δείγμα G5 το οποίο για την υγρή περίοδο έχει τιμή 23,6 mg/l, δηλαδή μεγαλύτερη του ορίου των 20 mg/l. Η υψηλή τιμή οφείλεται σε ανθρωπογενή δραστηριότητα, καθώς στην περιοχή γίνεται γεωργική εκμετάλλευση και πρόκειται για ένα αβαθή φρεάτιο υδροφόρο. Στο Σχήμα 7.28 παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των ιόντων νατρίου, ενώ στο Σχήμα 7.29 και 7.30 παρουσιάζονται οι χάρτες χωρικής κατανομής για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.



Σχήμα 7.28 Κατανομή του νατρίου των δύο περιόδων δειγματοληψίας



Σχήμα 7.29 Χωρική κατανομή του Na<sup>+</sup> (mg/l) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2015

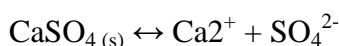


Σχήμα 7.30 Χωρική κατανομή του Na<sup>+</sup> (mg/l) την περίοδο του Απριλίου 2015



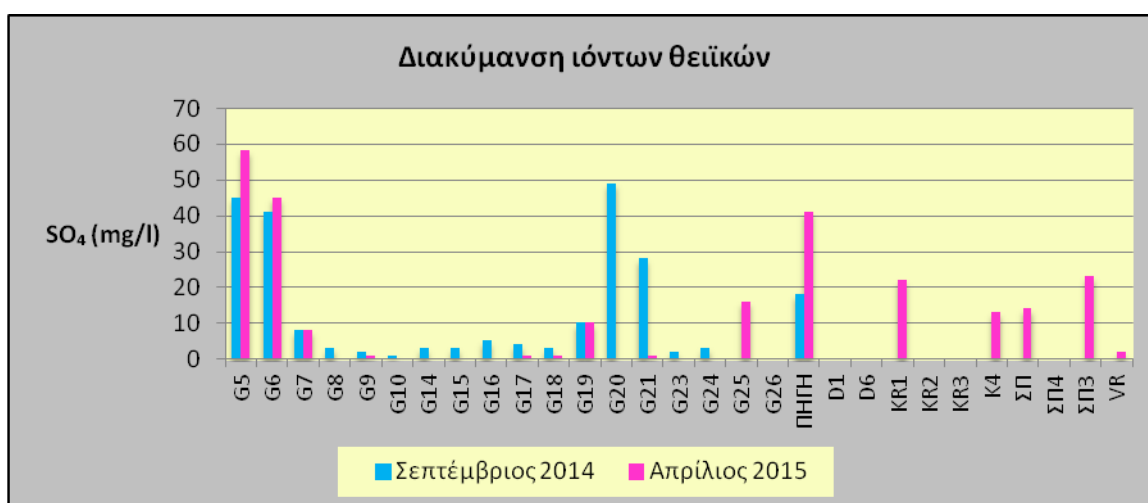
#### 7.4.10 Θειικά ανιόντα (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Προέρχονται κυρίως από τη διάλυση θειούχων ορυκτών της γύψου και του ανυδρίτη, τη χρήση θειικών λιπασμάτων τύπου (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, καθώς και από την οξείδωση θειούχων ενώσεων (πυριτών), που εμφανίζονται σε αργιλικά πετρώματα, σύμφωνα με τις αντιδράσεις:

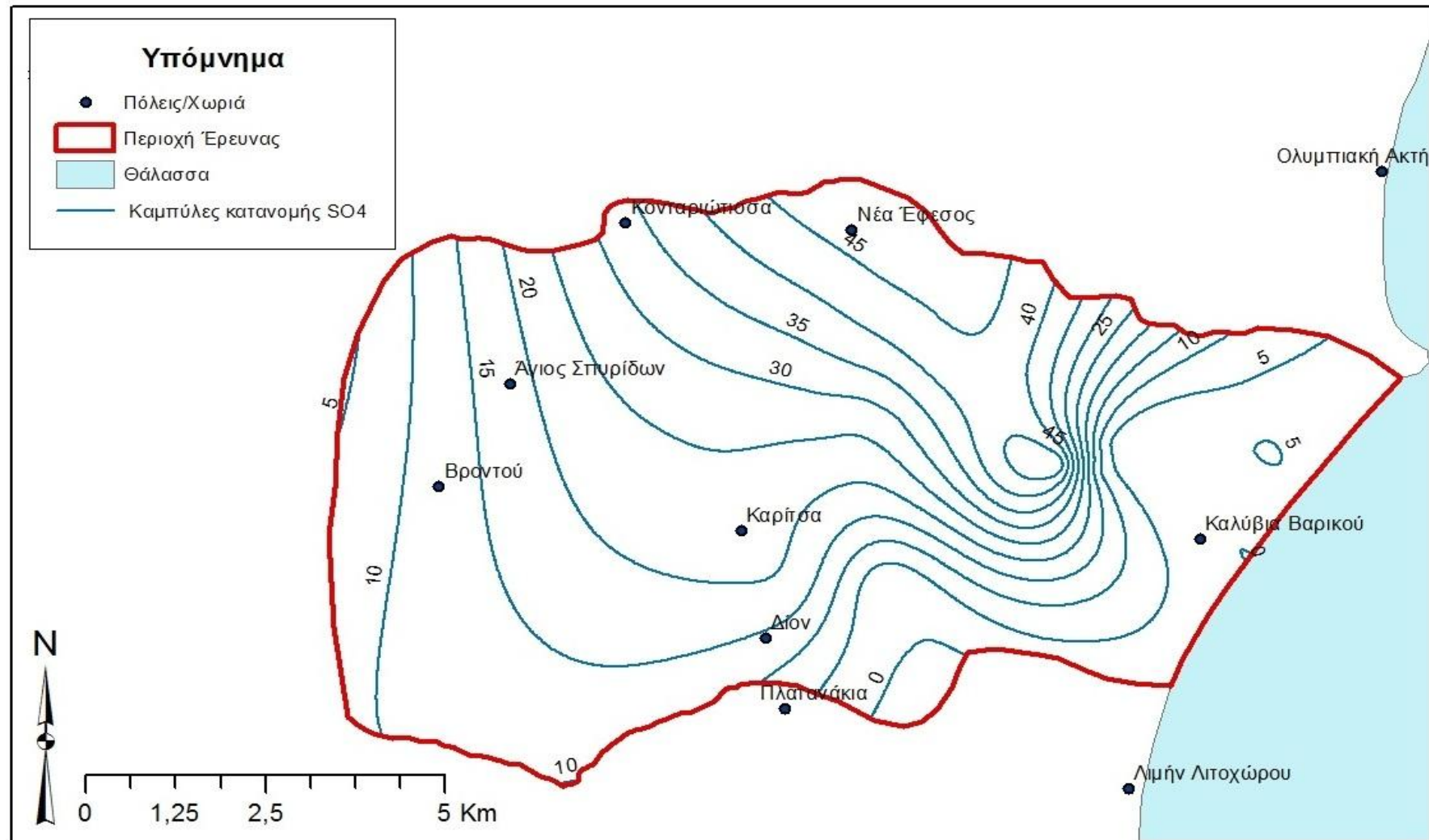


Η διακύμανση της συγκέντρωσης στα υπόγεια νερά, οφείλεται σε διεργασίες οξείδωσης και αναγωγής, διάλυσης και καθίζησης και σε φυσιολογικές συνθήκες δεν ξεπερνά τα 300 mg/l. Υψηλές τιμές συγκέντρωσης σχετίζονται με περιορισμένο εμπλουτισμό και ανανέωση του υδροφόρου ορίζοντα και μεγάλο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος. Περιεκτικότητα όμως μεγαλύτερη από 250 mg/l σε θειικά ιόντα, καθιστά τη χρήση των νερών προβληματική για πόση και βιομηχανική χρήση. Το θείο και οι ενώσεις του ευθύνονται για τα προβλήματα οσμών και διαβρώσεων (Βουδούρης 2009).

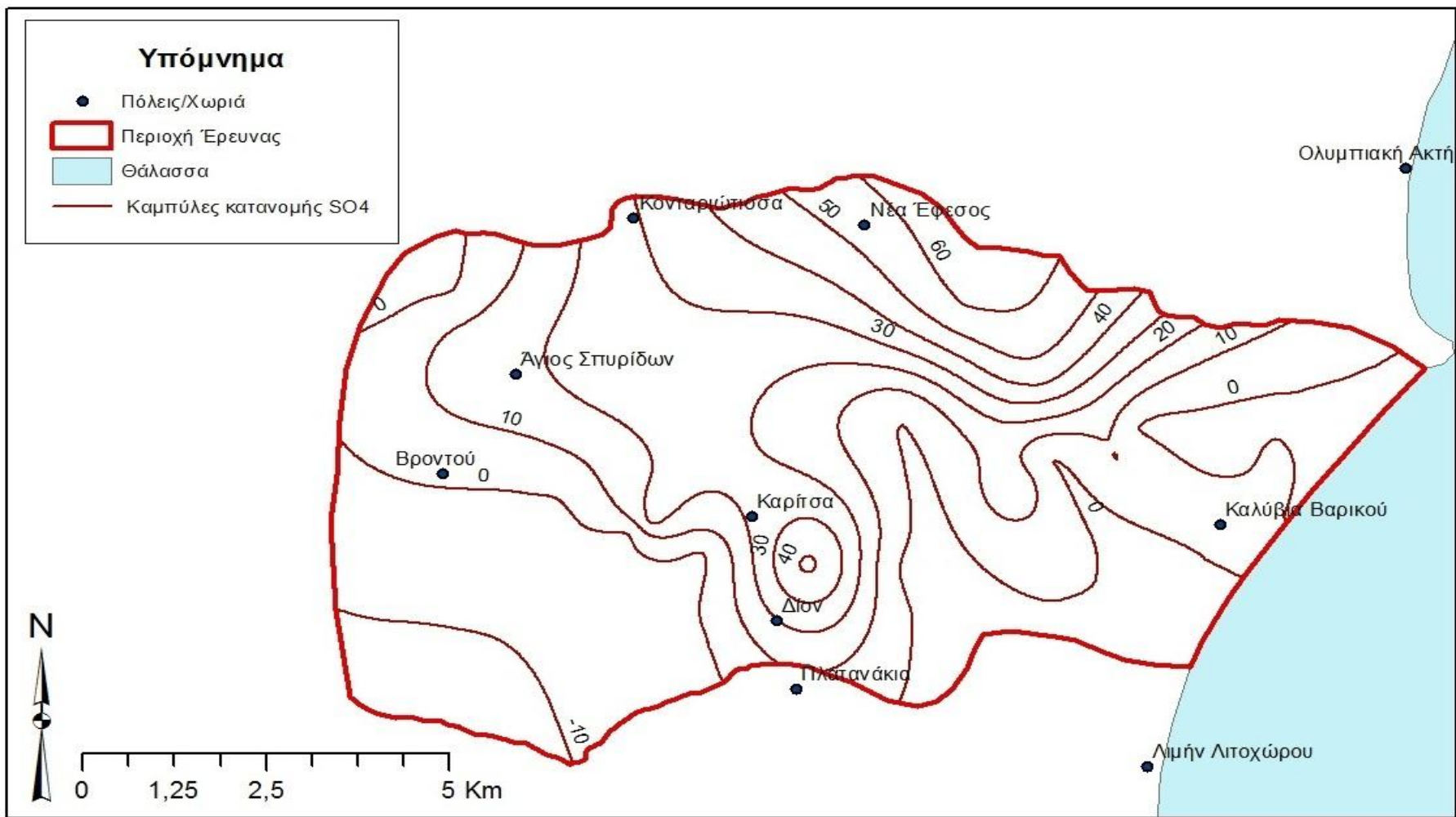
Οι τιμές στην περιοχή έρευνας κυμαίνονται από 1 mg/l έως 49 mg/l και μέση τιμή 13,4 mg/l για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014, ενώ από 0 mg/l μέχρι 58 mg/l με μέση τιμή 9,5 mg/l για την περίοδο Απριλίου 2015. Οι τιμές είναι ιδιαίτερα χαμηλές και δεν ξεπερνούν το όριο ποσιμότητας (250 mg/l). Οι σχετικά υψηλές τιμές, εμφανίζονται στις γεωτρήσεις που εκμεταλλεύονται τον αβαθή φρεάτιο υδροφόρο σε περιοχές, όπου γίνεται και γεωργική εκμετάλλευση. Στο Σχήμα 7.31 παρατηρείται η διακύμανση των θειικών ιόντων, ενώ στο Σχήμα 7.32 και 7.33 παρουσιάζονται οι χάρτες χωρικής κατανομής για τις περιόδους Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.



Σχήμα 7.31 Η κατανομή των θειικών των δύο περιόδων δειγματοληψίας



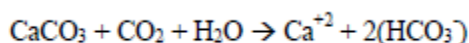
Σχήμα 7.32 Χωρική κατανομή του SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l) την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014



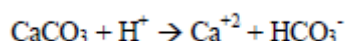
Σχήμα 7.33 Χωρική κατανομή του SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (mg/l) την περίοδο του Απριλίου 2015

#### 7.4.11 Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Είναι το επικρατέστερο ανιόν στα γλυκά νερά υπόγεια νερά και αποτελούν δείκτη για την ύπαρξη οργανικών ουσιών στα νερά. Προέρχεται είτε από το ατμοσφαιρικό CO<sub>2</sub>, είτε από το ελεύθερο στο έδαφος, κατά την οργανική αποσύνθεση σύμφωνα με την αντίδραση:

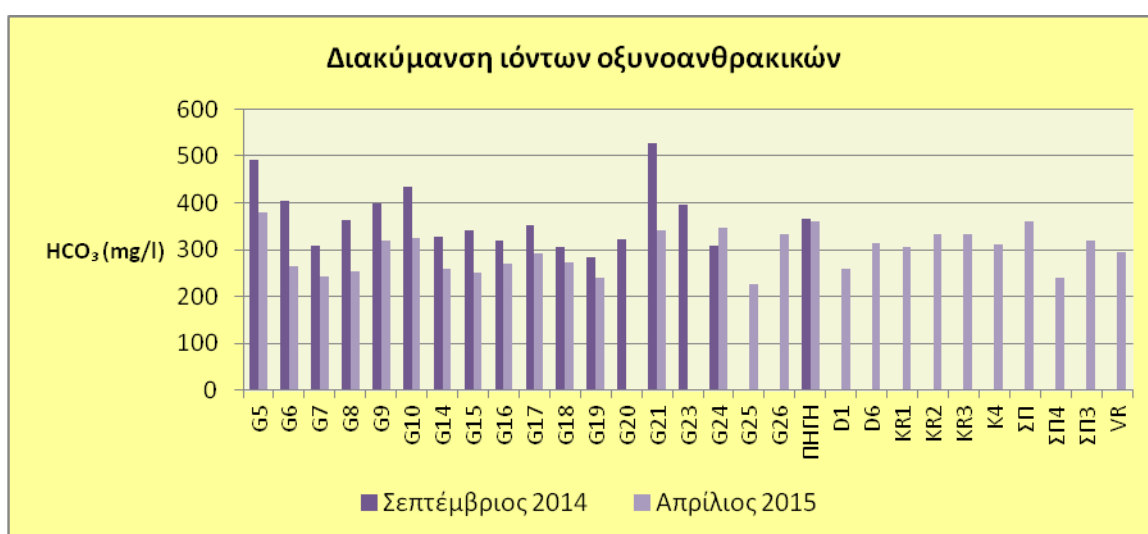


Επίσης προέρχονται από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων από το νερό :

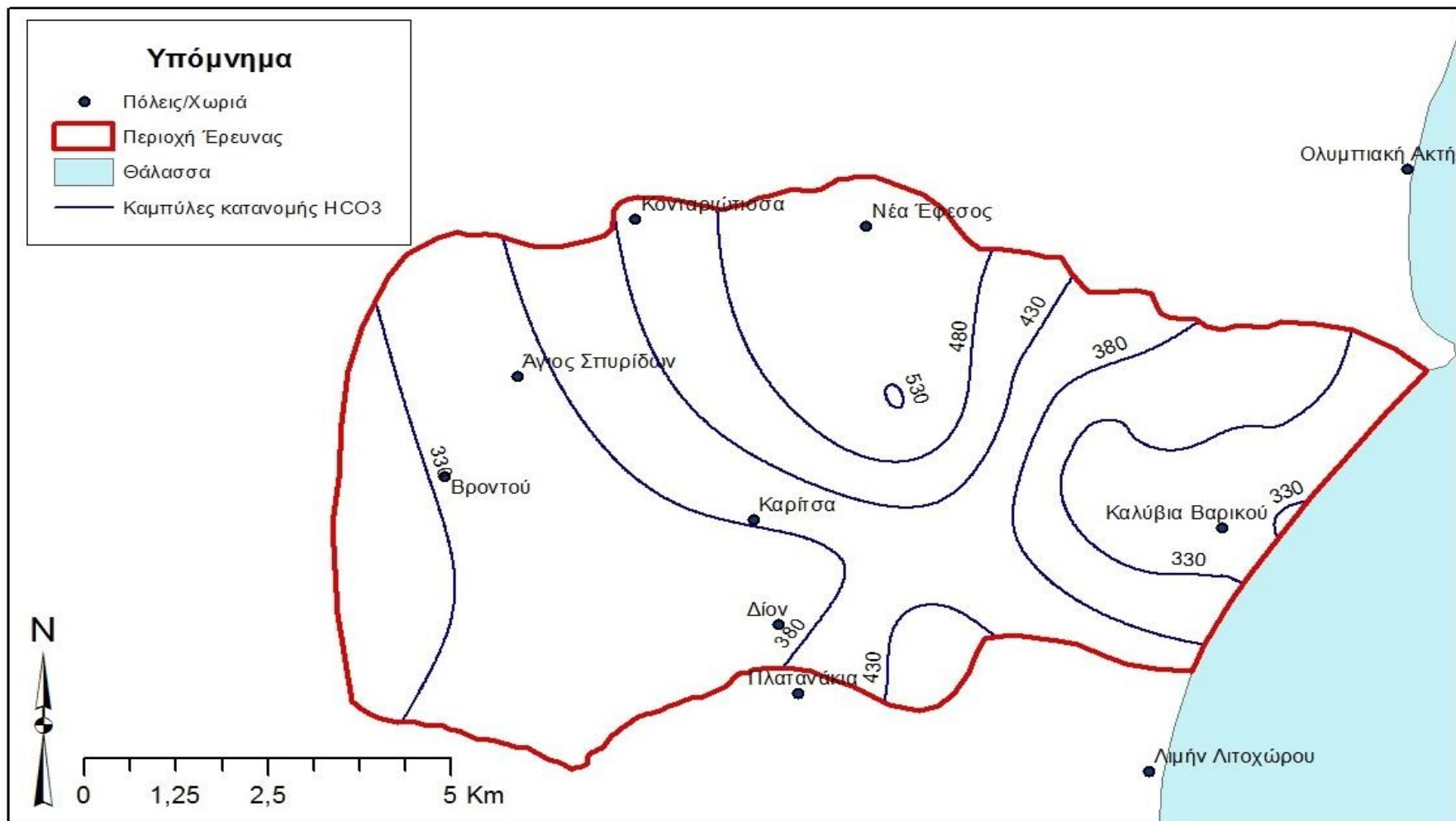


Η περιεκτικότητα σε HCO<sub>3</sub> συνήθως είναι μικρότερη των 500 mg/l (Καλλέργης 2000). Στα οξυανθρακικά νερά μπορεί να ξεπεράσει τα 1000 mg/l. Είναι σημαντικό ιόν για την υγεία, γιατί ρυθμίζει το pH του οργανισμού σε κατάλληλες τιμές.

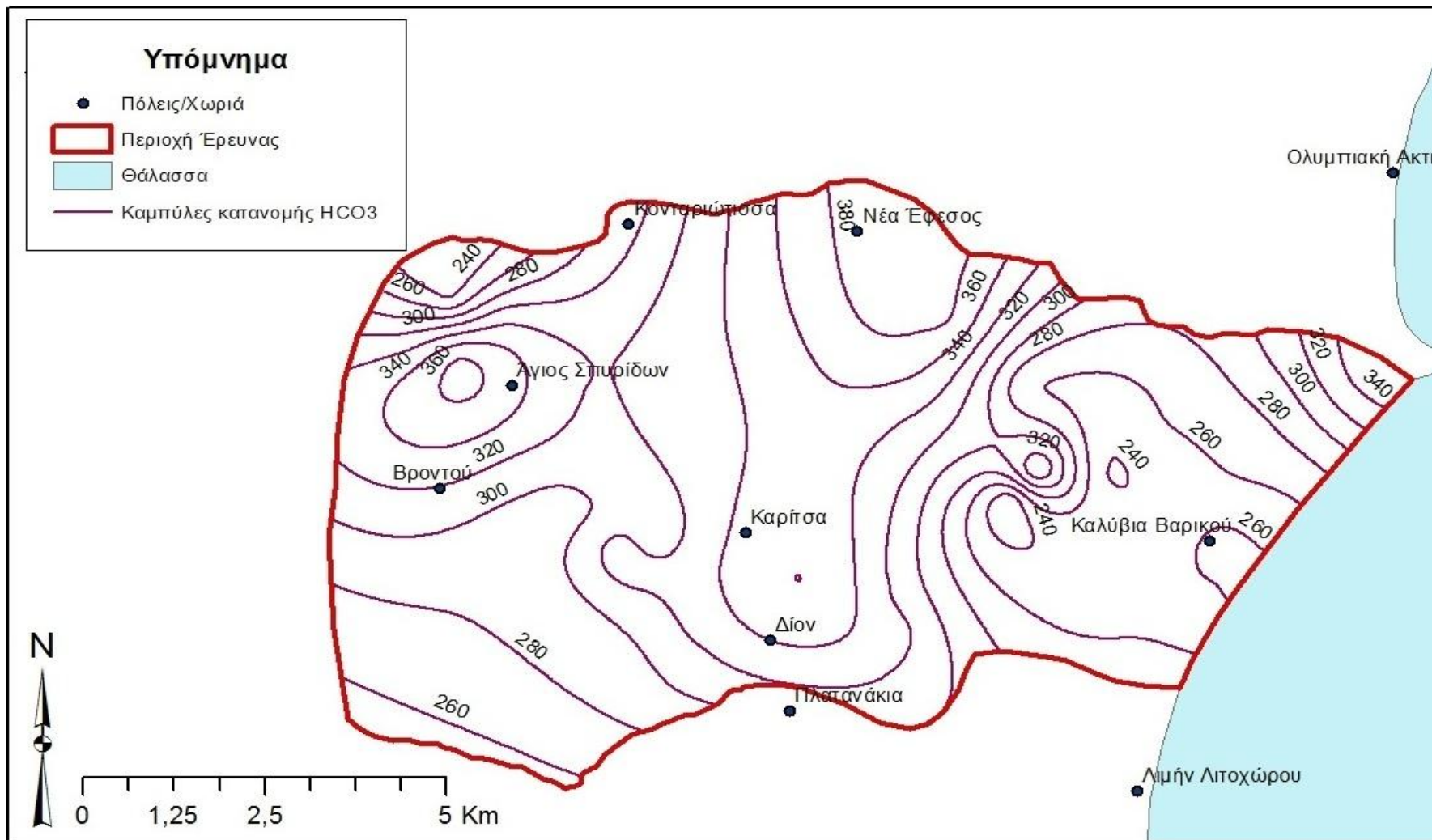
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7.34, όπου παρουσιάζεται η διακύμανση των HCO<sub>3</sub> ανιόντων οι τιμές στην περιοχή έρευνας κυμαίνονται από 283 mg/l μέχρι 527 mg/l με μέση τιμή 367 mg/l για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014, ενώ από 226 mg/l μέχρι 380 mg/l, με μέση τιμή 298 mg/l. Οι τιμές παρουσιάζουν μια μικρή πτώση την υγρή περίοδο, ωστόσο διατηρούνται στα φυσιολογικά όρια και στις δύο περιόδους. Στο Σχήμα 7.35 και 7.36 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των ιόντων HCO<sub>3</sub> για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.



Σχήμα 7.34 Η διακύμανση των οξυανθρακικών των δύο περιόδων δειγματοληψίας



Σχήμα 7.35 Χωρική κατανομή του  $\text{HCO}_3^-$  (mg/l) για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014



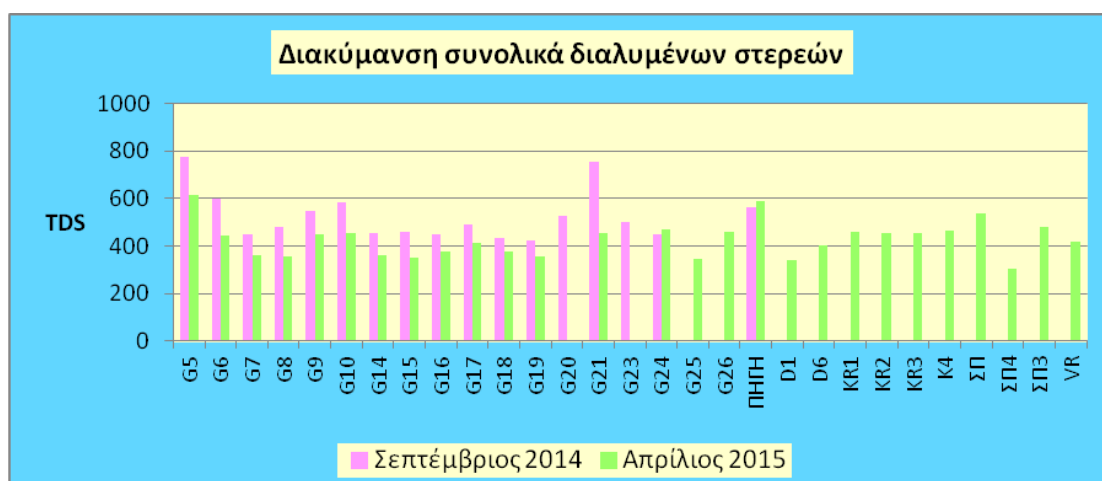
Σχήμα 7.36 Χωρική κατανομή του  $\text{HCO}_3^-$  (mg/l) την περίοδο του Απριλίου 2015

#### 7.4.12 Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Το TDS εκφράζει τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια. Η παρουσία αλάτων στο υπόγειο νερό σχετίζεται με το είδος των πετρωμάτων στο οποία κινείται, τον χρόνο παραμονής και την ταχύτητα ροής του. Δηλαδή το TDS αποτελεί ένα δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας) και συνδέεται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) με τη σχέση  $TDS = k \times EC$ , όπου k συντελεστής διόρθωσης που παίρνει τιμές από 0,55 έως 0,76 με συνήθη τιμή  $k = 0,65$  (Καλλέργης 2000, Βουδούρης 2009).

Σύμφωνα με τους Devis - De Wiest (1966) το νερό χαρακτηρίζεται ως γλυκό για  $TDS < 1.000 \text{ mg/l}$ , υφάλμυρο για  $TDS = 1.000 - 10.000 \text{ mg/l}$ , αλμυρό όταν  $TDS = 10.000 - 100.000 \text{ mg/l}$  και υπεράλμυρο για νερό  $TDS > 100.000 \text{ mg/l}$ . Το T.D.S. μπορεί να επηρεασθεί από τη διείσδυση της θάλασσας, την εξάτμιση του νερού και τη διάλυση ορυκτής ύλης. Το πλεόνασμα του αρδευτικού νερού που διηθείται στον υδροφόρο αυξάνει το T.D.S. Τα υπόγεια νερά έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων από τα επιφανειακά, λόγω φόρτισης με άλατα από τη διάλυση των πετρωμάτων. Η αλατότητα είναι μεγαλύτερη σε περιοχές, όπου η κίνηση του νερού είναι μικρότερη και σε ξηρές περιοχές με ασήμαντη έπλυση από τη βροχή. Γενικά, η αλατότητα αυξάνει με το βάθος (Βουδούρης Κ., 2006).

Στην περιοχή έρευνας το T.D.S. είναι  $< 1000 \text{ mg/l}$  όπως παρατηρείται στο σχήμα 7.37. Πρόκειται για γλυκό νερό, με σημαντική ανανέωση η οποία δεν επιτρέπει την αύξηση της αλατότητάς του.



**Σχήμα 7.37** Η διακύμανση των συνολικά διαλυμένων στερεών των δύο περιόδων δειγματοληψίας

## 7.5 Ιοντικοί λόγοι

Οι ιοντικοί λόγοι αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την προέλευση των υπόγειων υδάτων. Ο λόγος της περιεκτικότητας των ιόντων στο νερό μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με το χημισμό των υπόγειων νερών και τη λιθολογική σύσταση των πετρωμάτων μέσα στο οποίο κινήθηκαν, τις συνθήκες τροφοδοσίας, το βαθμό ανανέωσής τους και την ανάμειξή τους με το θαλασσίνο νερό (Σούλιος 2006). Οι ιοντικού λόγοι, που προσδιορίστηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την προέλευση και ταξινόμηση των νερών είναι οι Mg/Ca, (Ca+Mg)/(Na+K), Na/K, Na/Cl, Cl/SO<sub>4</sub>. Στη συνέχεια ακολουθούν οι Πίνακες 7.3 και 7.4 όπου έχουν υπολογιστεί οι τιμές των ιοντικών λόγων για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.

**Πίνακας 7.3** Οι τιμές των ιοντικών λόγων στην περιοχή έρευνας την περίοδο Σεπτέμβριος 2014

|                 | Mg/Ca<br>(meq/l) | Na/Cl<br>(meq/l) | Cl/SO <sub>4</sub><br>(meq/l) | Na/K<br>(meq/l) | (Ca+Mg)/(Na+K)<br>(meq/l) |
|-----------------|------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------|
| G5              | 0,32             | 2,17             | 0,42                          | 12,41           | 11,14                     |
| G6              | 0,33             | 1,73             | 0,29                          | 8,02            | 13,53                     |
| G7              | 0,28             | 1,46             | 1,61                          | 10,94           | 11,69                     |
| G8              | 0,49             | 3,08             | 2,62                          | 12,33           | 9,38                      |
| G9              | 0,46             | 0,77             | 4,34                          | 3,89            | 37,12                     |
| G10             | 0,53             | 1,77             | 4,61                          | 4,42            | 33,82                     |
| G14             | 0,39             | 3,94             | 2,85                          | 16,11           | 6,93                      |
| G15             | 0,16             | 3,24             | 2,17                          | 11,45           | 10,04                     |
| G16             | 0,22             | 3,59             | 1,41                          | 12,87           | 9,69                      |
| G17             | 0,56             | 3,11             | 2,44                          | 13,7            | 8,83                      |
| G18             | 0,37             | 3,31             | 3,43                          | 16,31           | 6,8                       |
| G19             | 0,44             | 1,64             | 1,02                          | 8,51            | 14,08                     |
| G20             | 0,38             | 0,94             | 0,33                          | 7,21            | 17,87                     |
| G21             | 0,5              | 7,87             | 0,14                          | 25,18           | 13,14                     |
| G23             | 0,36             | 3,66             | 2,17                          | 9,95            | 11,92                     |
| G24             | 0,5              | 3,04             | 3,52                          | 14,55           | 8,26                      |
| Πηγή Δίων       | 0,79             | 0,99             | 1,05                          | 4,25            | 16,23                     |
| μέγιστη         | 0,79             | 7,87             | 4,61                          | 25,18           | 37,12                     |
| ελάχιστη        | 0,16             | 0,77             | 0,14                          | 3,89            | 6,8                       |
| μέση τιμή       | 0,42             | 2,73             | 2,02                          | 11,3            | 14,15                     |
| τυπική απόκλιση | 0,15             | 1,69             | 1,41                          | 5,31            | 8,6                       |



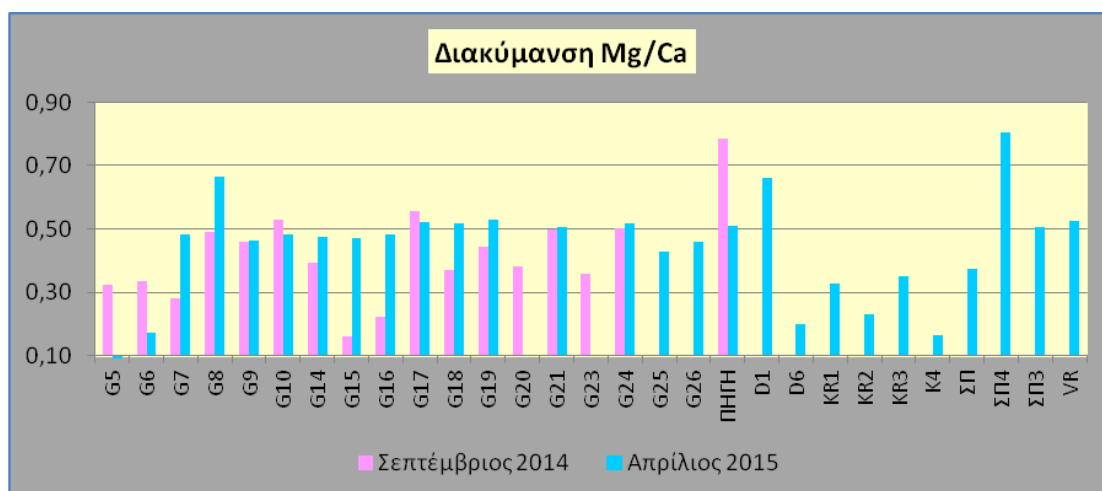
**Πίνακας 7.4** Τιμές των ιοντικών λόγων στην περιοχή έρευνας την περίοδο Απριλίου 2015

|                            | <b>Mg/Ca<br/>(meq/l)</b> | <b>Na/Cl<br/>(meq/l)</b> | <b>Cl/SO4<br/>(meq/l)</b> | <b>Na/K<br/>(meq/l)</b> | <b>(Ca+Mg)/(Na+K)<br/>(meq/l)</b> |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>G5</b>                  | 0,06                     | 3,96                     | 0,21                      | 22,3                    | 6,3                               |
| <b>G6</b>                  | 0,17                     | 0,89                     | 0,54                      | 12,76                   | 10,31                             |
| <b>G7</b>                  | 0,48                     | 1,22                     | 2,08                      | 15                      | 9,95                              |
| <b>G8</b>                  | 0,66                     | 3,38                     | 0                         | 12,12                   | 8,86                              |
| <b>G9</b>                  | 0,46                     | 2,14                     | 5,28                      | 11,48                   | 22,7                              |
| <b>G10</b>                 | 0,48                     | 2,18                     | 0                         | 10,96                   | 21,41                             |
| <b>G14</b>                 | 0,48                     | 4,36                     | 0                         | 19,63                   | 6,24                              |
| <b>G15</b>                 | 0,47                     | 4,04                     | 0                         | 15,59                   | 8,6                               |
| <b>G16</b>                 | 0,48                     | 3,68                     | 0                         | 15,68                   | 7,83                              |
| <b>G17</b>                 | 0,52                     | 3,66                     | 7,99                      | 17,01                   | 8,06                              |
| <b>G18</b>                 | 0,52                     | 3,23                     | 9,76                      | 18,35                   | 6,17                              |
| <b>G19</b>                 | 0,53                     | 2,69                     | 0,69                      | 12,62                   | 11,62                             |
| <b>G21</b>                 | 0,51                     | 2,15                     | 4,47                      | 9,78                    | 27                                |
| <b>G24</b>                 | 0,52                     | 3,59                     | 0                         | 16,1                    | 8,23                              |
| <b>G25</b>                 | 0,43                     | 1,48                     | 0,61                      | 9,78                    | 13,11                             |
| <b>G26</b>                 | 0,46                     | 2,35                     | 0                         | 12,1                    | 18,5                              |
| <b>Πηγή Δίων</b>           | 0,51                     | 2,13                     | 0,23                      | 4,27                    | 13,75                             |
| <b>D1</b>                  | 0,66                     | 1,47                     | 0                         | 6,8                     | 41,26                             |
| <b>D6</b>                  | 0,2                      | 1,33                     | 0                         | 6,99                    | 20,97                             |
| <b>KR1</b>                 | 0,33                     | 1,86                     | 0,26                      | 4,91                    | 19,68                             |
| <b>KR2</b>                 | 0,23                     | 2,79                     | 0                         | 9,87                    | 19,71                             |
| <b>KR3</b>                 | 0,35                     | 2,43                     | 0                         | 9,83                    | 22,94                             |
| <b>K4</b>                  | 0,16                     | 2,94                     | 0,33                      | 11,53                   | 19,34                             |
| <b>ΣΠ</b>                  | 0,37                     | 1,82                     | 0,59                      | 13,61                   | 18,78                             |
| <b>ΣΠ4</b>                 | 0,8                      | 1,03                     | 0                         | 5,67                    | 68,35                             |
| <b>ΣΠ3</b>                 | 0,51                     | 1,63                     | 0,3                       | 10,21                   | 22,86                             |
| <b>VR</b>                  | 0,53                     | 2,52                     | 2,57                      | 11,72                   | 18,64                             |
| <b>μέγιστη</b>             | <b>0,8</b>               | <b>4,36</b>              | <b>9,76</b>               | <b>22,3</b>             | <b>68,35</b>                      |
| <b>ελάχιστη</b>            | <b>0,06</b>              | <b>0,89</b>              | <b>0</b>                  | <b>4,27</b>             | <b>6,17</b>                       |
| <b>μέση τιμή</b>           | <b>0,44</b>              | <b>2,48</b>              | <b>1,33</b>               | <b>12,1</b>             | <b>17,82</b>                      |
| <b>τυπική<br/>απόκλιση</b> | <b>0,17</b>              | <b>0,99</b>              | <b>2,57</b>               | <b>4,43</b>             | <b>12,93</b>                      |

### 7.5.1 Ιοντικός λόγος Mg/Ca

Ο λόγος αυτός δείχνει την προέλευση των υπόγειων νερών, εάν δηλαδή τα νερά έχουν κινηθεί σε ανθρακικά πετρώματα και ειδικότερα εάν έχουν κινηθεί σε ασβεστολιθικά ή δολομιτικά πετρώματα. Έτσι εάν η τιμή του λόγου είναι μεταξύ 0,5 - 0,7 πρόκειται για νερά που έχουν κινηθεί σε υδροφορείς ασβεστολιθικών πετρωμάτων, για τιμές που κυμαίνονται από 0,7 – 0,9 έχουν κινηθεί σε δολομιτικά πετρώματα, ενώ για τιμές > 0,9 σε υδροφορείς οφιολιθικών και πυριτικών πετρωμάτων πλούσια σε Mg (Σούλιος 2006). Οι συγκεντρώσεις των ιόντων μαγνησίου, στα υπόγεια νερά, είναι συνήθως μικρότερες από αυτές του ασβεστίου ενώ το αντίθετο συμβαίνει στο θαλασσινό νερό όπου τα ιόντα μαγνησίου μπορεί να είναι και τριπλάσια των ιόντων ασβεστίου (Goldberg et al, 1971). Για το λόγο αυτό ο υπολογισμός της σχέσης Mg/Ca αποτελεί ένα καλό τρόπο ανίχνευσης της θαλάσσιας διείσδυσης στον παράκτιο υδροφορέα.

Στην περιοχή έρευνας η μέση τιμή του λόγου το Σεπτέμβριο του 2014 είναι 0,42 ενώ για την περίοδο του Απριλίου του 2015 είναι ελάχιστα υψηλότερη (0,44). Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 7.38, στο οποίο παρουσιάζεται η διακύμανση του ιοντικού λόγου Mg/Ca, η πλειοψηφία των τιμών είναι μικρότερες του 0,7, με εξαίρεση την Πηγή Δίων - Καρίτσα για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και το δείγμα ΣΠ4 για την περίοδο Απριλίου 2015. Επομένως, πρόκειται για νερά που διαπερνούν ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Σε όλα τα δείγματα η συγκέντρωση του Ca είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση του Mg, που σημαίνει ότι πρόκειται για νερά που ανανεώνονται γρήγορα.

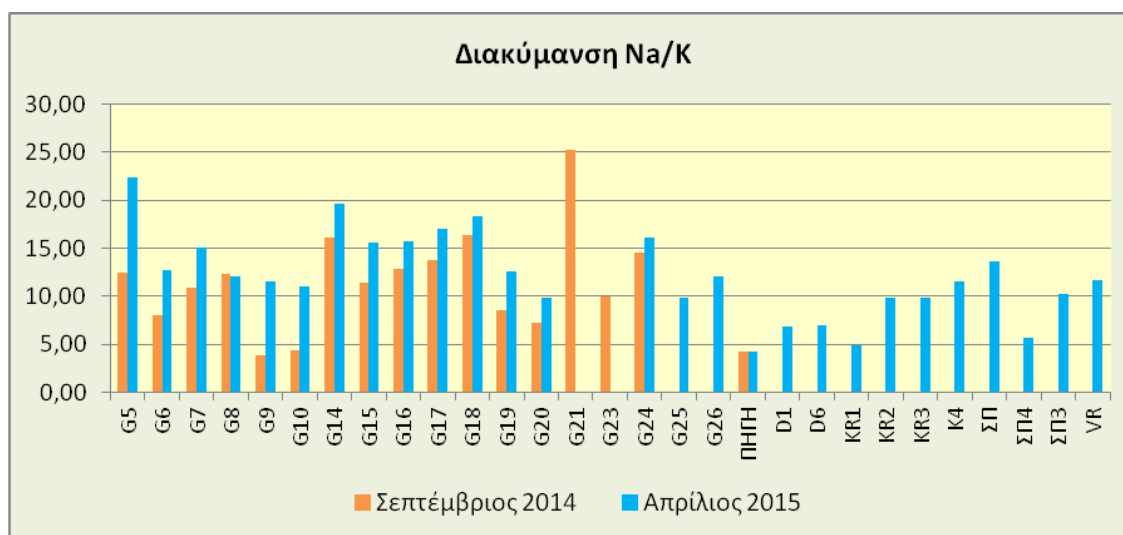


Σχήμα 7.38 Η διακύμανση του ιοντικού λόγου Mg/Ca των δύο περιόδων δειγματοληψίας

### 7.5.2 Ιοντικός λόγος $\text{Na}^+ / \text{K}^+$

Ο ιοντικός λόγος  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  σχετίζεται με το αν το νερό είναι θαλασσινό ή βρόχινο ή αν υπάρχει περιοχή εμπλουτισμού των υδροφορέων. Αν πρόκειται για θαλασσινό νερό τότε ο λόγος  $\text{Na} / \text{K}$  παίρνει τιμή περίπου 47, ενώ εάν πρόκειται για φυσικό υπόγειο νερό παίρνει τιμές μικρότερες του 10. Αν ισούται με 10 δείχνει βρόχινο, αν κυμαίνεται από 15-25 πρόκειται για υδροφόρο με συνεχή τροφοδοσία και αν ο λόγος κυμαίνεται από 50-70, πρόκειται για το κατάντη τμήμα εμπλουτισμού.

