

Πανεπιστήμιο Πατρών  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωλογίας  
Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ**  
**ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ**  
**ΤΡΙΧΩΝΙΔΑΣ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ**

**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ 09024**

**ΠΑΤΡΑ 2013**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος...3 Περίληψη...4

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Ταξινόμηση λιμνών...                                                       | 5  |
| 1.1 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τον τρόπο γένεσης...                            | 5  |
| 1.2 Ταξινόμηση λιμνών με βάση την κλιματική ζώνη...                           | 8  |
| 1.3 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τον τρόπο αποστράγγισης...                      | 8  |
| 1.4 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τις υδροχημικές συνθήκες ...                    | 8  |
| 1.5 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες...           | 9  |
| 1.6 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τις βιοχημικές ιδιότητες ...                    | 9  |
| 2. Δομή των λιμνών...                                                         | 11 |
| 2.1 Μορφολογία λιμνών...                                                      | 11 |
| 2.2 Ζώνωση λιμνών...                                                          | 12 |
| 2.3 Φυσική δομή ...                                                           | 12 |
| 2.4 Χημική δομή...                                                            | 13 |
| 2.5 Λεκάνη απορροής της λίμνης...                                             | 13 |
| 2.6 Λίμνη Τριχωνίδα και γενικά χαρακτηριστικά...                              | 14 |
| 2.7 Κλιματολογικά στοιχεία περιοχής και υδρομετεωρολογία...                   | 17 |
| 3. Τεκτονική...                                                               | 21 |
| 4. Σεισμικότητα...                                                            | 23 |
| 5. Ζώνη Ωλονού-Πίνδου...                                                      | 25 |
| 5.1 Στρωματογραφία ζώνης Πίνδου...                                            | 28 |
| 5.2 Τεκτοορογενετική εξέλιξη...                                               | 30 |
| 5.3 Γεωλογική δομή λίμνης Τριχωνίδας...                                       | 32 |
| 6. Υδρολογικά στοιχεία ...                                                    | 38 |
| 6.1 Γενική υδρολογία...                                                       | 40 |
| 6.2 Μέθοδοι έρευνας ...                                                       | 41 |
| 6.3 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα...                                           | 41 |
| 6.4 Σχέση απολύτου υψομέτρου-βροχοπτώσεως...                                  | 44 |
| 6.5 Εξατμισοδιαπνοή...                                                        | 48 |
| 7. Υδρογεωλογία...                                                            | 50 |
| 7.1 Υδρολιθολογία...                                                          | 51 |
| 7.2 Πιεζομετρία του προσχωματικού υδροφόρου ορίζοντα της λίμνης Τριχωνίδας... | 54 |

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος «Πτυχιακή 1&2» κατά την διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2012-2013. Η ανάθεση της πτυχιακής εργασίας καθώς και η επίβλεψή της έγινε από τον καθηγητή κ. Νικόλαο Λαμπράκη . Με την περάτωση των εργασιών θα ήταν συνετό να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλα τα άτομα τα οποία συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

-Πιο συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Λαμπράκη Νικόλαο για την άριστη εκπαίδευση και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε αλλά και για τον χρόνο τον οποίο διέθεσε.

-Την διδάκτορα Κατσάνου Κωνσταντίνα για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση καθ' όλη την εξέλιξη της συνεργασίας μας καθώς και για τις χρήσιμες συμβουλές όσον αφορά την εξέλιξή μου .

-Την μεταπτυχιακή φοιτήτρια Κουζέλη Ευλαμπία για την βοήθεια της στην κατασκευή πιεζομετρικών χαρτών μέσω του προγράμματος GIS αλλά και για την βοήθειά της στις επί τόπου μετρήσεις στο ύπαιθρο.

-Τις προπτυχιακές φοιτήτριες Νότη Αλεξάνδρα και Κακκαβά Μαρία για την πολύτιμη βοήθειά τους.

-Την Ε.Μ.Υ για την παροχή των μετεωρολογικών στοιχείων. Όλους τους κατοίκους της περιοχής που διέθεσαν χρόνο για την εύρεση των σημείων μέτρησης της στάθμης του υδροφόρου .Την οικογένειά μου για την ψυχολογική και οικονομική στήριξη όλων αυτών τον καιρό και ειδικότερα τον πατέρα μου για την πολύτιμη βοήθεια του και στις επί τόπου μετρήσεις .