Οι τιμές του ιοντικού λόγου  $\text{Na}/\text{K}$  για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015, όπως παρουσιάζονται και στο Σχήμα 7.39, έχουν εύρος που κυμαίνεται από 3,9 έως 25,2. Επομένως πρόκειται για φυσικό υπόγειο νερό, αλλά και δείγματα νερού, τα οποία βρίσκονται σε υδροφόρο με συνεχή τροφοδοσία.

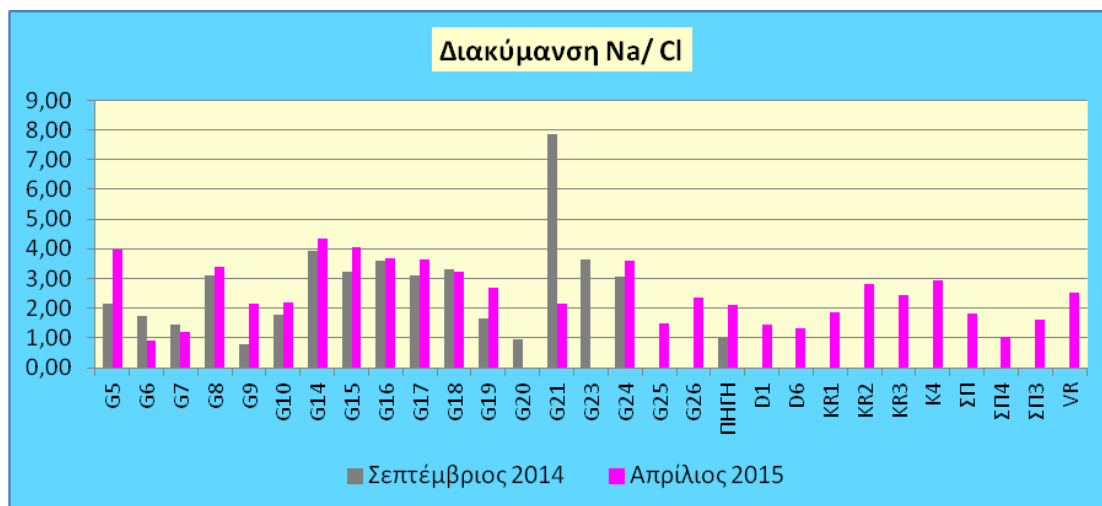


Σχήμα 7.39 Η διακύμανση του ιοντικού λόγου  $\text{Na}/\text{K}$  των δύο περιόδων δειγματοληψίας

### 7.5.3 Ιοντικός λόγος Na/Cl

Ο ιοντικός λόγος Na/Cl, ανάλογα με τις τιμές που παίρνει, σχετίζεται με την διείδυση του θαλασσινού νερού και την υφαλμύρωση των υδροφορέων. Ο λόγος δίνει τιμές μεγαλύτερες του 1 σε περιπτώσεις όπου το νερό διαπερνά αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα, τιμές κοντά στο 0,876 όταν πρόκειται για κανονικό υπόγειο νερό και τιμές αισθητά μικρότερες του 0,876 σε περίπτωση υφαλμύρωσης του υδροφορέα από θαλάσσια διείδυση ή από υπολείμματα αλμυρών νερών (Σούλιος 2006).

Στην περιοχή έρευνας η μέση τιμή του ιοντικού λόγου Na/ Cl για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 είναι 2,73 και για την περίοδο Απριλίου 2015 είναι 2,48. Για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014, όλα τα δείγματα έχουν τιμές μεγαλύτερες ή περίπου ίσες με το 1. Με μόνη εξαίρεση το δείγμα G9 (0,77) στην περιοχή Δίον, όπου δεν είναι πιθανό η τιμή του να οφείλεται σε θαλάσσια διείδυση, καθώς η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι αρκετά χαμηλή (653 mg/l) και είναι αρκετά απομακρυσμένο από το παράκτιο τμήμα (πιθανόν εγκλωβισμένα στάσιμα νερά). Για την περίοδο Απριλίου 2015 όλα τα δείγματα έχουν τιμές μεγαλύτερες του 1 με εξαίρεση το δείγμα G6 το οποίο εμφανίζει τιμή 0,89 και πρόκειται για κανονικό υπόγειο νερό. Επομένως σύμφωνα με τον ιοντικό λόγο Na/Cl στην περιοχή έρευνας δεν υπάρχει πιθανότητα ρυπασμένου νερού από θαλάσσια διείδυση. Στο σχήμα 7.40 παρουσιάζεται η διακύμανση του λόγου Na/ Cl για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα.

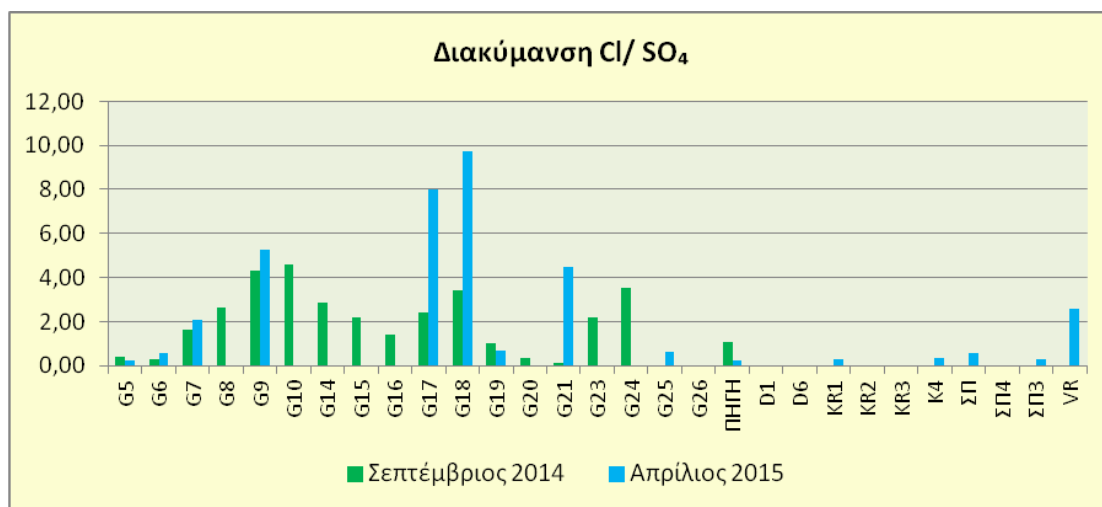


Σχήμα 7.40 Η διακύμανση του ιοντικού λόγου Na/ Cl των δύο περιόδων δειγματοληψίας

#### 7.5.4 Ιοντικός λόγος Cl/SO<sub>4</sub>

Η σχέση Cl/SO<sub>4</sub> σχετίζεται με την υφαλμύριση και την ύπαρξη υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς, καθώς δίνει πληροφορίες για την εξέλιξη της αλατότητας του εδάφους, διότι η τιμή της αυξάνεται κατά την διεύθυνση μεταφοράς των αλάτων και κατά τη διεύθυνση ροής των υπόγειων νερών. Ο λόγος Cl/SO<sub>4</sub> αν ισούται με 10 το νερό είναι θαλασσινό, αν είναι μικρότερος από 5 το νερό είναι χλωριούχο, αν κυμαίνεται από 1 -5 το νερό είναι χλωροθειούχο, αν ισούται από 0,2-1 το νερό είναι θειούχο - χλωριούχο και αν είναι μικρότερος του 0,2 το νερό είναι θειούχο (Σούλιος, 2006).

Οι τιμές στην περιοχή έρευνας έχουν μέση τιμή 2,02 και 1,33 για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 αντίστοιχα. Οι μηδενικές τιμές που εμφανίζονται είναι εξαιτίας των μηδενικών τιμών των θεικών ιόντων, που συναντούνται στα συγκεκριμένα δείγματα και στα οποία δεν μπορεί να υπολογιστεί ο ιοντικός λόγος Cl/ SO<sub>4</sub> . Το νερό κυμαίνεται από θεικοχλωριούχο έως χλωριούχο. Στο Σχήμα 7.41 παρουσιάζεται η διακύμανση του ιοντικού λόγου Cl/ SO<sub>4</sub>.

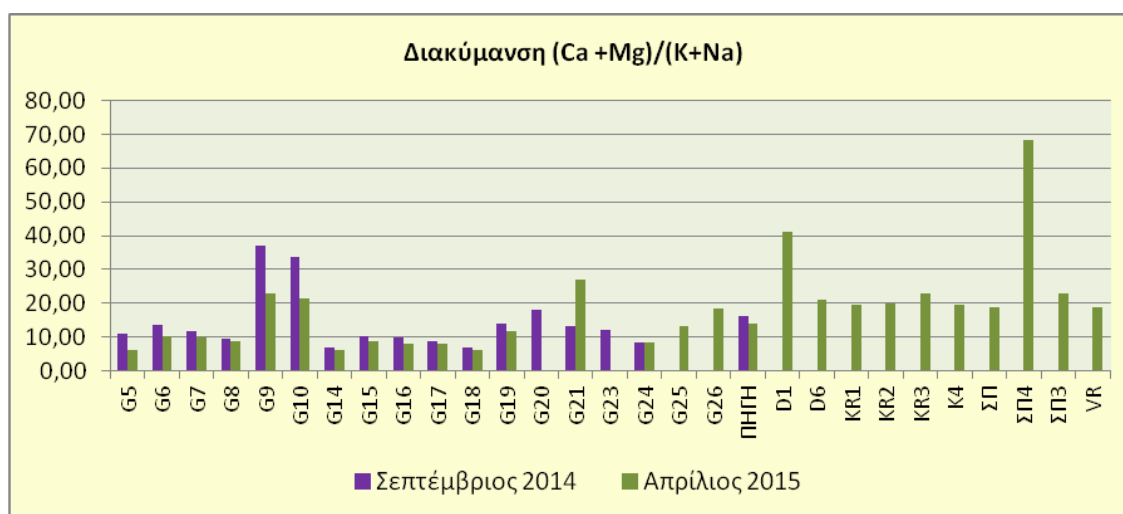


Σχήμα 7.41 Η διακύμανση του ιοντικού λόγου Cl/ SO<sub>4</sub> των δύο περιόδων δειγματοληψίας

### 7.5.5 Ιοντικός λόγος ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) / ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ )

Ο ιοντικός αυτός λόγος προσδιορίζει την τροφοδοσία ή όχι του υδροφορέα, δηλαδή δίνει πληροφορίες για την ηλικία του νερού, αν αυτό είναι νέο ή παλιό. Η σχέση αυτή επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες και δευτερογενή ρύπανση. Για τιμές του λόγου μεγαλύτερες του 1, δείχνει υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία αν όμως αυτές είναι μικρότερες του 1 σχετίζονται με παλιό νερό, το οποίο έχει μείνει για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, χωρίς να ανανεωθεί στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα ( Σούλιος 2006).

Οι τιμές του ιοντικού λόγου για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 7.42, κυμαίνονται από 6,8 mg/l μέχρι 37,1 mg/l και από 6,2 mg/l μέχρι 68,3 mg/l για τις δύο περιόδους αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι οι τιμές είναι αρκετά μεγαλύτερες του 1, δηλαδή πρόκειται για υδροφόρο με συνεχή τροφοδοσία. Επομένως στην περιοχή έρευνας δεν εμφανίζεται παλαιό νερό, δηλαδή στάσιμο νερό, που δεν έχει ανανεωθεί για αρκετό διάστημα.



**Σχήμα 7.42** Η διακύμανση του ιοντικού λόγου ( $\text{Ca} + \text{Mg}$ )/( $\text{K} + \text{Na}$ ) των δύο περιόδων δειγματοληψίας

## 7.6 Υδροχημικός τύπος νερού

Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 7.5 ο υδροχημικός τύπος της πλειοψηφίας των δειγμάτων και για τις δύο περιόδους είναι ο ασβεστομαγνησιούχος- οξυανθρακικός.

**Πίνακας 7.5** Υδροχημικός τύπος υπόγειων νερών στην περιοχή μελέτης

| α/α | Δείγματα  | Water type             |                        |
|-----|-----------|------------------------|------------------------|
|     |           | Σεπτέμβριος 2014       | Απρίλιος 2015          |
| 1   | G5        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-HCO <sub>3</sub>    |
| 2   | G6        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-HCO <sub>3</sub>    |
| 3   | G7        | Ca-HCO <sub>3</sub>    | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 4   | G8        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 5   | G9        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 6   | G10       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 7   | G14       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 8   | G15       | Ca-HCO <sub>3</sub>    | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 9   | G16       | Ca-HCO <sub>3</sub>    | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 10  | G17       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 11  | G18       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 12  | G19       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 13  | G20       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 14  | G21       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 15  | G23       | Ca-HCO <sub>3</sub>    | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 16  | G24       | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 17  | G25       |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 18  | G26       |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 19  | ΠΗΓΗ ΔΙΟΝ | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 20  | D1        |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 21  | D6        |                        | Ca-HCO <sub>3</sub>    |
| 22  | KR1       |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 23  | KR2       |                        | Ca-HCO <sub>3</sub>    |
| 24  | KR3       |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 25  | K4        |                        | Ca-HCO <sub>3</sub>    |
| 26  | ΣΠ        |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 27  | ΣΠ4       |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 28  | ΣΠ3       |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |
| 29  | VR        |                        | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |

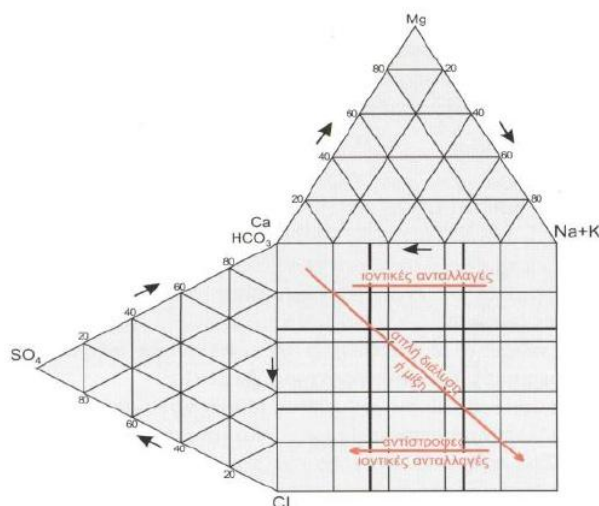
Η έντονη παρουσία του ασβεστίου οφείλεται στην ύπαρξη ανθρακικών πετρωμάτων, είτε από την τροφοδοσία της πεδινής ζώνης από τους ανθρακικούς όγκους, είτε εξαιτίας της κατιοντο-ανταλλαγής. Ο υδροχημικός τύπος Ca-HCO<sub>3</sub>, προέρχεται από ζώνες τροφοδοσίας μετεωρικού νερού, που έρχονται σε επαφή με πετρώματα πλούσια σε Ca.

## 7.7 Υδροχημικά διαγράμματα

Τα υδροχημικά διαγράμματα επιτρέπουν την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων με την στατιστική επεξεργασία των χημικών αναλύσεων. Τα υδροχημικά διαγράμματα μπορεί να είναι ραβδοδιαγράμματα, κυκλικά ιστογράμματα συχνοτήτων, ακτινικά, πολυγωνικά, τριγωνικά PIPER και DUROV, τετραγωνικά (κατά Langelier-Ludwing), ημιλογαριθμικά (κατά Schoeller). Με αυτά γίνεται ο χαρακτηρισμός του υπόγειου νερού, η ταξινόμηση των δειγμάτων και η εύρεση της υδροχημικής τους φάσης. Στα πλαίσια αυτής της παρούσας διατριβής, για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων στην περιοχή μελέτης, έγιναν τα διαγράμματα Durov, Piper, Langelier- Ludwing, Schoeller και Wilcox.

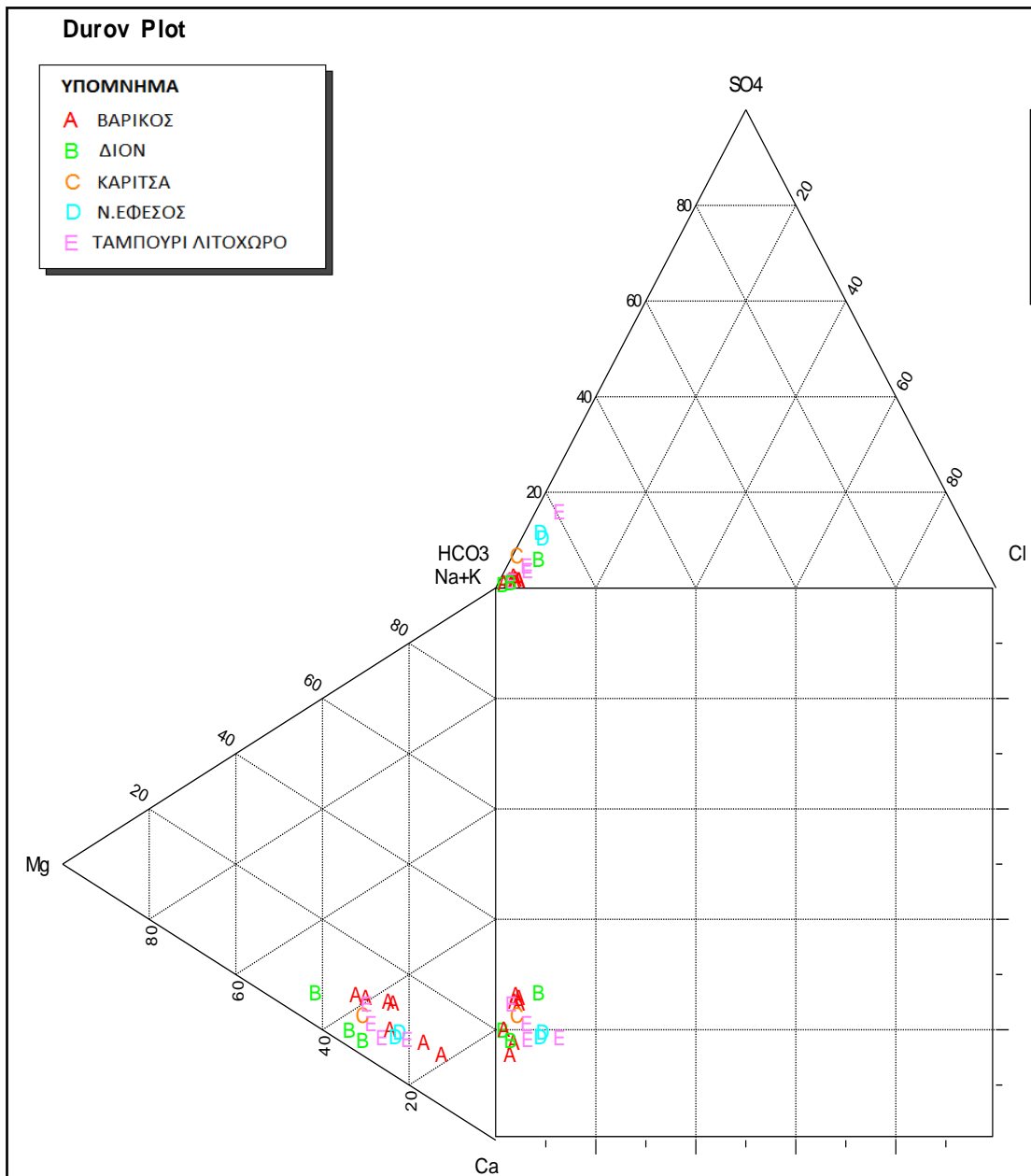
### 7.7.1 Διάγραμμα Durov (1948)

Αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα, που συνδέονται με ένα τετραγωνικό, διαχωριζόμενο σε 9 επιμέρους τετραγωνίδια, τα οποία αντιστοιχούν σε κατηγορίες νερού, αλλά και σε περιοχές στις οποίες συμβαίνουν στο νερό διάφορες υδροχημικές διαδικασίες. Προβάλλονται στα χωριστά τρίγωνα τα ανιόντα και κατιόντα. Στη συνέχεια, η προέκταση των καθέτων στις βάσεις των ισόπλευρων τριγώνων, που ξεκινούν από τα σημεία που παριστάνουν την % περιεκτικότητα του νερού σε ανιόντα και κατιόντα, τέμνονται σε ένα σημείο που παριστάνει την κύρια ιοντική συγκέντρωση % στο νερό.



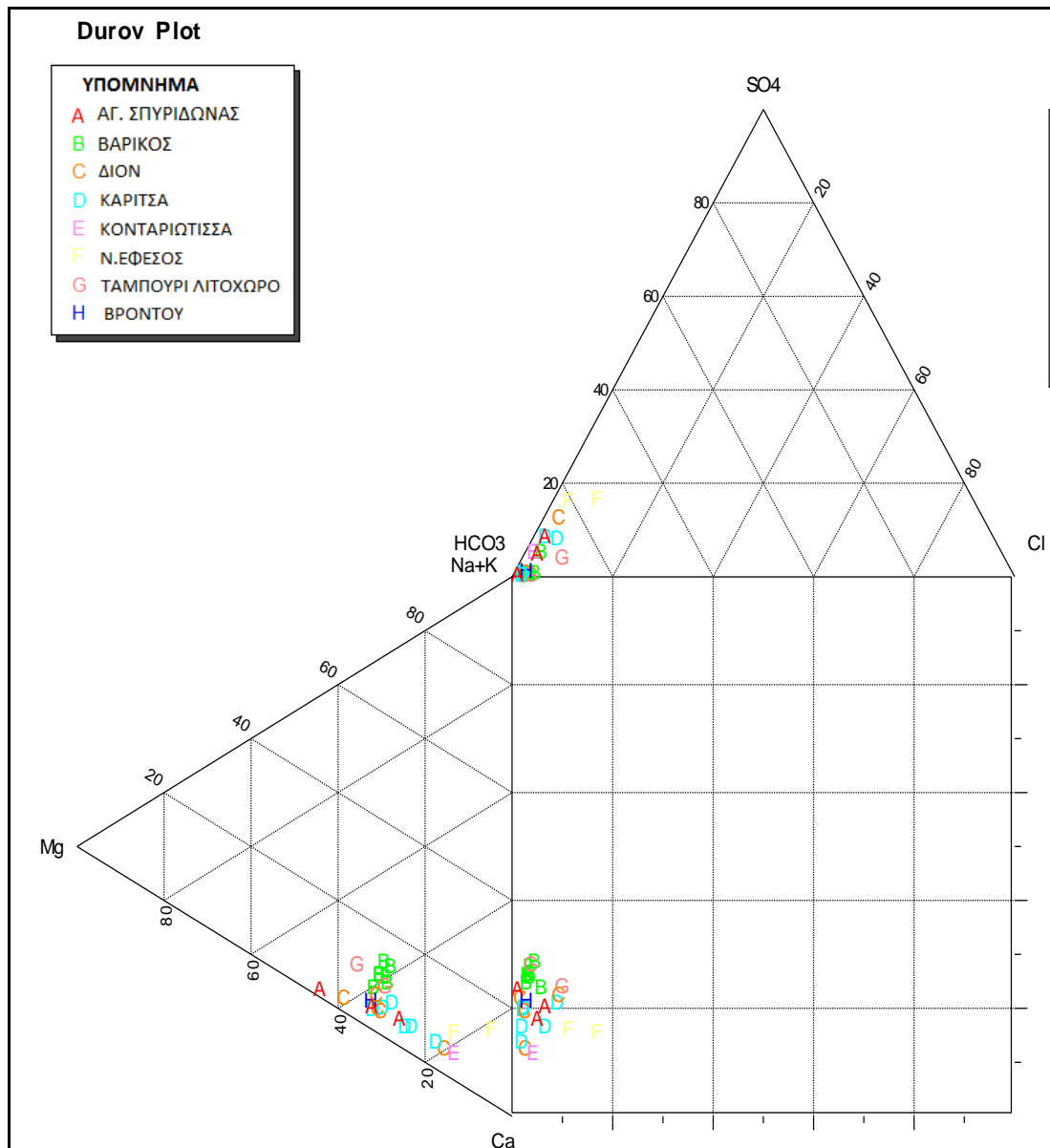
Σχήμα 7.43 Διάγραμμα Durov





**Σχήμα 7.44** Διάγραμμα Durov για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014

Στο Σχήμα 7.44, παρουσιάζεται το διάγραμμα Durov για τα δείγματα που συλλέχθηκαν την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014. Παρατηρείται ότι όλα τα δείγματα νερού που προβάλλονται στο τετράγωνο διάγραμμα δείχνουν νερό που προέρχεται από αντίστροφη ιοντική ανταλλαγή. Και σε αυτήν την περίπτωση φαίνεται ότι επικρατέστερα ανιόντα είναι τα HCO<sub>3</sub> και κατιόντα είναι του Ca.

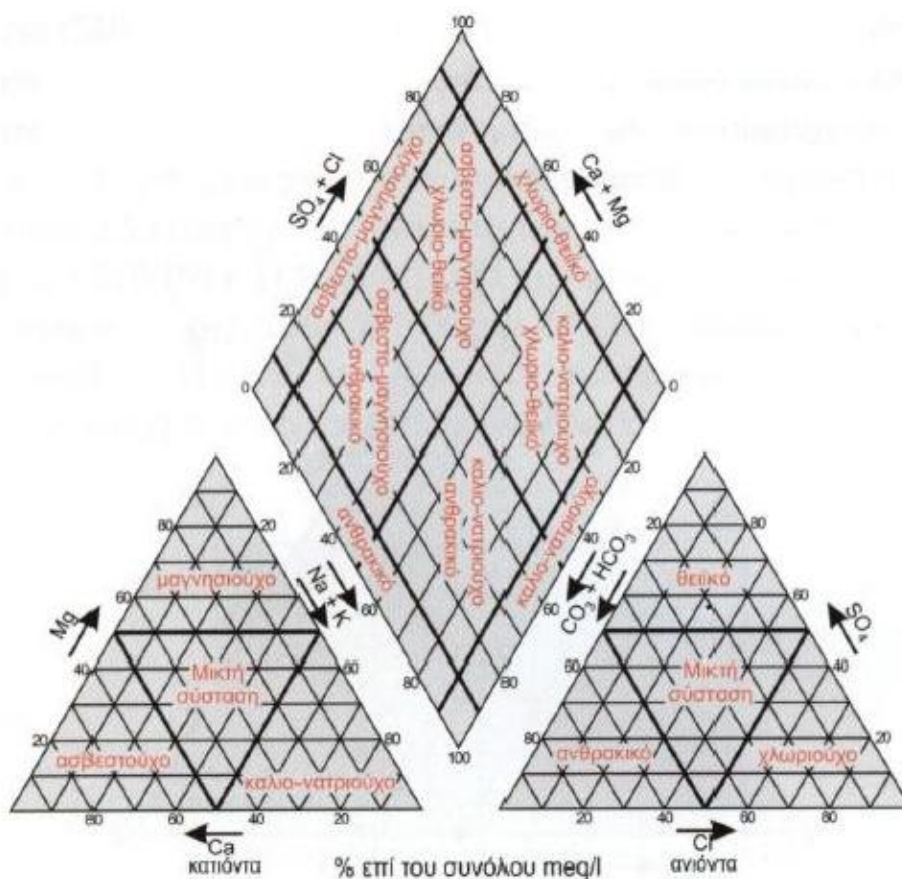


**Σχήμα 7.45** Διάγραμμα Durov για την περίοδο του Απριλίου 2015

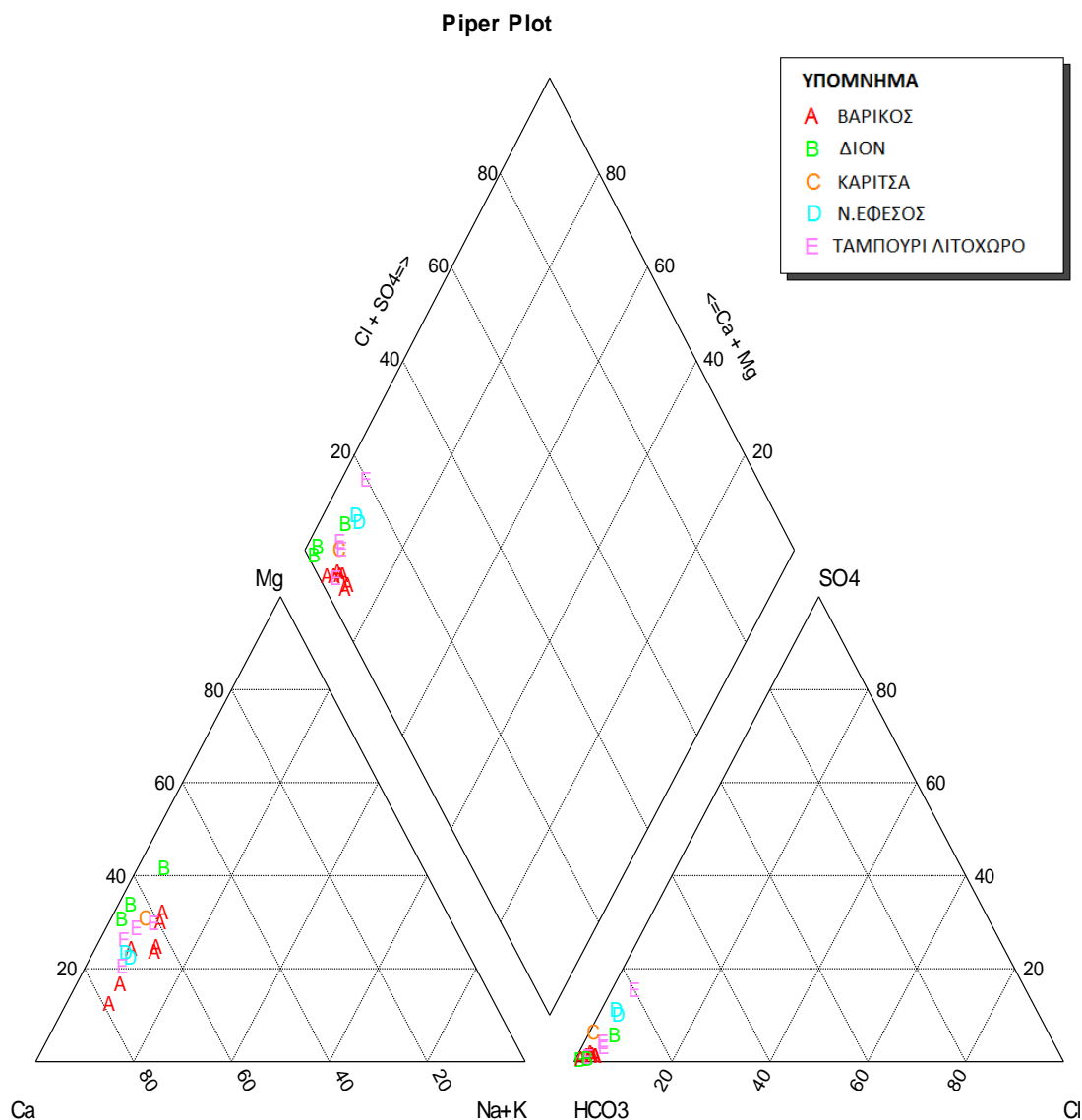
Στο Σχήμα 7.45, παρουσιάζεται το διάγραμμα Durov για τα δείγματα που συλλέχθηκαν την περίοδο του Απριλίου 2015 στην περιοχή μελέτης. Όπως και την περίοδο του Σεπτεμβρίου η προβολή των ανιόντων και κατιόντων του νερού στο τετράγωνο διάγραμμα δείχνει ότι το νερό προέρχεται από αντίστροφη ιοντική ανταλλαγή. Με επικρατέστερα ανιόντα τα όξινα ανθρακικά και κατιόντα του ασβεστίου.

### 7.7.2 Διάγραμμα Piper (1944)

Το διάγραμμα Piper περιλαμβάνει τα κύρια ανιόντα και κατιόντα των υπόγειων υδάτων. Αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα και ένα ενδιάμεσο ρομβικό που στο σύνολο συνιστούν ένα τρίγωνο Σχήμα 7.46. Η θέση του αντίστοιχου δείγματος νερού στο διάγραμμα το κατατάσσει σε μια κατηγορία, τόσο ως προς τα κατιόντα ή ανιόντα όσο ως προς το σύνολο. Δίνει επομένως την υδροχημική φάση του δείγματος. Είναι σαφές ότι το διάγραμμα Piper επιτρέπει τόσο την άμεση, εποπτική σύγκριση διαφόρων δειγμάτων νερού, όσο και την ταξινόμησή του σε κατηγορίες (φάσεις) ακόμα και όταν έχουμε πολλά και διαφορετικά δείγματα νερού. Είναι εφικτό να βρεθεί και η αντίστοιχη υδροχημική φάση.

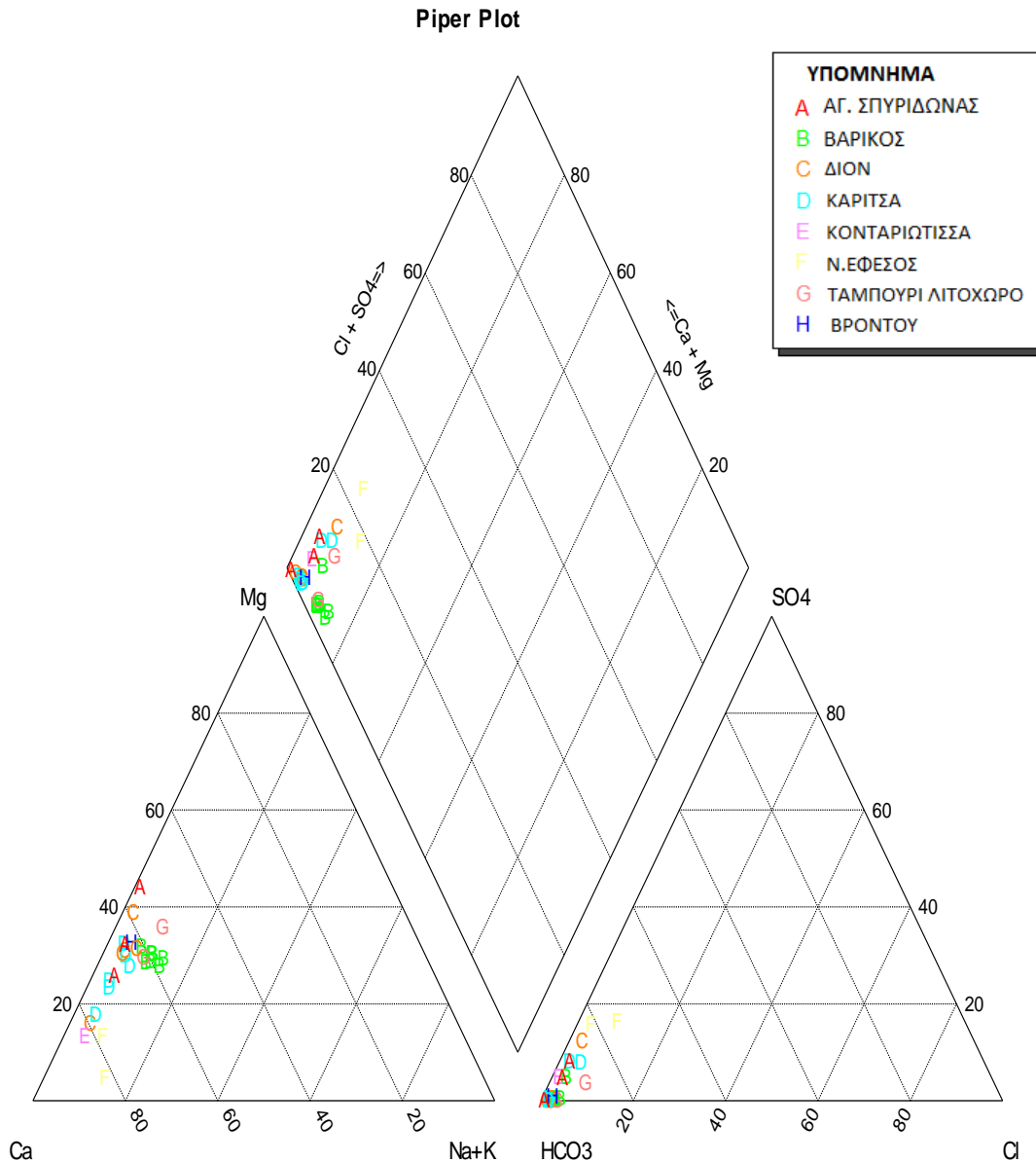


Σχήμα 7.46 Διάγραμμα Piper



**Σχήμα 7.47** Διάγραμμα Piper για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014

Στο Σχήμα 7.47 παρουσιάζεται το διάγραμμα Piper για τα δείγματα του Σεπτεμβρίου. Στα δύο τρίγωνα δεξιά και αριστερά από το ρομβοειδές διάγραμμα προβάλλονται τα ανιόντα και τα κατιόντα των δειγμάτων αντίστοιχα. Στο ρομβοειδές διάγραμμα προβάλλονται τα ανιόντα και κατιόντα από τα τριγωνικά διαγράμματα και στην τομή αυτών τοποθετείται το κάθε δείγμα. Τα δείγματα καταλαμβάνουν το αριστερό τμήμα της περιοχής του ρόμβου και άρα πρόκειται κυρίως για ασβεστο - μαγνησιούχα - ανθρακικά νερά. Στο τρίγωνο των κατιόντων ανήκουν στον ασβεστούχο τύπο νερού, ενώ στο τρίγωνο των ανιόντων ανήκουν στον ανθρακικό τύπο νερού.



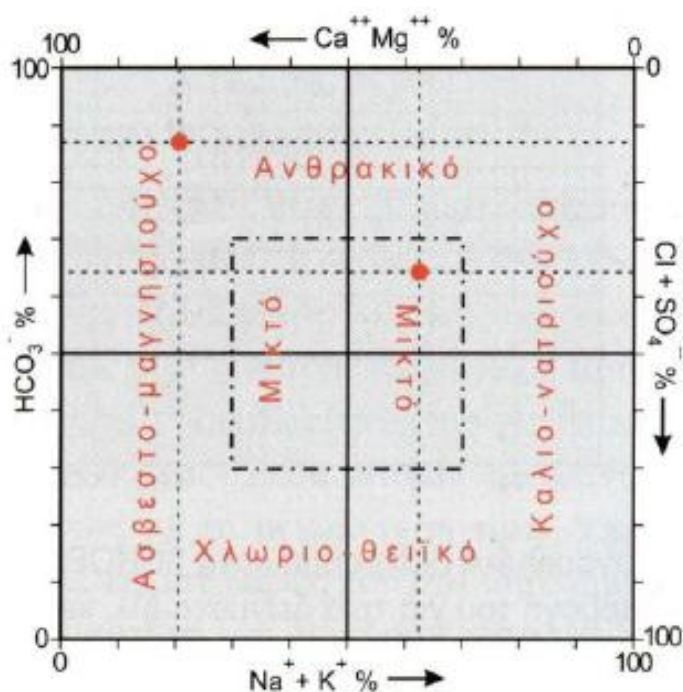
**Σχήμα 7.48** Διάγραμμα Piper για την περίοδο Απρίλιος 2015

Στο σχήμα 7.48 φαίνεται το διάγραμμα Piper για την περίοδο του Απριλίου 2015, όπου όλα τα δείγματα ως προς τα κατιόντα χαρακτηρίζονται ως ασβεστούχα και ως προς τα ανιόντα χαρακτηρίζονται ως ανθρακικά. Έτσι τα νερά των δειγμάτων χαρακτηρίζονται ως ασβεστομαγνησιούχα-ανθρακικά. Τα ανιόντα που κυριαρχούν είναι τα HCO<sub>3</sub>, ενώ από τα κατιόντα είναι το Ca. Αυτό ο τύπος νερού δικαιολογείται αφενός από τη διάλυση των ασβεστολιθικών κροκαλών και αφετέρου μέσω της διαδικασίας διάλυσης των ανθρακικών ορυκτών στην καρστικοποίηση.

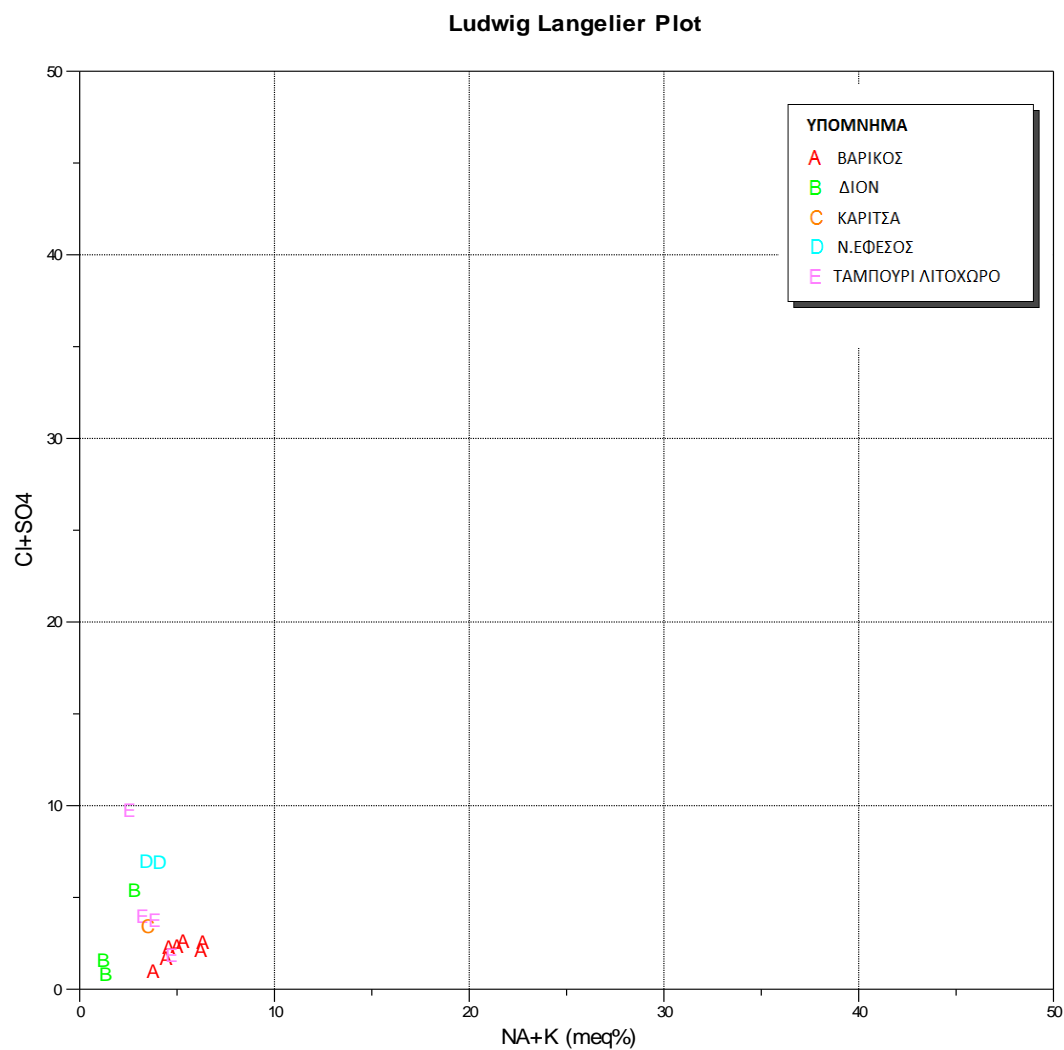
### 7.7.3 Διάγραμμα Ludwing Langelier (1942)

Το διάγραμμα αυτό εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλωριο – θεικό και καλιο-νατριούχο χαρακτήρα τους (Σχήμα 7.49). Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν (σε όσα δείγματα πλησιάζουν τον άξονα των  $Cl + SO_4$  υπερिशύει ο χλωριο – θεικός χαρακτήρας και αντίστοιχα σε όσα πλησιάζουν τον άξονα  $Na - K$  υπερिशύει ο καλιο – νατριούχος, ενώ σε αυτά που σχεδόν ισαπέχουν ο χαρακτήρας είναι ισομερής, δηλαδή χλωριο – θεικός και καλιο- νατριούχος).

Αντικαθιστώντας τους άξονες του διαγράμματος με  $Ca - Mg$  και  $HCO_3$  αντίστοιχα, θα δημιουργούνταν η κατανομή των δειγμάτων με βάση τον ασβεστομαγνησιούχο και ανθρακικό χαρακτήρα τους. Στη μορφή που το διάγραμμα έχει και τους τέσσερις άξονες ( $HCO_3$ ,  $Na - K$ ,  $Ca-Mg$ ,  $Cl- SO_4$ ) εμφανίζεται η κατανομή των δειγμάτων και ως προς τους τέσσερις υδροχημικούς χαρακτήρες. Κάθε τομή των αξόνων σε σχέση με το κέντρο του διαγράμματος ορίζει μια τετραγωνική περιοχή όπου υπερिशύουν κάθε φορά δύο από τους τέσσερις χαρακτήρες. Στο κέντρο του διαγράμματος ορίζεται και μία μικτή περιοχή που όλοι σχεδόν οι χαρακτήρες είναι ισομερείς.



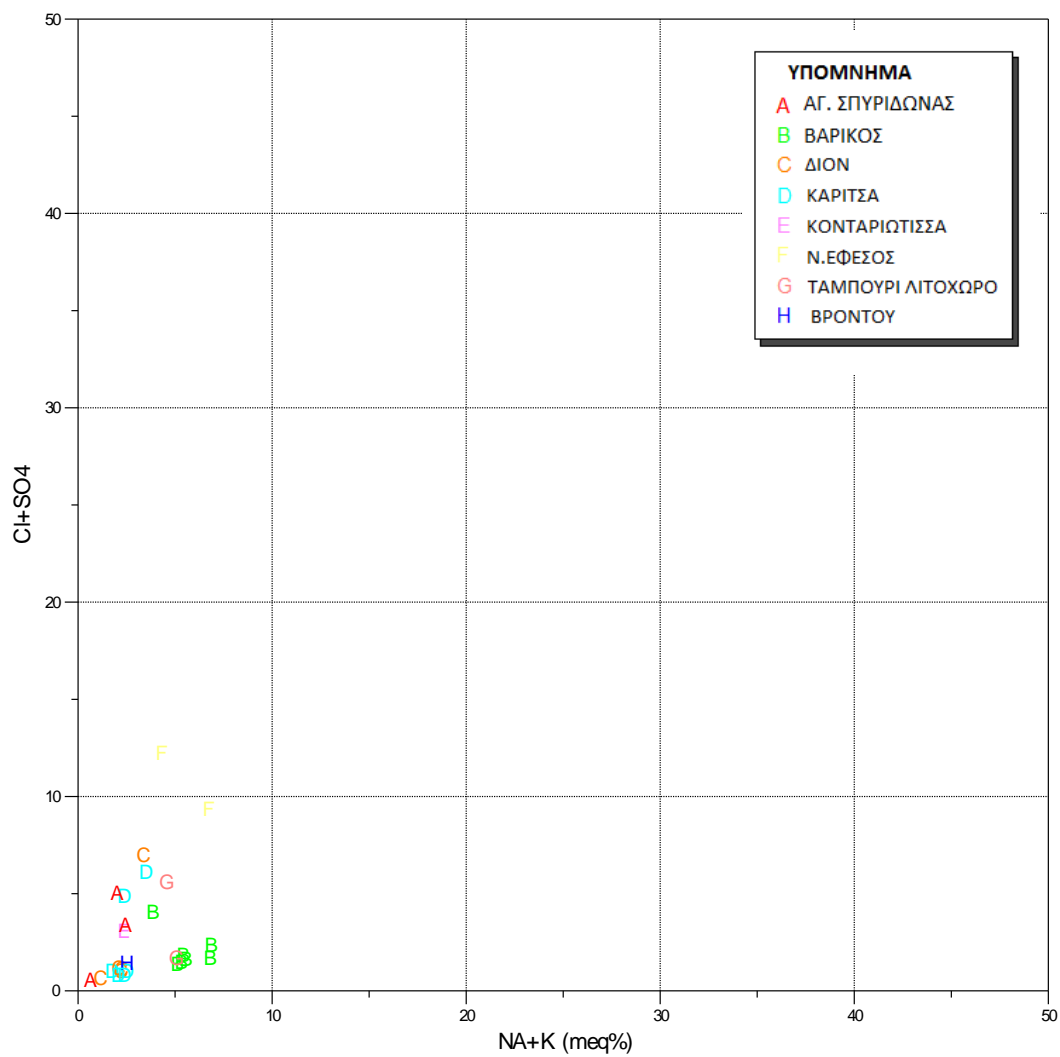
Σχήμα 7.49 Διάγραμμα Ludwing Langelier



**Σχήμα 7.50** Διάγραμμα Ludwig Langelier για την περίοδο Σεπτέμβριος 2014

Στο Σχήμα 7.50 παρουσιάζεται το διάγραμμα Ludwig Langelier για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014. Είναι φανερό ότι όλα τα δείγματα είναι ασβεστο-μαγνησιούχα. Η ίδια εικόνα εμφανίζεται και στην περίοδο του Απριλίου 2015, καθώς και εκεί τα δείγματα σύμφωνα με το διάγραμμα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.51 είναι ασβεστο-μαγνησιούχα.

Ludwig Langelier Plot

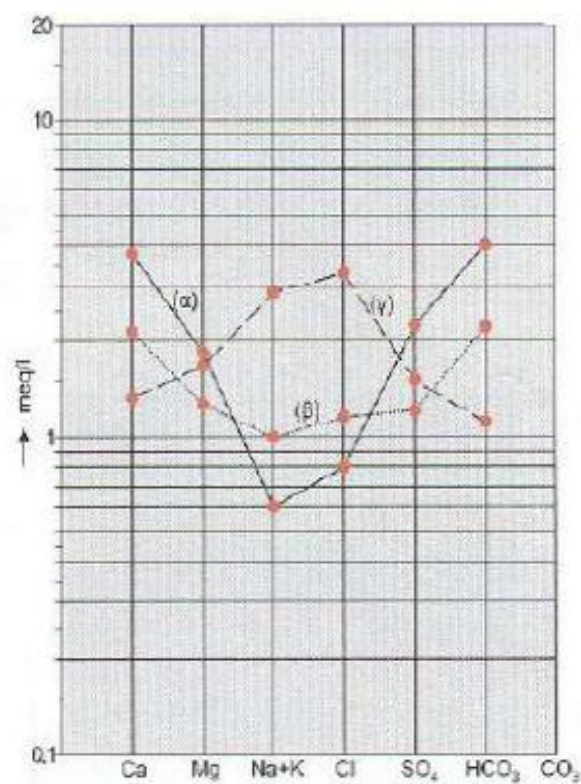


Σχήμα 7.51 Διάγραμμα Ludwig Langelier για την περίοδο Σεπτέμβριος 2014

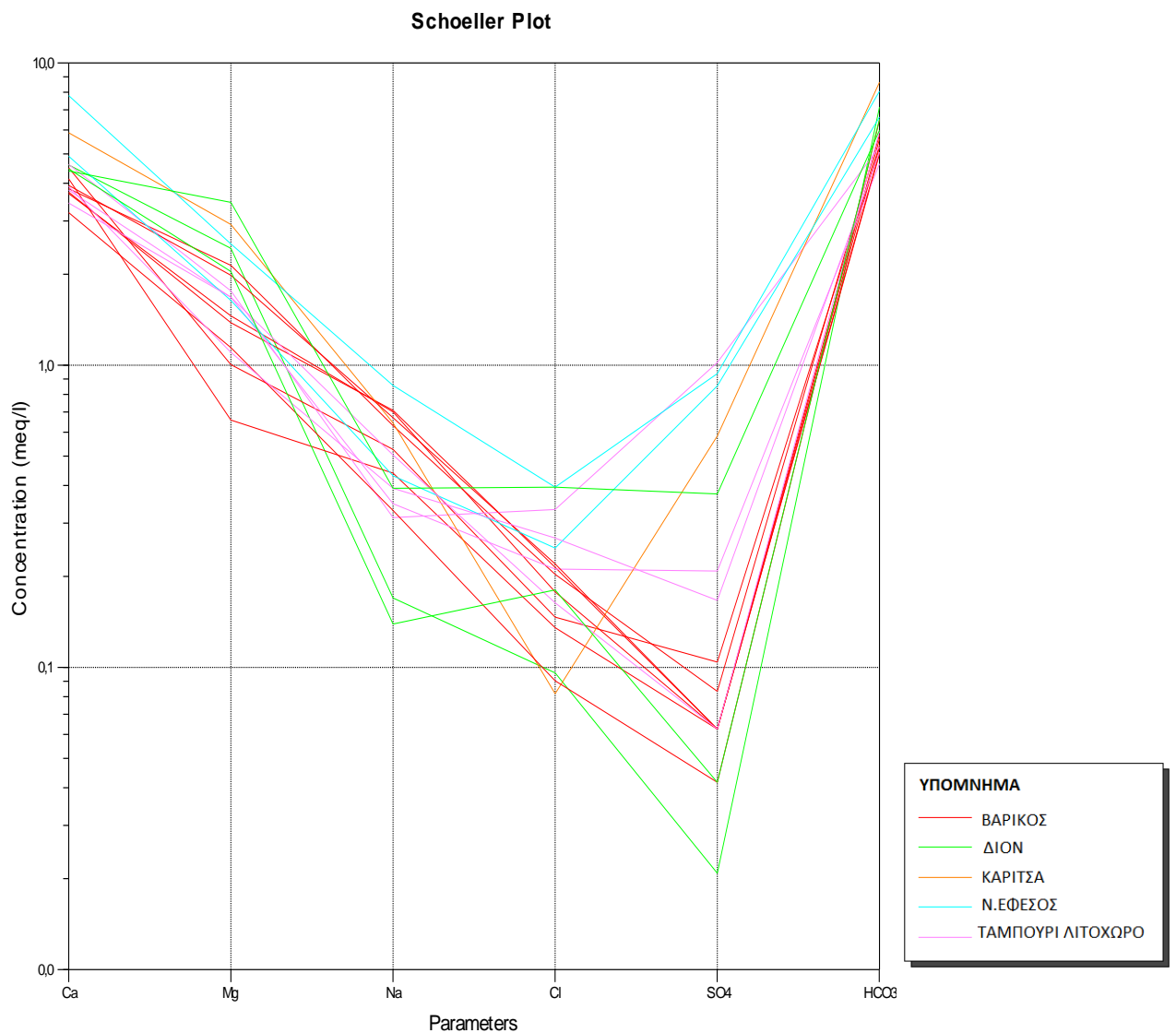


### 7.7.4 Διάγραμμα Schoeller (1963)

Πρόκειται για ένα διάγραμμα που στον κατακόρυφο άξονα έχει τιμές διαφόρων ιόντων σε ημιλογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο σε δεκαδική κλίμακα τα διάφορα ιόντα με την εξής σειρά: Ca, Mg, Na+K, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>. Οι τιμές των ιόντων (σε meq/l) κάθε δείγματος ενώνονται στο διάγραμμα με μία καμπύλη γραμμή. Όταν η τεθλασμένη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα επάνω το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο το νερό είναι γλυκό. Ακόμη όσο πιο «πάνω» βρίσκεται αυτή, τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα (ουσιαστικά T.D.S).

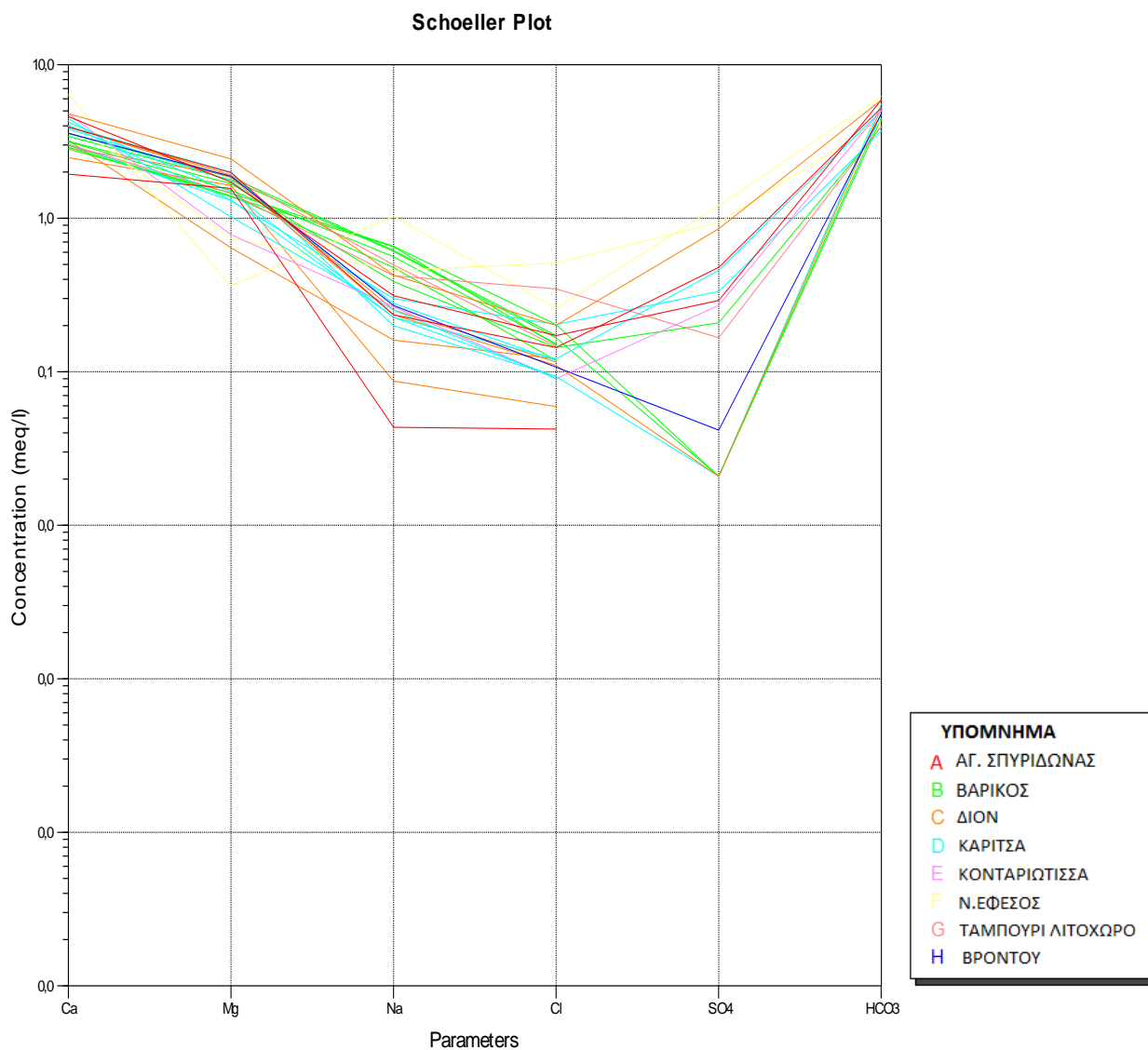


Σχήμα 7.52 Ημιλογαριθμικό διάγραμμα κατά SCHOELLER, H.(1995)



**Σχήμα 7.53** Διάγραμμα Schoeller για την περίοδο Σεπτέμβριος 2014

Στο Σχήμα 7.53 παρουσιάζεται το διάγραμμα του Schoeller για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014, όπως αυτό προέκυψε από τα δείγματα που συλλέχθηκαν για την παρούσα μελέτη. Τα περισσότερα δείγματα έχουν το κοίλο μέρος προς τα επάνω, συνεπώς πρόκειται για γλυκό και όχι υφάλμυρο νερό. Εύκολα συμπεραίνουμε ότι στην περιοχή έρευνας δεν εντοπίζεται φαινόμενο υφαλμύρωσης.



**Σχήμα 7.54** Διάγραμμα Schoeller για την περίοδο Απρίλιος 2015

Η ίδια εικόνα παρουσιάζεται και στην περίοδο του Απριλίου 2015, όπου και εδώ όλα τα δείγματα έχουν την τεθλασμένη γραμμή με το κοίλο μέρος προς τα πάνω, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.54. Συνεπώς πρόκειται για γλυκό και όχι υφάλμυρο νερό.

## 7.8 Κριτήρια καταλληλότητας αρδευτικού νερού

Ένα βασικό κριτήριο καταλληλότητας είναι ο συντελεστής S.A.R.(Συντελεστής Προσρόφησης Νατρίου) που υπολογίζεται από τη σχέση 7.4 (Σούλιος,2006):

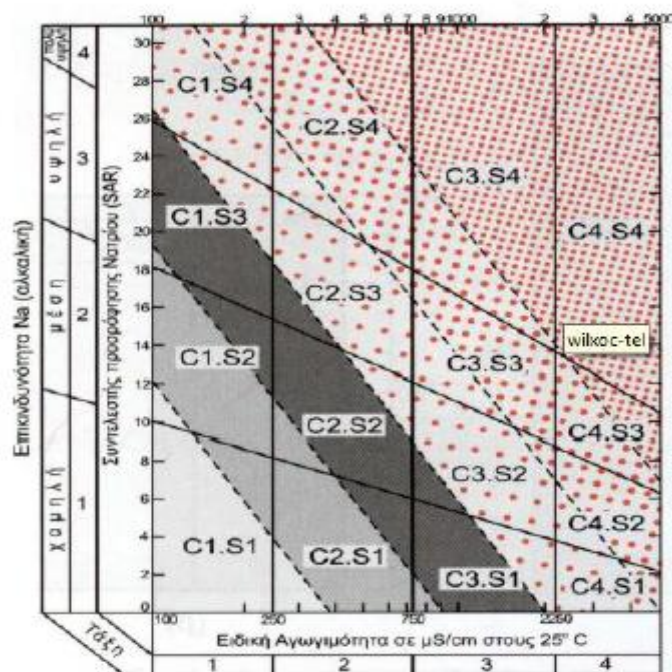
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (7.4)$$

**Πίνακας 7.6** Τιμές του δείκτη SAR για την περιοχή μελέτης

| α/α | Δείγματα  | SAR (meq/l)      |               |
|-----|-----------|------------------|---------------|
|     |           | Σεπτέμβριος 2014 | Απρίλιος 2015 |
| 1   | G5        | 0,27             | 0,4           |
| 2   | G6        | 0,17             | 0,2           |
| 3   | G7        | 0,18             | 0,2           |
| 4   | G8        | 0,22             | 0,23          |
| 5   | G9        | 0,05             | 0,1           |
| 6   | G10       | 0,06             | 0,1           |
| 7   | G14       | 0,31             | 0,32          |
| 8   | G15       | 0,2              | 0,23          |
| 9   | G16       | 0,22             | 0,26          |
| 10  | G17       | 0,26             | 0,27          |
| 11  | G18       | 0,31             | 0,32          |
| 12  | G19       | 0,15             | 0,18          |
| 13  | G20       | 0,22             |               |
| 14  | G21       | 0,16             | 0,08          |
| 15  | G23       | 0,28             |               |
| 16  | G24       |                  | 0,27          |
| 17  | G25       |                  | 0,14          |
| 18  | G26       |                  | 0,12          |
| 19  | ΠΗΓΗ ΔΙΟΝ | 0,14             | 0,16          |
| 20  | D1        |                  | 0,04          |
| 21  | D6        |                  | 0,08          |
| 22  | KR1       |                  | 0,1           |
| 23  | KR2       |                  | 0,11          |
| 24  | KR3       |                  | 0,09          |
| 25  | K4        |                  | 0,11          |
| 26  | ΣΠ        |                  | 0,12          |
| 27  | ΣΠ4       |                  | 0,02          |
| 28  | ΣΠ3       |                  | 0,1           |
| 29  | VR        |                  | 0,12          |

Με βάση τον παραπάνω Πίνακα 7.6 για τις δύο περιόδους ο S.A.R. σε πολύ χαμηλά επίπεδα με τιμές μικρότερες του 1. Η τιμή του S.A.R σε συνδυασμό με την ηλεκτρική αγωγιμότητα δίνει το διάγραμμα Wilcox, που είναι διάγραμμα αρδευτικής καταλληλότητας.

## 7.8.1 Διάγραμμα Wilcox(1955)



Σχήμα 7.55 Διάγραμμα Wilcox

Το διάγραμμα αυτό αποτελεί μία σημαντική μέθοδο ελέγχου της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών. Χρησιμοποιεί το δείκτη S.A.R. και την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. Με βάση το διάγραμμα αυτό μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες αρδευτικού νερού:

A: C1-S1. Ποιότητα καλή.

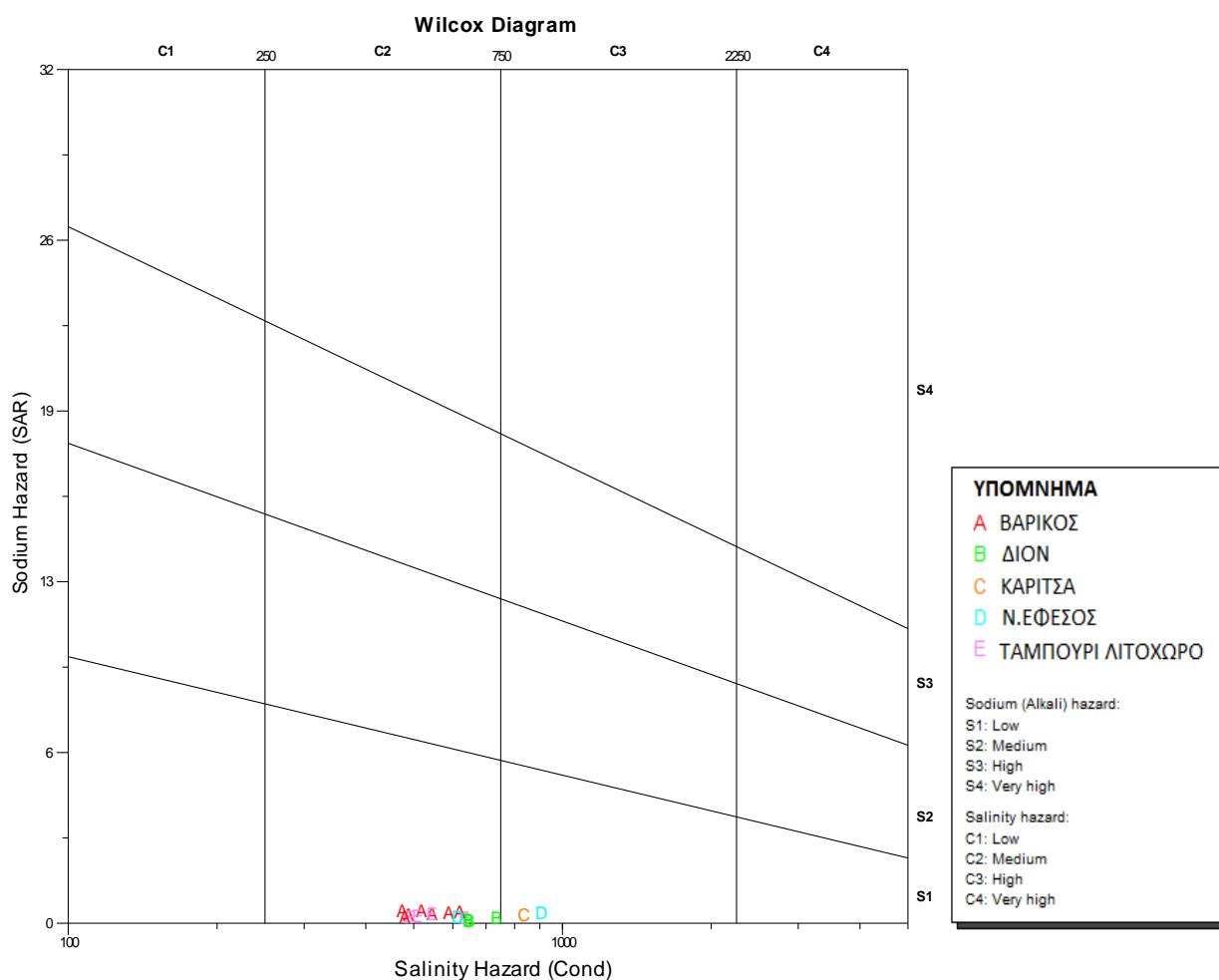
B: C1-S2, C2-S1. Ποιότητα καλή έως μέτρια. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.

Γ: C1-S3, C2-S2, C3-S1. Ποιότητα μέτρια έως πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται παίρνοντας μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή πρέπει να προστίθενται σε αυτό γύψος.

Δ: C1-S4, C2-S3, C3-S2, C4-S1. Ποιότητα πολύ μέτρια έως κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά, ούτε γενικά για βαριά εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης σε ελαφρά εδάφη που αποστραγγίζονται καλά ή να προστίθεται γύψος.

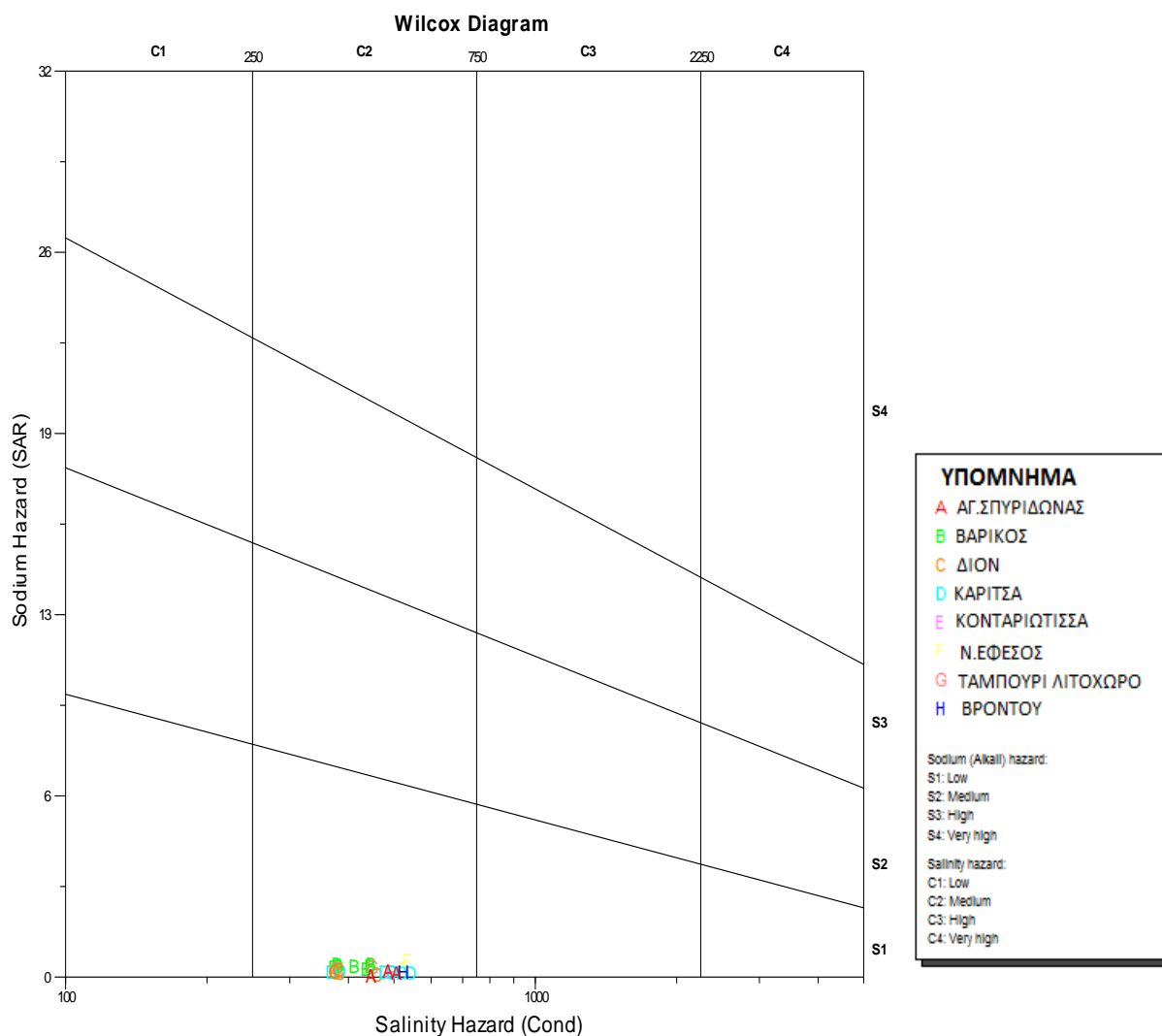
E: C2-S4, C3-S3, C4-S2. Ποιότητα κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα, με προσθήκη γύψου.

Z: C3-S4, C4-S3, C4-S4. Πολύ κακή ποιότητα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση.



**Σχήμα 7.56** Διάγραμμα Wilcox για την περίοδο Σεπτέμβριος 2014

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα Wilcox, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.56 για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2014, τα δείγματα των νερών που συλλέχθηκαν ανήκουν στην κατηγορία C2-S1. Πρόκειται για νερά καλής έως μέτριας ποιότητας. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά. Το διάγραμμα Wilcox αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την καταλληλότητα ή όχι του νερού για άρδευση μια και αποτελεί την κύρια χρήση του στην περιοχή μελέτης.



**Σχήμα 7.57** Διάγραμμα Wilcox για την περίοδο Απρίλιος 2015

Στο Σχήμα 7.57 παρουσιάζεται το διάγραμμα Wilcox για την περίοδο Απριλίου 2015. Τα δείγματα των νερών που συλλέχθηκαν ανήκουν στην κατηγορία C2-S1. Πρόκειται για νερά καλής έως μέτριας ποιότητας. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά. Σε σχέση με το διάγραμμα του Σεπτεμβρίου είναι εμφανής η βελτίωση των τιμών της ποιότητας των υπόγειων νερών.

## 7.9 Συντελεστές συσχέτισης

Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της συγκέντρωσης των διαφόρων ιόντων και των ποιοτικών παραμέτρων του νερού, για τις δύο περιόδους δειγματολογίας Σεπτέμβριος 2014 και Απρίλιος 2015, δίνονται στους πίνακες 7.7 και 7.8 αντίστοιχα.

**Πίνακας 7.7** Συντελεστές συσχέτισης των φυσικοχημικών παραμέτρων την περίοδο Σεπτέμβριος 2014

|                               | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | E.C.  | pH   | T |
|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-------|------|---|
| Ca <sup>2+</sup>              | 1                |                  |                 |                |                               |                 |                               |                              |       |      |   |
| Mg <sup>2+</sup>              | 0,48             | 1                |                 |                |                               |                 |                               |                              |       |      |   |
| Na <sup>+</sup>               | 0,35             | 0,06             | 1               |                |                               |                 |                               |                              |       |      |   |
| K <sup>+</sup>                | 0,31             | 0,53             | 0,20            | 1              |                               |                 |                               |                              |       |      |   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,72             | 0,56             | 0,10            | 0,03           | 1                             |                 |                               |                              |       |      |   |
| Cl <sup>-</sup>               | 0,40             | 0,36             | 0,20            | 0,80           | -0,11                         | 1               |                               |                              |       |      |   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 0,71             | 0,34             | 0,16            | 0,35           | 0,40                          | 0,59            | 1                             |                              |       |      |   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,41             | 0,62             | -0,31           | 0,20           | 0,47                          | 0,30            | 0,47                          | 1                            |       |      |   |
| E.C.                          | 0,87             | 0,81             | 0,25            | 0,42           | 0,78                          | 0,40            | 0,62                          | 0,60                         | 1     |      |   |
| pH                            | 0,10             | -0,21            | 0,15            | 0,46           | -0,35                         | 0,70            | 0,44                          | -0,13                        | -0,15 | 1    |   |
| T                             | 0,23             | -0,05            | -0,16           | 0,09           | 0,33                          | 0,04            | 0,02                          | 0,42                         | 0,10  | 0,12 | 1 |

**Πίνακας 7.8** Συντελεστές συσχέτισης των φυσικοχημικών παραμέτρων την περίοδο Απρίλιος 2015

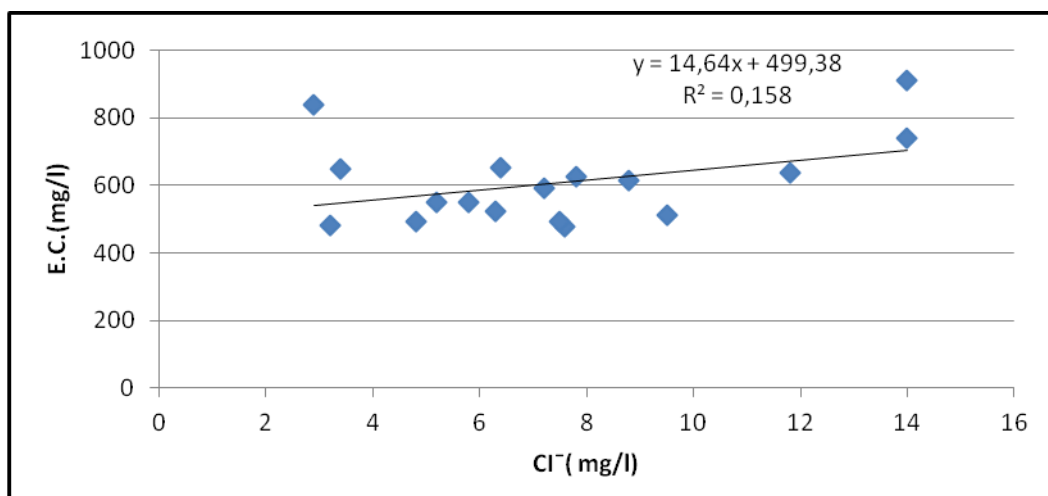
|                               | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | E.C.  | pH    | T |
|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|---|
| Ca <sup>2+</sup>              | 1                |                  |                 |                |                               |                 |                               |                              |       |       |   |
| Mg <sup>2+</sup>              | -0,29            | 1                |                 |                |                               |                 |                               |                              |       |       |   |
| Na <sup>+</sup>               | 0,30             | -0,24            | 1               |                |                               |                 |                               |                              |       |       |   |
| K <sup>+</sup>                | 0,36             | 0,18             | 0,47            | 1              |                               |                 |                               |                              |       |       |   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,79             | 0,05             | 0,10            | 0,26           | 1                             |                 |                               |                              |       |       |   |
| Cl <sup>-</sup>               | 0,24             | -0,31            | 0,48            | 0,34           | -0,12                         | 1               |                               |                              |       |       |   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 0,75             | -0,47            | 0,49            | 0,56           | 0,37                          | 0,54            | 1                             |                              |       |       |   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,55             | 0,21             | -0,21           | 0,40           | 0,53                          | -0,02           | 0,24                          | 1                            |       |       |   |
| E.C.                          | 0,43             | -0,25            | -0,03           | -0,17          | 0,26                          | 0,06            | 0,24                          | 0,06                         | 1     |       |   |
| pH                            | -0,08            | 0,18             | 0,38            | 0,27           | -0,08                         | -0,08           | -0,29                         | -0,22                        | -0,50 | 1     |   |
| T                             | 0,27             | -0,09            | -0,01           | 0,06           | 0,17                          | 0,16            | 0,43                          | 0,02                         | 0,25  | -0,26 | 1 |



Με βάση τους προηγούμενους πίνακες φαίνεται ότι οι συντελεστές συσχέτισης, στις δύο περιόδους δειγματοληψίας, παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις. Πιο συγκεκριμένα, από τη συσχέτιση μεταξύ των ποιοτικών παραμέτρων του νερού και των ιόντων προκύπτουν τα εξής:

- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσιάζει καλύτερη συσχέτιση με τα ιόντα που έχουν τις υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης στην περιοχή έρευνας για την περίοδο Σεπτέμβριος 2014. Αυτά είναι το  $\text{Ca}^{2+}$ , το  $\text{Mg}^{2+}$  και τα  $\text{HCO}_3^-$  με 0,87, 0,81 και 0,78 αντίστοιχα.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. δεν εμφανίζει καλή συσχέτιση με τα ιόντα  $\text{Cl}^-$  καθώς οι συγκεντρώσεις των ιόντων είναι πολύ μικρές. Για το λόγο αυτό δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο κανόνας των συσχετίσεων σε περιοχές με χαμηλές συγκεντρώσεις ιόντων  $\text{Cl}^-$ .
- Το  $\text{Ca}^{2+}$  παρουσιάζει καλή συσχέτιση με τα  $\text{SO}_4^{2-}$  και τα  $\text{HCO}_3^-$  με συντελεστές συσχέτισης 0,75 και 0,79 αντίστοιχα.

Συμπερασματικά σε περιοχές όπου υπάρχει χαμηλή συγκέντρωση ανιόντων ή κατιόντων αντίστοιχα, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο κανόνας των συσχετίσεων για την εκτίμηση των υπόλοιπων ιόντων.



**Σχήμα 7.58** Σχέση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τα ιόντα χλωρίου (Σεπτέμβριος 2014)

## 7.10 Διαχρονική μεταβολή της ποιότητας

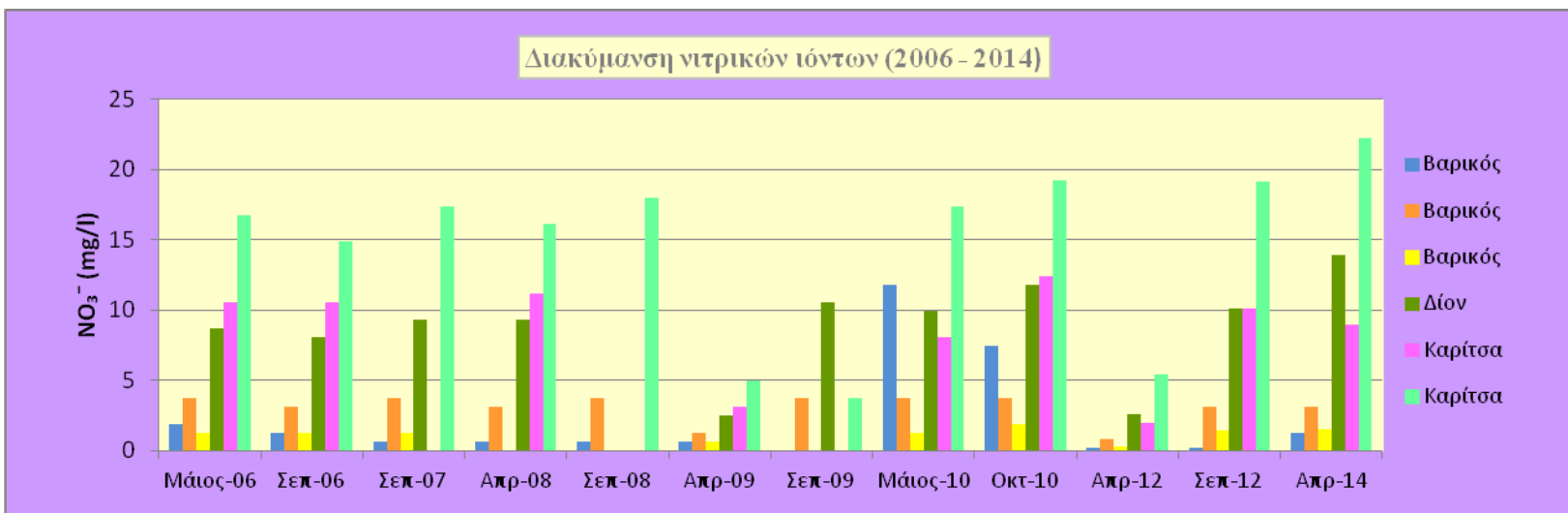
Στον πίνακα 7.9 παρουσιάζονται οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του Έργου "Έρευνα Υδρολογικής Κατάστασης Νομού Πιερίας" από το Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Υδραυλικής και Βελτιώσεων της Γεωπονικής Σχολής ΑΠΘ, για την Περιφερειακή Ενότητα Πιερίας, την περίοδο 2006 έως 2014. Στην περιοχή έρευνας ανήκουν 6 από τις συνολικά 19 γεωτρήσεις που αποτελούν το δίκτυο για την παρακολούθηση της ποιότητας του υπόγειου νερού.