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας μελετώνται οι υδρογεωλογικές συνθήκες της βόρειας πλευράς της λίμνης Τριχωνίδας και ειδικότερα ο προσχωματικός υδροφόρος στην περιοχή μελέτης μας. Το υπόβαθρο της περιοχής δομείται από αποτελείται από σχηματισμούς φλύσχη (σχιστόλιθοι, ψαμμίτες με κροκαλοπαγή και μάργες). Το κύριο αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι να καθορίσει τις παραμέτρους του υδρολογικού ισοζυγίου χρησιμοποιώντας υδρο-μετεωρολογικά στοιχεία και την τεχνολογία γεωγραφικών συστημάτων GIS και να διερευνηθούν οι συνθήκες τροφοδοσίας του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και οι αλληλεπιδράσεις του υδροφόρου με την λίμνη Τριχωνίδα .

## **ABSTRACT**

In the frame of this final work the hydrogeological conditions that prevail at the north side of lake Trichonida and especially the aquifer in our search ground. The geological background of the region is structured by flysch. The main objective of this work is to determine the parameters of hydrological balance using hydrometeorological data and geographic information systems (GIS) technology and determine the supply conditions of the aquifer as well as the interaction between the aquifer and the lake Trichonis.

## 1. Ταξινόμηση λιμνών

Ως λίμνη χαρακτηρίζεται μια μάζα γλυκού νερού , η οποία περιβάλλεται από χερσαία τμήματα προκειμένου να μην υπάρχει επικοινωνία με τη θάλασσα . Το 1/8 της επιφάνειας της γης καλύπτεται από λίμνες. Η έκταση των λιμνών ποικίλει από  $1\text{ km}^2$  έως και εκατοντάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα όπως η Κασπία και Αράλη , που τις ονομάζουμε θάλασσες. (Ρίζος 2011)

Επιπλέον ποικίλει το βάθος των λιμνών από 0.8 μ όπως η λίμνη Elton έως εκατοντάδες μέτρα όπως η λίμνη Βαϊκάλη (βάθος 1620 μ). Ανάλογα με την σταθερότητά τους στο χρόνο χαρακτηρίζονται σε μόνιμες και προσωρινές , ενώ με βάση το υψόμετρο χωρίζονται σε ορεινές και πεδινές λίμνες.

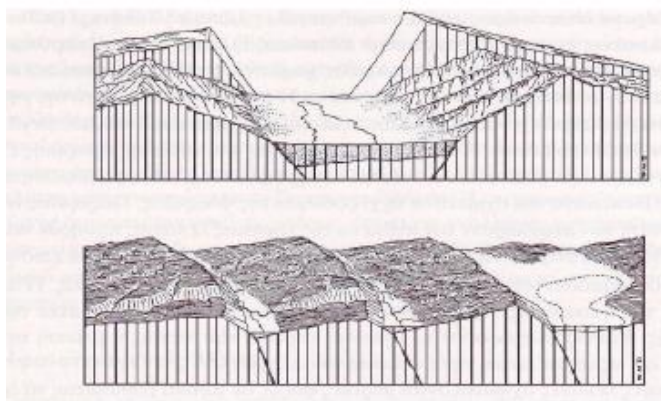
Τα κριτήρια για την ταξινόμηση των λιμνών ποικίλουν ανάλογα με :

- α) τον τρόπο γένεσής τους
- β) την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκονται
- γ) τον τύπο αποστράγγισης
- δ) τις υδροχημικές συνθήκες
- ε) τις θερμικές συνθήκες
- στ) τις βιοχημικές συνθήκες

### 1.1 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τον τρόπο γένεσης

Κάποιο γεωλογικό γεγονός όπως οι παγετώνες , η ηφαιστειότητα , η σεισμικότητα , παγετώνες και τεκτονική , είναι υπεύθυνα για την γένεση και δημιουργία λιμνών. Οι κατηγορίες αυτές είναι :

**α) Τεκτονικές λίμνες:** Ανήκουν οι λίμνες που σχηματίστηκαν από τεκτονικές κινήσεις βαθύτερων τμημάτων στο φλοιό της γης.(εικόνα 1)