**Πίνακας 7.9** Στατιστική επεξεργασία χημικών αναλύσεων την περίοδο 2006-2014 στην περιοχή έρευνας (Μπαμπατζιμόπουλος 2014)

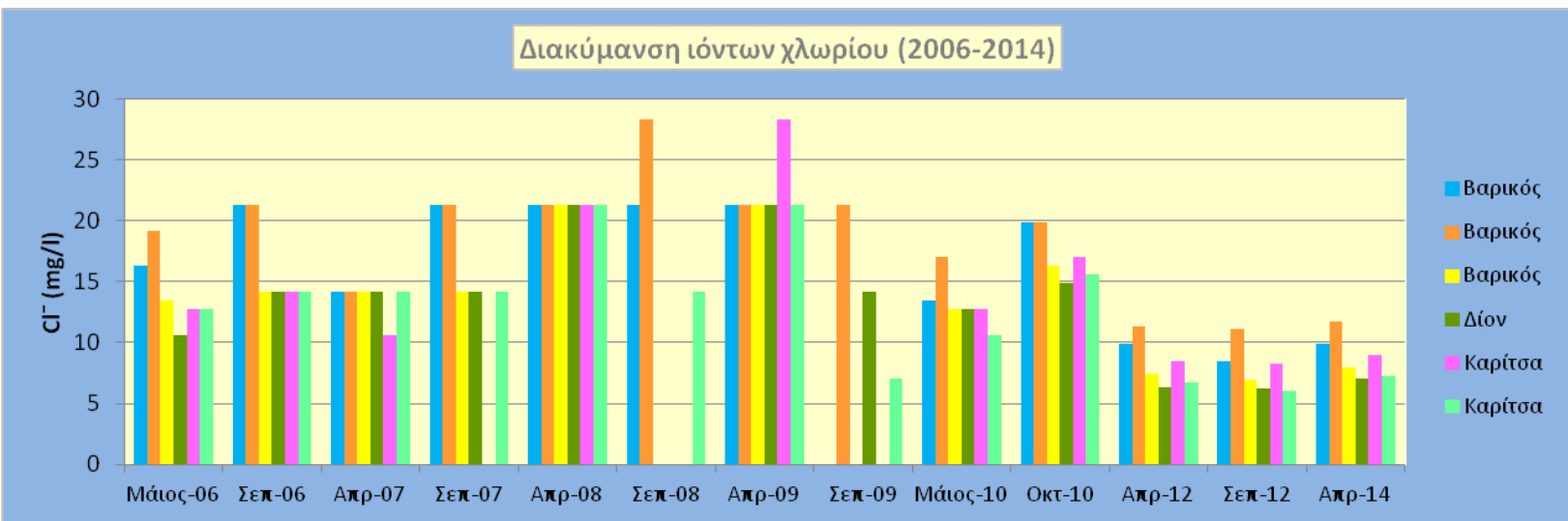
|                   | pH   | EC<br>( $\mu\text{S/cm}$ ) | K <sup>+</sup><br>(mg/l) | Na <sup>+</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/l) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/l) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/l) |
|-------------------|------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ</b> | 7,6  | 518                        | 1,17                     | 9,61                      | 72,3                       | 28,8                       | 14,6                      | 342                                     | 6,99                                    | 6,6                                    |
| <b>ΜΕΓΙΣΤΟ</b>    | 8,01 | 709                        | 2,19                     | 22                        | 103,4                      | 58,3                       | 28,4                      | 475                                     | 38,4                                    | 22,3                                   |
| <b>ΕΛΑΧΙΣΤΟ</b>   | 7,25 | 330                        | 0,78                     | 0,53                      | 52,5                       | 14,6                       | 5,9                       | 219                                     | 0,48                                    | 0,19                                   |

Με βάση τον παραπάνω πίνακα τα διαχρονικά στοιχεία των χημικών αναλύσεων από το 2006 έως το 2014 δεν φανερώνουν μεταβολή της χημικής κατάστασης των υπόγειων νερών στην περιοχή έρευνας. Οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν καλύπτουν την περιοχή Βαρικού – Δίον – Καρίτσας και οι συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων βρίσκονται εντός των φυσιολογικών ορίων. Παρατηρούνται σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις Ca<sup>2+</sup> και Mg<sup>2+</sup> καθώς και HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> εξαιτίας των ανθρακικών σχηματισμών από τους οποίους διαπερνά το υπόγειο νερό. Τα NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ιόντα και τα ιόντα Cl<sup>-</sup> βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις και η διακύμανση αυτών παρουσιάζεται στο σχήμα 7.59 και 7.60 αντίστοιχα.

Σύμφωνα με την ΥΔΡΟΓΑΙΑ (1975) τα νερά στα υψηλότερα τμήματα της περιοχής έρευνας περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα διττανθρακικών αλάτων Ca και Mg και μικρότερη ποσότητα αλάτων MgCl<sub>2</sub> και NaCl καθώς και MgSO<sub>4</sub> εξαιτίας των ασβεστολιθικών πετρωμάτων που διαπερνούν. Στα χαμηλότερα τμήματα μεταπίπτουν σε νερά με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις διττανθρακικών αλάτων Ca και Mg, μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αλάτων MgSO<sub>4</sub>, ταυτόχρονη εμφάνιση αλάτων Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις NaCl. Τα νερά αυτά διαπερνούν γεωλογικούς σχηματισμούς που περιέχουν αργιλικά συστατικά πλούσια σε ανταλλάξιμο νάτριο.



Σχήμα 7.59: Διακύμανση νιτρικών ιόντων στην περιοχή έρευνας (Μπαμπατζιμόπουλος 2014)



Σχήμα 7.60: Διακύμανση ιόντων χλωρίου στην περιοχή έρευνας (Μπαμπατζιμόπουλος 2014)

## 7.11 Συνοπτικά συμπεράσματα

Με βάση τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων νερού, των ποιοτικών του παραμέτρων και την επεξεργασία αυτών συμπεραίνεται ότι:

- Η θερμοκρασία των νερών στην περιοχή έρευνας κυμαίνεται για την περίοδο του Σεπτεμβρίου από 15,6 ° C έως 18,1 ° C, ενώ για την περίοδο του Απριλίου 15,7 ° C έως 18,2 ° C και κρίνονται φυσιολογικές τιμές για υπόγειο νερά.
- Η τιμή του pH κυμαίνεται από 7,2 μέχρι 8 με τη μέση τιμή να είναι 7,7 και 7,6 για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015, επομένως πρόκειται για ελαφρώς αλκαλικά έως αλκαλικά νερά..
- Ο συντελεστής ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει μέση τιμή 608  $\mu\text{S}/\text{cm}$  για την περίοδο Σεπτεμβρίου και 445  $\mu\text{S}/\text{cm}$  για την περίοδο του Απριλίου..
- Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου είναι σε χαμηλά επίπεδα παρά το γεγονός ότι πρόκειται για παράκτια περιοχή. Η μέση τιμή για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2014 είναι 7,4 mg/l, ενώ για τον μήνα Απρίλιο του 2015 είναι 5,6 mg/l. Πρόκειται για μη ρυπασμένο νερό το οποίο δεν έχει επηρεαστεί από ανθρώπινη επέμβαση και από θαλάσσια διείσδυση.
- Αντίστοιχα τα  $\text{NO}_3^-$  βρίσκονται γενικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις με μέση τιμή για τον μήνα Σεπτέμβριο 2014 τα 14 mg/l, ενώ τον μήνα Απρίλιο του 2015 τα 12,3 mg/l.
- Το υπόλοιπα κύρια ιόντα ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ), βρίσκονται εντός των φυσιολογικών ορίων για το πόσιμο νερό.
- Από το σύνολο των χημικών αναλύσεων προκύπτει ότι στην περιοχή έρευνας το υπόγειο νερό έχει εξαιρετική ποιότητα παρά το γεγονός ότι συνυπάρχουν πολλές πηγές ρύπανσης (καλλιεργούμενες εκτάσεις και κτηνοτροφικές μονάδες) και αντλούνται σημαντικές ποσότητες νερού από το παράκτιο τμήμα.
- Η πλειονότητα των υπόγειων νερών στην περιοχή έρευνας είναι Ca-Mg- $\text{HCO}_3$  ασβεστομαγνησιούχα- οξυανθρακικά. Ο υδροχημικός τύπος Ca- $\text{HCO}_3$ , προέρχεται από ζώνες τροφοδοσίας μετεωρικού νερού, που έρχονται σε επαφή με πετρώματα πλούσια σε Ca.

## 8 Γενικά συμπεράσματα - Προτάσεις

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στη βόρεια Ελλάδα, ανήκει στην περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (Περιφερειακή Ενότητα Πιερίας) και υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Δίου-Ολύμπου. Περιλαμβάνει τις περιοχές Δίον, Καρίτσα, Κονταριώτισσα, Βροντού, Άγιο Σπυρίδωνα Ν. Έφεσο, Βαρικό και καταλαμβάνει έκταση 90 km<sup>2</sup>. Ο συνολικός πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται στους 10.104 κατοίκους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα και κυρίως με τη γεωργία και την κτηνοτροφία. Σημαντικό είναι το ποσοστό κατοίκων που ασχολούνται με τις τουριστικές επιχειρήσεις εξαιτίας του Αρχαιολογικού χώρου του Δίου.

Η γεωλογία της περιοχής έρευνας περιλαμβάνει τα πλευρικά κορήματα και τους κώνους κορημάτων, καθώς και τις αλλουβιακές αποθέσεις που παρεμβάλλονται με μορφή επιμήκους ζώνης μεταξύ των κροκαλοπαγών και της ακτής. Τα πλευρικά κορήματα αποτελούνται από ασβεστολιθικά κυρίως κροκαλολατυποπαγή, ενώ οι αλλουβιακές αποθέσεις από ασύνδετα υλικά, κυρίως αμμύχους άργιλους, άμμους και χαλίκια. Τα συνολικά γεωλογικά πάχος των πλευρικών κορημάτων είναι άνω των 800 m και προς τα κατάντη μεταπίπτουν πλευρικά στις αλλουβιακές ιζηματογενείς αποθέσεις πάχους άνω των 60 m, ηλικίας Τεταρτογενούς της πεδιάδας Καρίτσας – Βαρικού. Η περιοχή έρευνας εφάπτεται στα δυτικά και νοτιοδυτικά με την ανθρακική σειρά του Ολύμπου.

Η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από χαμηλές μορφολογικές κλίσεις. Στα αλλουβιακά ριπίδια κυμαίνονται από 4° - 7° στους πετροπρόποδες του Ολύμπου και βαίνουν μειούμενες προς τα ΒΒΑ περίπου 2° - 4° στις παρυφές της Κονταριώτισσας και την πεδινή ζώνη της Καρίτσας όπου η κλίσεις πρακτικά μηδενίζονται καταλήγοντας στο παράκτιο τμήμα.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας δεν είναι καλά ανεπτυγμένο και αποτελείται από σχετικά μικρού μήκους ρέματα, τα οποία έχουν εν γένει τυχαίο προσανατολισμό. Οι μόνοι κλάδοι καλά καθορισμένοι είναι αυτοί που οριοθετούν πλευρικά τα ριπίδια Βροντούς και Δίου.

Ο κλιματικός τύπος κατά Koppen χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακός ή Μεσόθερμος, ενώ σύμφωνα με το Μαριολόπουλο χαρακτηρίζεται ως μεταβατικός μεσογειακό -

μεσοευρωπαϊκός. Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέση μέγιστη θερμοκρασία 37,3 °C και 35,9 °C, ενώ αντίστοιχα ψυχρότεροι μήνες είναι ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος με μέση ελάχιστη θερμοκρασία -12 °C και -9,3 °C αντίστοιχα.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση στους σταθμούς που συναντώνται μέσα στην περιοχή έρευνας είναι 636,4 mm για το σταθμό Ν. Εφέσου και για το σταθμό Βροντούς είναι 880,7 mm. Πρόκειται για σημαντικό ύψος βροχής σε υψόμετρο 150 m. Η σχετική υγρασία έχει μέσο όρο 66% στο σταθμό Βροντού και 74,8% στο σταθμό Ν. Εφέσου, ενώ ο μέσος όρος της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι 995 mbar και 1008 mbar για τους δύο σταθμούς αντίστοιχα.

Για το έτος 2013, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο Thornthwaite, στη θέση των σταθμών Βροντού και Ν. Εφέσου υπολογίστηκε ίση με  $E_{\Delta} = 895,04$  mm και  $E_{\Delta} = 1059$  mm αντίστοιχα. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι 421 mm για το σταθμό Βροντού και αντιστοιχεί στο 68,2% της βροχόπτωσης, ενώ για το σταθμό της Ν. Εφέσου είναι 374 mm και αντιστοιχεί σε ποσοστό 73,5% της βροχόπτωσης.

Η περιοχή έρευνας, σύμφωνα με την ΥΔΡΟΓΑΙΑ, εντάσσεται στο Υδροφόρο Σύστημα του Ολύμπου, το οποίο περιλαμβάνει την καρστική υδρογεωλογική ενότητα Μεσοζωικών μαρμάρων - ασβεστολίθων του Ολύμπου και την υδρογεωλογική ενότητα Τεταρτογενών ιζηματογενών αποθέσεων. Ο υδροφορέας της περιοχής έρευνας αναπτύσσεται κυρίως στους αδρομερείς σχηματισμούς όπου συναντάται ως ελεύθερος στη ζώνη των πλευρικών κορημάτων και μεταπίπτει σε υπό πίεση προς το παράκτιο τμήμα κάτω από το αργιλικό κάλυμμα. Ένας φτωχός φρεάτιος υδροφορέας αναπτύσσεται σε άμμους και χαλίκια υπερκείμενα του αργιλικού στρώματος πάχους 20–30 m που τον διαχωρίζει από τον βαθύτερο υπο πίεση υδροφορέα.

Η τροφοδοσία του υπό πίεση υδροφορέα πραγματοποιείται κατά βάση πλευρικά από τον καρστικό υδροφορέα του Ολύμπου μέσω του υδροφορέα των πλευρικών κορημάτων. Ο φρεάτιος υδροφόρος τροφοδοτείται από τις διηθήσεις του ποταμού Αίσωνα, από τις τάφρους και σε μεγαλύτερο ποσοστό από τις διηθήσεις των νερών της βροχής. Η ανύψωση κατά 1 έως 6 m της στάθμης την περίοδο του Απριλίου στην

περιοχή έρευνας σε σύγκριση με αυτή του Σεπτεμβρίου δείχνει την ικανοποιητική επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων.

Οι πηγές Δίου-Καρίτσας εκδηλώνονται, σε υψόμετρο 8,5 m, στην επαφή αδρομερών ιζημάτων των αλλουβιακών ριπιδίων με την αργιλική επικάλυψη της πεδιάδας. Ανήκουν στις πηγές υπερπλήρωσης με μέση ετήσια παροχή  $55 * 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$

Με βάση τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων νερού που πραγματοποιήσαμε, των ποιοτικών του παραμέτρων και την επεξεργασία αυτών συμπεραίνεται ότι:

- Η θερμοκρασία των νερών στην περιοχή έρευνας κυμαίνεται για την περίοδο του Σεπτεμβρίου από  $15,6^\circ \text{C}$  έως  $18,1^\circ \text{C}$ , ενώ για την περίοδο του Απριλίου  $15,7^\circ \text{C}$  έως  $18,2^\circ \text{C}$  και κρίνονται φυσιολογικές τιμές για υπόγειο νερά.
- Η τιμή του pH κυμαίνεται από 7,2 μέχρι 8 με τη μέση τιμή να είναι 7,7 και 7,6 για την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2014 και Απριλίου 2015 επομένως πρόκειται για ελαφρώς αλκαλικά έως αλκαλικά νερά.
- Ο συντελεστής ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει μέση τιμή  $608 \mu\text{S}/\text{cm}$  για την περίοδο Σεπτεμβρίου και  $445 \mu\text{S}/\text{cm}$  για την περίοδο του Απριλίου. Αυτό αποτελεί ένδειξη βελτίωσης της ποιότητας.
- Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου είναι σε χαμηλά επίπεδα παρά το γεγονός ότι πρόκειται για παράκτια περιοχή. Η μέση τιμή για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2014 είναι  $7,4 \text{ mg}/\text{l}$ , ενώ για τον μήνα Απρίλιο του 2015 είναι  $5,6 \text{ mg}/\text{l}$ . Πρόκειται για μη ρυπασμένο νερό το οποίο δεν έχει επηρεαστεί από ανθρώπινη επέμβαση και από θαλάσσια διείσδυση.
- Αντίστοιχα τα  $\text{NO}_3^-$  βρίσκονται γενικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις με μέση τιμή για τον μήνα Σεπτέμβριο 2014 τα  $14 \text{ mg}/\text{l}$ , ενώ τον μήνα Απρίλιο του 2015 τα  $12,3 \text{ mg}/\text{l}$ .
- Το υπόλοιπα κύρια ιόντα ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ), βρίσκονται εντός των φυσιολογικών ορίων για το πόσιμο νερό.
- Με βάση τον ιοντικό λόγο Mg/Ca πρόκειται για υπόγεια νερά που διαπερνούν ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Σε όλα τα δείγματα η συγκέντρωση των ιόντων Ca είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση Mg, που σημαίνει ότι πρόκειται για νερά που ανανεώνονται γρήγορα

- Από το υπολογισμό του ιοντικού λόγου Na/K τα υπόγεια νερά χαρακτηρίζονται ως φυσικά νερά, τα οποία βρίσκονται σε υδροφόρο με συνεχή τροφοδοσία.
- Η πλειονότητα των υπόγειων νερών στην περιοχή έρευνας είναι Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> ασβεστομαγνησιούχα- οξυανθρακικά. Ο υδροχημικός τύπος Ca-HCO<sub>3</sub>, προέρχεται από ζώνες τροφοδοσίας μετεωρικού νερού, που έρχονται σε επαφή με πετρώματα πλούσια σε Ca.
- Η ποιοτική κατάσταση του φρεάτιου αβαθή υδροφορέα εμφανίζεται εξίσου εξαιρετική με αυτή του υπό πίεση.

Από το σύνολο των χημικών αναλύσεων, των υδροχημικών διαγραμμάτων και των ιοντικών λόγων που υπολογίστηκαν το υπόγειο νερό της περιοχής έρευνας έχει εξαιρετική ποιότητα παρά το γεγονός ότι συνυπάρχουν πολλές πηγές ρύπανσης (καλλιεργούμενες εκτάσεις, κτηνοτροφικές μονάδες) και αντλούνται σημαντικές ποσότητες και από το παράκτιο τμήμα. Τα ιόντα Cl<sup>-</sup> και NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, τα οποία αποτελούν δείκτες υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών, βρίσκονται εντός των φυσιολογικών ορίων. Συμπεραίνουμε ότι η σημαντική τροφοδοσία του υδροφορέα έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή ανανέωση των αποθεμάτων του, η οποία δεν επιτρέπει την αύξηση των συγκεντρώσεων των παραπάνω ιόντων.

Ωστόσο για την διατήρηση και βελτίωση της καλής ποιότητας για αειφόρο ανάπτυξη των υδατικών πόρων προτείνονται ενέργειες όπως:

#### Δίκτυα παρακολούθησης της στάθμης και της ποιότητας των υπόγειων νερών.

Απαιτείται η εγκατάσταση ενός δικτύου συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής των παραμέτρων των υδατικών πόρων που αφορούν τη χωροχρονική μεταβολή τους από πλευράς ποσότητας και ποιότητας. Οι καταγραφές θα μεταδίδονται τηλεματικά σε κέντρα παρακολούθησης και λήψης αποφάσεων, όπως η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, που θα είναι σύστημα ανοικτό για κάθε ενδιαφερόμενο.

Τοποθέτηση οργάνων, τα οποία μετρούν και καταγράφουν τόσο παραμέτρους που αφορούν την ποιότητα των υδάτων (όπως pH, αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο, θερμοκρασία, συγκεντρώσεις νιτρικών), όσο και ποσοτικές παραμέτρους (στάθμη,



παροχή). Η συνεχώς επικαιροποιούμενη πληροφόρηση που θα μεταφέρεται τηλεματικώς στα κέντρα λήψης αποφάσεων, σε συνδυασμό με την χωροχρονική ζήτηση νερού, θα οδηγεί σε ορθολογική αειφορική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Επίσης προτείνεται η κατασκευή ερευνητικών γεωτρήσεων σε επιλεγμένα σημεία και η εκτέλεση δοκιμαστικών αντλήσεων με σκοπό να προσδιοριστούν όλα τα κρίσιμα μεγέθη των υδροφόρων σχηματισμών (υδροπερατότητα  $K$ , υδρομεταβιβαστικότητα  $T$  και υδροχωρητικότητα  $S$ ).

#### Δίκτυα μέτρησης παροχής στην περιοχή έρευνας

Προτείνεται η εγκατάσταση υδρομετρικών σταθμών για τη μέτρηση παροχής των πηγών Δίου-Καρίτσας και του ποταμού Αίσωνα. Στα σημεία μέτρησης παροχών να γίνονται επίσης μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων και ποιότητας των νερών.

#### Κατάρτιση υδρολογικού ισοζυγίου

Κρίνεται απαραίτητη η υδρολογική διερεύνηση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ώστε να εκτιμηθεί το συνολικό διαθέσιμο υδατικό δυναμικό από τα υπόγεια και επιφανειακά νερά.

#### Μελέτη της ακόρεστης ζώνης και του εδαφικού καλύμματος

Το εδαφικό κάλυμμα παίζει σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες απορρύπανσης, τον εμπλουτισμό καθώς και την προστασία του υπόγειου νερού. Για το λόγο αυτό προτείνεται η διερεύνηση της περατότητας του εδαφικού καλύμματος και της ακόρεστης ζώνης με δοκιμές περατότητας. Επίσης η μελέτη της κοκομετρίας του εδαφικού καλύμματος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Βεράνης Ν.,(2010).** Υδρογεωλογική μελέτη. Υδατικά ισοζύγια λεκανών. Παρακολούθηση της ποιότητας και μέτρα προστασίας των νερών της Κεντρικής Μακεδονίας (Υ.Δ. ανατ.9,10 και 11 δυτ.). Γ' ΚΠΣ., Θεσσαλονίκη. ΙΓΜΕ.

**Βουδούρης Κ.,(2009).** Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

**Βουδούρης Κ.,(2011).** Σημειώσεις: «Σύνταξη προσεγγιστικού υδρολογικού ισοζυγίου σε λεκάνη απορροής».

**Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ).** Τοπογραφικοί χάρτες (Κλίμακα 1:50.000), Φύλλο Κατερίνη, Φύλλο Κονταριώτισσα, Φύλλο Λιτόχωρο, Φύλλο Κολινδρός

**Δήμος Δίου – Ολύμπου, (2012).** Έγκριση σχεδίου στρατηγικού σχεδιασμού (Α' φάση) Επιχειρησιακού Προγράμματος Δήμου Δίου – Ολύμπου 2012 – 2014.

**Ευρωπαϊκή επιτροπή (2012).** Έκθεση της επιτροπής προς το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το συμβούλιο σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/ΕΚ), Βρυξέλλες.

**ΕΣΥΕ.** Εθνική στατιστική υπηρεσία Ελλάδας, Απογραφή 2001- Ν. Πιερίας

**Ι.Γ.Μ.Ε.,(1985).** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Κονταριώτισσα Λιτόχωρο,

**Ι.Γ.Μ.Ε.,(1986)** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Κλίμακα 1: 50.000, Φύλλο Κατερίνη

**Ι.Γ.Μ.Ε., (2002).** Γεωλογικός χάρτης Ελλάδος 1:50.000 φύλλο Κολινδρός

**Ι.Γ.Μ.Ε., (2007).** Αρχικός χαρακτηρισμός των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων, Οδηγία 2000/60/ΕΚ – εφαρμογή του άρθρου 5 Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.

**Ιωαννίδου Ο. (1999).** Διαχείριση υδατικών πόρων Ν. Πιερίας με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ( G.I.S.), Διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.

**Καζάκης Ν. (2013).** Εκτίμηση της διακινδύνευσης της εξωτερικής ρύπανσης των υπογείων νερών: εφαρμογή στη λεκάνη του Ανθεμούντα, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογία, Α.Π.Θ.

**Καλλέργης Γ., (1999).** Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Α΄, 2<sup>η</sup> Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

**Καλλέργης Γ., (2000).** Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Β΄ 2<sup>η</sup> Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

**Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας και Κεντρικής Μακεδονίας** σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 200/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007.

**Κουμαντάκης Ι.** Υδρολογικές Εισηγήσεις – Μόλυνση & Ρύπανση των υπόγειων νερών – Πρόταση για νομοθετική αντιμετώπιση

**Κουτσογιάννης Δ.(2000).** « Υδρομετεωρολογία - Εξάτμιση και διαπνοή» Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

**Κώτης Θ., (1997).** Η λιγνιτοφορία της Νεογενούς Λεκάνης Μοσχοποτάμου – Κατερίνης στα πλαίσια των γεωτεκτονικών ενοτήτων της Πιερίας (Κοιτασματολογία, Μεθοδολογία έρευνας, Αξιολόγηση). Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.

**Λατινόπουλος Π., Θεοδοσίου Ν., (2007).** Εκμετάλλευση και προστασία των υπόγειων υδατικών πόρων. Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος. Α.Π.Θ.

**Μανάκος Α., Βεράνης Ν., (2012).** Υδρογεωλογικές – Υδροχημικές Συνθήκες στους ορεινούς όγκους Ολύμπου- Όσσας. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Κοινού Συνεδρίου Ε.Υ.Ε. – Ε.Ε.Δ.Υ.Π., σελ 997 – 1007, Πάτρα.

**Μουντράκης Δ., (1983).** Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής Ζώνης και η γεωλογική εξέλιξη των εσωτερικών Ελληνίδων. Πραγματεία για Υψηγεία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

**Μουντράκης Δ., (2010).** Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας

**Μπαμπατζιμόπουλος Χ., (2005).** Έρευνα υδρολογικής κατάστασης Νομού Πιερίας, Τελική Έκθεση. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Πιερίας, Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ.

**Μπαμπατζιμόπουλος Χ., (2010).** Έρευνα υδρολογικής κατάστασης Νομού Πιερίας, Τελική Έκθεση. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Πιερίας, Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ.,

**Μπαμπατζιμόπουλος Χ., (2011).** Έρευνα υδρολογικής κατάστασης Νομού Πιερίας, Τελική Έκθεση. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Πιερίας, Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ.,

**Μπαμπατζιμόπουλος Χ., (2014).** Έρευνα υδρολογικής κατάστασης Νομού Πιερίας, Τελική Έκθεση. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Πιερίας, Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ.

**Παυλίδης Σ., (2003).** Γεωλογία των Σεισμών. University Studio Press, Θεσσαλονίκη

**Παυλίδης Θ, Μαρίνος Δ, Καραχάλιος Π, Βάρρας Γ (2004).** Η συμβολή του έντονου χειμαρρικού περιβάλλοντος του Ολύμπου στη διαμόρφωση των ιδιαίτερων γεωμορφολογικών, υδατικών και βιοκοινωνικών χαρακτηριστικών του χειμάρρου Ενιπέα. Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου «Σύγχρονα Περιβαλλοντικά Θέματα»

**Σούλιος Γ., (1986).** Γενική Υδρογεωλογία, Τόμος Α & Β'. University Studio Press Θεσσαλονίκη

**Σούλιος Γ., (2004).** Γενική Υδρογεωλογία, Τόμος Γ' ,Εκδοτικός οίκος αδερφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη

**Τερζίδης & Μπαμπατζιμόπουλος, (1988).** Κατάρτιση μαθηματικού μοντέλου πεδιάδας Πιερίας (Κατερίνης), Τελική Έκθεση, Τεύχος 2 Υπουργείο Γεωργίας.

**Τζιμούρτας Σ., (1999).** Ποιοτική παρακολούθηση & έλεγχος υδάτινων πόρων λεκάνης Πιερίας. Πρόδρομη έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., Παράρτημα Θεσσαλονίκης

**ΥΔΡΟΓΑΙΑ,(1975).** Υδρογεωλογική προμελέτη περιοχής Κατερίνης Πιερίας. Υπουργείο Γεωργίας, Ιούνιος 1975.

**ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ, (1981).** Τεχνικές εκθέσεις. Έργο 7781002 Δημοσίων Επενδύσεων 1978 " Άρδευση περιοχής Κατερίνης από υπόγεια νερά (γεωτρήσεις)".

**Χαρμανίδης Φ., (1998).** Επίδραση των θαλάσσιων εισροών στη χημική κατάσταση των υπόγειων νερών των μικρών νησιών. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου για την διαχείριση των Υδατικών Πόρων σε Νησιωτικές και Παράκτιες περιοχές, Αθήνα.

**Ψιλοβίκος Α.,(1981).** Γεωμορφολογικές, μορφογενετικές, τεκτονικές, ιζηματολογικές και κλιματικές διεργασίες που οδήγησαν στο σχηματισμό και στην εξέλιξη σύνθετων αλλουβιακών ριπιδίων στον Όλυμπο, πραγματεία για υφηγεσία Θεσσαλονίκη.

**Ψυρίλλος Α., (2010).** Αξιοποίηση των υδρογεωτρήσεων Δ4 και Δ7 (Συστάδα Δ΄ - Βροντού) για κάλυψη υδρευτικών αναγκών του Δήμου Δίου, Νομού Πιερίας», Γεωλογική Έκθεση, Δήμος Δίου.

## **Ξένη βιβλιογραφία**

**Davis, S.N., DeWiest, R.J.M., (1966)** « Hydrogeology». 2<sup>nd</sup> edition, Wiley, New York, pp 463

**Durov, S.A. (1948).** Natural water and graphic representation of their compositions. Dolk. Akad. Nauk. U.S.S.R., v.59, p.87-90.

**Godfriaux, I., (1968).** Etude géologique de la region del' Olympe (Grèce). These Doct, Sci., Paris (1965). Ann. Geol. Pays hell., t. 19, p 280.

**Goldberth E., Broecker W., Gross M., Turekian K. (1971).** Marine Chemistry, in Radioactivity in the Marine Enviroment: Washigton D.C, National Academy of Sciences.

**Kazakis N., Kantiranis N., Vogiatzis D., Pavlou A., Zavridou E. (2014).** Estimation of saturated Hydraulic conductivity with field and empirical methods and the role of sediment maturity. 10<sup>th</sup> International Hydrogeological Congress of Greece, Thessaloniki. vol. 1, pp. 315-323.

**Perlman, H., Makropoulos C., and D. Koutsoyiannis, (2005).** The water cycle, 19 pages, United States Geological Survey.

**Piper A. (1944).** A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses, American Geophysical Union, Transactions, v.25.

**Schoeller H. (1967).** Hydrodynamique dans le karst. Cornique d' Hydrogéologie, vol. 10, éditions B.R.G.B. Orléans (France)

**Thornthwaite, C, Mather, J., (1957).** Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Publication in Climatology, Vol. 10, No3, New Jersey.

**Veranis N., Christidis C., Chrysafi A., (2014).** The granular aquifer system of Katerini – Kolidros, Region of central Macedonia, Northern Greece, 10<sup>th</sup> International Hydrogeological Congress of Thessaloniki.

**Walraevens K., Lebbe L., Geukelaire M.D., Houtte E.V., Greuck W.D., (1993).** Influence on groundwater quality of the Paleozoic Brabant Massif in Belgium due to overexploitation Groundwater Quality Management (Proceedings of the GQM 93 Conference held at Tallinn, September 1993). IAHS Publ. no. 220, 1994.

**Wilcox L., (1955).** Classification and Use of Irrigation Water, US Department of Agriculture, Circ. 696, Washington DC.

## **ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ**

[www.statistics.gr](http://www.statistics.gr) (ΕΣΥΕ)

[dydaton.damt.gov.gr](http://dydaton.damt.gov.gr)

[meddman.agro.auth.gr](http://meddman.agro.auth.gr)

[www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr)

[www.igme.gr](http://www.igme.gr)

[pieria-tourism.gr](http://pieria-tourism.gr)

[www.olympusfd.gr](http://www.olympusfd.gr)

[www.dion-olympus.gr](http://www.dion-olympus.gr)

[pieria.pkm.gov.gr](http://pieria.pkm.gov.gr)

<http://en.wikipedia.org>

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**Κεφάλαιο 1: Υδρολογικά δεδομένα**

**Κεφάλαιο 2: Τομές γεωτρήσεων**

**Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα χημικών Αναλύσεων**

**Κεφάλαιο 4: Συλλογή φωτογραφιών**

## Κεφάλαιο 1

**Πίνακας 1:** Ετήσια βροχόπτωση για τους σταθμούς Ν. Έφεσος, Σκοτίνια, Άγιος Δημήτριος

|                    | Ν. Έφεσος  |            |            |            |            | Σκοτίνια     |              |              |              |              | Άγιος Δημήτριος |              |              |               |              |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
|                    | 2009       | 2010       | 2011       | 2012       | 2013       | 2009         | 2010         | 2011         | 2012         | 2013         | 2009            | 2010         | 2011         | 2012          | 2013         |
| <b>Ιανουάριος</b>  | 93         | 21         | 77         | 93         | 29         | 141,8        | 43,6         | 40,0         | 21,8         | 38,4         | 99,0            | 20,0         | 39,6         | 39,6          | 93,0         |
| <b>Φεβρουάριος</b> | 48         | 89         | 152        | 95         | 112        | 47,2         | 115,8        | 79,8         | 32,0         | 129,6        | 78,0            | 119,4        | 112,6        | 68,8          | 124,6        |
| <b>Μάρτιος</b>     | 43         | 44         | 75         | 14         | 31         | 59,6         | 86,6         | 118,0        | 16,0         | 40,4         | 78,8            | 17,8         | 51           | 53,4          | 84,8         |
| <b>Απρίλιος</b>    | 23         | 19         | 26         | 84         | 22         | 25,6         | 37,2         | 42,6         | 70,6         | 41,2         | 45,0            | 53,8         | 62,2         | 127,6         | 41,0         |
| <b>Μάιος</b>       | 65         | 82         | 52         | 66         | 27         | 56,0         | 76,8         | 26,4         | 47,4         | 30,4         | 56,6            | 111,8        | 102,8        | 90,4          | 55,2         |
| <b>Ιούνιος</b>     | 31         | 23         | 28         | 27         | 27         | 35,6         | 66,2         | 10,0         | 37,3         | 38,0         | 76,4            | 102,8        | 35,8         | 71,7          | 46,8         |
| <b>Ιούλιος</b>     | 6          | 34         | 3          | 14         | 43         | 12,2         | 36,0         | 1,4          | 16,5         | 36,2         | 43,4            | 91,2         | 11,4         | 48,7          | 72,4         |
| <b>Αύγουστος</b>   | 50         | 4          | 26         | 27         | 15         | 15,4         | 6,2          | 19,0         | 13,5         | 5,0          | 38,8            | 23,4         | 32,2         | 31,5          | 11,6         |
| <b>Σεπτέμβριος</b> | 78         | 9          | 85         | 57         | 20         | 37,0         | 89,8         | 12,8         | 46,5         | 18,2         | 26,2            | 59,8         | 36           | 40,7          | 38,4         |
| <b>Οκτώβριος</b>   | 84         | 162        | 42         | 96         | 13         | 292,0        | 322,6        | 54,6         | 52,3         | 22,0         | 207,8           | 216,6        | 62,4         | 162,3         | 35,2         |
| <b>Νοέμβριος</b>   | 16         | 12         | 33         | 204        | 76         | 30,4         | 43,0         | 111,2        | 166,0        | 66,2         | 35,8            | 49,4         | 22,8         | 119,4         | 71,6         |
| <b>Δεκέμβριος</b>  | 33         | 25         | 83         | 120        | 91         | 173,6        | 35,6         | 67,6         | 155,2        | 118,0        | 107,0           | 50,2         | 38,8         | 178,2         | 87,8         |
| <b>sum</b>         | <b>571</b> | <b>524</b> | <b>656</b> | <b>897</b> | <b>507</b> | <b>926,4</b> | <b>959,4</b> | <b>583,4</b> | <b>675,2</b> | <b>583,6</b> | <b>892,8</b>    | <b>916,2</b> | <b>607,6</b> | <b>1032,1</b> | <b>762,4</b> |
| <b>average</b>     | <b>631</b> |            |            |            |            | <b>745,6</b> |              |              |              |              | <b>842,2</b>    |              |              |               |              |



Πίνακας 2 Ετήσια βροχόπτωση για τους σταθμούς Σαρακατσάνα, Βροντού, Κούκος

|             | Σαρακατσάνα   |               |              |               |              | Βροντού       |            |              |             |              | Κούκος       |              |              |              |              |
|-------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             | 2009          | 2010          | 2011         | 2012          | 2013         | 2009          | 2010       | 2011         | 2012        | 2013         | 2009         | 2010         | 2011         | 2012         | 2013         |
| Ιανουάριος  | 112,4         | 10,0          | 26,0         | 3,6           | 37,0         | 112,2         | 61,6       | 39,2         | 12,6        | 33,4         | 48,4         | 6,6          | 28,2         | 29,8         | 21,4         |
| Φεβρουάριος | 36,0          | 46,0          | 51,8         | 13,4          | 28,4         | 52,2          | 114,6      | 160          | 243         | 113,2        | 17,8         | 102,0        | 165,6        | 18,4         | 135,4        |
| Μάρτιος     | 36,4          | 21,8          | 73,6         | 144,0         | 104,6        | 64,2          | 144        | 135,6        | 49          | 35,2         | 35,6         | 49,2         | 88,0         | 7,8          | 35,8         |
| Απρίλιος    | 76,4          | 64,2          | 69,2         | 156,0         | 112,6        | 56,8          | 30,6       | 28,4         | 97,8        | 54,4         | 35,8         | 39,4         | 28,8         | 63,4         | 36,4         |
| Μάιος       | 102,4         | 122,2         | 127,6        | 117,4         | 94,2         | 51,6          | 101,6      | 45           | 66          | 25           | 51,8         | 69,4         | 51,8         | 57,7         | 11,4         |
| Ιούνιος     | 97,2          | 98,4          | 63,8         | 86,5          | 98,6         | 24,8          | 51,2       | 16,6         | 31          | 44,2         | 39,0         | 65,8         | 15,8         | 40,2         | 91,2         |
| Ιούλιος     | 44,0          | 115,2         | 20,0         | 59,7          | 42,2         | 8             | 18,2       | 2,2          | 9           | 36,6         | 12,0         | 51,0         | 16,8         | 26,6         | 22,2         |
| Αύγουστος   | 97,4          | 25,6          | 103,8        | 75,6          | 36,4         | 25,8          | 9,6        | 28,6         | 21          | 28,2         | 25,0         | 7,4          | 10,2         | 14,2         | 25,4         |
| Σεπτέμβριος | 81,2          | 128,4         | 40,4         | 83,3          | 44,4         | 47            | 59         | 28,2         | 45          | 23,6         | 33,2         | 49,2         | 109,0        | 63,8         | 18,2         |
| Οκτώβριος   | 317,8         | 279,4         | 63,6         | 78,6          | 45,6         | 368           | 294        | 39,6         | 32,4        | 18,2         | 122,6        | 217,6        | 27,2         | 60,5         | 20,2         |
| Νοέμβριος   | 66,7          | 79,6          | 25,8         | 281,8         | 171,4        | 33,2          | 20,4       | 68,8         | 304         | 79,6         | 36,6         | 15,0         | 31,0         | 96,6         | 44,8         |
| Δεκέμβριος  | 210,8         | 132,8         | 30,5         | 39,0          | 126,2        | 260,8         | 29,2       | 96,6         | 147,6       | 125,6        | 122,2        | 23,6         | 62,2         | 55,0         | 65,8         |
| sum         | <b>1278,7</b> | <b>1123,6</b> | <b>696,1</b> | <b>1138,9</b> | <b>941,6</b> | <b>1104,6</b> | <b>934</b> | <b>688,8</b> | <b>1059</b> | <b>617,2</b> | <b>580,0</b> | <b>696,2</b> | <b>634,6</b> | <b>534,0</b> | <b>528,2</b> |
| average     | <b>1035,8</b> |               |              |               |              | <b>880,69</b> |            |              |             |              | <b>594,6</b> |              |              |              |              |

**Πίνακας 3** Μέσες, Ελάχιστες, Μέγιστες θερμοκρασίες για το σταθμό Βροντού

|             | <b>Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ΒΡΟΝΤΟΥ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | 8,5  | -0,7        | 6,1         | 3,8         | 6,7         | 4,9            |
| Φεβρουάριος | 9  | 7,9         | 7           | 3,6         | 8           | 7,1            |
| Μάρτιος     | 12,4                                       | 9,7         | 8,9         | 10,3        | 10,4        | 10,3           |
| Απρίλιος    | 16,7                                       | 14,8        | 12,8        | 14,6        | 15,6        | 14,9           |
| Μάιος       | 23,1                                       | 19,1        | 18,1        | 21          | 21,3        | 20,5           |
| Ιούνιος     | 26,3                                       | 22,9        | 23,4        | 24,2        | 23,5        | 24,1           |
| Ιούλιος     | 30   | 26,6        | 26,8        | 27,8        | 26,2        | 27,5           |
| Αύγουστος   | 28,9                                       | 28          | 25,9        | 27,6        | 27,2        | 27,5           |
| Σεπτέμβριος | 24   | 21,3        | 23,7        | 23          | 21,8        | 22,8           |
| Οκτώβριος   | 13,9                                       | 14,1        | 14,5        | 17,9        | 16,5        | 15,4           |
| Νοέμβριος   | 14,2                                       | 14,7        | 8,7         | 13,2        | 12,6        | 12,7           |
| Δεκέμβριος  | 9  | 7,6         | 7,5         | 5,8         | 6,4         | 7,3            |

|             | <b>Ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες ΒΡΟΝΤΟΥ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                    | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | -0,2   | -27,7       | -0,5        | -5          | -5,2        | -27,7          |
| Φεβρουάριος | 0,3  | -2,3        | -1          | -3,4        | 1,2         | -3,4           |
| Μάρτιος     | 4,2  | -0,5        | -2          | 1,6         | -1          | -2,0           |
| Απρίλιος    | 9,3  | 7,8         | 6,4         | 4,2         | 8,5         | 4,2            |
| Μάιος       | 13,8   | 11          | 8,4         | 13,8        | 13,3        | 8,4            |
| Ιούνιος     | 17,6   | 14,1        | 16,1        | 15,9        | 14          | 14,0           |
| Ιούλιος     | 21,1   | 16,3        | 16,9        | 18,1        | 17,1        | 16,3           |
| Αύγουστος   | 21,1   | 17,7        | 17,8        | 18,9        | 19,4        | 17,7           |
| Σεπτέμβριος | 16,5   | 13,2        | 14,6        | 14,8        | 13,6        | 13,2           |
| Οκτώβριος   | -10,3  | 3,5         | 3,3         | 9,5         | 6           | -10,3          |
| Νοέμβριος   | -23,9  | 7           | 1,4         | 5,8         | 0,3         | -23,9          |
| Δεκέμβριος  | -20,8  | -4,6        | -1          | -3,5        | -0,4        | -20,8          |

|             | <b>Μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες Βροντού</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                   | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | 19,6  | 21          | 15,4        | 11,9        | 16,5        | 21,0           |
| Φεβρουάριος | 20,7  | 22,7        | 18,7        | 22          | 20,5        | 22,7           |
| Μάρτιος     | 23  | 21,3        | 19,1        | 23,1        | 19,9        | 23,1           |
| Απρίλιος    | 25,1  | 24,5        | 23,7        | 27,7        | 29          | 29,0           |
| Μάιος       | 35,4  | 28,6        | 27,5        | 27,8        | 30,8        | 35,4           |
| Ιούνιος     | 38,2  | 33,2        | 32,7        | 34,7        | 34,7        | 38,2           |
| Ιούλιος     | 38,9  | 36          | 35,4        | 36,8        | 35,1        | 38,9           |
| Αύγουστος   | 38,1  | 37,7        | 34,6        | 36,8        | 36,6        | 38,1           |
| Σεπτέμβριος | 35,2  | 28,4        | 33,2        | 32,3        | 29,5        | 35,2           |
| Οκτώβριος   | 27,7  | 22,8        | 26,8        | 25,4        | 24          | 27,7           |
| Νοέμβριος   | 25,2  | 25,1        | 15,7        | 25,4        | 21,1        | 25,4           |
| Δεκέμβριος  | 18,5  | 24,4        | 19,7        | 23,4        | 16,4        | 24,4           |