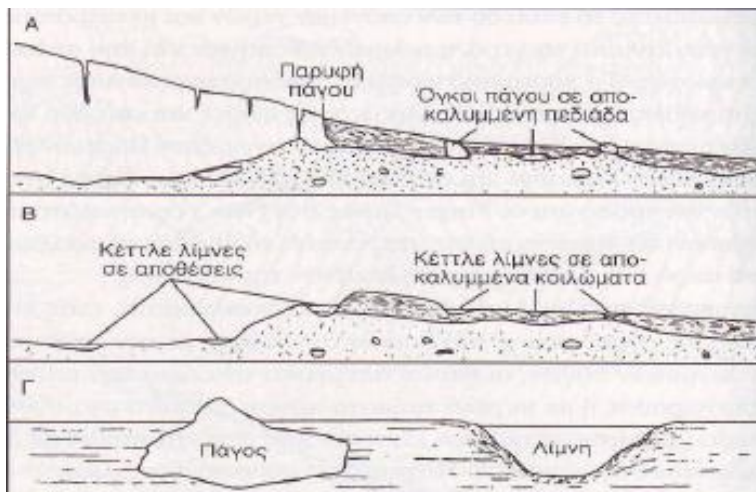
εικόνα 1. τεκτονικές λίμνες( Σίνης 2005 )

**β) Ηφαιστειακές λίμνες :** Οι λίμνες αυτές σχηματίστηκαν σε καλδές και σε κρατήρες ηφαιστειών (εικόνα 2) .



εικόνα 2. ηφαιστειακή λίμνη (Σίνης 2005)

**γ) Παγετώδεις λίμνες :** έχουν σχηματιστεί απο την επίδραση του παγετώνα μιας περιοχής (εικόνα 3).

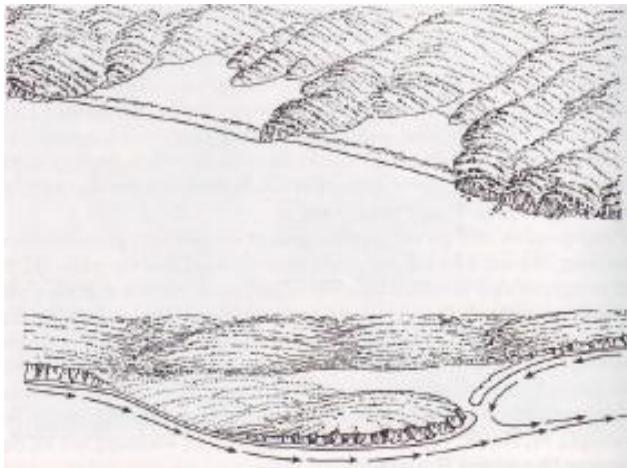


εικόνα 3 . παγετώδης λίμνη

**δ) Ποτάμιες λίμνες :** σχηματίζονται από την δράση του επιφανειακού νερού .

**ε) Αιολικές λίμνες :** σχηματίζονται από την επίδραση του ανέμου , κυρίως σε ξηρές περιοχές.

**στ) Παράκτιες λίμνες - λιμνοθάλασσες:** οι λίμνες αυτές σχηματίζονται σε ακτές που εμφανίζουν κόλπους με την επίδραση θαλάσσιων ρευμάτων (εικόνα 4).



εικόνα 4 . παράκτιες λίμνες

**ζ) Τεχνητές λίμνες:** σχηματίζονται από ανθρωπογενή παρέμβαση , με την παρεμπόδιση την φυσιολογικής ροής ενός ποταμού.

**η)Λίμνες μετεωριτών:** σχηματίζονται απο την πρόσκρουση μετεωρίτη στην επιφάνεια της γης και την πλήρωση τους με γλυκό νερό.

**θ) Λίμνες διάλυσης :** οι λίμνες αυτές προκύπτουν απο την διάλυση πετρωμάτων απο διηθημένο νερό. (χαρακτηριστικό παράδειγμα η πτώση οροφής σπηλαίου σχηματισμένου απο φαινόμενα καρστικοποίησης και δημιουργία λίμνης).

**ι)λίμνες από κατολίσθηση:** σχηματίζονται απο την κατολίσθηση χαλαρών υλικών στις κοίτες των ποταμών (εικόνα 5).



εικόνα 5. δημιουργία λίμνης λόγω κατολίσθησης(Σίνης 2005)

## 1.2 Ταξινόμηση λιμνών με βάση την κλιματική τους ζώνη

Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των λιμνών. Λίμνες που βρίσκονται στην ίδια κλιματική ζώνη , λοιπόν , έχουν υδροδυναμικές , υδροχημικές και υδροβιολογικές συνθήκες . Σύμφωνα με το κλίμα χωρίζονται σε διαφορετικές ζώνες (Ιερόθεος Ζαχαρίας 1992)

- α) Ζώνη τροπικών και υποτροπικών λιμνών γλυκού νερού.
- β) Ζώνη αλμυρών και υφάλμυρων λιμνών βόρεια και νότια των προηγούμενων .
- γ) Ζώνη ορεινών λιμνών

### **1.3 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τον τρόπο αποστράγγισης**

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν , η γεωλογία καθώς και η μορφολογία μιας περιοχής καθορίζουν και τον τρόπο αποστράγγισης της λίμνης . Έτσι χωρίζονται σε :

- α)Λίμνες ελλιπούς αποστράγγισης
- β)Λίμνες διαρκούς αποστράγγισης
- γ)Λίμνες περιοδικής αποστράγγισης

### **1.4 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τις υδροχημικές συνθήκες**

Σύμφωνα με το ποσοστό της αλατότητας χωρίζονται σε :

- α)Λίμνες γλυκού νερού (0.3-1% αλατότητα)
- β)Λίμνες υφάλμυρου νερού (αλατότητα 1- 24.7%)
- γ)Λίμνες αλμυρού νερού (αλατότητα 27+ % )

### **1.5 Ταξινόμηση λιμνών με βάση τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες**

Επειδή η πλειοψηφία των λιμνών έχουν στρωμάτωση (επιλίμνιο, μεταλίμνιο, υπολίμνιο με την σειρά που αναφέρονται απο την επιφάνεια προς τον πυθμένα) χωρίζονται σε

- α)Ψυχρές λίμνες απλής ανάμιξης
- β)Θερμές λίμνες απλής ανάμιξης
- γ)Λίμνες διπλής ανάμιξης
- δ)Λίμνες πολλαπλής ανάμιξης
- ε)Λίμνες σπάνιας ανάπτυξης
- στ)Λίμνες μη στρωματοποιημένες

### **1.6 Ταξινόμηση λιμνών σύμφωνα με τις βιοχημικές ιδιότητες**

Σε αυτή την κατηγορία οι λίμνες ταξινομούνται σύμφωνα με το ποσοστό οργανικού υλικού που περιέχουν δηλαδή το δείκτη τροφικότητας , το οργανικό υλικό προέρχεται απο αυτόχθονες είτε αλλόχθονες πηγές.

**α) Ολιγοτροφικές :** Είναι οι λίμνες με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό και θρεπτικά συστατικά αλλά με τεράστια παρουσία διαλελυμένου O<sup>2</sup> με αποτέλεσμα να δημιουργούνται οξειδωτικές συνθήκες στο υπολίμνιο . Λόγω της

χαμηλής περιεκτικότητας σε νιτρικά και φωσφορικά άλατα έχουμε αποχρώσεις του πράσινου και μπλε . Η ποσότητα των ανθρακικών είναι μεταβαλλόμενη. Συνήθως έχουμε παρουσία αργιλικών ιζημάτων με αιρούμενο αργιλικό υλικό . Η παραλίμνια βλάστηση δεν είναι τόσο έντονη.

**β)Ευτροφικές :** Έχουμε ύπαρξη υψηλής βιολογικής δραστηριότητας , υψηλή συγκέντρωση οργανικού υλικού και θρεπτικών συστατικών . Η ποσότητα του διαλελυμένου  $O_2$  είναι χαμηλή και το υπολίμνιο μπορεί να φτάσει σε κορεσμό.

Είναι πλούσιες σε νιτρικά , φωσφορικά και ανθρακικά άλατα γι'αυτό και το κίτρινο χρώμα , το πάχος του επιλίμνιου είναι μεγαλύτερο απο του υπολίμνιου . Το αιωρούμενο υλικό αποτελείται κυρίως από πλαγκτόν . Υπάρχει μεγάλη ποσότητα βλάστησης κοντά στο επιλίμνιο . Τις ευτροφικές λίμνες τις συναντούμε κυρίως σε περιοχές με πορώδη ιζήματα που είτε περιέχουν , είτε εμπλουτίζονται σε οργανικό υλικό .