**Πίνακας 4** Μέσες, Ελάχιστες, Μέγιστες θερμοκρασίες για το σταθμό Σκοτίνα

|             | <b>Μέσες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΣΚΟΤΙΝΑ</b> |             |             |             |             |                |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>Average</b> |
| Ιανουάριος  | 6,6  | 7,2         | 6,8         | 4,5         | 7,6         | <b>6,5</b>     |
| Φεβρουάριος | 6,9  | 8,6         | 8,4         | 5,9         | 8,5         | <b>7,7</b>     |
| Μάρτιος     | 10,1                                       | 10,3        | 10,5        | 11,0        | 10,9        | <b>10,6</b>    |
| Απρίλιος    | 14,3                                       | 15,1        | 13,3        | 15,0        | 15,9        | <b>14,7</b>    |
| Μάιος       | 20,3                                       | 19,6        | 18,5        | 22,0        | 21,7        | <b>20,4</b>    |
| Ιούνιος     | 23,5                                       | 23,6        | 24          | 23,7        | 24,0        | <b>23,8</b>    |
| Ιούλιος     | 27,1                                       | 27          | 27,7        | 27,3        | 26,8        | <b>27,2</b>    |
| Αύγουστος   | 26,3                                       | 28,7        | 26,7        | 27,2        | 27,9        | <b>27,4</b>    |
| Σεπτέμβριος | 21,8                                       | 22,2        | 24,8        | 22,9        | 22,5        | <b>22,8</b>    |
| Οκτώβριος   | 17,4                                       | 14,9        | 15,4        | 19,0        | 17,2        | <b>16,8</b>    |
| Νοέμβριος   | 13,2                                       | 15,7        | 10          | 14,0        | 13,4        | <b>13,3</b>    |
| Δεκέμβριος  | 10,5                                       | 8,6         | 8,2         | 6,7         | 7,4         | <b>8,3</b>     |

|             | <b>Ελάχιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΣΚΟΤΙΝΑ</b> |             |             |             |             |                |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                    | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>Average</b> |
| Ιανουάριος  | -0,5   | -1,7        | -3,8        | -3,0        | -3,4        | <b>-3,8</b>    |
| Φεβρουάριος | -1,6   | -2          | -0,4        | -3,3        | 1,5         | <b>-3,3</b>    |
| Μάρτιος     | 3  | -0,5        | -2,9        | 2,8         | -1,6        | <b>-2,9</b>    |
| Απρίλιος    | 9  | 8,5         | 6,7         | 5,2         | 8,6         | <b>5,2</b>     |
| Μάιος       | 11,4   | 11,2        | 7,7         | 14,5        | 13,9        | <b>7,7</b>     |
| Ιούνιος     | 15,5   | 15,5        | 16,8        | 15,9        | 15,8        | <b>15,5</b>    |
| Ιούλιος     | 18,3   | 16,4        | 19          | 17,9        | 17,7        | <b>16,4</b>    |
| Αύγουστος   | 18,9   | 20,3        | 18,6        | 19,3        | 20,7        | <b>18,6</b>    |
| Σεπτέμβριος | 16,2   | 14,8        | 15,7        | 15,6        | 15,1        | <b>14,8</b>    |
| Οκτώβριος   | 7,4  | 5,5         | 3,4         | 11,6        | 8,2         | <b>3,4</b>     |
| Νοέμβριος   | 4,9  | 8,3         | 3,3         | 7,5         | 0,7         | <b>0,7</b>     |
| Δεκέμβριος  | 2,9  | -2,2        | -0,3        | -3,1        | -0,2        | <b>-3,1</b>    |

|             | <b>Μέγιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΣΚΟΤΙΝΑ</b> |             |             |             |             |                |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                   | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>Average</b> |
| Ιανουάριος  | 17,2  | 22,9        | 17,2        | 14,8        | 19,2        | <b>22,9</b>    |
| Φεβρουάριος | 18,5  | 23,3        | 18,5        | 22,3        | 22,4        | <b>23,3</b>    |
| Μάρτιος     | 22,3  | 20,9        | 19,9        | 23,9        | 21,3        | <b>23,9</b>    |
| Απρίλιος    | 23,7  | 24,2        | 26,2        | 28,9        | 29,3        | <b>29,3</b>    |
| Μάιος       | 32,5  | 29,9        | 28,5        | 28,5        | 32,1        | <b>32,5</b>    |
| Ιούνιος     | 36,2  | 33,2        | 32,5        | 34,0        | 36,7        | <b>36,7</b>    |
| Ιούλιος     | 36,1  | 37,4        | 37,5        | 37,0        | 36,9        | <b>37,5</b>    |
| Αύγουστος   | 35,3  | 38          | 35,2        | 36,2        | 37,1        | <b>38,0</b>    |
| Σεπτέμβριος | 30,1  | 30,4        | 35,6        | 32,0        | 30,3        | <b>35,6</b>    |
| Οκτώβριος   | 27  | 24,1        | 28,2        | 27,7        | 25,1        | <b>28,2</b>    |
| Νοέμβριος   | 22,1  | 26,9        | 16,7        | 23,7        | 22,6        | <b>26,9</b>    |
| Δεκέμβριος  | 22,1  | 26,1        | 21,3        | 18,4        | 16,1        | <b>26,1</b>    |

Πίνακας 5 Μέσες, Ελάχιστες, Μέγιστες θερμοκρασίες για το σταθμό Σαρακατσάνα

|             | Μέσες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΣΑΡΑΚΑΤΣΑΝΑ |      |      |      |      | Average |
|-------------|---|------|------|------|------|---------|
|             | 2009                                    | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |         |
| Ιανουάριος  | -0,1                                    | -2,2 | -0,3 | -4,2 | -1,3 | -1,6    |
| Φεβρουάριος | -3,4                                    | -0,5 | -0,3 | -3,5 | -0,5 | -1,6    |
| Μάρτιος     | 0,4                                     | 2,2  | 1    | 2,7  | 2,2  | 1,7     |
| Απρίλιος    | 5                                       | 5,3  | 4    | 6,0  | 7,3  | 5,5     |
| Μάιος       | 11,3                                    | 11   | 8,5  | 13,0 | 11,6 | 11,1    |
| Ιούνιος     | 14,3                                    | 13,8 | 13,4 | 13,8 | 14,0 | 13,9    |
| Ιούλιος     | 17                                      | 16   | 17,5 | 16,8 | 15,7 | 16,6    |
| Αύγουστος   | 15,5                                    | 18,6 | 16,8 | 17,0 | 17,2 | 17,0    |
| Σεπτέμβριος | 11,4                                    | 11,9 | 14,7 | 12,7 | 13,3 | 12,8    |
| Οκτώβριος   | 8                                       | 6,7  | 5,6  | 9,6  | 10,1 | 8,0     |
| Νοέμβριος   | 6,7                                     | 7,8  | 3    | 5,7  | 5,0  | 5,6     |
| Δεκέμβριος  | 2,2                                     | 1,1  | 0,8  | -0,5 | 0,9  | 0,9     |

|             | Ελάχιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΣΑΡΑΚΑΤΣΑΝΑ |       |       |       |       | Average |
|-------------|---|-------|-------|-------|-------|---------|
|             | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  |         |
| Ιανουάριος  | -8,6  | -12,4 | -11,7 | -14,4 | -14,8 | -14,8   |
| Φεβρουάριος | -11,8                                       | -13,6 | -9,7  | -13,8 | -7,1  | -13,8   |
| Μάρτιος     | -8,4  | -7,9  | -15   | -7,9  | -9,2  | -15,0   |
| Απρίλιος    | -1,8  | -0,8  | -5,1  | -3,9  | -0,5  | -5,1    |
| Μάιος       | 1,3   | 0,6   | -0,7  | 6,6   | 2,6   | -0,7    |
| Ιούνιος     | 5,9   | 5,8   | 5,2   | 5,6   | 3,2   | 3,2     |
| Ιούλιος     | 8,4   | 7,4   | 8,4   | 8,1   | 7,6   | 7,4     |
| Αύγουστος   | 9,8   | 7,8   | 7,6   | 8,4   | 10,4  | 7,6     |
| Σεπτέμβριος | 5,6   | 4,8   | 6,3   | 5,6   | 4,8   | 4,8     |
| Οκτώβριος   | -3,1  | -4    | -7,2  | -0,4  | -0,9  | -7,2    |
| Νοέμβριος   | -5  | -1,3  | -7,4  | -0,9  | -5,0  | -7,4    |
| Δεκέμβριος  | -7,8  | -13,8 | -8,2  | -8,4  | -9,8  | -13,8   |

|             | Μέγιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΣΑΡΑΚΑΤΣΑΝΑ |      |      |      |      | Average |
|-------------|--|------|------|------|------|---------|
|             | 2009                                       | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |         |
| Ιανουάριος  | 9,7  | 11,2 | 12,2 | 12,2 | 8,6  | 12,2    |
| Φεβρουάριος | 8,1  | 11,3 | 12,6 | 10,5 | 7,3  | 12,6    |
| Μάρτιος     | 16,6                                       | 15,4 | 14,3 | 15,2 | 12,5 | 16,6    |
| Απρίλιος    | 14,7                                       | 13,2 | 14,3 | 16,4 | 18,6 | 18,6    |
| Μάιος       | 21   | 20   | 16,9 | 18,5 | 20,0 | 21,0    |
| Ιούνιος     | 24,3                                       | 26   | 23   | 24,4 | 24,5 | 26,0    |
| Ιούλιος     | 30,3                                       | 25,2 | 26,9 | 27,5 | 26,1 | 30,3    |
| Αύγουστος   | 24,9                                       | 26,2 | 25,3 | 25,5 | 23,5 | 26,2    |
| Σεπτέμβριος | 22,9                                       | 23,6 | 23,4 | 23,3 | 21,6 | 23,6    |
| Οκτώβριος   | 19,7                                       | 15   | 16,6 | 17,6 | 21,0 | 21,0    |
| Νοέμβριος   | 18,6                                       | 17,8 | 15,1 | 15,9 | 18,7 | 18,7    |
| Δεκέμβριος  | 12,9                                       | 13,5 | 12,5 | 18,1 | 9,8  | 18,1    |

**Πίνακας 6** Μέσες, Ελάχιστες, Μέγιστες θερμοκρασίες για το σταθμό Κούκος

|             | <b>Μέσες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΚΟΥΚΟΣ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                               | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | 5,9                                       | 6,4         | 6,4         | 4,0         | 6,9         | 5,92           |
| Φεβρουάριος | 6   | 7,9         | 7,5         | 4,2         | 8,1         | 6,74           |
| Μάρτιος     | 9,5                                       | 10,2        | 10,4        | 12,3        | 10,5        | 10,58          |
| Απρίλιος    | 14,4                                      | 14,9        | 13,3        | 14,9        | 16,3        | 14,76          |
| Μάιος       | 20,4                                      | 19,6        | 18,4        | 22,6        | 21,8        | 20,56          |
| Ιούνιος     | 23,6                                      | 23,2        | 23,6        | 23,5        | 23,7        | 23,5           |
| Ιούλιος     | 27,2                                      | 26,5        | 27,5        | 27,1        | 26,6        | 27,0           |
| Αύγουστος   | 26,1                                      | 28,7        | 26,8        | 27,2        | 28,2        | 27,4           |
| Σεπτέμβριος | 21,6                                      | 21,9        | 24,6        | 22,7        | 23,2        | 22,8           |
| Οκτώβριος   | 16,9                                      | 14          | 14,8        | 18,6        | 15,9        | 16,04          |
| Νοέμβριος   | 13,6                                      | 15,8        | 9,5         | 13,6        | 16,6        | 13,82          |
| Δεκέμβριος  | 9,3                                       | 7,7         | 7,6         | 5,8         | 7,6         | 7,6            |

|             | <b>Ελάχιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΚΟΥΚΟΣ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                   | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | -3,3  | -4,6        | -3,9        | -5,5        | -4,2        | -5,5           |
| Φεβρουάριος | -2,6  | -1,7        | -3          | -5,1        | 1,4         | -5,1           |
| Μάρτιος     | 0,7   | -0,6        | -3,1        | 3,1         | -1,2        | -3,1           |
| Απρίλιος    | 7,6   | 7,8         | 5           | 3,4         | 8,3         | 3,4            |
| Μάιος       | 10,5  | 10,5        | 8,7         | 15,2        | 13,9        | 8,7            |
| Ιούνιος     | 15,1  | 14,7        | 16,1        | 15,3        | 13,5        | 13,5           |
| Ιούλιος     | 18,4  | 13,8        | 17,4        | 16,5        | 15,6        | 13,8           |
| Αύγουστος   | 17,2  | 17          | 16,4        | 16,9        | 19,3        | 16,4           |
| Σεπτέμβριος | 15,8  | 13,7        | 13,4        | 14,3        | 14,7        | 13,4           |
| Οκτώβριος   | 5,7   | 3,7         | 4,2         | 10,7        | 6,4         | 3,7            |
| Νοέμβριος   | 3,2   | 7,8         | 2,4         | 6,7         | 14,6        | 2,4            |
| Δεκέμβριος  | -0,4  | -4,9        | -1,1        | -3,4        | -2,45       | -4,9           |

|             | <b>Μέγιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες ΚΟΥΚΟΣ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | 17,8   | 22,2        | 18,9        | 15,9        | 17,8        | 22,2           |
| Φεβρουάριος | 19,1   | 22,7        | 20,7        | 22,2        | 21,3        | 22,7           |
| Μάρτιος     | 23,3   | 24,2        | 21,9        | 24,9        | 22,6        | 24,9           |
| Απρίλιος    | 25   | 24,7        | 26          | 29,3        | 31,8        | 31,8           |
| Μάιος       | 33,6   | 30,4        | 31,4        | 30,2        | 34,4        | 34,4           |
| Ιούνιος     | 35,6   | 35,6        | 35,8        | 35,7        | 37,2        | 37,2           |
| Ιούλιος     | 39,2   | 37,1        | 37,9        | 38,1        | 40,1        | 40,1           |
| Αύγουστος   | 35,9   | 39,5        | 38,6        | 38,0        | 38,2        | 39,5           |
| Σεπτέμβριος | 34,5   | 33,4        | 38,4        | 35,4        | 34,5        | 38,4           |
| Οκτώβριος   | 29,6   | 24,6        | 29,2        | 29,0        | 35,6        | 35,6           |
| Νοέμβριος   | 22,4   | 26,6        | 19,6        | 26,6        | 21,1        | 26,6           |
| Δεκέμβριος  | 19,3   | 25,8        | 22,8        | 21,7        | 22,4        | 25,8           |

**Πίνακας 7** Μέσες, Ελάχιστες, Μέγιστες θερμοκρασίες για το σταθμό Ν. Έφεσος

|             | <b>Μέσες Μηνιαίες θερμοκρασίες Ν. ΕΦΕΣΟΣ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | 8,9  | 9,9         | 8,6         | 3,3         | 9,2         | 8,0            |
| Φεβρουάριος | 8,9  | 11,2        | 9,6         | 3,8         | 10,8        | 8,9            |
| Μάρτιος     | 12,2   | 13          | 12,5        | 10,4        | 13,5        | 12,3           |
| Απρίλιος    | 16,2   | 17,8        | 15,8        | 14,5        | 18,1        | 16,5           |
| Μάιος       | 22,4   | 21,9        | 20,9        | 19,7        | 23,7        | 21,7           |
| Ιούνιος     | 25,4   | 26,3        | 25,9        | 25,9        | 26          | 25,9           |
| Ιούλιος     | 28,7   | 30,2        | 28,7        | 29,2        | 28,5        | 29,1           |
| Αύγουστος   | 27,9   | 31,7        | 28          | 29,2        | 29,1        | 29,2           |
| Σεπτέμβριος | 23,8   | 25,5        | 22,7        | 24,0        | 24,3        | 24,1           |
| Οκτώβριος   | 19,3   | 17,6        | 14          | 20,2        | 18,9        | 18,0           |
| Νοέμβριος   | 14,8   | 16,8        | 8,1         | 15,8        | 15,3        | 14,2           |
| Δεκέμβριος  | 12,8   | 10,2        | 7           | 8,5         | 8,5         | 9,4            |

|             | <b>Ελάχιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες Ν. ΕΦΕΣΟΣ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                      | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | -1,7   | 0,7         | -4,2        | -7,7        | -4,8        | -7,7           |
| Φεβρουάριος | -2,2   | -1,3        | -1,5        | -6,2        | 2,4         | -6,2           |
| Μάρτιος     | 2  | 0,2         | -2,3        | -1,4        | -0,5        | -2,3           |
| Απρίλιος    | 6,3  | 8,5         | 6,2         | 2,5         | 8,3         | 2,5            |
| Μάιος       | 12,5   | 11,7        | 8,4         | 11          | 12,8        | 8,4            |
| Ιούνιος     | 16,4   | 15,6        | 16,3        | 16,1        | 14,5        | 14,5           |
| Ιούλιος     | 19,1   | 18,6        | 17,3        | 18,3        | 17,8        | 17,3           |
| Αύγουστος   | 19,5   | 19,8        | 17,5        | 18,9        | 19,9        | 17,5           |
| Σεπτέμβριος | 14,5   | 13,6        | 11,8        | 13,3        | 12,8        | 11,8           |
| Οκτώβριος   | 7,2  | 5           | 0,1         | 9,8         | 6,8         | 0,1            |
| Νοέμβριος   | 3,8  | 5,1         | -1,1        | 4,5         | 0,1         | -1,1           |
| Δεκέμβριος  | 2,8  | -5,5        | -3,3        | -2,1        | -1,2        | -5,5           |

|             | <b>Μέγιστες Μηνιαίες θερμοκρασίες Ν. ΕΦΕΣΟΣ</b> |             |             |             |             | <b>Average</b> |
|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|             | <b>2009</b>                                     | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |                |
| Ιανουάριος  | 21,3  | 26,9        | 21          | 14,4        | 22,2        | 26,9           |
| Φεβρουάριος | 22,5  | 27,9        | 24,1        | 23,1        | 25          | 27,9           |
| Μάρτιος     | 22,4  | 26,1        | 23,4        | 25          | 24,2        | 26,1           |
| Απρίλιος    | 25,7  | 26,7        | 28,1        | 29,9        | 31,8        | 31,8           |
| Μάιος       | 34,5  | 32,6        | 30,8        | 27,5        | 34,8        | 34,8           |
| Ιούνιος     | 37,1  | 36,4        | 34,7        | 36,1        | 37,5        | 37,5           |
| Ιούλιος     | 38,2  | 39,5        | 38,8        | 38,8        | 38,8        | 39,5           |
| Αύγουστος   | 39,2  | 40,7        | 38          | 39,3        | 40,4        | 40,7           |
| Σεπτέμβριος | 33,9  | 33,3        | 34,2        | 33,8        | 35,1        | 35,1           |
| Οκτώβριος   | 29,6  | 28          | 29,3        | 30,4        | 29,1        | 30,4           |
| Νοέμβριος   | 25,2  | 29,8        | 18,5        | 28,9        | 26,5        | 29,8           |
| Δεκέμβριος  | 23,7  | 27,9        | 21,9        | 22,3        | 21,3        | 27,9           |

**Πίνακας 8** Ατμοσφαιρική πίεση στο σταθμό Βροντού (2009-2014)

|             | Ατμοσφαιρική πίεση ΒΡΟΝΤΟΥ |       |        |       |        |       |
|-------------|----------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|
|             | 2009                       | 2010  | 2011   | 2012  | 2013   | 2014  |
| Ιανουάριος  | 995,1                      | 994,1 | 998,7  | 996,7 | 993    | 995,5 |
| Φεβρουάριος | 991,7                      | 988,5 | 995,8  | 996,8 | 992    | 993,0 |
| Μάρτιος     | 992,4                      | 997,3 | 1001,1 | 1001  | 990,1  | 996,4 |
| Απρίλιος    | 995,8                      | 997   | 994,4  | 989,3 | 995,1  | 994,3 |
| Μάιος       | 997,1                      | 992,2 | 995,6  | 992   | 991,9  | 993,8 |
| Ιούνιος     | 993,8                      | 991,5 | 994,3  | 993,2 | 993,4  | 993,2 |
| Ιούλιος     | 994,5                      | 993,8 | 991,5  | 993,3 | 995,2  | 993,7 |
| Αύγουστος   | 996,6                      | 992,9 | 994,8  | 994,8 | 994,8  | 994,8 |
| Σεπτέμβριος | 997,8                      | 994,8 | 996,3  | 996,3 | 994,6  | 996,0 |
| Οκτώβριος   | 995,1                      | 996,2 | 999,8  | 994,9 | 1000,2 | 997,2 |
| Νοέμβριος   | 993,2                      | 993,5 | 1004,5 | 998,4 | 995,2  | 997,0 |
| Δεκέμβριος  | 990,5                      | 993,1 | 998,2  | 994,3 | 1003,7 | 996,0 |

**Πίνακα0.9** Ετήσια σχετική υγρασία στο σταθμό Βροντού (2009-2014)

|             | Σχετική υγρασία (% RH) ΒΡΟΝΤΟΥ |      |      |      |      |      |
|-------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|
|             | 2009                           | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Ιανουάριος  | 86,9                           | 78,1 | 77,4 | 63,4 | 70,9 | 75,3 |
| Φεβρουάριος | 70,2                           | 69,1 | 74,2 | 62,7 | 79,0 | 71,0 |
| Μάρτιος     | 68,7                           | 68,2 | 75,4 | 55,6 | 73,7 | 68,3 |
| Απρίλιος    | 72,4                           | 65,9 | 68,6 | 60,3 | 68,4 | 67,1 |
| Μάιος       | 67,5                           | 62,2 | 67,6 | 51,5 | 56,9 | 61,1 |
| Ιούνιος     | 62,2                           | 61,2 | 55,8 | 59,7 | 59,1 | 59,6 |
| Ιούλιος     | 51,2                           | 51,3 | 50,0 | 50,8 | 50,7 | 50,8 |
| Αύγουστος   | 58,1                           | 50,6 | 54,4 | 54,4 | 47,3 | 53,0 |
| Σεπτέμβριος | 67,2                           | 62,5 | 55,2 | 61,6 | 58,6 | 61,0 |
| Οκτώβριος   | 72,9                           | 80,8 | 65,0 | 67,4 | 70,5 | 71,3 |
| Νοέμβριος   | 72,2                           | 71,6 | 71,4 | 78,9 | 82,5 | 76,3 |
| Δεκέμβριος  | 86,2                           | 73,6 | 73,4 | 78,7 | 70,9 | 76,6 |

**Πίνακας 10** Ετήσια ατμοσφαιρική πίεση στο σταθμό Ν. Εφέσου (2009-2013)

|             | Ατμοσφαιρική πίεση Ν. ΕΦΕΣΟΣ |        |        |        |        |
|-------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|             | 2009                         | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   |
| Ιανουάριος  | 1010,1                       | 1001,2 | 1013,1 | 1011,9 | 1006,6 |
| Φεβρουάριος | 1005,5                       | 1002,8 | 1010   | 1012   | 1005,6 |
| Μάρτιος     | 1005,9                       | 1011,5 | 1015,1 | 1014,7 | 1003,5 |
| Απρίλιος    | 1009,2                       | 1010,7 | 1008,4 | 1003   | 1008,2 |
| Μάιος       | 1009,9                       | 1005,3 | 1009   | 1005,1 | 1004,3 |
| Ιούνιος     | 1006,4                       | 1004,5 | 1007,1 | 1006   | 1005,7 |
| Ιούλιος     | 1006,8                       | 1006,5 | 1004   | 1005,7 | 1007,5 |
| Αύγουστος   | 1008,9                       | 1005,2 | 1007,2 | 1007,1 | 1007   |
| Σεπτέμβριος | 1010,5                       | 1008,2 | 1008,8 | 1009,2 | 1007,2 |
| Οκτώβριος   | 1007,5                       | 1008,9 | 1013,1 | 1008   | 1013,4 |
| Νοέμβριος   | 1008,7                       | 1006,9 | 1018,4 | 1011,8 | 1009,1 |
| Δεκέμβριος  | 1003,1                       | 1007,2 | 1012,8 | 1008   | 1018,3 |

**Πίνακας 11** Ετήσια σχετική υγρασία για το σταθμό Ν. Εφέσου (2009-2013)

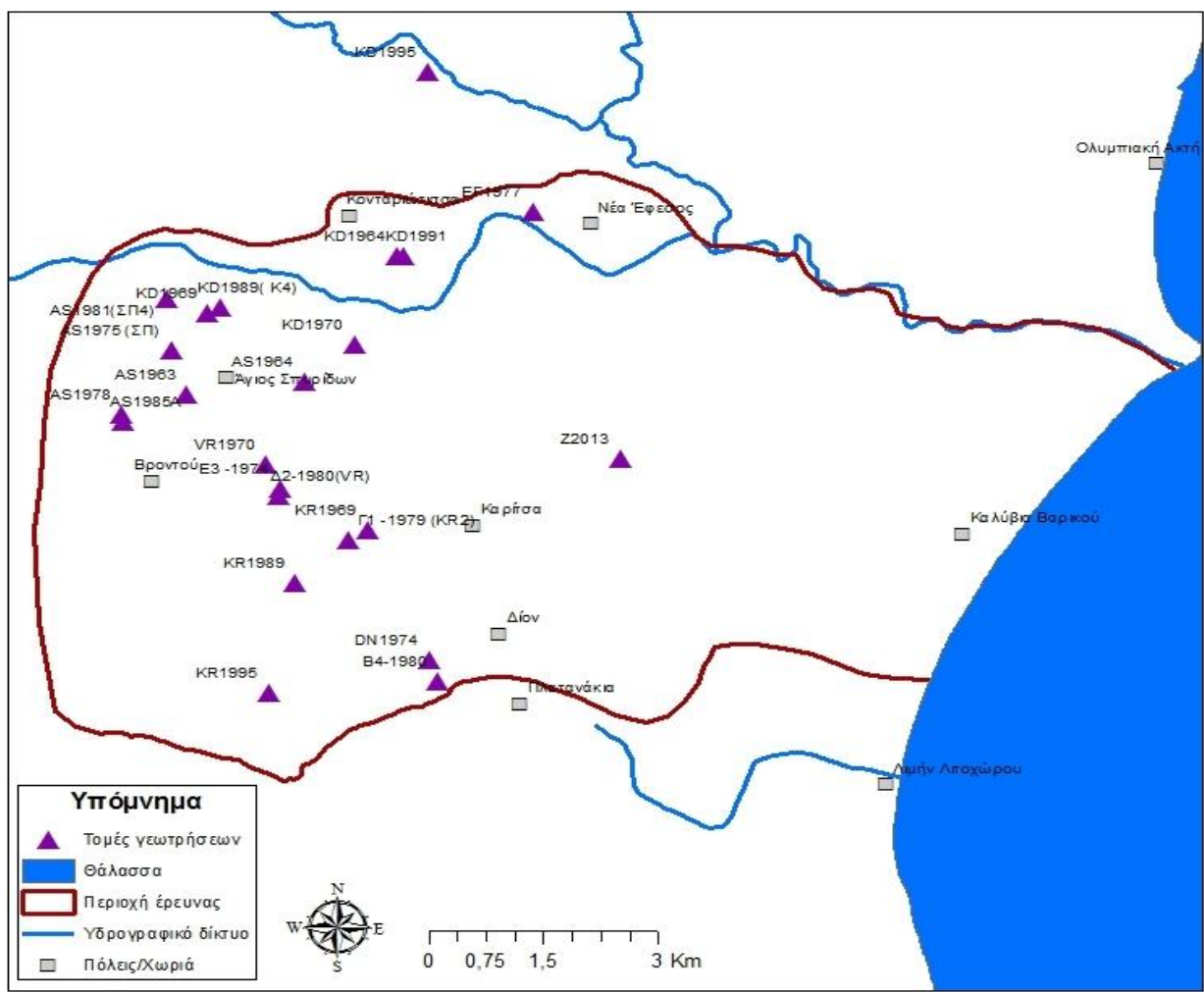
|             | Σχετική υγρασία (% RH) Ν. ΕΦΕΣΟΣ |      |      |      |      |
|-------------|----------------------------------|------|------|------|------|
|             | 2009                             | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Ιανουάριος  | 93,6                             | 78,2 | 85,2 | 67,6 | 77,7 |
| Φεβρουάριος | 76,6                             | 77,1 | 81,5 | 67,2 | 84,9 |
| Μάρτιος     | 76,8                             | 77,8 | 80,3 | 69   | 79,2 |
| Απρίλιος    | 82,6                             | 76,1 | 77,1 | 66,4 | 78   |
| Μάιος       | 77,9                             | 74,5 | 77,1 | 67,2 | 67,2 |
| Ιούνιος     | 75,1                             | 72,2 | 67,8 | 71,7 | 69,3 |
| Ιούλιος     | 65,7                             | 61,7 | 64,3 | 63,9 | 62,7 |
| Αύγουστος   | 71                               | 60,8 | 66,6 | 66,1 | 60,3 |
| Σεπτέμβριος | 77,4                             | 65,8 | 67,3 | 70,2 | 66,9 |
| Οκτώβριος   | 81,2                             | 86,4 | 71,6 | 79,6 | 78,5 |
| Νοέμβριος   | 86                               | 85   | 75,3 | 86,7 | 87,3 |
| Δεκέμβριος  | 88,7                             | 81,2 | 74,3 | 84,6 | 80,2 |



**Πίνακας 12** Υπερετήσιες βροχοπτώσεις στους σταθμούς Μοσχοπόταμος, Κολινδρός, Λόφος, Βροντού

| Έτος             | Ετήσια Βροχόπτωση (mm) |            |            |            |
|------------------|------------------------|------------|------------|------------|
|                  | Μοσχοπόταμος           | Κολινδρός  | Λόφος      | Βροντού    |
| 1968             |                        | 735,6      |            |            |
| 1969             | 845,9                  | 623,7      |            |            |
| 1970             | 683,7                  | 608,2      |            |            |
| 1971             | 714,8                  | 549        |            |            |
| 1972             | 834,5                  | 707,5      |            |            |
| 1973             | 535,7                  | 684        |            |            |
| 1974             | 667                    | 788        |            |            |
| 1975             | 672,7                  | 584,7      | 691        | 942,3      |
| 1976             | 839,8                  | 843        | 917,5      | 1048,6     |
| 1977             | 387,8                  | 463,2      | 471,3      | 488,8      |
| 1978             | 738,3                  | 697,3      | 995,6      | 1231,2     |
| 1979             | 1156,8                 | 811,2      | 1194,3     | 1389,8     |
| 1980             | 626,6                  | 702        | 935,7      | 808        |
| 1981             | 568,7                  | 344,5      | 636        | 686,6      |
| 1982             | 992,3                  | 732,5      | 1172       | 1245,5     |
| 1983             | 593,2                  | 567,6      | 835,8      | 796,5      |
| 1984             | 676,9                  | 386,8      | 802,8      | 966,2      |
| 1985             | 858,8                  | 861,3      | 785,5      | 791,8      |
| 1986             | 898,9                  | 656        | 1038,3     | 971,2      |
| 1987             | 912,2                  | 778,8      | 970,5      | 517,2      |
| 1988             | 664,4                  | 467,9      | 670,9      | 615,1      |
| 1989             | 394,4                  | 346,8      | 403,5      | 422,7      |
| 1990             | 649,3                  | 424        | 677        | 567        |
| 1991             | 828,1                  | 473,7      | 740,7      | 682,5      |
| 1992             | 818                    | 677,4      | 759,4      | 919,3      |
| 1993             | 665,7                  | 414,2      | 672,6      | 655,1      |
| 1994             | 693,3                  | 703        | 991        | 1041       |
| 1995             | 853,7                  | 628        | 959,3      | 996,6      |
| 1996             | 660,8                  | 577        | 799        | 773,9      |
| 1997             | 618,8                  | 422,3      | 738,5      | 806,4      |
| 1998             | 796,3                  | 649,7      | 911,9      | 1469,1     |
| 1999             | 735,1                  | 719,2      | 858,5      | 1074,2     |
| 2000             | 554,9                  | 474,1      | 481,5      | 576,6      |
| 2001             | 631,2                  | 542,6      | 630        | 560,4      |
| 2002             | 1339                   | 1097,2     | 1275,6     | 1271       |
| 2003             | 755,5                  | 772,3      | 735,4      | 810,8      |
| 2004             | 675,9                  | 682,2      | 637,8      | 653,5      |
| 2005             | 667                    | 402,3      | 399,6      | 404,1      |
| 2006             | 1067,6                 | 362,1      | 889,1      | 805,7      |
| 2007             | 834,8                  | 611,6      | 659,7      | 756,9      |
| 2008             | 724,3                  | 712,5      | 601,5      | 760,1      |
| 2009             | 838,9                  | 1078,9     | 1033,9     | 1174,9     |
| 2010             | 555,7                  | 411,9      | 477,1      | 934,2      |
| 2011             |                        | 756,9      |            | 688,8      |
| <b>Μέση τιμή</b> | <b>744</b>             | <b>626</b> | <b>790</b> | <b>846</b> |

## **Κεφάλαιο 2 : Τομές γεωτρήσεων**



Εικόνα.1 Χάρτης γεωγραφικής κατανομής των τομών στην περιοχή μελέτης

AS 1963

Γεωλόγος Δημητ. Λιάκουρης Γεώτρησης Τ.Ε.Α. Αγίου Σπυρίδωνος

Γεωτρύπ. ΣΤΑΡ Νομός Πιερίας

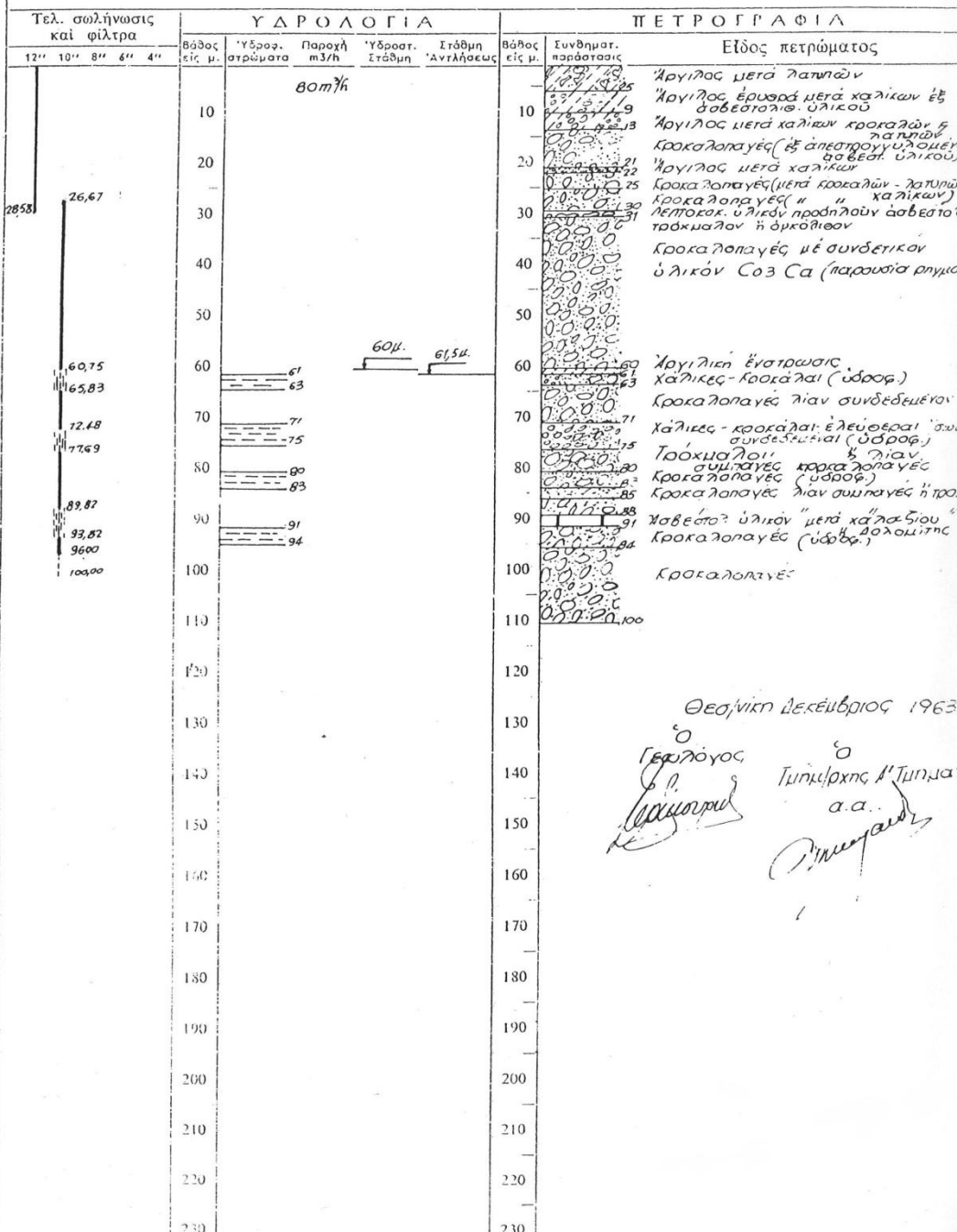
Άρ. Γεωτρύπ. 26 Περιοχή Αγίου Σπυρίδωνος

Έναρξης 28-6-63 Τοποθεσία "Άλωνόταπος"

Λήξης 5-9-63 Υψόμετρον

Αριθ.

Μ.Τ. 058



Θεσ/νική Δεκεμβρίου 1963

ο Γεωλόγος  
 Δ. Λιάκουρης  
 ο Τυπόμετρος  
 Α. Τυπόμετρος  
 α.α.