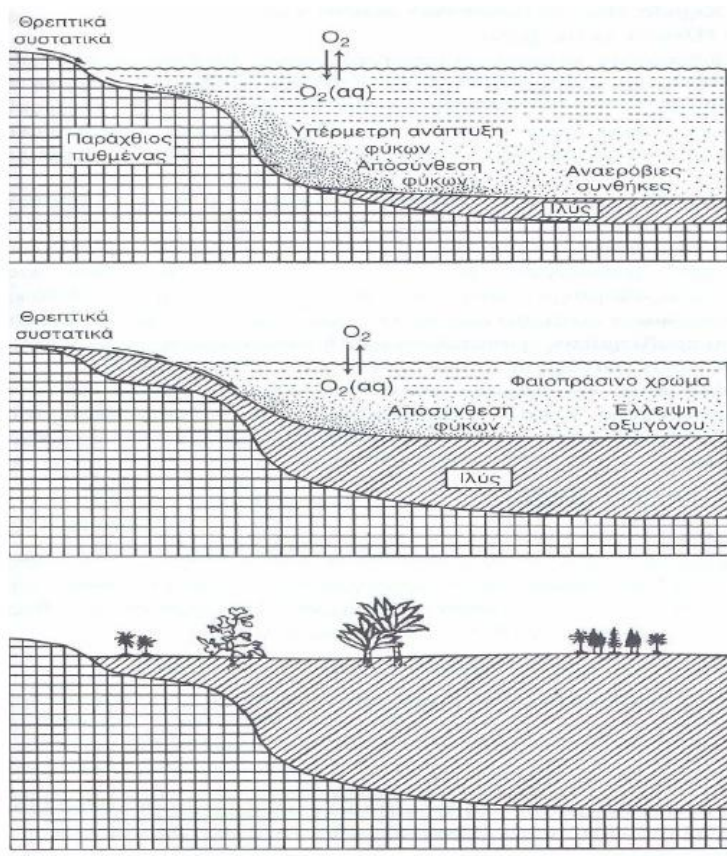
**γ)Δυστροφικές :** Εάν η ποσότητα σε οργανικό υλικό , θρεπτικά συστατικά αυξηθεί ενώ η περιεκτικότητα σε  $O_2$  μειωθεί έχουμε την δημιουργία αναγωγικών συνθηκών και την μετατροπή μιας ευτροφικής λίμνης σε δυστροφική . Χαρακτηριστικό καφέ χρώμα λόγω αιώρησης χουμικών κολλοειδών συστατικών . Τα ιζήματα είναι συνήθως ιλυόλιθοι με άργιλο , διατομούχα ορυκτά και σιδηρούχες αποθέσεις . Σε περίπτωση που το  $O_2$  μειωθεί δραματικά εως ότου εξαφανιστεί η περιοχή μετατρέπεται σε έλος και υπάρχει περίπτωση να γίνει χώρος απόθεσης τύρφης.(εικόνα 6+ εικόνα 7)

| ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ                            | ΟΛΙΓΟΤΡΟΦΙΚΕΣ                                                                                                                     | ΕΥΤΡΟΦΙΚΕΣ                                                                                                              |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Συστατικά                             | Χαμηλά επίπεδα και χαμηλή παροχή των κύριων συστατικών (άζωτο, φώσφορος, θείο)                                                    | Υψηλά επίπεδα και υψηλή παροχή κύριων και δευτερευόντων συστατικών                                                      |
| Διαλυμένο οξυγόνο                     | Δεν διαφοροποιείται αρκετά από στο επιλίμνιο ή το υπολίμνιο ( $10 \pm 10\%$ ).                                                    | Μεγάλο εύρος τιμών κορεσμού. Μείωση στο υπολίμνιο (0-100%) και υπερκορεσμός (100-250%)                                  |
| Βιοτική κατάσταση                     | Χαμηλή η κύρια παραγωγικότητα. Χαμηλή πυκνότητα και ένδειξη φυτοπλαγκτονικών, ζωοβενθικών, ζωοπλαγκτονικών, οργανισμών και ψαριών | Υψηλή παραγωγικότητα. Υψηλή πυκνότητα και ένδειξη φυτοπλαγκτονικών, ζωοβενθικών, ζωοπλαγκτονικών οργανισμών, και ψαριών |
| Φως                                   | Διαυγή νερά, εισβολή φωτός ακόμη και κάτω από το θερμοκλινές                                                                      | Θαμπό νερό, εισβολή φωτός αρκετά χαμηλή που συχνά δεν φτάνει μέχρι το θερμοκλινές ή τον πυθμένα.                        |
| Σχήμα λεκάνης και διαστρωμάτωση νερού | Βαθείς λίμνες με απότομες πλαγιές άγονα εδάφη                                                                                     | Ρηχές λίμνες με ελαφρά κεκλιμένα ακτές. Καλλιεργημένο και αναταραγμένο έδαφος                                           |

| Τροφικό επίπεδο | Μέση ετήσια τιμή P (σε mg/l) | Μέση ετήσια τιμή Chl-a (σε mg/l) | Μέση ετήσια τιμή Chl-1 (σε mg/l) | Μέση ετήσια διαφάνεια (σε m δίσκου Secchi) | Ελάχιστη ετήσια διαφάνεια (σε m δίσκου Secchi) |
|-----------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Υπερ-ολιγότροφη | <4.0                         | <1.0                             | <2.5                             | >12.0                                      | >6.0                                           |
| Ολιγότροφη      | <10.0                        | <2.5                             | <8.0                             | >6.0                                       | >3.0                                           |
| Μεσάτροφη       | 10-35                        | 2.5-8                            | 8-25                             | 6-3                                        | 3-15                                           |
| Ευτροφη         | 35-100                       | 8-25                             | 25-75                            | 3-1.5                                      | 1.5-0.7                                        |
| Υπερτροφική     | >100                         | >25                              | >75                              | <1.5                                       | <0.7                                           |

εικόνα 6 . διαφορές ολιγοτροφικών και ευτροφικών λιμνών (Alexander 1994)

Όσον αφορά τον ευτροφισμό , όπως προαναφέραμε δημιουργείται από αύξηση θρεπτικών συστατικών στο νερό (φωσφορικά , νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα ) , από αυξημένο  $\text{CO}_2$  , θειικό άλας και σίδηρο . Οι παράγοντες που καθορίζουν τον ευτροφισμό σε μια λίμνη είναι το μέσο βάθος της λίμνης και το μέγεθος , καθώς και η άρδευση της λεκάνης αποστράγγισης . Η ταχύτητα με την οποία αλλάζει η κατάσταση σε μια λίμνη είναι ανάλογη με την διακύμανση του κλίματος (θερμοκρασία , βροχόπτωση).



εικόνα 7. μετατροπή oligotροφικής σε δυστροφική (Κουϊμτζής 1994)

## 2.Δομή των λιμνών

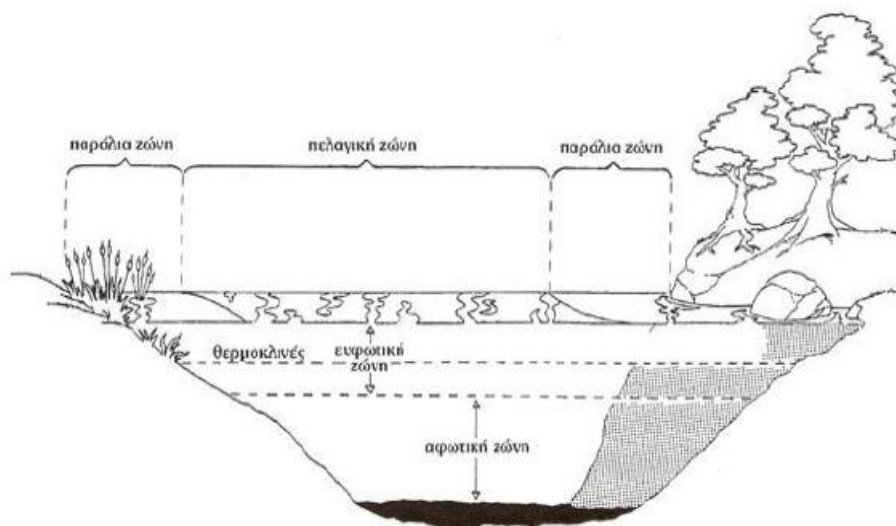
### 2.1 Μορφολογία λιμνών

Το σχήμα το οποίο θα έχει μια λίμνη εξαρτάται από τον τρόπο τον οποίο θα σχηματιστεί. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας της μορφολογίας μιας λίμνης είναι η επιφάνειά της , η οποία μεταβάλλεται με τον χρόνο. Παραμένει σταθερή όταν η ροή νερού που γεμίζει την λίμνη είναι κι αυτή σταθερή , η μέτρηση της οποίας γίνεται μέσω της χρήσης χαρτών ή αεροφωτογραφιών .