01 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Αγ. Σπυρίδωνας

AS 1964

Γεωλόγος Δ. Λιάκουρης  
 Γεωτρύπ. ΣΤΑΡ  
 Άρ. Γεωτρύπ. 26  
 Έναρξης 24-2-64  
 Λήξης 11-4-64

Γεώτρησης Αγίου Σπυρίδωνος Τ.Ε.Α. Άρανη - Λάκκου  
 Νομός Πιερίας  
 Περιοχή Σπυρίδωνος  
 Τοποθεσία " Λούνισμα "

Άριθ. Μητρ. 708

Γεωτρύπιστής Νικολαΐδης Θωμάς Ύψόμετρον

| Τελ. σωλήνωσις και φίλτρα |     | ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ |    |    |              | ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ      |                          |                |                  |              |                     |                            |
|---------------------------|-----|-----------|----|----|--------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------|--------------|---------------------|----------------------------|
| 12"                       | 10" | 8"        | 6" | 4" | Βάθος εις μ. | Υδροστ. στρώματα | Παροχή m <sup>3</sup> /h | Υδροστ. Ιτόθμη | Ιτόθμη Αντήλωσης | Βάθος εις μ. | Ευνηματ. παράστασις | Είδος πετρώματος           |
|                           |     |           |    |    |              |                  | 300 m <sup>3</sup> /h    |                |                  |              |                     | 20 φλογική γη              |
|                           |     |           |    |    | 10           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 κροκάλαι, καλίκες       |
|                           |     |           |    |    | 20           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 Άργιλος μετά καλίκων    |
|                           |     |           |    |    | 30           |                  |                          | 26 μ.          |                  |              |                     | 20 Άργιλος μετά καλίκων    |
|                           |     |           |    |    | 40           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 κροκάλαι (ύδρφορ.)      |
|                           |     |           |    |    | 50           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 Μάρμα                   |
|                           |     |           |    |    | 60           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 Κροκαλοπαγές            |
|                           |     |           |    |    | 70           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 κροκάλαι (ύδρφορ.)      |
|                           |     |           |    |    | 80           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 Μαρμαίικος ασβεστόλιθος |
|                           |     |           |    |    | 90           |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 κροκάλαι (ύδρφορ.)      |
|                           |     |           |    |    | 100          |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 Κροκαλοπαγές            |
|                           |     |           |    |    | 110          |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 Μαρμαίικος ασβεστόλιθος |
|                           |     |           |    |    | 120          |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 κροκάλαι (ύδρφορ.)      |
|                           |     |           |    |    | 130          |                  |                          |                |                  |              |                     | 20 Μαρμαίικος ασβεστόλιθος |
|                           |     |           |    |    | 140          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 150          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 160          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 170          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 180          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 190          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 200          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 210          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 220          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |
|                           |     |           |    |    | 230          |                  |                          |                |                  |              |                     |                            |

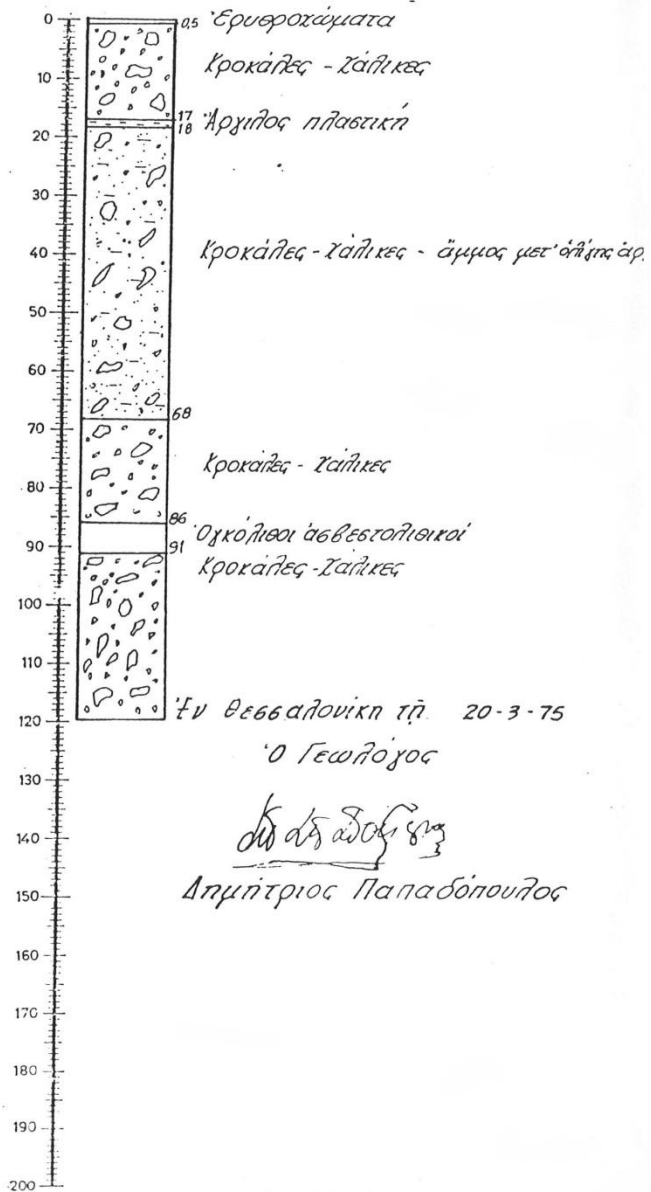
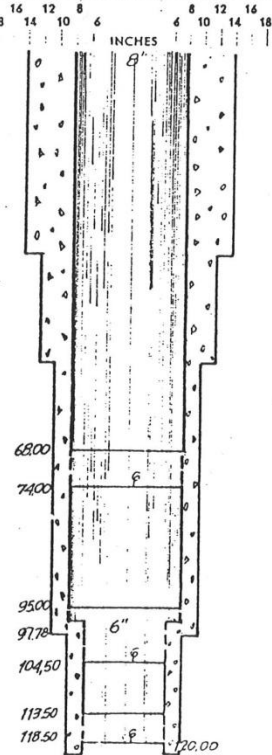
Ένθεσμένη Νοέμβριος 1964  
 ο  
 Γεωλόγος Τυπύμαρης Α. Ν. Μ. Γ. / ο  
*(Signatures)*

02 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Αγ. Σπυρίδωνας

|   |                     |  |
|---|---------------------|--|
| Γεωλόγος : Παπαδόπουλος Δημήτριος           | Αριθμός Μητρώου     | 1681   |
| Γεωτεχνολογικός : Θ. Χριστοδουπίου          | Φύλλον χάρτου       |  |
| Γεωτρύπανον : STAR 57                       | Υδρολογικά στοιχεία | Υδροστ. Στάθμη 67<br>Στάθμη Ανελήσ. 71<br>Παροχή M <sup>3</sup> /ω 180 |
| Είδος γεωτρήσεως : Αρδευτική                | Υδροχημικά στοιχεία | E C.<br>P. H.<br>Σκληρότης   |
| Ένδιαφερόμενος : Τ.Ε.Α. Αγίου Σπυριδωνος    |                     |  |
| Νομός - Κοινότης : Πιερίας - Άγιος Σπυριδων |                     |  |
| Τοποθεσία - Ύψόμετρον : Άμπεβια             |                     |  |
| Έναρξης - Λήξης : 29-10-74 21-2-75          |                     |  |

Σ ω λ ή ν ω σ ι ς

Π ε τ ρ ο γ ρ α φ ί α

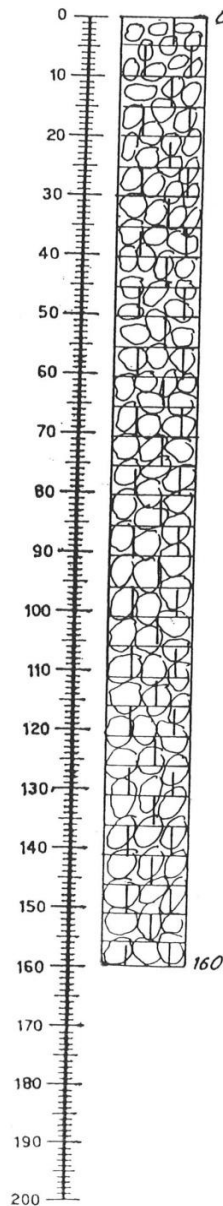
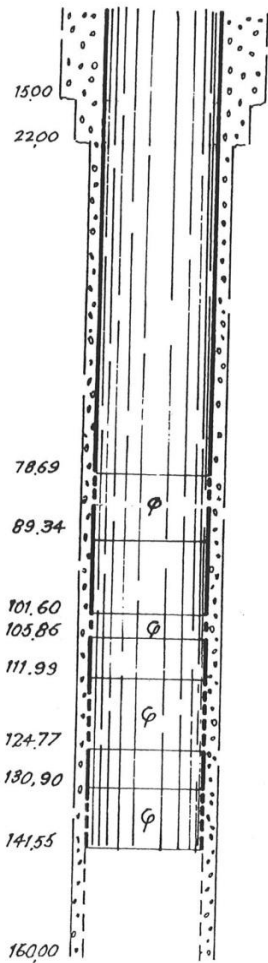


03 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Αγ. Σπυριδωνας

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| Γεωλόγος: Παπαλιούρας Βασίλειος                    | Αριθμός Μητρώου: 1938          |
| Γεωτρπανιστής: Δούμας Δούμας                       | Φύλλον χάρτου                  |
| Γεωτρύπανο: STAR 64                                | Υδροστ. Στάθμη: 94.00          |
| Είδος γεωτρήσεως: Υδρευτική                        | Στάθμη Αντλήσ.: 98.00          |
| Ένδιαφερόμενος: Συνδ. Κοινότη. Όλυμπού             | Παροχή M <sup>3</sup> /10: 200 |
| Νομός - Κοινότης: Πιερίας                          | Υδροχημικά στοιχεία: E C       |
| Τοποθεσία - Ύψόμετρον: Κοινή Βοσινή - Αγ. Σπυρίδων | Ρ Η                            |
| Έναρξις - Λήξις: 14-10-77 30-1-78                  | Σκληρότης                      |

Σ ω λ ή ν ω σ ι ς

Π ε τ ρ ο γ ρ α φ ί α



Κρομαλοπαγές κυρίως ασβεστολιθικής συστάσεως και ασβεστινή συγκολλητική ύλη

Ένθεσμίον τῆ 8-3-78  
ὁ Γεωλόγος

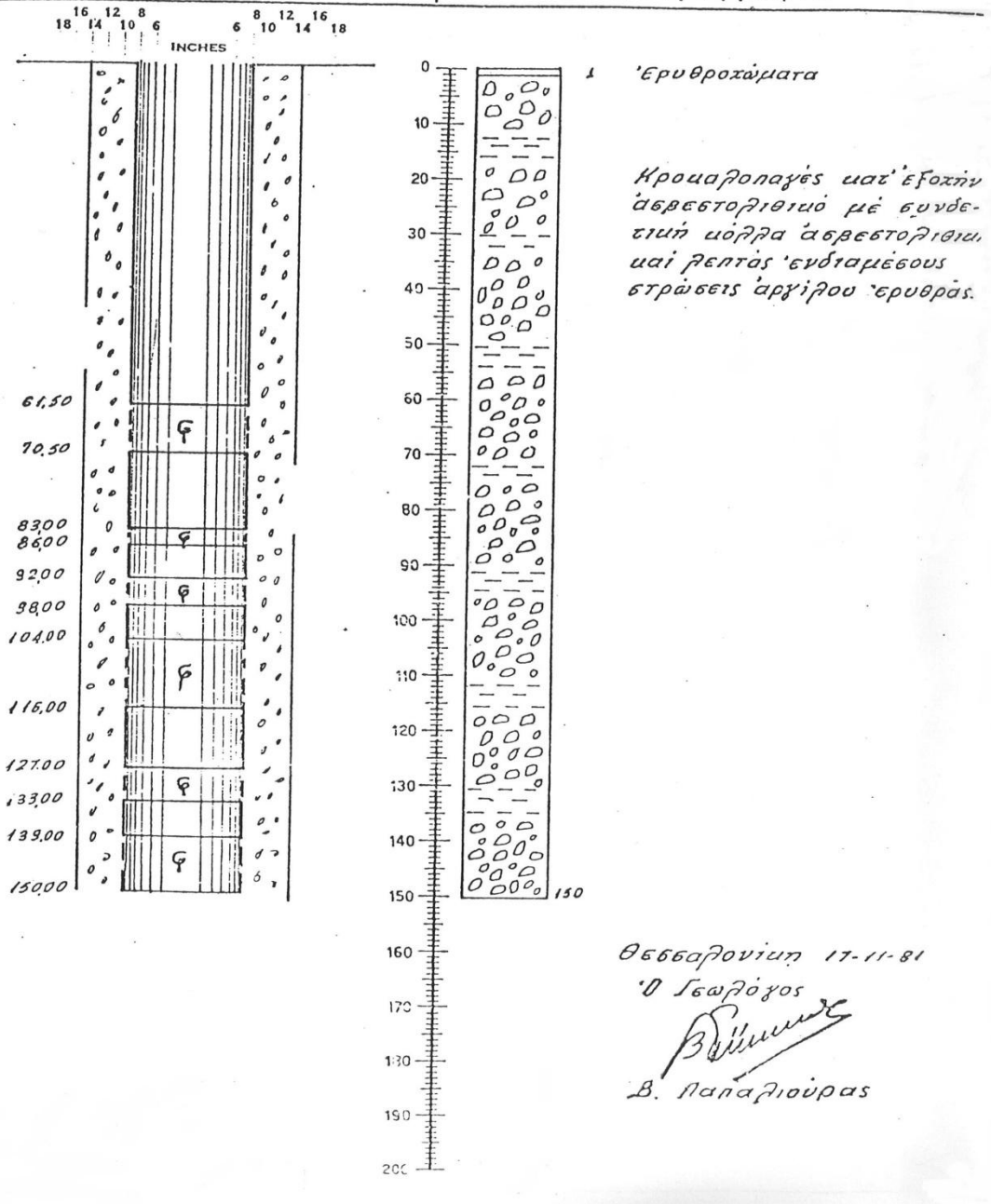
*B. Παπαλιούρας*

4 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Αγ. Σπυρίδωνας

|   |                     |   |
|---|---------------------|---|
| Γεωλόγος : <i>Χρ. Δημητρίου</i>                   | Αριθμ. Μητρώου      | 2363/9231   |
| Γεωτρωπανιστής : <i>Εύθ. Πορτοζοπούρας</i>        | Φύλλον χάρτου       |   |
| Γεωτρύπανον : <i>U.R.B. 187</i>                   | Υδρολογικά στοιχεία | Υδροστ. Στάθμη <i>61</i><br>Στάθμη Άντλησ. <i>73 f</i><br>Παροχή Μ 3/ω <i>150</i> |
| Είδος γεωτρήσεως : <i>Άρδευτική</i>               | Υδροχημικά στοιχεία | Ε C<br>Ρ Η<br>Εκκληρότης  |
| Ένδιαφερόμενος : <i>Κοιν. Αγ. Σπυρίδωνα</i>       |                     |   |
| Νομός - Κοινότης : <i>Πιερίας - Αγ. Σπυρίδωνα</i> |                     |   |
| Τοποθεσία - Ύψόμετρον : <i>Σπρόμαρπος</i>         |                     |   |
| Έναρξις - Λήξις : <i>1-9-81 20-1-82</i>           |                     |   |

Σ ω λ ή ν ο σ ι ς

Π ε τ ρ ο γ ρ α φ ί α



05 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Αγ. Σπυρίδωνας



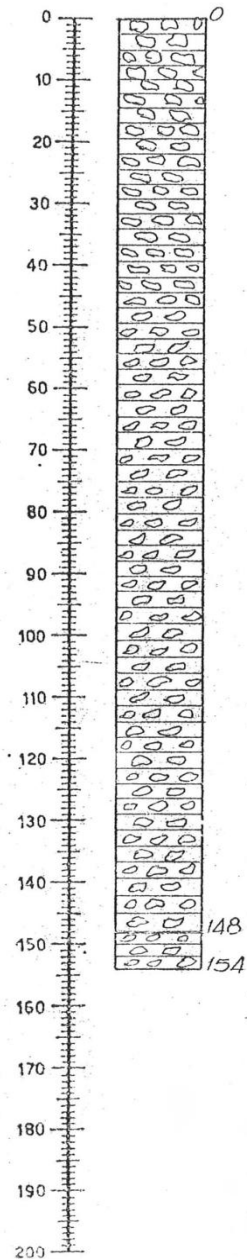
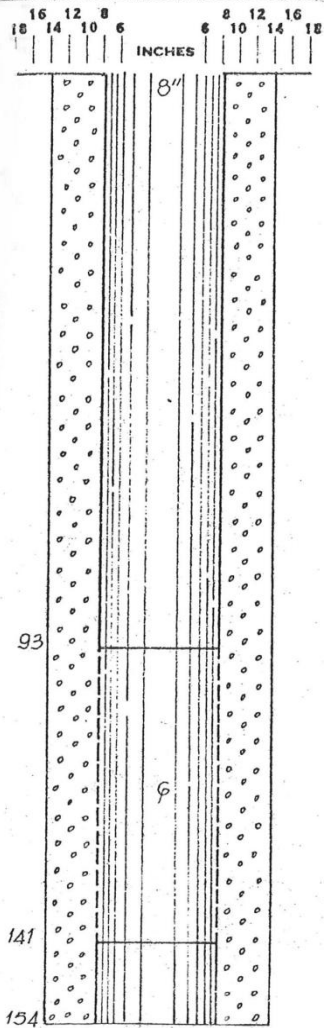
AS 1985 A

Γεωλόγος : Βαβ. Παπαγιούρας  
 Γεωτρικανιστής : Θεόδ. Φανούρας  
 Γεωτρόπανο : I.B.A. 644  
 Είδος γεωτρήσεως : Υδρευτική  
 Ενδιαφερόμενος : Σύνδεσμος Κοινοτήτων Οζύμνου  
 Νομός - Κοινότητα : Πιερίας - Οζύμνου  
 Τοποθεσία - Υψόμετρο : Αγίος Σπυρίδων - Κοιν. Βοδενί  
 Εναρξη - Λήξη : 6-2-85 26-8-85

|                     |                |     |
|---------------------|----------------|-----|
| Αριθμός Μητρώου     | 10675/2696     |     |
| Φύλλο χάρτου        |                |     |
| Υδρολογικά στοιχεία | Υδροστ. Στάθμη | 94  |
|                     | Στάθμη Αντήσ.  | 100 |
|                     | Παροχή Μ 3/ω   | 200 |
| Υδροχημικά στοιχεία | Ε C            |     |
|                     | Ρ Η            |     |
|                     | Σκληρότης      |     |

Σωλήνωσις

Πετρογραφία



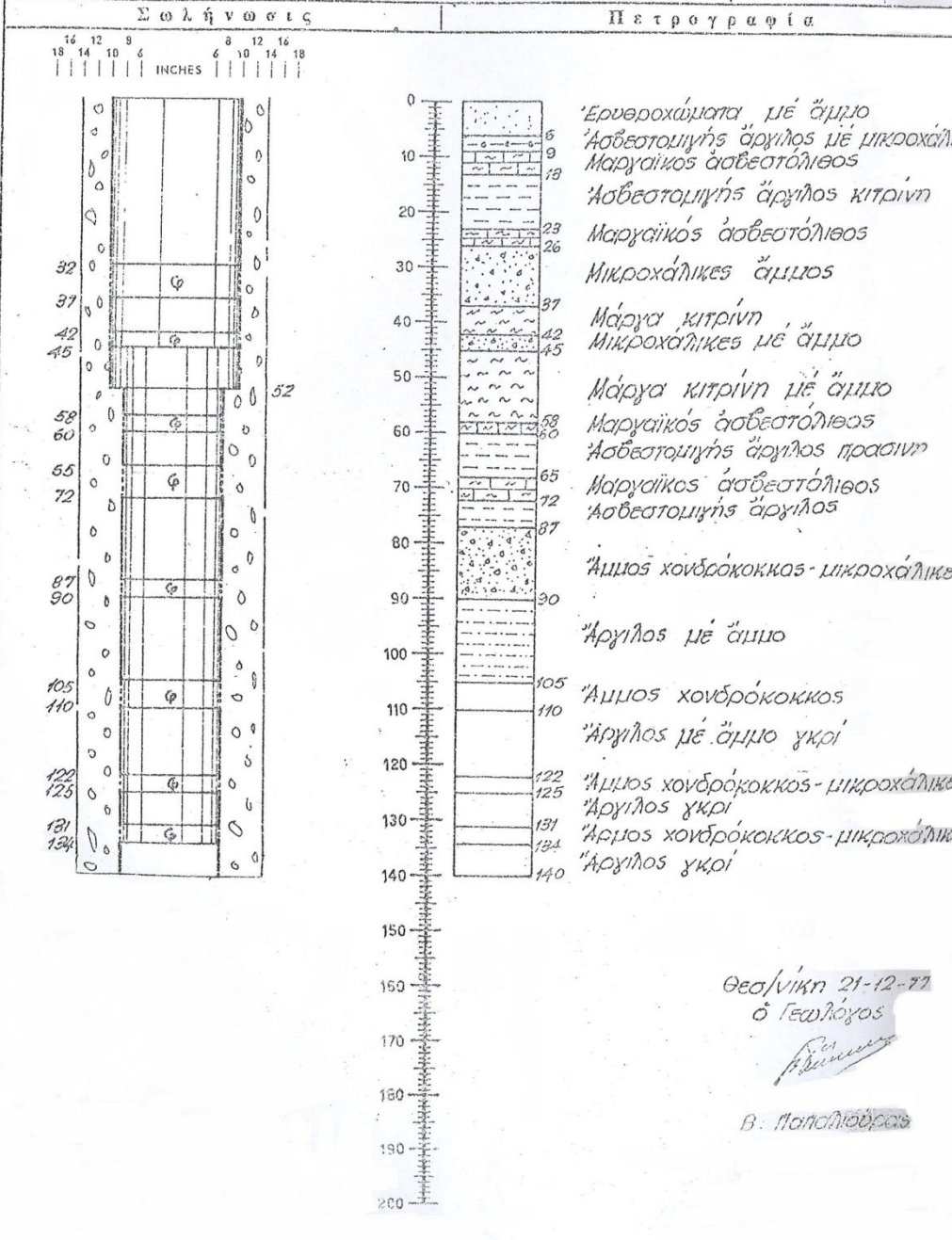
κροκοροπαχές κατ' εξοχήν  
 ασβεστολιθικής σύστασης και  
 συνδετική κόλλα ασβεστιτική.

148 κροκοροπαχές

Θεωρητική 15-7-85  
 Ο Γεωλόγος  
 Βαβ. Παπαγιούρας  
 Παν. Καρμαλιώτης

06 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Αγ. Σπυρίδωνας

|                                      |                          |           |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------|
| Γεωλόγος: Παπαλιούρας Β.             | Αριθμός Μητρώου          | 1928      |
| Γεωτρικαντιστής: Καραμαύρκου Ηλίας   | Φύλλον χάρτου            |           |
| Γεωτρόπανο: URB 172                  | Υδροστ. Στάθμη           | 2         |
| Είδος γεωτρήσεως: Άρδευτική          | Στάθμη Αντήλσ.           | 26        |
| Ένδιαφερόμενος: Κοινότης Ν. Έφessου  | Παροχή M <sup>3</sup> /ω | 100       |
| Νομός - Κοινότης: Πιερίας Ν. Έφessου | Υδροχημικά στοιχεία      | E C       |
| Τοποθεσία - Υψόμετρον: Λογγιά        |                          | P H       |
| Έναρξις - Λήξις: 22-9-77 19-11-77    |                          | Σκληρότης |



07 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Ν. Έφessος

Γεωλόγος *Λιάκουρας Δημ.* Γεώτρησης *Τ.Ε.Α. Αράπη - Λάκκου Κονταυριωτίσσης*  
 Γεωτρύπ. *ΣΤΑΠ* Νομός *Πιερίας*  
 Άρ. Γεωτρυπ. *26* Περιοχή *Κονταυριωτίσσης*  
 Έναρξης *15-4-64* Τοποθεσία *Πυζάρια ή Πλάτανας*  
 Λήξης *5-6-64* Υψόμετρον *(διαβατήριων τριών των διακίβρων)* Αριθ. *718*  
 Γεωτρυπ(ο)στής *Μικολαΐδης Β.*

| Τελ. σολήνωσις και φίλτρα |     |    |    |    | ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ    |                 |                            |                | ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ      |              |                      |   |
|---------------------------|-----|----|----|----|--------------|-----------------|----------------------------|----------------|------------------|--------------|----------------------|---|
| 12"                       | 10" | 8" | 6" | 4" | Βάθος εις μ. | Υδροφ. στρώματα | Παροχή m <sup>3</sup> /h   | Υδροστ. στάθμη | Στάθμη Αντλήσεως | Βάθος εις μ. | Συνθηματ. παράστασις | Είδος πετρώματος                        |
|                           |     |    |    |    |              |                 | <i>190 m<sup>3</sup>/h</i> | <i>85 μ.</i>   |                  |              |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 10           |                 |                            |                |                  | 10           | <i>0 1 0 0</i>       | Κροκάλαι, χάλικες                       |
|                           |     |    |    |    | 20           |                 |                            |                |                  | 20           | <i>0 0 0 0</i>       | Άργιλος μετά χάλικων                    |
|                           |     |    |    |    | 26           |                 |                            |                |                  | 26           | <i>0 0 0 0</i>       | Χάλικες                                 |
|                           |     |    |    |    | 27           |                 |                            |                |                  | 27           | <i>0 1 0 0</i>       | Κροκάλαι                                |
|                           |     |    |    |    | 31           |                 |                            |                |                  | 31           | <i>0 1 0 0</i>       | Κροκάλαι (υδροφ.)                       |
|                           |     |    |    |    | 36           |                 |                            |                |                  | 36           | <i>0 1 0 0</i>       | Άργιλος                                 |
|                           |     |    |    |    | 39           |                 |                            |                |                  | 39           | <i>0 1 0 0</i>       | Ψαμμίτης                                |
|                           |     |    |    |    | 46           |                 |                            |                |                  | 46           | <i>0 1 0 0</i>       | Άργιλος                                 |
|                           |     |    |    |    | 50           |                 |                            |                |                  | 50           | <i>0 0 0 0</i>       | Χάλικες (υδροφ.)                        |
|                           |     |    |    |    | 60           |                 |                            |                |                  | 60           | <i>0 0 0 0</i>       | Άργιλος μετά μικροχάλικων               |
|                           |     |    |    |    | 68           |                 |                            |                |                  | 68           | <i>0 0 0 0</i>       | Ψαμμίτης (υδροφ.)                       |
|                           |     |    |    |    | 70           |                 |                            |                |                  | 70           | <i>0 0 0 0</i>       |   |
|                           |     |    |    |    | 72           |                 |                            |                |                  | 72           | <i>0 0 0 0</i>       | Άμμος (υδροφ.)                          |
|                           |     |    |    |    | 77           |                 |                            |                |                  | 77           | <i>0 0 0 0</i>       | Άμμος                                   |
|                           |     |    |    |    | 83           |                 |                            |                |                  | 83           | <i>0 0 0 0</i>       | Άμμος κονδρόκοκκος (υδροφ.)             |
|                           |     |    |    |    | 86           |                 |                            |                |                  | 86           | <i>0 0 0 0</i>       | Άμμος με άνθρακομιγή συστατικά (υδροφ.) |
|                           |     |    |    |    | 97           |                 |                            |                |                  | 97           | <i>0 0 0 0</i>       | Άργιλος                                 |
|                           |     |    |    |    | 100          |                 |                            |                |                  | 100          | <i>0 0 0 0</i>       |   |
|                           |     |    |    |    | 110          |                 |                            |                |                  | 110          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 120          |                 |                            |                |                  | 120          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 130          |                 |                            |                |                  | 130          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 140          |                 |                            |                |                  | 140          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 150          |                 |                            |                |                  | 150          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 160          |                 |                            |                |                  | 160          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 170          |                 |                            |                |                  | 170          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 180          |                 |                            |                |                  | 180          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 190          |                 |                            |                |                  | 190          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 200          |                 |                            |                |                  | 200          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 210          |                 |                            |                |                  | 210          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 220          |                 |                            |                |                  | 220          |                      |   |
|                           |     |    |    |    | 230          |                 |                            |                |                  | 230          |                      |   |

Θεσπίακη Φεβρουαρίου 1965  
 Γεωλόγος Τμήματος

08 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Κονταυριώτισσα

Γεωλόγος *Β. Παπαλιούρας* Γεώτρησης *Τ.Ε.Α Κονταριωτίτσας*  
 Γεωτρήπ. *STAR 105* Νομός *Πιερίας*  
 Χάρτης Περιοχή *Κοιν. Αγίου Σπυριδανος*  
 Συντεταγμένοι "Εναρξίς *22-1-69* Λήξις *1-4-69*  
 Σκοπός Γεωτρήσεως *Άρδευσις Τοποθεσία* *Ξηρόκαμποι*  
 Γεωτρυπ(ο)στής *Νικολαΐδης Θωμάς Υψόμετρον*

Αριθ. 1135  
 Μητρ.

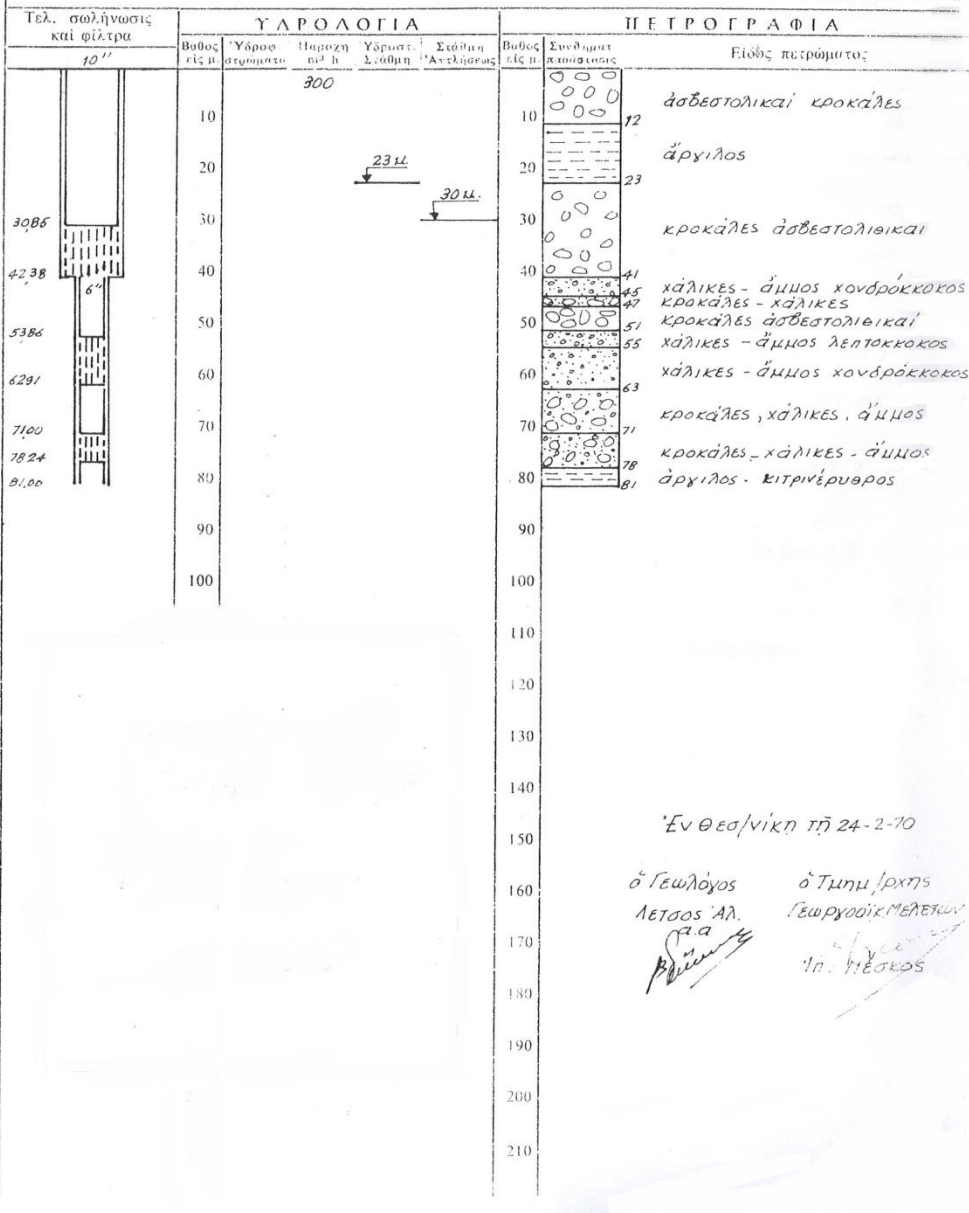
| Τελ. σωλήνοσις και φίλτρα |     |    |    |    | ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ    |                 |                          |               | ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ      |              |  |
|---------------------------|-----|----|----|----|--------------|-----------------|--------------------------|---------------|------------------|--------------|--|
| 12"                       | 10" | 8" | 6" | 4" | Βάθος εις μ. | Υδρομ. σταθμίαι | Παροχή m <sup>3</sup> /h | Υδρομ. Σταθμη | Στάθμη Αντήρησης | Βάθος εις μ. | Συνθήματα πετρώσεως  |
|                           |     |    |    |    |              |                 | 80 M <sup>3</sup> /h     |               |                  |              | Είδος πετρώματος   |
|                           |     |    |    |    | 10           |                 |                          |               |                  | 10           | 1 "Αργίλος κρατάλης καφέ<br>2 "Αργίλος άσβεστούχος μετά χα<br>6 "Αργίλος κάλικες καφέ<br>11 "Αργίλος άσβεστούχος-κάλικες<br>17 |
|                           |     |    |    |    | 20           |                 |                          |               |                  | 20           | >> >>  |
|                           |     |    |    |    | 30           |                 |                          |               |                  | 30           |  |
|                           |     |    |    |    | 40           |                 |                          | 46.5 M        |                  | 40           | 32 "Αργίλος άσβεστούχος κάλικες<br>34 "Αργίλος άσβεστούχος-κάλικ   |
|                           |     |    |    |    | 50           |                 |                          |               |                  | 50           | 49 "Αργίλος- άμμος- κάλικες<br>53  |
|                           |     |    |    |    | 60           |                 |                          |               |                  | 60           | 60 "Χάλικες & μπλοκ κυρίως άσβεστ.<br>66.5 * 47.60 M.  |
|                           |     |    |    |    | 70           |                 |                          |               |                  | 70           | >> >> >> *   |
|                           |     |    |    |    | 80           |                 |                          |               |                  | 80           | 70 "Αργίλος πλαστική καφέ<br>71 Μπλοκ άσβεστολιθικά<br>76 Χάλικες-υψηίδες άσβεστολιθ<br>80                                     |
|                           |     |    |    |    | 90           |                 |                          |               |                  | 90           | *** 4.5 M.   |
|                           |     |    |    |    | 100          |                 |                          |               |                  | 100          | Έν θεσ/νίκη τῆ 7-6-69  |
|                           |     |    |    |    | 110          |                 |                          |               |                  | 110          | Γεωλόγος Τμήρης Α! Τμήματο<br>B. Παπαλιούρας Ν. Μέμμος   |
|                           |     |    |    |    | 120          |                 |                          |               |                  | 120          |  |
|                           |     |    |    |    | 130          |                 |                          |               |                  | 130          |  |
|                           |     |    |    |    | 140          |                 |                          |               |                  | 140          |  |
|                           |     |    |    |    | 150          |                 |                          |               |                  | 150          |  |
|                           |     |    |    |    | 160          |                 |                          |               |                  | 160          |  |
|                           |     |    |    |    | 170          |                 |                          |               |                  | 170          |  |
|                           |     |    |    |    | 180          |                 |                          |               |                  | 180          |  |
|                           |     |    |    |    | 190          |                 |                          |               |                  | 190          |  |
|                           |     |    |    |    | 200          |                 |                          |               |                  | 200          |  |
|                           |     |    |    |    | 210          |                 |                          |               |                  | 210          |  |
|                           |     |    |    |    | 220          |                 |                          |               |                  | 220          |  |

09 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Κονταριώτιτσα

Γεωλόγος Λέτσος Αλεξάνδρος  
Γεωτρύπη STAR 39  
Χάρτης  
Συντεταγμένοι  
Έναρξις 20-11-69 Λήξις 7-3-70  
Ίκοπός Γεωτρήσεως Άρδευτική  
Γεωτρυπηστής Δούκας Δούκας

Γεωτρήσις ΤΕΑ Κουντουριώτισσης ΠΖ  
Νομός Πιερίας  
Κοινότης Κουντουριώτισσα  
Τοποθεσία "Λούγισμα" F))  
Ύψόμετρον

Αριθ. 1241  
Μητρ.

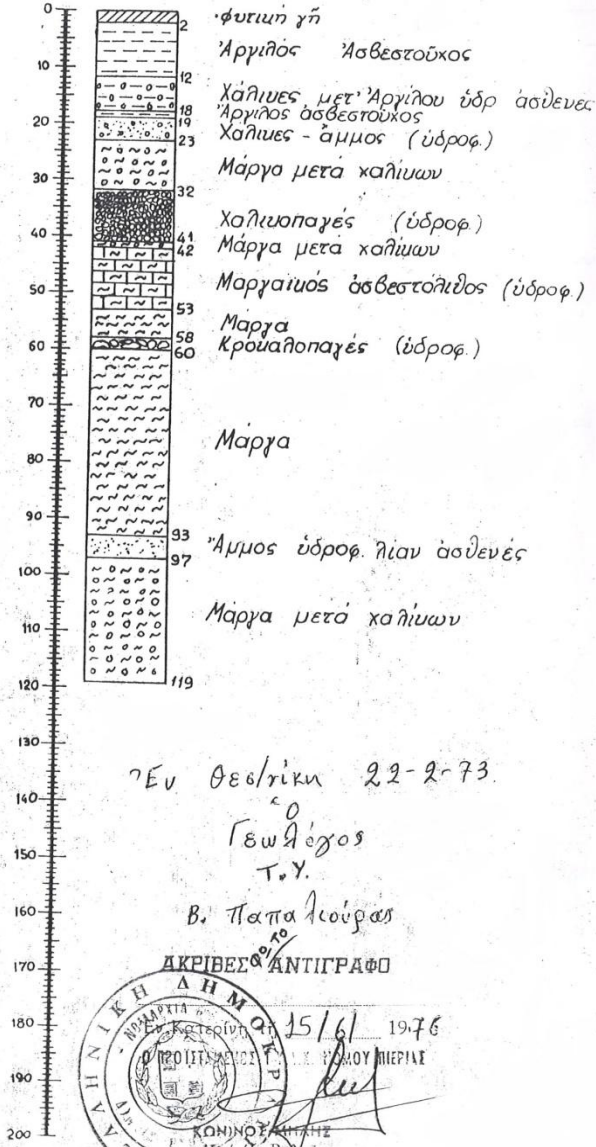
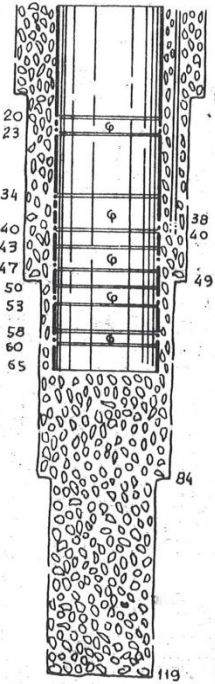


10 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Κονταριώτισσα

|   |                     |                          |     |
|---|---------------------|--------------------------|-----|
| Γεωλόγος : Παπαλιούρας Βασίλ.                       | Αριθμός Μητρώου     | 1546                     |     |
| Γεωτεχνολογική : Χατζηπαύλασίου Άντ.                | Φύλλον χάρτου       |                          |     |
| Γεωτρύπανον : STAR 64                               | Υδρολογικά στοιχεία | Υδροστ. Στάθμη           | 850 |
| Είδος γεωτρήσεως : Άρδευτική                        |                     | Στάθμη Άνελης            | 18  |
| Ένδιαφερόμενος : Τ.Ε.Α. Κονταριωτίσσης              |                     | Παροχή M <sup>3</sup> /ω | 180 |
| Νομός - Κοινότης : Πιερίας Κατερίνης Κονταριωτίσσης | Υδροχημικά στοιχεία | B C. εις 25° C           | 334 |
| Τοποθεσία - Ύψόμετρον : Μπουρναζί                   |                     | P H.                     | 815 |
| Έναρξις - Λήξις 24-10-72 15-1-73                    |                     | Σκληρότης                | 17  |

Σωλήνωσις

Πετρογραφία



11 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Κονταριωτίσση

**ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ** ΑΜΙΝΑ

Όνομα: Πιρίας Κοινότητα Κονταριώτισσα Τονομία ΠΥΞΑΡΙΑ

ΟΤΛΑΘ ΧΑΡΤΗ (1:50 000) Γεωλόγος μελετητής: Ισούδας ... Αστέρας, ...  
 ΟΤΛΑΘ ΧΑΡΤΗ (1:20 000) Πωλεμπασίλης Γενναίδης Χρυσός  
 Τύπος γεωτροπέου: ΤΟΝΕ  
 Έτος κατασκευής: 10-9-1981

**ΕΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ**

| κατ' εκτίμηση |    |    | τοπογρ. επεξεύρωση |    |    |
|---------------|----|----|--------------------|----|----|
| χ'            | ψ' | z' | χ"                 | ψ" | z" |
|               |    |    |                    |    |    |
|               |    |    |                    |    |    |

ΕΚΑΡΙΘΜΑ ΣΠΗΛΗΘΗΣ:      ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

10"

|     |  |                            |
|-----|--|----------------------------|
| 0   |  | Κοσμιάλα χαλιές            |
| 10  |  | Αργίλος με καλιές          |
| 20  |  | Κρούα / γη κρούα με καλιές |
| 30  |  | Αμμώδης αργίλος με καλιές  |
| 40  |  | Κρούα με καλιές            |
| 50  |  | Κρούα με καλιές            |
| 60  |  | Κρούα με καλιές            |
| 70  |  | Κρούα με καλιές            |
| 80  |  | Κρούα με καλιές            |
| 90  |  | Κρούα με καλιές            |
| 100 |  | Κρούα με καλιές            |
| 110 |  | Κρούα με καλιές            |
| 120 |  | Κρούα με καλιές            |
| 130 |  | Κρούα με καλιές            |
| 140 |  | Κρούα με καλιές            |
| 150 |  | Κρούα με καλιές            |
| 160 |  | Κρούα με καλιές            |
| 170 |  | Κρούα με καλιές            |

Κρούα με καλιές

Αργίλος

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΙΑ**

Διάμετρος - διάτρηση: 15 1/2  
 Διάμετρος - βύθισμα: 15 1/2 ίντσες  
 Μήκος - πλήρης κοπή:        
 Τύπος μίλιου: κενός  
 Άνοιγμα εσθ: 1,5 x 12  
 Αριθμός τολινομίλων: 3,5      Τύπος: 1-5

**ΣΤΟΙΧΙΑ ΑΝΤΙΣΤΗΓΗΣ**

| Μητρώο | Υ.Ε. # | 4,5 μέτ. |    | Διάστημα (μ. ανάδ.) |
|--------|--------|----------|----|---------------------|
|        |        | 2η       | 3η |                     |
| 1η     | 12     | 140      |    | 25                  |
| 2η     |        |          |    | 35                  |
| 3η     | 17     | 180      |    | 35                  |

Τόπος γεωτροπέου:      Q 140 m<sup>3</sup>/h  
 Σ.Α. 4,5 μ.

**ΠΡΟΤΙΘΟΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ**

| Υ.Ε. Μητρώο | Q | 4,5 μέτ. |    | Άλλη μελέτη | ΣΑ (λίτρα) |
|-------------|---|----------|----|-------------|------------|
|             |   | 2η       | 3η |             |            |
| 15 1/2      |   |          |    |             |            |

**ΟΛΙΓΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**

| Εκαρίθμ. θέσης | Εκαρίθμ. Resere |
|----------------|-----------------|
|                |                 |

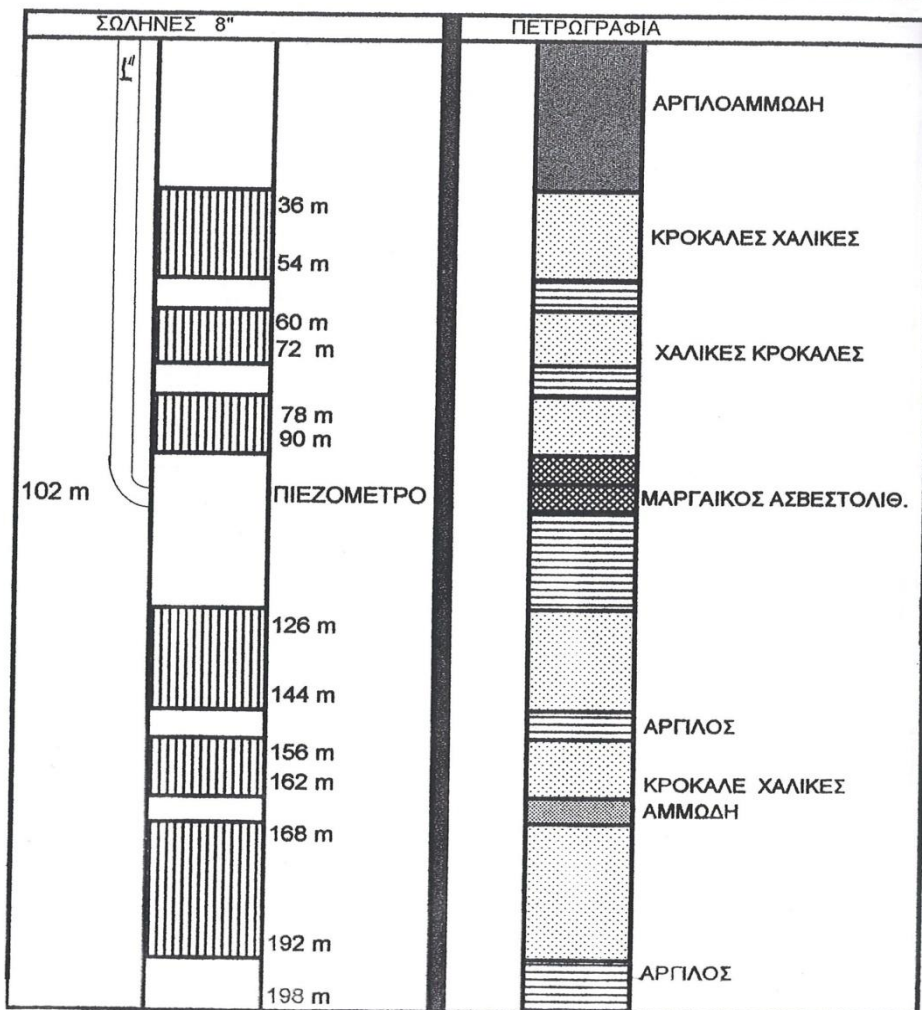
Κασερίη 13-2-92  
 Ο ΓΕΩΛΟΓΟΣ  
  
 Ιούδας Αστέρας

12 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Κονταριώτισσα

KD 1995

ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΟΙΝ. ΚΟΝΤΑΡΙΩΤΙΣΣΑΣ

|                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| ΓΕΩΛΟΓΟΣ : ΚΥΡΟΥ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ        | ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ        |
| ΓΕΩΤΡΗΠΑΝΙΣΤΗΣ : ΛΙΑΛΙΟΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ | ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ : 5 m      |
| ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ : ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ             | ΣΤΑΘΜΗ ΑΝΤΛΗΣΗΣ : 25 m        |
| ΕΙΔΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ : ΥΔΡΟΑΡΔΕΥΤΙΚΗ   | ΠΑΡΟΧΗ : 100 km/h             |
| ΝΟΜΟΣ : ΠΙΕΡΙΑΣ                    | ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΟΜΩΝΑΣ 72-78 m    |
| ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : ΜΠΟΥΡΝΑΖΗ              | ΕΝΑΡΞΗ - ΛΗΞΗ: ΣΕΜΠΤΕΒΡΙΟΣ 95 |

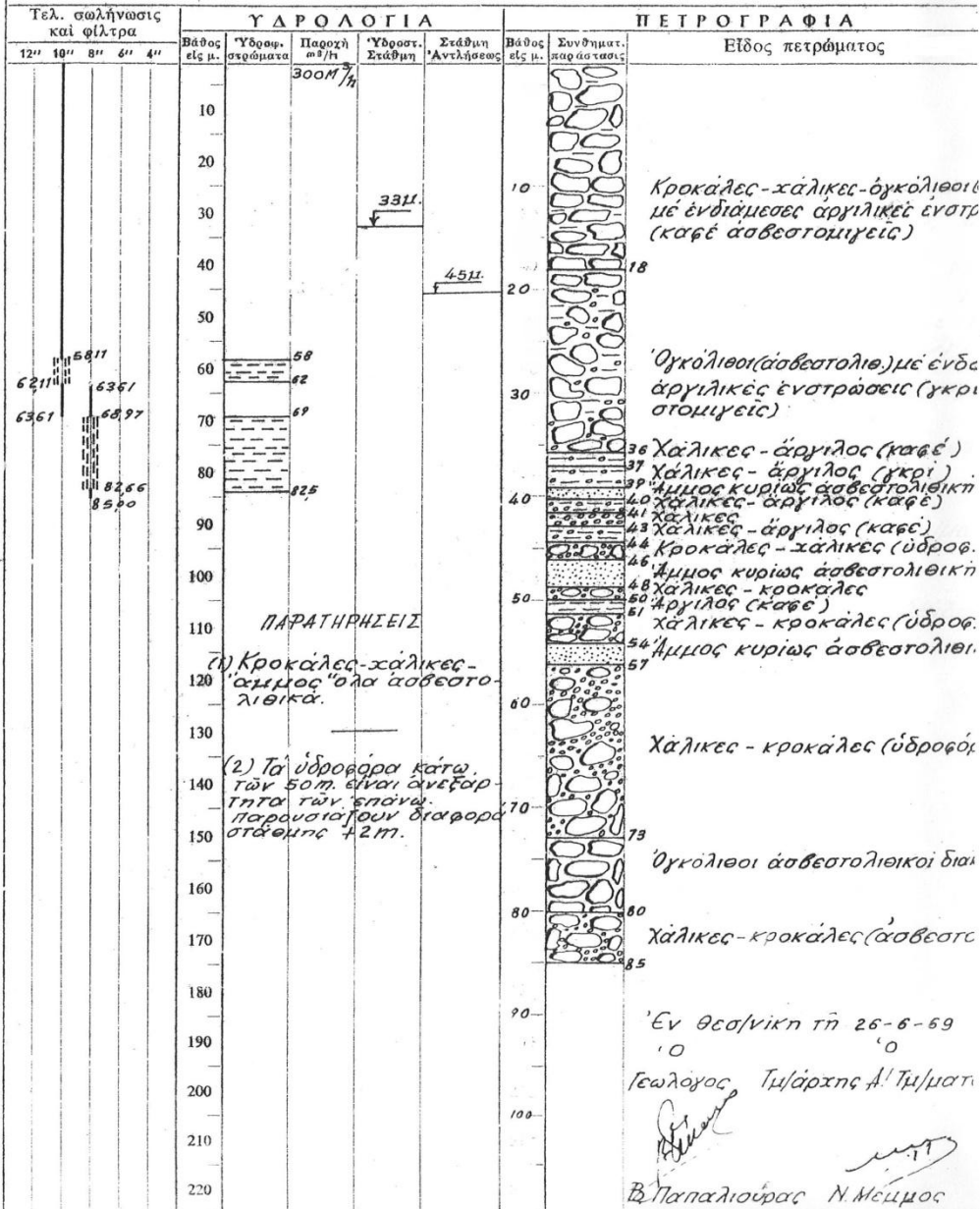


13 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Κονταριώτισσα



Γεωλόγος Β. Παπαλιούρας Γεώτρησης Τ.Ε.Α Ούρλιας ΙΙ<sup>α</sup>  
 Γεωτρύπ. S.T.A.R. 105 Νομός Πιερίας  
 Χάρτης Συντεταγμένοι Νομός Πιερίας  
 "Εναρξίς 1-10-68 Λήξις 21-1-69 Περιοχή Κοινότη. Καρίτσας  
 Σκοπός Γεωτρήσεως "Αρδευσίς Τοποθεσία "Τούμπα"  
 Γεωτρυπιστής Θωμ. Νικολαΐδης Ύψόμετρον

Αριθ. 1108  
 Μητρ.



14 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Καρίτσας

**ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ**

Α.Μ. 1132

Νομός Περικιάς Κοινότητα Καρίτσας Τοποθεσία: Γαβριά

...Γεωλόγος μελετητής Δελβεγιώτης Γαρυφαλάς  
 ...Γεωτεχνικός Ιωαννίδης Χρήστος

...Όργανο γεωμετρίας ΤΟΝΕ (Περιστροφικό)  
 ...Έγγραφο γεωμετρίας 1-6-89 Λύση γεωμετρίας 2-11-89

---

**ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ**

| κατ' εκτίμηση |    |    | Τολογρ αποτύπωση |    |    |
|---------------|----|----|------------------|----|----|
| x=            | ψ= | z= | x=               | ψ= | z= |
|               |    |    |                  |    |    |
|               |    |    |                  |    |    |

---

**ΣΚΑΡΙΟΝΗΜΑ ΕΠΛΗΡΩΣΗΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ**

0  
10  
20  
30  
40  
50  
60  
70  
80  
90  
100  
110  
120  
130  
140  
150  
160  
170  
180

Άροια λαπαγές  
 αβασκολιθικά  
 με λεπτές ενδιά-  
 μεσες στρώσεις  
 ερυθράς αργίλου

---

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

... Διάμετρος διάτρησης \_\_\_\_\_  
 ... Διάμετρος διευρυσης 20"  
 ... Ημλία ηλικίας διασκόπησης \_\_\_\_\_  
 ... Τύπος φίλτρου Γεφύρας  
 ... Άνοιγμα οπής 2 m m  
 ... Διάμετρος χαλικοφίλτρου 3.5 mm ούγκος  
 ... Στοιμάντωση \_\_\_\_\_

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΗΣΗΣ**

Ημλία 2-11-89 Υ.Σ = 93 m

| ΒΑΘΜΙΔΑ | ΔΙΑΡΚΕΙΑ | α | ΔS μετά |    | Διάρκεια επανόδου |
|---------|----------|---|---------|----|-------------------|
|         |          |   | 2h      | 5h |                   |
| 1h      |          |   |         |    |                   |
| 2h      |          |   |         |    |                   |
| 3h      |          |   |         |    |                   |

Υδαταγωγμότητα \_\_\_\_\_  
 Ε.Παρ. \_\_\_\_\_

**ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ**

| ΥΣ Max | α   | ΔS μετά |       | Άλληλες πύρρση | ΕΑ Ιερίων 100 m |
|--------|-----|---------|-------|----------------|-----------------|
|        |     | 5h      | 5000h |                |                 |
|        | 300 |         |       |                |                 |

Ολικό κόστος κατασκευής \_\_\_\_\_

| Σκαρίονημα υθσης | Σκαρίονημα Rerepe |
|------------------|-------------------|
|                  |                   |

Κατερίνη 24-9-90  
 Ο ΓΕΩΛΟΓΟΣ  
  
 Δελβεγιώτης Γαρυφαλάς

15 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Καρίτσας

Γ Ε Ω Τ Ρ Η Σ Η .....

A.M.

Νομός: ΠΙΕΡΙΑΣ

Καινοτότητα: ΚΑΡΙΤΣΑΣ

Τοποθεσία: "ΓΑΒΡΙΑ"

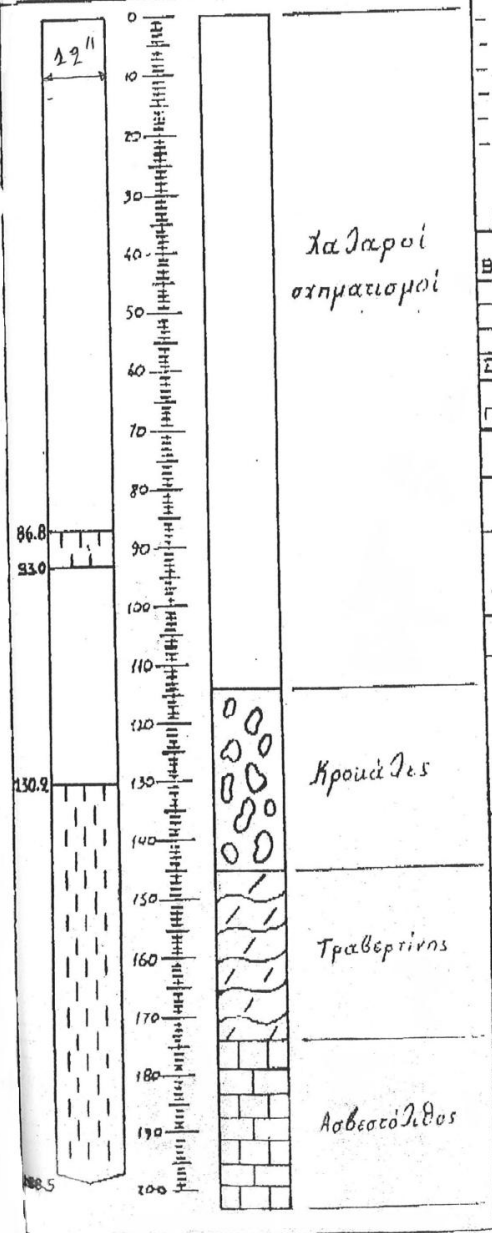
ΦΥΛΛΟ ΧΑΡΤΗ ( 1:50.000 )  
ΦΥΛΛΟ ΧΑΡΤΗ ( 1:20.000 )

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

ΚΑΤ' ΕΚΤΙΜΩΣΗ ΤΟΠΟΓΡ. ΑΠΟΤΥΠ.

X Ψ Z X Ψ Z

Σκάω. Σωλήν. Λιθολογική τομή



- Γεωλογος μελετητης .....
- Γεωτρυπανιστης ΚΑΡΑΓΙΑΧΗ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
- Τυπος γεωτρυπανου. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ
- Έναρξη εργασιων. 17-4-95
- Λήξη εργασιων. 9-5-95

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Διαιμετρος διαταρησης. 11 3/8"
- Διαιμετρος διευρυνσης. 19 1/2"
- Ημ/νια ηλκ/ης διασκαρησης. 19"
- Τυπος φιλτρου. ΓΕΦΥΡΩΤΟ
- Ανοιγμα σπης. 3-5mm
- Διαιμετρος χαλικοφιλτρου. 3-5mm
- Ογκος χαλικοφιλτρου. ....
- Ταιμεντωση. ....

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΩΣΗΣ

Ημ/νια : ..... Υ.Σ. : .....

| Βαθμ.   | Διασκ. 0 | 05 μετ. |    | Διασκ. επανος |
|---------|----------|---------|----|---------------|
|         |          | 3ω      | 5ω |               |
| 1η      |          |         |    |               |
| 2η      |          |         |    |               |
| 3η      |          |         |    |               |
| Στ. Παρ |          |         |    |               |

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

| Υ Σ Μακ | 0 5η | 05 μετ. |       | ΛΗ Τελικ |
|---------|------|---------|-------|----------|
|         |      | 3000η   | επιδω |          |
| 161 m   | 220  |         |       | 168 m    |

Ολικό κόστος κατασκευής .....

| Σκαριφημα θεσης | Σκαριφημα Reserve |
|-----------------|-------------------|
|                 |                   |

Ο ΓΕΩΛΟΓΟΣ

*[Signature]*  
ΑΡΓΥΡΙΟΣ ΑΝΤ. ΤΣΕΟΣ  
ΓΕΩΛΟΓΟΣ Ε.Α.Ε.  
Κωνσταντ. Τ. Τηλ. 26530  
αριθ. 36171610  
ΒΕΡΟΙΑ

16 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Καρίτσας

VR 1970

Γεωλόγος Παπαδόπουλος Κων/τίνος Γεώτρησης Τ.Ε.Α. Βροντούς

Γεωτρήσιμ. STAR 105

Χάρτης

Νομός Πιερίας

Συντεταγμένα

Περιοχή Κοιν. Βροντούς

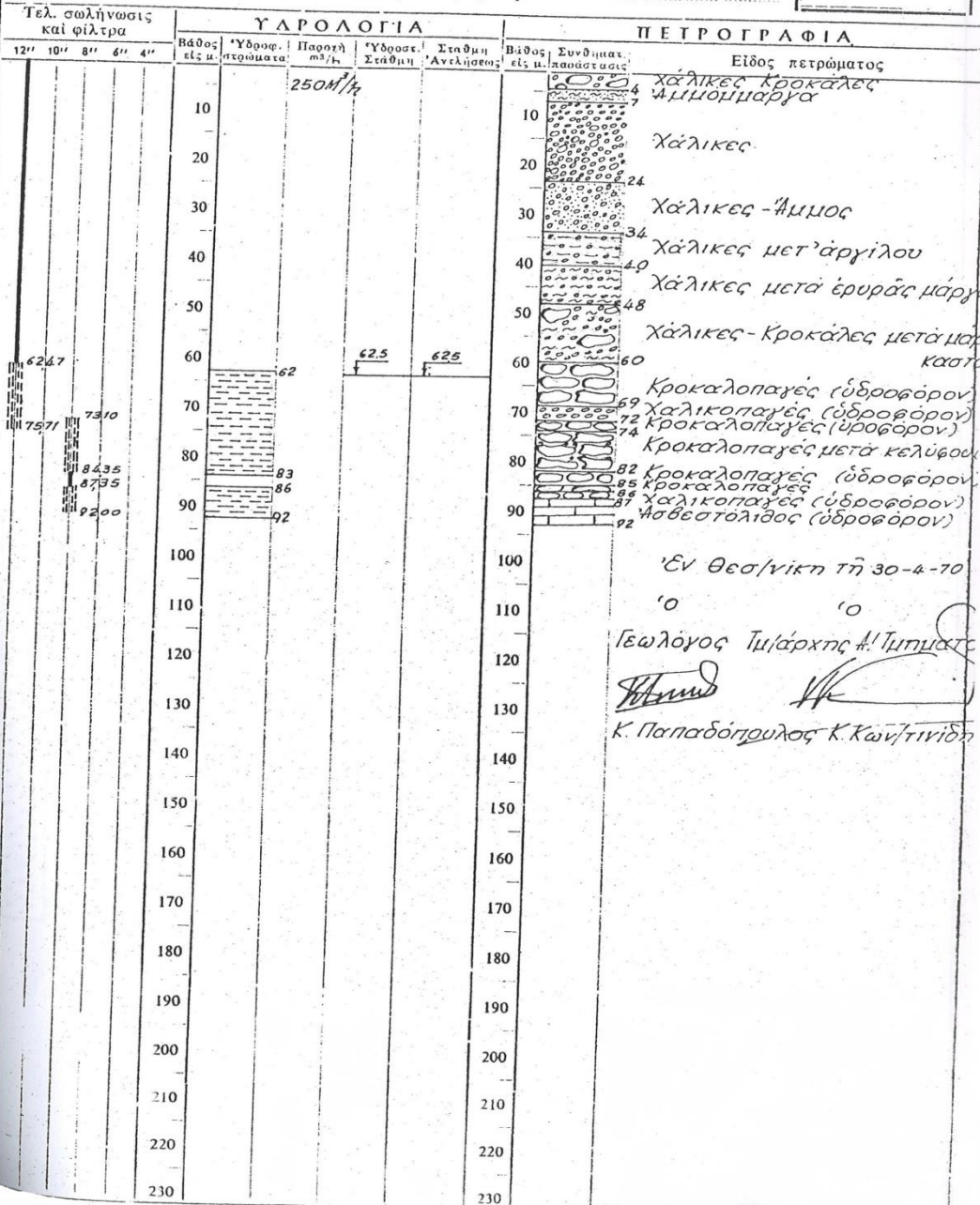
"Εναρξίς 20-11-69 Λήξις 14-2-70

Τοποθεσία Πλάτακος ή Καλύβια

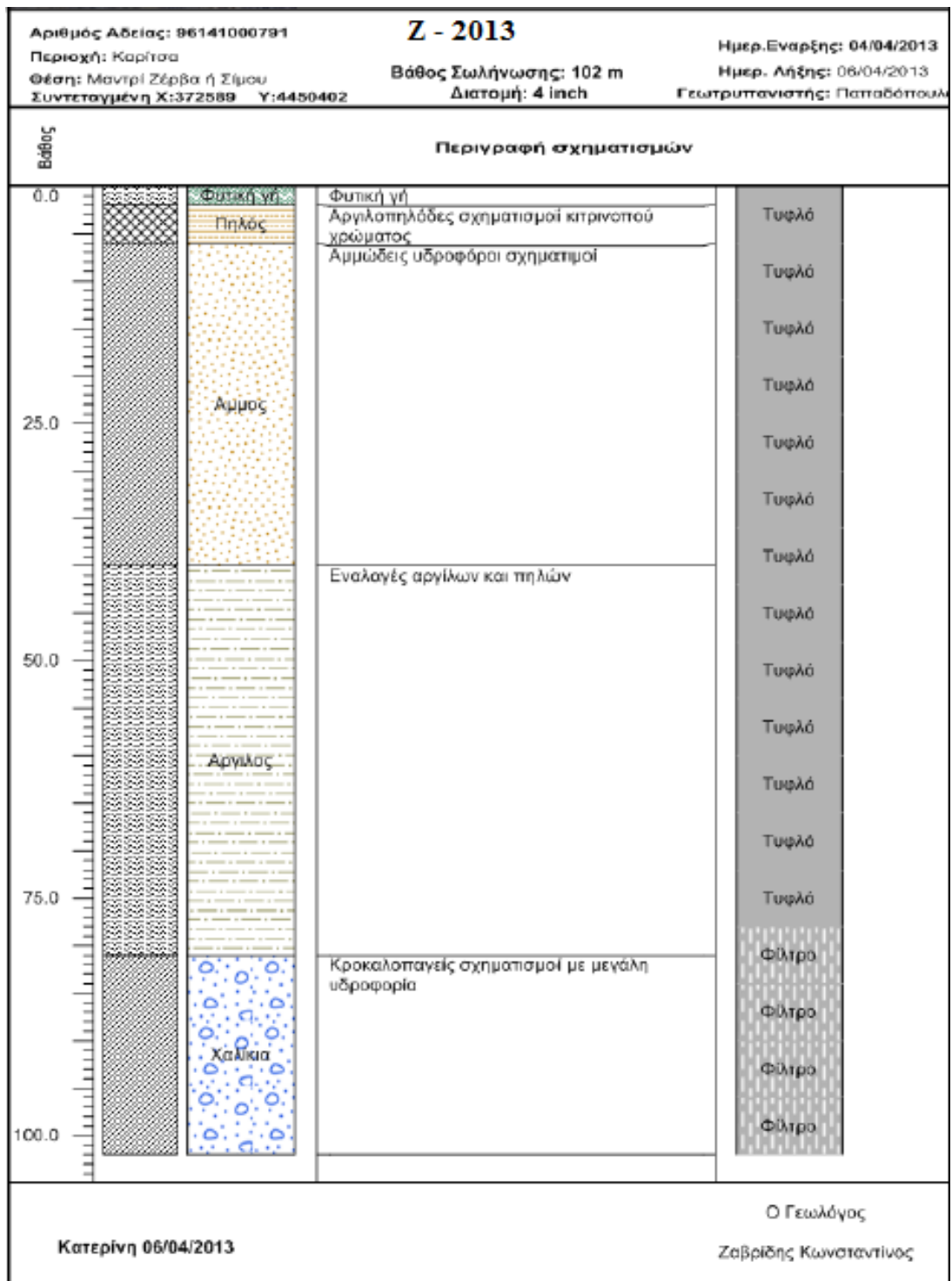
Σκοπός Γεωτρήσεως Άρδευσις

Υψόμετρον

Αριθ. 1238  
Μητρ.



17 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Καρίτσας



16 Τομή γεώτρησης στην περιοχή Καρίτσα

## **Κεφάλαιο 3: Υδροχημικές Αναλύσεις**

## Αποτελέσματα αναλύσεων περιόδου Σεπτέμβριος 2014

|                        |                        |                        |       |        |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G5</b>              |                        |       |        |
| Sample Date            |                        |                        |       |        |
| Station                | N. EFESSOS             |                        |       |        |
| Location               |                        |                        |       |        |
| Geology                |                        |                        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |                        |       |        |
| Temperature (°C)       | 17,60                  |                        |       |        |
| pH                     | 7,89                   |                        |       |        |
| Conductivity           | 909,00 uS/cm           |                        |       |        |
| Sum of Anions          | 9,66                   | meq/L                  |       |        |
| Sum of Cations         | 11,24                  | meq/L                  |       |        |
| Balance                | 7,58                   | %                      |       |        |
| Total dissolved solids | 776,30                 | mg/L                   |       |        |
| Total hardness         | 516,10                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |       |        |
| Alkalinity             | 403,53                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l                 | meq/l |        |
| Na                     | 19,70                  | 0,86                   | 0,86  |        |
| K                      | 2,70                   | 0,069                  | 0,069 |        |
| Ca                     | 156,20                 | 3,90                   | 7,79  |        |
| Mg                     | 30,60                  | 1,26                   | 2,52  |        |
| Cl                     | 14,00                  | 0,39                   | 0,39  |        |
| SO <sub>4</sub>        | 45,00                  | 0,47                   | 0,94  |        |
| NO <sub>3</sub>        | 16,10                  | 0,26                   | 0,26  |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 492,00                 | 8,06                   | 8,06  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |                        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l                 | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 5,10                   | 3,10                   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 3,47                   | 8,31                   | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,41                   | 2,17                   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |                        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G6</b>              |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | N. EFESSOS             |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 17,00                  |        |       |        |
| pH                     | 7,81                   |        |       |        |
| Conductivity           | 615,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 7,95 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 7,04 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | -6,09 %                |        |       |        |
| Total dissolved solids | 598,20 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 327,94 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 331,35 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 9,90                   | 0,43   | 0,43  |        |
| K                      | 2,10                   | 0,054  | 0,054 |        |
| Ca                     | 98,50                  | 2,46   | 4,92  |        |
| Mg                     | 19,90                  | 0,82   | 1,64  |        |
| Cl                     | 8,80                   | 0,25   | 0,25  |        |
| SO4                    | 41,00                  | 0,43   | 0,85  |        |
| NO3                    | 14,00                  | 0,23   | 0,23  |        |
| HCO3                   | 404,00                 | 6,62   | 6,62  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 4,95                   | 3,00   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 2,40                   | 5,75   | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,13                   | 1,73   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |        | 287   | 648    |



## Sample Summary Report

|                        |                               |        |       |        |
|------------------------|-------------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G7</b>                     |        |       |        |
| Sample Date            |                               |        |       |        |
| Station                | TAMPOURI LITOXORO             |        |       |        |
| Location               |                               |        |       |        |
| Geology                |                               |        |       |        |
| Watertype              | Ca-HCO <sub>3</sub>           |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 17,70                         |        |       |        |
| pH                     | 7,84                          |        |       |        |
| Conductivity           | 513,00 uS/cm                  |        |       |        |
| Sum of Anions          | 5,79 meq/L                    |        |       |        |
| Sum of Cations         | 5,43 meq/L                    |        |       |        |
| Balance                | -3,23 %                       |        |       |        |
| Total dissolved solids | 446,40 mg/L                   |        |       |        |
| Total hardness         | 250,23 mg/l CaCO <sub>3</sub> |        |       |        |
| Alkalinity             | 253,44 mg/l CaCO <sub>3</sub> |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                          | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 9,00                          | 0,39   | 0,39  |        |
| K                      | 1,40                          | 0,036  | 0,036 |        |
| Ca                     | 78,10                         | 1,95   | 3,90  |        |
| Mg                     | 13,40                         | 0,55   | 1,10  |        |
| Cl                     | 9,50                          | 0,27   | 0,27  |        |
| SO <sub>4</sub>        | 8,00                          | 0,08   | 0,17  |        |
| NO <sub>3</sub>        | 18,00                         | 0,29   | 0,29  |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 309,00                        | 5,06   | 5,06  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater        |        |       |        |
|                        | mg/l                          | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 5,83                          | 3,53   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 9,76                          | 23,38  | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 0,95                          | 1,46   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                               |        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                   |                        |       |        |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G8</b>         |                        |       |        |
| Sample Date            |                   |                        |       |        |
| Station                | TAMPOURI LITOXORO |                        |       |        |
| Location               |                   |                        |       |        |
| Geology                |                   |                        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3        |                        |       |        |
| Temperature (°C)       | 16,20             |                        |       |        |
| pH                     | 7,69              |                        |       |        |
| Conductivity           | 549,00 uS/cm      |                        |       |        |
| Sum of Anions          | 6,27              | meq/L                  |       |        |
| Sum of Cations         | 5,66              | meq/L                  |       |        |
| Balance                | -5,07             | %                      |       |        |
| Total dissolved solids | 480,00            | mg/L                   |       |        |
| Total hardness         | 256,08            | mg/l CaCO3             |       |        |
| Alkalinity             | 296,90            | mg/l CaCO3             |       |        |
| Major ion composition  | mg/l              | mmol/l                 | meq/l |        |
| Na                     | 11,60             | 0,50                   | 0,50  |        |
| K                      | 1,60              | 0,041                  | 0,041 |        |
| Ca                     | 68,90             | 1,72                   | 3,44  |        |
| Mg                     | 20,40             | 0,84                   | 1,68  |        |
| Cl                     | 5,80              | 0,16                   | 0,16  |        |
| SO4                    | 3,00              | 0,03                   | 0,06  |        |
| NO3                    | 6,70              | 0,11                   | 0,11  |        |
| HCO3                   | 362,00            | 5,93                   | 5,93  |        |
| Ratios                 |                   | Comparison to Seawater |       |        |
|                        | mg/l              | mmol/l                 | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,38              | 2,05                   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 22,97             | 55,01                  | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,00              | 3,08                   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                   |                        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |               |
|------------------------|--------------|------------|---------------|
| Sample ID              | <b>G9</b>    |            |               |
| Sample Date            |              |            |               |
| Station                | DION         |            |               |
| Location               |              |            |               |
| Geology                |              |            |               |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |               |
| Temperature (°C)       | 17,60        |            |               |
| pH                     | 7,54         |            |               |
| Conductivity           | 653,00 uS/cm |            |               |
| Sum of Anions          | 7,08         | meq/L      |               |
| Sum of Cations         | 6,67         | meq/L      |               |
| Balance                | -2,99        | %          |               |
| Total dissolved solids | 546,10       | mg/L       |               |
| Total hardness         | 325,14       | mg/l CaCO3 |               |
| Alkalinity             | 326,43       | mg/l CaCO3 |               |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l         |
| Na                     | 3,20         | 0,14       | 0,14          |
| K                      | 1,40         | 0,036      | 0,036         |
| Ca                     | 89,30        | 2,23       | 4,46          |
| Mg                     | 24,80        | 1,02       | 2,04          |
| Cl                     | 6,40         | 0,18       | 0,18          |
| SO4                    | 2,00         | 0,02       | 0,04          |
| NO3                    | 21,00        | 0,34       | 0,34          |
| HCO3                   | 398,00       | 6,52       | 6,52          |
| Ratios                 |              |            | Comparison to |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l m        |
| Ca/Mg                  | 3,60         | 2,18       | 0.319 0.      |
| Ca/SO4                 | 44,65        | 106,95     | 0.152 0.      |
| Na/Cl                  | 0,50         | 0,77       | 0.556 0.      |
| Cl/Br                  |              |            | 287 64        |

## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G10</b>             |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | DION                   |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 16,80                  |        |       |        |
| pH                     | 7,62                   |        |       |        |
| Conductivity           | 649,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 7,52 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 7,24 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | -1,89 %                |        |       |        |
| Total dissolved solids | 583,40 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 351,90 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 357,60 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 3,90                   | 0,17   | 0,17  |        |
| K                      | 1,50                   | 0,038  | 0,038 |        |
| Ca                     | 92,10                  | 2,30   | 4,60  |        |
| Mg                     | 29,60                  | 1,22   | 2,44  |        |
| Cl                     | 3,40                   | 0,10   | 0,10  |        |
| SO4                    | 1,00                   | 0,01   | 0,02  |        |
| NO3                    | 15,90                  | 0,26   | 0,26  |        |
| HCO3                   | 436,00                 | 7,15   | 7,15  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,11                   | 1,89   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 92,10                  | 220,61 | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,15                   | 1,77   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G14</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | BARIKOS      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,30        |            |                        |        |
| pH                     | 7,73         |            |                        |        |
| Conductivity           | 522,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,73         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,90         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 1,47         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 453,80       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 257,95       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 268,20       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 16,10        | 0,70       | 0,70                   |        |
| K                      | 1,70         | 0,043      | 0,043                  |        |
| Ca                     | 74,10        | 1,85       | 3,70                   |        |
| Mg                     | 17,70        | 0,73       | 1,46                   |        |
| Cl                     | 6,30         | 0,18       | 0,18                   |        |
| SO4                    | 3,00         | 0,03       | 0,06                   |        |
| NO3                    | 7,90         | 0,13       | 0,13                   |        |
| HCO3                   | 327,00       | 5,36       | 5,36                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 4,19         | 2,54       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 24,70        | 59,16      | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,56         | 3,94       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                |
|------------------------|--------------|------------|----------------|
| Sample ID              | <b>G15</b>   |            |                |
| Sample Date            |              |            |                |
| Station                | BARIKOS      |            |                |
| Location               |              |            |                |
| Geology                |              |            |                |
| Watertype              | Ca-HCO3      |            |                |
| Temperature (°C)       | 18,10        |            |                |
| pH                     | 7,75         |            |                |
| Conductivity           | 492,00 uS/cm |            |                |
| Sum of Anions          | 5,96         | meq/L      |                |
| Sum of Cations         | 5,27         | meq/L      |                |
| Balance                | -6,15        | %          |                |
| Total dissolved solids | 462,30       | mg/L       |                |
| Total hardness         | 239,98       | mg/l CaCO3 |                |
| Alkalinity             | 280,50       | mg/l CaCO3 |                |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l          |
| Na                     | 10,10        | 0,44       | 0,44           |
| K                      | 1,50         | 0,038      | 0,038          |
| Ca                     | 82,90        | 2,07       | 4,14           |
| Mg                     | 8,00         | 0,33       | 0,66           |
| Cl                     | 4,80         | 0,14       | 0,14           |
| SO4                    | 3,00         | 0,03       | 0,06           |
| NO3                    | 10,00        | 0,16       | 0,16           |
| HCO3                   | 342,00       | 5,60       | 5,60           |
| Ratios                 |              |            | Comparison to  |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l    mmol/l |
| Ca/Mg                  | 10,36        | 6,28       | 0.319    0.194 |
| Ca/SO4                 | 27,63        | 66,19      | 0.152    0.364 |
| Na/Cl                  | 2,10         | 3,24       | 0.556    0.858 |
| Cl/Br                  |              |            | 287        648 |

## Sample Summary Report

|                  |            |            |                |
|------------------|------------|------------|----------------|
| Sample ID        | <b>G16</b> |            |                |
| Station          | BARIKOS    |            |                |
| Location         |            |            |                |
| Geology          |            |            |                |
| Watertype        | Ca-HCO3    |            |                |
|                  |            |            |                |
| Temperature (°C) | 15,90      |            |                |
| pH               | 7,66       |            |                |
| Conductivity     | 549,00     | uS/cm      |                |
|                  |            |            |                |
| Sum of Anions    | 5,58       | meq/L      |                |
| Sum of Cations   | 6,07       | meq/L      |                |
| Balance          | 4,22       | %          |                |
|                  |            |            |                |
| Total dissolved  | 451,20     | mg/L       |                |
| Total hardness   | 275,25     | mg/l CaCO3 |                |
| Alkalinity       | 262,46     | mg/l CaCO3 |                |
|                  |            |            |                |
| Major ion        | mg/l       | mmol/l     | meq/l          |
| Na               | 12,10      | 0,53       | 0,53           |
| K                | 1,60       | 0,041      | 0,041          |
| Ca               | 90,10      | 2,25       | 4,50           |
| Mg               | 12,20      | 0,50       | 1,00           |
| Cl               | 5,20       | 0,15       | 0,15           |
| SO4              | 5,00       | 0,05       | 0,10           |
| NO3              | 5,00       | 0,08       | 0,08           |
| HCO3             | 320,00     | 5,24       | 5,24           |
|                  |            |            |                |
| Ratios           |            |            | Comparison to  |
|                  | mg/l       | mmol/l     | mg/l    mmol   |
| Ca/Mg            | 7,39       | 4,48       | 0.319    0.194 |
| Ca/SO4           | 18,02      | 43,16      | 0.152    0.364 |
| Na/Cl            | 2,33       | 3,59       | 0.556    0.858 |
| Cl/Br            |            |            | 287      648   |

## Sample Summary Report

|                        |                   |        |                        |        |
|------------------------|-------------------|--------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G17</b>        |        |                        |        |
| Sample Date            |                   |        |                        |        |
| Station                | BARIKOS           |        |                        |        |
| Location               |                   |        |                        |        |
| Geology                |                   |        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3        |        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 15,60             |        |                        |        |
| pH                     | 7,69              |        |                        |        |
| Conductivity           | 593,00 uS/cm      |        |                        |        |
| Sum of Anions          | 6,17 meq/L        |        |                        |        |
| Sum of Cations         | 6,65 meq/L        |        |                        |        |
| Balance                | 3,77 %            |        |                        |        |
| Total dissolved solids | 489,50 mg/L       |        |                        |        |
| Total hardness         | 299,12 mg/l CaCO3 |        |                        |        |
| Alkalinity             | 289,52 mg/l CaCO3 |        |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l              | mmol/l | meq/l                  |        |
| Na                     | 14,50             | 0,63   | 0,63                   |        |
| K                      | 1,80              | 0,046  | 0,046                  |        |
| Ca                     | 76,90             | 1,92   | 3,84                   |        |
| Mg                     | 26,00             | 1,07   | 2,14                   |        |
| Cl                     | 7,20              | 0,20   | 0,20                   |        |
| SO4                    | 4,00              | 0,04   | 0,08                   |        |
| NO3                    | 6,10              | 0,10   | 0,10                   |        |
| HCO3                   | 353,00            | 5,79   | 5,79                   |        |
| Ratios                 |                   |        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l              | mmol/l | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 2,96              | 1,79   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 19,23             | 46,05  | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,01              | 3,11   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                   |        | 287                    | 648    |



## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G18</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | BARIKOS      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 16,80        |            |                        |        |
| pH                     | 7,79         |            |                        |        |
| Conductivity           | 477,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,42         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,87         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 4,02         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 434,20       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 256,24       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 250,15       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 16,30        | 0,71       | 0,71                   |        |
| K                      | 1,70         | 0,043      | 0,043                  |        |
| Ca                     | 74,90        | 1,87       | 3,74                   |        |
| Mg                     | 16,80        | 0,69       | 1,38                   |        |
| Cl                     | 7,60         | 0,21       | 0,21                   |        |
| SO4                    | 3,00         | 0,03       | 0,06                   |        |
| NO3                    | 8,90         | 0,14       | 0,14                   |        |
| HCO3                   | 305,00       | 5,00       | 5,00                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 4,46         | 2,70       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 24,97        | 59,80      | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,14         | 3,31       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G19</b>             |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | TAMPOURI LITOXORO      |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 16,60                  |        |       |        |
| pH                     | 7,75                   |        |       |        |
| Conductivity           | 493,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 5,28 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 5,87 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | 5,22 %                 |        |       |        |
| Total dissolved solids | 420,60 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 274,06 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 232,11 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 8,00                   | 0,35   | 0,35  |        |
| K                      | 1,60                   | 0,041  | 0,041 |        |
| Ca                     | 76,10                  | 1,90   | 3,80  |        |
| Mg                     | 20,40                  | 0,84   | 1,68  |        |
| Cl                     | 7,50                   | 0,21   | 0,21  |        |
| SO4                    | 10,00                  | 0,10   | 0,21  |        |
| NO3                    | 14,00                  | 0,23   | 0,23  |        |
| HCO3                   | 283,00                 | 4,64   | 4,64  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,73                   | 2,26   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 7,61                   | 18,23  | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,07                   | 1,64   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

| <b>G20</b>             |                   |            |                        |        |
|------------------------|-------------------|------------|------------------------|--------|
| Sample Date            |                   |            |                        |        |
| Station                | TAMPOURI LITOXORO |            |                        |        |
| Location               |                   |            |                        |        |
| Geology                |                   |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3        |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 15,90             |            |                        |        |
| pH                     | 7,88              |            |                        |        |
| Conductivity           | 638,00 uS/cm      |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 6,95              | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 6,73              | meq/L      |                        |        |
| Balance                | -1,58             | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 525,40            | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 319,13            | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 264,10            | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l              | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 7,20              | 0,31       | 0,31                   |        |
| K                      | 1,70              | 0,043      | 0,043                  |        |
| Ca                     | 92,50             | 2,31       | 4,62                   |        |
| Mg                     | 21,40             | 0,88       | 1,76                   |        |
| Cl                     | 11,80             | 0,33       | 0,33                   |        |
| SO4                    | 49,00             | 0,51       | 1,02                   |        |
| NO3                    | 19,80             | 0,32       | 0,32                   |        |
| HCO3                   | 322,00            | 5,28       | 5,28                   |        |
| Ratios                 |                   |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l              | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 4,32              | 2,62       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 1,89              | 4,52       | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 0,61              | 0,94       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                   |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |                        |                        |        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G21</b>             |                        |                        |        |
| Sample Date            |                        |                        |                        |        |
| Station                | KARITSA                |                        |                        |        |
| Location               |                        |                        |                        |        |
| Geology                |                        |                        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |                        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,10                  |                        |                        |        |
| pH                     | 7,45                   |                        |                        |        |
| Conductivity           | 837,00 uS/cm           |                        |                        |        |
| Sum of Anions          | 9,71                   | meq/L                  |                        |        |
| Sum of Cations         | 9,46                   | meq/L                  |                        |        |
| Balance                | -1,26                  | %                      |                        |        |
| Total dissolved solids | 751,90                 | mg/L                   |                        |        |
| Total hardness         | 440,13                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Alkalinity             | 432,23                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l                 | meq/l                  |        |
| Na                     | 14,80                  | 0,64                   | 0,64                   |        |
| K                      | 1,00                   | 0,026                  | 0,026                  |        |
| Ca                     | 117,70                 | 2,94                   | 5,87                   |        |
| Mg                     | 35,50                  | 1,46                   | 2,92                   |        |
| Cl                     | 2,90                   | 0,08                   | 0,08                   |        |
| SO <sub>4</sub>        | 28,00                  | 0,29                   | 0,58                   |        |
| NO <sub>3</sub>        | 25,00                  | 0,40                   | 0,40                   |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 527,00                 | 8,64                   | 8,64                   |        |
| Ratios                 |                        |                        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l                 | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,32                   | 2,01                   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 4,20                   | 10,07                  | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 5,10                   | 7,87                   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |                        | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G23</b>             |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | BARIKOS                |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-HCO3                |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 17,40                  |        |       |        |
| pH                     | 7,70                   |        |       |        |
| Conductivity           | 483,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 6,83 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 4,71 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | -18,41 %               |        |       |        |
| Total dissolved solids | 501,00 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 217,32 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 323,97 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 7,60                   | 0,33   | 0,33  |        |
| K                      | 1,30                   | 0,033  | 0,033 |        |
| Ca                     | 64,10                  | 1,60   | 3,20  |        |
| Mg                     | 13,90                  | 0,57   | 1,14  |        |
| Cl                     | 3,20                   | 0,09   | 0,09  |        |
| SO4                    | 2,00                   | 0,02   | 0,04  |        |
| NO3                    | 13,90                  | 0,22   | 0,22  |        |
| HCO3                   | 395,00                 | 6,47   | 6,47  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 4,61                   | 2,80   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 32,05                  | 76,77  | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,38                   | 3,66   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                               |        |                        |        |
|------------------------|-------------------------------|--------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G24</b>                    |        |                        |        |
| Sample Date            |                               |        |                        |        |
| Station                | BARIKOS                       |        |                        |        |
| Location               |                               |        |                        |        |
| Geology                |                               |        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>        |        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 15,60                         |        |                        |        |
| pH                     | 7,62                          |        |                        |        |
| Conductivity           | 624,00 uS/cm                  |        |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,52 meq/L                    |        |                        |        |
| Sum of Cations         | 6,64 meq/L                    |        |                        |        |
| Balance                | 9,19 %                        |        |                        |        |
| Total dissolved solids | 450,70 mg/L                   |        |                        |        |
| Total hardness         | 296,29 mg/l CaCO <sub>3</sub> |        |                        |        |
| Alkalinity             | 253,44 mg/l CaCO <sub>3</sub> |        |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l                          | mmol/l | meq/l                  |        |
| Na                     | 15,40                         | 0,67   | 0,67                   |        |
| K                      | 1,80                          | 0,046  | 0,046                  |        |
| Ca                     | 78,90                         | 1,97   | 3,94                   |        |
| Mg                     | 24,10                         | 0,99   | 1,98                   |        |
| Cl                     | 7,80                          | 0,22   | 0,22                   |        |
| SO <sub>4</sub>        | 3,00                          | 0,03   | 0,06                   |        |
| NO <sub>3</sub>        | 10,70                         | 0,17   | 0,17                   |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 309,00                        | 5,06   | 5,06                   |        |
| Ratios                 |                               |        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l                          | mmol/l | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,27                          | 1,99   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 26,30                         | 63,00  | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,97                          | 3,04   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                               |        | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | ΠΗΓΗ ΔΙΟΝ              |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | DION                   |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 17,40                  |        |       |        |
| pH                     | 7,76                   |        |       |        |
| Conductivity           | 741,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 7,16 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 8,33 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | 7,54 %                 |        |       |        |
| Total dissolved solids | 565,10 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 392,73 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 300,19 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 9,00                   | 0,39   | 0,39  |        |
| K                      | 3,60                   | 0,092  | 0,092 |        |
| Ca                     | 88,00                  | 2,20   | 4,39  |        |
| Mg                     | 42,00                  | 1,73   | 3,46  |        |
| Cl                     | 14,00                  | 0,39   | 0,39  |        |
| SO4                    | 18,00                  | 0,19   | 0,38  |        |
| NO3                    | 24,50                  | 0,40   | 0,40  |        |
| HCO3                   | 366,00                 | 6,00   | 6,00  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 2,10                   | 1,27   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 4,89                   | 11,71  | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 0,64                   | 0,99   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |        | 287   | 648    |

## Αποτελέσματα αναλύσεων για την περίοδο Απριλίου 2015

### Sample Summary Report

|                        |                               |        |                        |        |
|------------------------|-------------------------------|--------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G5</b>                     |        |                        |        |
| Sample Date            |                               |        |                        |        |
| Station                | N.EFESSOS                     |        |                        |        |
| Location               |                               |        |                        |        |
| Geology                |                               |        |                        |        |
| Watertype              | Ca-HCO <sub>3</sub>           |        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 18,10                         |        |                        |        |
| pH                     | 7,55                          |        |                        |        |
| Conductivity           | 537,00 uS/cm                  |        |                        |        |
| Sum of Anions          | 7,84 meq/L                    |        |                        |        |
| Sum of Cations         | 7,83 meq/L                    |        |                        |        |
| Balance                | -0,04 %                       |        |                        |        |
| Total dissolved solids | 614,10 mg/L                   |        |                        |        |
| Total hardness         | 338,28 mg/l CaCO <sub>3</sub> |        |                        |        |
| Alkalinity             | 311,67 mg/l CaCO <sub>3</sub> |        |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l                          | mmol/l | meq/l                  |        |
| Na                     | 23,60                         | 1,03   | 1,03                   |        |
| K                      | 1,80                          | 0,046  | 0,046                  |        |
| Ca                     | 128,20                        | 3,20   | 6,40                   |        |
| Mg                     | 4,40                          | 0,18   | 0,36                   |        |
| Cl                     | 9,20                          | 0,26   | 0,26                   |        |
| SO <sub>4</sub>        | 58,00                         | 0,60   | 1,21                   |        |
| NO <sub>3</sub>        | 8,90                          | 0,14   | 0,14                   |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 380,00                        | 6,23   | 6,23                   |        |
| Ratios                 |                               |        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l                          | mmol/l | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 29,14                         | 17,67  | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 2,21                          | 5,29   | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,57                          | 3,96   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                               |        | 287                    | 648    |



## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G6</b>              |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | N.EFESSOS              |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-HCO3                |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 17,50                  |        |       |        |
| pH                     | 7,37                   |        |       |        |
| Conductivity           | 527,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 5,92 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 5,57 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | -3,05 %                |        |       |        |
| Total dissolved solids | 443,90 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 254,09 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 216,53 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 10,50                  | 0,46   | 0,46  |        |
| K                      | 1,40                   | 0,036  | 0,036 |        |
| Ca                     | 86,90                  | 2,17   | 4,34  |        |
| Mg                     | 9,00                   | 0,37   | 0,74  |        |
| Cl                     | 18,10                  | 0,51   | 0,51  |        |
| SO4                    | 45,00                  | 0,47   | 0,94  |        |
| NO3                    | 9,00                   | 0,15   | 0,15  |        |
| HCO3                   | 264,00                 | 4,33   | 4,33  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 9,66                   | 5,86   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 1,93                   | 4,63   | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 0,58                   | 0,89   | 0.556 | 0.858  |

## Sample Summary Report

|                        |                        |                        |                |
|------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Sample ID              | <b>G7</b>              |                        |                |
| Sample Date            |                        |                        |                |
| Station                | TAMPOURI LITOXORO      |                        |                |
| Location               |                        |                        |                |
| Geology                |                        |                        |                |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |                        |                |
| Temperature (°C)       | 17,50                  |                        |                |
| pH                     | 7,73                   |                        |                |
| Conductivity           | 377,00 uS/cm           |                        |                |
| Sum of Anions          | 4,61                   | meq/L                  |                |
| Sum of Cations         | 4,93                   | meq/L                  |                |
| Balance                | 3,36                   | %                      |                |
| Total dissolved solids | 359,10                 | mg/L                   |                |
| Total hardness         | 223,98                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                |
| Alkalinity             | 198,48                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l                 | meq/l          |
| Na                     | 9,70                   | 0,42                   | 0,42           |
| K                      | 1,10                   | 0,028                  | 0,028          |
| Ca                     | 60,50                  | 1,51                   | 3,02           |
| Mg                     | 17,70                  | 0,73                   | 1,46           |
| Cl                     | 12,30                  | 0,35                   | 0,35           |
| SO <sub>4</sub>        | 8,00                   | 0,08                   | 0,17           |
| NO <sub>3</sub>        | 7,80                   | 0,13                   | 0,13           |
| HCO <sub>3</sub>       | 242,00                 | 3,97                   | 3,97           |
| Ratios                 |                        |                        | Comparison to  |
|                        | mg/l                   | mmol/l                 | mg/l    mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,42                   | 2,07                   | 0.319    0.194 |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 7,56                   | 18,11                  | 0.152    0.364 |
| Na/Cl                  | 0,79                   | 1,22                   | 0.556    0.858 |
| Cl/Br                  |                        |                        | 287        648 |

## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G8</b>              |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | TAMPOURI LITOXORO      |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 16,50                  |        |       |        |
| pH                     | 7,66                   |        |       |        |
| Conductivity           | 450,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 4,36 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 5,30 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | 9,75 %                 |        |       |        |
| Total dissolved solids | 355,50 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 238,23 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 208,33 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 11,40                  | 0,50   | 0,50  |        |
| K                      | 1,60                   | 0,041  | 0,041 |        |
| Ca                     | 57,30                  | 1,43   | 2,86  |        |
| Mg                     | 23,10                  | 0,95   | 1,90  |        |
| Cl                     | 5,20                   | 0,15   | 0,15  |        |
| SO4                    | 0,00                   | 0,00   | 0,00  |        |
| NO3                    | 2,90                   | 0,05   | 0,05  |        |
| HCO3                   | 254,00                 | 4,16   | 4,16  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 2,48                   | 1,50   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 |                        |        | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,19                   | 3,38   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |        |       |        |
|------------------------|------------------------|--------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G9</b>              |        |       |        |
| Sample Date            |                        |        |       |        |
| Station                | DION                   |        |       |        |
| Location               |                        |        |       |        |
| Geology                |                        |        |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |        |       |        |
| Temperature (°C)       | 17,10                  |        |       |        |
| pH                     | 7,67                   |        |       |        |
| Conductivity           | 374,00 uS/cm           |        |       |        |
| Sum of Anions          | 5,67 meq/L             |        |       |        |
| Sum of Cations         | 6,06 meq/L             |        |       |        |
| Balance                | 3,30 %                 |        |       |        |
| Total dissolved solids | 451,00 mg/L            |        |       |        |
| Total hardness         | 290,29 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Alkalinity             | 262,46 mg/l CaCO3      |        |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l | meq/l |        |
| Na                     | 5,40                   | 0,23   | 0,23  |        |
| K                      | 0,80                   | 0,020  | 0,020 |        |
| Ca                     | 79,30                  | 1,98   | 3,96  |        |
| Mg                     | 22,40                  | 0,92   | 1,84  |        |
| Cl                     | 3,90                   | 0,11   | 0,11  |        |
| SO4                    | 1,00                   | 0,01   | 0,02  |        |
| NO3                    | 18,20                  | 0,29   | 0,29  |        |
| HCO3                   | 320,00                 | 5,24   | 5,24  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |        |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,54                   | 2,15   | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 79,30                  | 189,95 | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,38                   | 2,14   | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |        | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                   |        |                        |        |
|------------------------|-------------------|--------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G10</b>        |        |                        |        |
| Sample Date            |                   |        |                        |        |
| Station                | DION              |        |                        |        |
| Location               |                   |        |                        |        |
| Geology                |                   |        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3        |        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,00             |        |                        |        |
| pH                     | 7,69              |        |                        |        |
| Conductivity           | 375,00 uS/cm      |        |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,66 meq/L        |        |                        |        |
| Sum of Cations         | 6,17 meq/L        |        |                        |        |
| Balance                | 4,29 %            |        |                        |        |
| Total dissolved solids | 452,50 mg/L       |        |                        |        |
| Total hardness         | 294,99 mg/l CaCO3 |        |                        |        |
| Alkalinity             | 265,74 mg/l CaCO3 |        |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l              | mmol/l | meq/l                  |        |
| Na                     | 5,80              | 0,25   | 0,25                   |        |
| K                      | 0,90              | 0,023  | 0,023                  |        |
| Ca                     | 79,70             | 1,99   | 3,98                   |        |
| Mg                     | 23,30             | 0,96   | 1,92                   |        |
| Cl                     | 4,10              | 0,12   | 0,12                   |        |
| SO4                    | 0,00              | 0,00   | 0,00                   |        |
| NO3                    | 14,70             | 0,24   | 0,24                   |        |
| HCO3                   | 324,00            | 5,31   | 5,31                   |        |
| Ratios                 |                   |        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l              | mmol/l | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,42              | 2,07   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |                   |        | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,41              | 2,18   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                   |        | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |                        |                        |        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G14</b>             |                        |                        |        |
| Sample Date            |                        |                        |                        |        |
| Station                | BARIKOS                |                        |                        |        |
| Location               |                        |                        |                        |        |
| Geology                |                        |                        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |                        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,20                  |                        |                        |        |
| pH                     | 8,00                   |                        |                        |        |
| Conductivity           | 381,00 uS/cm           |                        |                        |        |
| Sum of Anions          | 4,46                   | meq/L                  |                        |        |
| Sum of Cations         | 4,97                   | meq/L                  |                        |        |
| Balance                | 5,36                   | %                      |                        |        |
| Total dissolved solids | 359,70                 | mg/L                   |                        |        |
| Total hardness         | 214,28                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Alkalinity             | 211,61                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l                 | meq/l                  |        |
| Na                     | 15,00                  | 0,65                   | 0,65                   |        |
| K                      | 1,30                   | 0,033                  | 0,033                  |        |
| Ca                     | 58,10                  | 1,45                   | 2,90                   |        |
| Mg                     | 16,80                  | 0,69                   | 1,38                   |        |
| Cl                     | 5,30                   | 0,15                   | 0,15                   |        |
| SO <sub>4</sub>        | 0,00                   | 0,00                   | 0,00                   |        |
| NO <sub>3</sub>        | 5,20                   | 0,08                   | 0,08                   |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 258,00                 | 4,23                   | 4,23                   |        |
| Ratios                 |                        |                        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l                 | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,46                   | 2,10                   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     |                        |                        | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,83                   | 4,36                   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |                        | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                               |              |            |                        |
|-------------------------------|--------------|------------|------------------------|
| <i>Sample ID</i>              | <b>G15</b>   |            |                        |
| <i>Sample Date</i>            |              |            |                        |
| <i>Station</i>                | BARIKOS      |            |                        |
| <i>Location</i>               |              |            |                        |
| <i>Geology</i>                |              |            |                        |
| <i>Watertype</i>              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |
| <i>Temperature (°C)</i>       | 18,20        |            |                        |
| <i>pH</i>                     | 7,85         |            |                        |
| <i>Conductivity</i>           | 375,00 uS/cm |            |                        |
| <i>Sum of Anions</i>          | 4,31         | meq/L      |                        |
| <i>Sum of Cations</i>         | 4,89         | meq/L      |                        |
| <i>Balance</i>                | 6,32         | %          |                        |
| <i>Total dissolved solids</i> | 348,70       | mg/L       |                        |
| <i>Total hardness</i>         | 219,10       | mg/l CaCO3 |                        |
| <i>Alkalinity</i>             | 206,69       | mg/l CaCO3 |                        |
| <i>Major ion composition</i>  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |
| <i>Na</i>                     | 11,00        | 0,48       | 0,48                   |
| <i>K</i>                      | 1,20         | 0,031      | 0,031                  |
| <i>Ca</i>                     | 59,70        | 1,49       | 2,98                   |
| <i>Mg</i>                     | 17,00        | 0,70       | 1,40                   |
| <i>Cl</i>                     | 4,20         | 0,12       | 0,12                   |
| <i>SO4</i>                    | 0,00         | 0,00       | 0,00                   |
| <i>NO3</i>                    | 3,60         | 0,06       | 0,06                   |
| <i>HCO3</i>                   | 252,00       | 4,13       | 4,13                   |
| <i>Ratios</i>                 |              |            | Comparison to Seawater |
|                               | mg/l         | mmol/l     | mg/l    mmol           |
| <i>Ca/Mg</i>                  | 3,51         | 2,13       | 0.319    0.194         |
| <i>Ca/SO4</i>                 |              |            | 0.152    0.364         |
| <i>Na/Cl</i>                  | 2,62         | 4,04       | 0.556    0.858         |
| <i>Cl/Br</i>                  |              |            | 287      648           |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G16</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | BARIKOS      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 16,20        |            |                        |        |
| pH                     | 7,90         |            |                        |        |
| Conductivity           | 414,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 4,65         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,28         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 6,34         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 375,90       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 234,27       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 221,45       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 12,90        | 0,56       | 0,56                   |        |
| K                      | 1,40         | 0,036      | 0,036                  |        |
| Ca                     | 63,30        | 1,58       | 3,16                   |        |
| Mg                     | 18,50        | 0,76       | 1,52                   |        |
| Cl                     | 5,40         | 0,15       | 0,15                   |        |
| SO4                    | 0,00         | 0,00       | 0,00                   |        |
| NO3                    | 4,40         | 0,07       | 0,07                   |        |
| HCO3                   | 270,00       | 4,42       | 4,42                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,42         | 2,08       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |              |            | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,39         | 3,68       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |



## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G17</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | BARIKOS      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 15,80        |            |                        |        |
| pH                     | 7,82         |            |                        |        |
| Conductivity           | 447,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,14         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,84         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 6,36         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 414,90       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 260,02       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 239,49       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 14,00        | 0,61       | 0,61                   |        |
| K                      | 1,40         | 0,036      | 0,036                  |        |
| Ca                     | 68,50        | 1,71       | 3,42                   |        |
| Mg                     | 21,60        | 0,89       | 1,78                   |        |
| Cl                     | 5,90         | 0,17       | 0,17                   |        |
| SO4                    | 1,00         | 0,01       | 0,02                   |        |
| NO3                    | 10,50        | 0,17       | 0,17                   |        |
| HCO3                   | 292,00       | 4,79       | 4,79                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,17         | 1,92       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 68,50        | 164,08     | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,37         | 3,66       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G18</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | BARIKOS      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,10        |            |                        |        |
| pH                     | 7,43         |            |                        |        |
| Conductivity           | 450,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 4,79         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 4,97         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 1,86         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 377,40       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 213,99       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 224,73       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 15,10        | 0,66       | 0,66                   |        |
| K                      | 1,40         | 0,036      | 0,036                  |        |
| Ca                     | 56,50        | 1,41       | 2,82                   |        |
| Mg                     | 17,70        | 0,73       | 1,46                   |        |
| Cl                     | 7,20         | 0,20       | 0,20                   |        |
| SO4                    | 1,00         | 0,01       | 0,02                   |        |
| NO3                    | 4,50         | 0,07       | 0,07                   |        |
| HCO3                   | 274,00       | 4,49       | 4,49                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,19         | 1,94       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 56,50        | 135,34     | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,10         | 3,23       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |            |       |        |
|------------------------|------------------------|------------|-------|--------|
| Sample ID              | <b>G19</b>             |            |       |        |
| Sample Date            |                        |            |       |        |
| Station                | BARIKOS                |            |       |        |
| Location               |                        |            |       |        |
| Geology                |                        |            |       |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |            |       |        |
| Temperature (°C)       | 16,80                  |            |       |        |
| pH                     | 7,63                   |            |       |        |
| Conductivity           | 439,00 uS/cm           |            |       |        |
| Sum of Anions          | 4,36                   | meq/L      |       |        |
| Sum of Cations         | 5,28                   | meq/L      |       |        |
| Balance                | 9,52                   | %          |       |        |
| Total dissolved solids | 353,80                 | mg/L       |       |        |
| Total hardness         | 243,09                 | mg/l CaCO3 |       |        |
| Alkalinity             | 196,84                 | mg/l CaCO3 |       |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l     | meq/l |        |
| Na                     | 8,90                   | 0,39       | 0,39  |        |
| K                      | 1,20                   | 0,031      | 0,031 |        |
| Ca                     | 63,70                  | 1,59       | 3,18  |        |
| Mg                     | 20,40                  | 0,84       | 1,68  |        |
| Cl                     | 5,10                   | 0,14       | 0,14  |        |
| SO4                    | 10,00                  | 0,10       | 0,21  |        |
| NO3                    | 4,50                   | 0,07       | 0,07  |        |
| HCO3                   | 240,00                 | 3,93       | 3,93  |        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |            |       |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l     | mg/l  | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,12                   | 1,89       | 0.319 | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 6,37                   | 15,26      | 0.152 | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,75                   | 2,69       | 0.556 | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |            | 287   | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |            |             |
|------------------------|------------------------|------------|-------------|
| Sample ID              | <b>G21</b>             |            |             |
| Sample Date            |                        |            |             |
| Station                | KARITSA                |            |             |
| Location               |                        |            |             |
| Geology                |                        |            |             |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3             |            |             |
| Temperature (°C)       | 17,90                  |            |             |
| pH                     | 7,79                   |            |             |
| Conductivity           | 544,00 uS/cm           |            |             |
| Sum of Anions          | 5,71                   | meq/L      |             |
| Sum of Cations         | 6,18                   | meq/L      |             |
| Balance                | 3,94                   | %          |             |
| Total dissolved solids | 454,70                 | mg/L       |             |
| Total hardness         | 298,11                 | mg/l CaCO3 |             |
| Alkalinity             | 278,86                 | mg/l CaCO3 |             |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l     | meq/l       |
| Na                     | 4,60                   | 0,20       | 0,20        |
| K                      | 0,80                   | 0,020      | 0,020       |
| Ca                     | 79,30                  | 1,98       | 3,96        |
| Mg                     | 24,30                  | 1,00       | 2,00        |
| Cl                     | 3,30                   | 0,09       | 0,09        |
| SO4                    | 1,00                   | 0,01       | 0,02        |
| NO3                    | 1,40                   | 0,02       | 0,02        |
| HCO3                   | 340,00                 | 5,57       | 5,57        |
| Ratios                 | Comparison to Seawater |            |             |
|                        | mg/l                   | mmol/l     | mg/l mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,26                   | 1,98       | 0.319 0.194 |
| Ca/SO4                 | 79,30                  | 189,95     | 0.152 0.364 |
| Na/Cl                  | 1,39                   | 2,15       | 0.556 0.858 |
| Cl/Br                  |                        |            | 287 648     |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G24</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | BARIKOS      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 15,70        |            |                        |        |
| pH                     | 7,91         |            |                        |        |
| Conductivity           | 383,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,96         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 6,06         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 0,82         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 468,70       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 270,31       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 285,42       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 14,20        | 0,62       | 0,62                   |        |
| K                      | 1,50         | 0,038      | 0,038                  |        |
| Ca                     | 71,30        | 1,78       | 3,56                   |        |
| Mg                     | 22,40        | 0,92       | 1,84                   |        |
| Cl                     | 6,10         | 0,17       | 0,17                   |        |
| SO4                    | 0,00         | 0,00       | 0,00                   |        |
| NO3                    | 5,20         | 0,08       | 0,08                   |        |
| HCO3                   | 348,00       | 5,70       | 5,70                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,18         | 1,93       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |              |            | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 2,33         | 3,59       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |       |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|-------|
| Sample ID              | <b>G25</b>   |            |                        |       |
| Sample Date            |              |            |                        |       |
| Station                | KARITSA      |            |                        |       |
| Location               |              |            |                        |       |
| Geology                |              |            |                        |       |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |       |
| Temperature (°C)       | 16,40        |            |                        |       |
| pH                     | 7,67         |            |                        |       |
| Conductivity           | 385,00 uS/cm |            |                        |       |
| Sum of Anions          | 4,40         | meq/L      |                        |       |
| Sum of Cations         | 4,67         | meq/L      |                        |       |
| Balance                | 2,98         | %          |                        |       |
| Total dissolved solids | 343,90       | mg/L       |                        |       |
| Total hardness         | 217,16       | mg/l CaCO3 |                        |       |
| Alkalinity             | 185,36       | mg/l CaCO3 |                        |       |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |       |
| Na                     | 6,90         | 0,30       | 0,30                   |       |
| K                      | 1,20         | 0,031      | 0,031                  |       |
| Ca                     | 60,90        | 1,52       | 3,04                   |       |
| Mg                     | 15,80        | 0,65       | 1,30                   |       |
| Cl                     | 7,20         | 0,20       | 0,20                   |       |
| SO4                    | 16,00        | 0,17       | 0,33                   |       |
| NO3                    | 9,90         | 0,16       | 0,16                   |       |
| HCO3                   | 226,00       | 3,70       | 3,70                   |       |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |       |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol  |
| Ca/Mg                  | 3,85         | 2,34       | 0.319                  | 0.194 |
| Ca/SO4                 | 3,81         | 9,12       | 0.152                  | 0.364 |
| Na/Cl                  | 0,96         | 1,48       | 0.556                  | 0.858 |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648   |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>G26</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | KARITSA      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,20        |            |                        |        |
| pH                     | 7,70         |            |                        |        |
| Conductivity           | 368,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,86         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,88         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 0,14         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 460,20       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 279,18       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 273,94       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 6,40         | 0,28       | 0,28                   |        |
| K                      | 0,90         | 0,023      | 0,023                  |        |
| Ca                     | 76,50        | 1,91       | 3,82                   |        |
| Mg                     | 21,40        | 0,88       | 1,76                   |        |
| Cl                     | 4,20         | 0,12       | 0,12                   |        |
| SO4                    | 0,00         | 0,00       | 0,00                   |        |
| NO3                    | 16,80        | 0,27       | 0,27                   |        |
| HCO3                   | 334,00       | 5,47       | 5,47                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,57         | 2,17       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |              |            | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,52         | 2,35       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | D1           |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | DION         |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 16,80        |            |                        |        |
| pH                     | 7,48         |            |                        |        |
| Conductivity           | 461,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 4,43         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 4,22         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | -2,49        | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 341,20       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 206,07       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 213,25       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 2,00         | 0,09       | 0,09                   |        |
| K                      | 0,50         | 0,013      | 0,013                  |        |
| Ca                     | 49,70        | 1,24       | 2,48                   |        |
| Mg                     | 19,90        | 0,82       | 1,64                   |        |
| Cl                     | 2,10         | 0,06       | 0,06                   |        |
| SO4                    | 0,00         | 0,00       | 0,00                   |        |
| NO3                    | 7,00         | 0,11       | 0,11                   |        |
| HCO3                   | 260,00       | 4,26       | 4,26                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 2,50         | 1,51       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |              |            | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 0,95         | 1,47       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |



## Sample Summary Report

|                        |           |            |                        |        |
|------------------------|-----------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>D6</b> |            |                        |        |
| Sample Date            |           |            |                        |        |
| Station                | DION      |            |                        |        |
| Location               |           |            |                        |        |
| Geology                |           |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,10     |            |                        |        |
| pH                     | 7,46      |            |                        |        |
| Conductivity           | 384,00    | uS/cm      |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,39      | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 4,04      | meq/L      |                        |        |
| Balance                | -14,29    | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 403,00    | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 193,20    | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 257,54    | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l      | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 3,70      | 0,16       | 0,16                   |        |
| K                      | 0,90      | 0,023      | 0,023                  |        |
| Ca                     | 64,50     | 1,61       | 3,22                   |        |
| Mg                     | 7,80      | 0,32       | 0,64                   |        |
| Cl                     | 4,30      | 0,12       | 0,12                   |        |
| SO4                    | 0,00      | 0,00       | 0,00                   |        |
| NO3                    | 7,80      | 0,13       | 0,13                   |        |
| HCO3                   | 314,00    | 5,15       | 5,15                   |        |
| Ratios                 |           |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l      | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 8,27      | 5,01       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |           |            | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 0,86      | 1,33       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |           |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>KR1</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | KARITSA      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 16,90        |            |                        |        |
| pH                     | 7,49         |            |                        |        |
| Conductivity           | 478,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,99         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,63         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | -3,12        | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 460,60       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 267,93       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 250,97       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 5,20         | 0,23       | 0,23                   |        |
| K                      | 1,80         | 0,046      | 0,046                  |        |
| Ca                     | 80,90        | 2,02       | 4,04                   |        |
| Mg                     | 16,00        | 0,66       | 1,32                   |        |
| Cl                     | 4,30         | 0,12       | 0,12                   |        |
| SO4                    | 22,00        | 0,23       | 0,46                   |        |
| NO3                    | 24,40        | 0,39       | 0,39                   |        |
| HCO3                   | 306,00       | 5,01       | 5,01                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 5,06         | 3,07       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 3,68         | 8,81       | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,21         | 1,86       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |              |            |                        |        |
|------------------------|--------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>KR3</b>   |            |                        |        |
| Sample Date            |              |            |                        |        |
| Station                | KARITSA      |            |                        |        |
| Location               |              |            |                        |        |
| Geology                |              |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3   |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,40        |            |                        |        |
| pH                     | 7,49         |            |                        |        |
| Conductivity           | 520,00 uS/cm |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,72         | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,97         | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 2,12         | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 455,80       | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 286,15       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 272,30       | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l         | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 5,20         | 0,23       | 0,23                   |        |
| K                      | 0,90         | 0,023      | 0,023                  |        |
| Ca                     | 84,90        | 2,12       | 4,24                   |        |
| Mg                     | 18,00        | 0,74       | 1,48                   |        |
| Cl                     | 3,30         | 0,09       | 0,09                   |        |
| SO4                    | 0,00         | 0,00       | 0,00                   |        |
| NO3                    | 11,50        | 0,19       | 0,19                   |        |
| HCO3                   | 332,00       | 5,44       | 5,44                   |        |
| Ratios                 |              |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l         | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 4,72         | 2,86       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |              |            | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,58         | 2,43       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |              |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |            |            |                        |        |
|------------------------|------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | VR         |            |                        |        |
| Sample Date            |            |            |                        |        |
| Station                | VRONTOU    |            |                        |        |
| Location               |            |            |                        |        |
| Geology                |            |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3 |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,60      |            |                        |        |
| pH                     | 7,60       |            |                        |        |
| Conductivity           | 525,00     | uS/cm      |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,21       | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,75       | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 4,86       | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 416,70     | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 272,95     | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 241,13     | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l       | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 6,20       | 0,27       | 0,27                   |        |
| K                      | 0,90       | 0,023      | 0,023                  |        |
| Ca                     | 71,70      | 1,79       | 3,58                   |        |
| Mg                     | 22,80      | 0,94       | 1,88                   |        |
| Cl                     | 3,80       | 0,11       | 0,11                   |        |
| SO4                    | 2,00       | 0,02       | 0,04                   |        |
| NO3                    | 15,30      | 0,25       | 0,25                   |        |
| HCO3                   | 294,00     | 4,82       | 4,82                   |        |
| Ratios                 |            |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l       | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,14       | 1,91       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 35,85      | 85,87      | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,63       | 2,52       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |            |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |               |            |                        |
|------------------------|---------------|------------|------------------------|
| Sample ID              | <b>K4</b>     |            |                        |
| Sample Date            |               |            |                        |
| Station                | KONTARIOTISSA |            |                        |
| Location               |               |            |                        |
| Geology                |               |            |                        |
| Watertype              | Ca-HCO3       |            |                        |
| Temperature (°C)       | 16,20         |            |                        |
| pH                     | 7,77          |            |                        |
| Conductivity           | 495,00        | uS/cm      |                        |
| Sum of Anions          | 5,89          | meq/L      |                        |
| Sum of Cations         | 5,87          | meq/L      |                        |
| Balance                | -0,21         | %          |                        |
| Total dissolved solids | 466,60        | mg/L       |                        |
| Total hardness         | 279,12        | mg/l CaCO3 |                        |
| Alkalinity             | 254,26        | mg/l CaCO3 |                        |
| Major ion composition  | mg/l          | mmol/l     | meq/l                  |
| Na                     | 6,10          | 0,27       | 0,27                   |
| K                      | 0,90          | 0,023      | 0,023                  |
| Ca                     | 96,10         | 2,40       | 4,80                   |
| Mg                     | 9,50          | 0,39       | 0,78                   |
| Cl                     | 3,20          | 0,09       | 0,09                   |
| SO4                    | 13,00         | 0,14       | 0,27                   |
| NO3                    | 27,80         | 0,45       | 0,45                   |
| HCO3                   | 310,00        | 5,08       | 5,08                   |
| Ratios                 |               |            | Comparison to Seawater |
|                        | mg/l          | mmol/l     | mg/l    mmol/l         |
| Ca/Mg                  | 10,12         | 6,13       | 0.319    0.194         |
| Ca/SO4                 | 7,39          | 17,71      | 0.152    0.364         |
| Na/Cl                  | 1,91          | 2,94       | 0.556    0.858         |
| Cl/Br                  |               |            | 287        648         |

## Sample Summary Report

|                        |            |            |                        |        |
|------------------------|------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>KR2</b> |            |                        |        |
| Sample Date            |            |            |                        |        |
| Station                | KARITSA    |            |                        |        |
| Location               |            |            |                        |        |
| Geology                |            |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-HCO3    |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,10      |            |                        |        |
| pH                     | 7,55       |            |                        |        |
| Conductivity           | 495,00     | uS/cm      |                        |        |
| Sum of Anions          | 5,72       | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 5,75       | meq/L      |                        |        |
| Balance                | 0,29       | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 455,50     | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 274,08     | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 272,30     | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l       | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 5,80       | 0,25       | 0,25                   |        |
| K                      | 1,00       | 0,026      | 0,026                  |        |
| Ca                     | 89,30      | 2,23       | 4,46                   |        |
| Mg                     | 12,40      | 0,51       | 1,02                   |        |
| Cl                     | 3,20       | 0,09       | 0,09                   |        |
| SO4                    | 0,00       | 0,00       | 0,00                   |        |
| NO3                    | 11,80      | 0,19       | 0,19                   |        |
| HCO3                   | 332,00     | 5,44       | 5,44                   |        |
| Ratios                 |            |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l       | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 7,20       | 4,37       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 |            |            | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,81       | 2,80       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |            |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |                        |                        |        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | ΠΗΓΗ                   |                        |                        |        |
| Sample Date            |                        |                        |                        |        |
| Station                | DION                   |                        |                        |        |
| Location               |                        |                        |                        |        |
| Geology                |                        |                        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |                        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,60                  |                        |                        |        |
| pH                     | 7,75                   |                        |                        |        |
| Conductivity           | 382,00 uS/cm           |                        |                        |        |
| Sum of Anions          | 7,59                   | meq/L                  |                        |        |
| Sum of Cations         | 7,76                   | meq/L                  |                        |        |
| Balance                | 1,11                   | %                      |                        |        |
| Total dissolved solids | 586,70                 | mg/L                   |                        |        |
| Total hardness         | 361,89                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Alkalinity             | 295,26                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l                 | meq/l                  |        |
| Na                     | 9,80                   | 0,43                   | 0,43                   |        |
| K                      | 3,90                   | 0,100                  | 0,100                  |        |
| Ca                     | 96,10                  | 2,40                   | 4,80                   |        |
| Mg                     | 29,60                  | 1,22                   | 2,44                   |        |
| Cl                     | 7,10                   | 0,20                   | 0,20                   |        |
| SO <sub>4</sub>        | 41,00                  | 0,43                   | 0,85                   |        |
| NO <sub>3</sub>        | 39,20                  | 0,63                   | 0,63                   |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 360,00                 | 5,90                   | 5,90                   |        |
| Ratios                 |                        |                        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l                 | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,25                   | 1,97                   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 2,34                   | 5,61                   | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,38                   | 2,13                   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |                        | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |                        |                        |        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | ΣΠ                     |                        |                        |        |
| Sample Date            |                        |                        |                        |        |
| Station                | Ag. SPIRIDONAS         |                        |                        |        |
| Location               |                        |                        |                        |        |
| Geology                |                        |                        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |                        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 16,90                  |                        |                        |        |
| pH                     | 7,28                   |                        |                        |        |
| Conductivity           | 489,00 uS/cm           |                        |                        |        |
| Sum of Anions          | 6,92                   | meq/L                  |                        |        |
| Sum of Cations         | 6,65                   | meq/L                  |                        |        |
| Balance                | -1,99                  | %                      |                        |        |
| Total dissolved solids | 535,80                 | mg/L                   |                        |        |
| Total hardness         | 316,08                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Alkalinity             | 295,26                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l                 | meq/l                  |        |
| Na                     | 7,20                   | 0,31                   | 0,31                   |        |
| K                      | 0,90                   | 0,023                  | 0,023                  |        |
| Ca                     | 92,10                  | 2,30                   | 4,60                   |        |
| Mg                     | 20,90                  | 0,86                   | 1,72                   |        |
| Cl                     | 6,10                   | 0,17                   | 0,17                   |        |
| SO <sub>4</sub>        | 14,00                  | 0,15                   | 0,29                   |        |
| NO <sub>3</sub>        | 34,60                  | 0,56                   | 0,56                   |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 360,00                 | 5,90                   | 5,90                   |        |
| Ratios                 |                        |                        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l                 | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 4,41                   | 2,67                   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     | 6,58                   | 15,76                  | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,18                   | 1,82                   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |                        | 287                    | 648    |



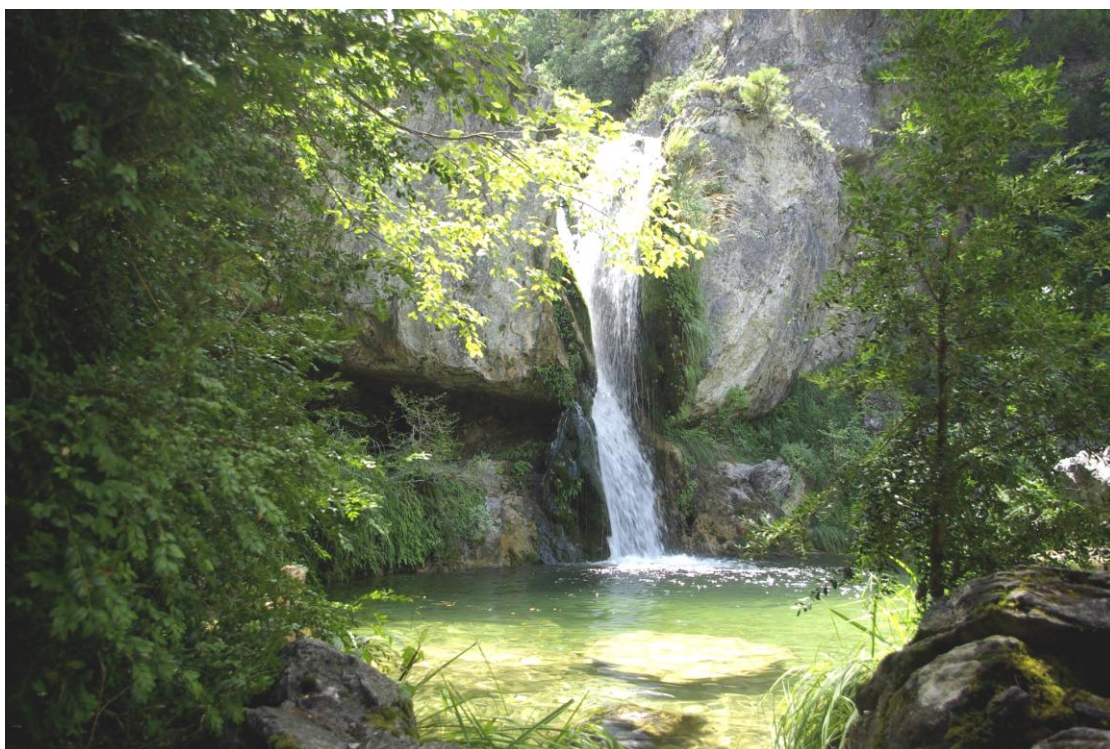
## Sample Summary Report

|                        |                |            |                        |        |
|------------------------|----------------|------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | ΣΠ3            |            |                        |        |
| Sample Date            |                |            |                        |        |
| Station                | Ag. SPIRIDONAS |            |                        |        |
| Location               |                |            |                        |        |
| Geology                |                |            |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO3     |            |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,60          |            |                        |        |
| pH                     | 7,24           |            |                        |        |
| Conductivity           | 510,00 uS/cm   |            |                        |        |
| Sum of Anions          | 6,22           | meq/L      |                        |        |
| Sum of Cations         | 6,16           | meq/L      |                        |        |
| Balance                | -0,48          | %          |                        |        |
| Total dissolved solids | 478,70         | mg/L       |                        |        |
| Total hardness         | 295,29         | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Alkalinity             | 262,46         | mg/l CaCO3 |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l           | mmol/l     | meq/l                  |        |
| Na                     | 5,40           | 0,23       | 0,23                   |        |
| K                      | 0,90           | 0,023      | 0,023                  |        |
| Ca                     | 78,50          | 1,96       | 3,92                   |        |
| Mg                     | 24,10          | 0,99       | 1,98                   |        |
| Cl                     | 5,10           | 0,14       | 0,14                   |        |
| SO4                    | 23,00          | 0,24       | 0,48                   |        |
| NO3                    | 21,70          | 0,35       | 0,35                   |        |
| HCO3                   | 320,00         | 5,24       | 5,24                   |        |
| Ratios                 |                |            | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l           | mmol/l     | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 3,26           | 1,98       | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO4                 | 3,41           | 8,18       | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 1,06           | 1,63       | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                |            | 287                    | 648    |

## Sample Summary Report

|                        |                        |                        |                        |        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| Sample ID              | <b>ΣΠ4</b>             |                        |                        |        |
| Sample Date            |                        |                        |                        |        |
| Station                | Ag. SPIRIDONAS         |                        |                        |        |
| Location               |                        |                        |                        |        |
| Geology                |                        |                        |                        |        |
| Watertype              | Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> |                        |                        |        |
| Temperature (°C)       | 17,10                  |                        |                        |        |
| pH                     | 7,30                   |                        |                        |        |
| Conductivity           | 450,00 uS/cm           |                        |                        |        |
| Sum of Anions          | 4,02                   | meq/L                  |                        |        |
| Sum of Cations         | 3,55                   | meq/L                  |                        |        |
| Balance                | -6,21                  | %                      |                        |        |
| Total dissolved solids | 303,40                 | mg/L                   |                        |        |
| Total hardness         | 175,14                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Alkalinity             | 196,84                 | mg/l CaCO <sub>3</sub> |                        |        |
| Major ion composition  | mg/l                   | mmol/l                 | meq/l                  |        |
| Na                     | 1,00                   | 0,04                   | 0,04                   |        |
| K                      | 0,30                   | 0,008                  | 0,008                  |        |
| Ca                     | 38,80                  | 0,97                   | 1,94                   |        |
| Mg                     | 19,00                  | 0,78                   | 1,56                   |        |
| Cl                     | 1,50                   | 0,04                   | 0,04                   |        |
| SO <sub>4</sub>        | 0,00                   | 0,00                   | 0,00                   |        |
| NO <sub>3</sub>        | 2,80                   | 0,05                   | 0,05                   |        |
| HCO <sub>3</sub>       | 240,00                 | 3,93                   | 3,93                   |        |
| Ratios                 |                        |                        | Comparison to Seawater |        |
|                        | mg/l                   | mmol/l                 | mg/l                   | mmol/l |
| Ca/Mg                  | 2,04                   | 1,24                   | 0.319                  | 0.194  |
| Ca/SO <sub>4</sub>     |                        |                        | 0.152                  | 0.364  |
| Na/Cl                  | 0,67                   | 1,03                   | 0.556                  | 0.858  |
| Cl/Br                  |                        |                        | 287                    | 648    |

## **Κεφάλαιο 4 : Συλλογή φωτογραφιών**



**Σχήμα 17** Ρέμα Ουρλιά (Πηγή Dion Δίων Archaeological Park & Museum)



**Σχήμα 18** Ρέμα Αγία Κόρη (Πηγή [www.panoramio.gr](http://www.panoramio.gr))



**Σχήμα 19** Τα αλλουβιακά ριπίδια του Ολυμπου από τον Αρχαιολογικό χώρο του Δίον (Πηγή Πηγή Dion Δίον Archaeological Park & Museum )



**Σχήμα 20** Αναβλύσεις πηγών κάτω από τον Αρχαιολογικό χώρο του Δίον



**Σχήμα 21** Αρτεσιανή γεώτρηση στην περιοχή έρευνας



**Σχήμα 22** Αρτεσιανή γεωτρήση στην περιοχή έρευνας



**Σχήμα 23** Αρτεσιανές γεωτρήσεις στην περιοχή Δίου



**Σχήμα 24** Γεωτρήσεις που χρησιμοποιούνται σαν πιεζόμετρα για σταθμημετρήσεις στην περιοχή Καρίτσας και Δίου





**Σχήμα 25** Όργανο μέτρησης pH, T και EC στην ύπαιθρο



**Σχήμα 26** Όργανο μέτρησης της στάθμης των υπόγειων νερών



Σχήμα 27 Δειγματοληψία και χημικές αναλύσεις



Σχήμα 28 Αντιδραστήρια, όργανα και δείγματα νερού που χρησιμοποιήθηκαν στις εργαστηριακές αναλύσεις.