Για να υπολογίσουμε τον όγκο νερού μιας λίμνης αρκεί να προσθέσουμε τους επιμέρους όγκους του νερού σε κάθε ισοβαθή. Το μέσο βάθος μιας λίμνης υπολογίζεται από την διαίρεση του όγκου του νερού μιας λίμνης με την επιφάνειά της .

## 2.2.Ζώνωση των λιμνών

Κάθε λίμνη χωρίζεται σε δύο ζώνες βάθους που έχουν τις ίδιες αναλογίες με το θαλάσσιο περιβάλλον . Η παράκτια ζώνη αρχίζει απο την ακτή και φτάνει μέχρι το σημείο που το φως μπορεί να δώσει καλά ανεπτυγμένα φυτά . Το υπόλοιπο τμήμα αποτελεί την πελαγική ζώνη . Έτσι διακρίνονται η ευφωτική και η αφωτική ζώνη(εικόνα 8)



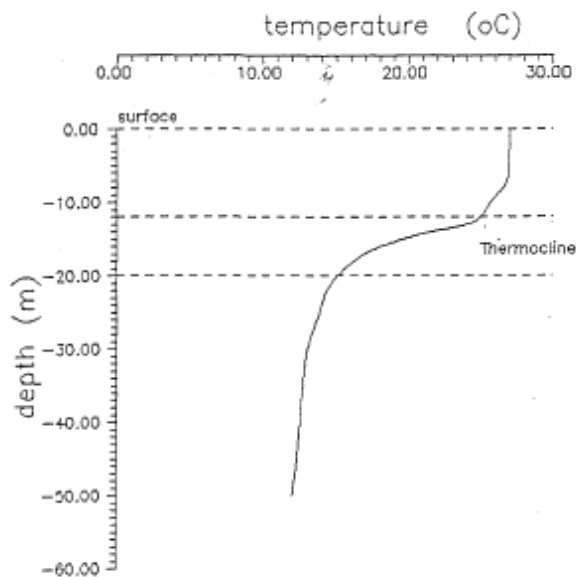
εικόνα 8. ζώνωση λίμνης

Το φωτεινό και καλά αναμεμειγμένο τμήμα της λίμνης είναι η ευφωτική ζώνη , κάτω απο αυτή βρίσκεται η αφωτική όπου έχουμε κατανάλωση του  $O_2$  καθώς δεν πραγματοποιείται φωτοσύνθεση. Τα όρια αυτών δεν παραμένουν σταθερά καθώς με την μεταβολή της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η επιφάνεια της λίμνης κατά τη διάρκεια της μέρας αλλάζει το βάθος στο οποίο θα φτάσει το φως .

## 2.3 Φυσική δομή των λιμνών

Ανάλογα με την θερμοκρασία που επικρατεί στα στρώματα της λίμνης χωρίζονται σε 3 τμήματα :

- α) Το πάνω μέρος που έχει και την μεγαλύτερη θερμοκρασία άρα και την μεγαλύτερη πυκνότητα ονομάζεται επιλίμνιο .
- β) Το μεσαίο τμήμα που έχει μικρότερη θερμοκρασία απο το επιλίμνιο , είναι το μεσολίμνιο ή αλλιώς θερμοκλινές . Εχει χαμηλότερη πυκνότητα και είναι πιθανόν πολλές φορές λόγω των ανέμων τα δύο αυτά στρώματα να αναμιγνύονται και να ομογενοποιούνται(στρώμα ανάμιξης) .
- γ)Το βαθύτερο στρώμα που φτάνει μέχρι και τον πυθμένα είναι το υπολίμνιο όπου έχουμε την πλέον μικρή πυκνότητα και χαμηλότερη θερμοκρασία. Το στρώμα αυτό δεν αναμιγνύεται με τα υπερκείμενα του.(εικόνα8.1)



εικόνα 8.1 .θερμική στρωμάτωση και θερμοκλινές στην λίμνη Τριχωνίδα

## 2.4 Χημική δομή λιμνών

Σε μια λίμνη υπάρχουν πολλά χημικά στοιχεία και θρεπτικά συστατικά τα οποία κατανέμονται διαφορετικά στα στρώματα της λίμνης . Η τροφή βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα στο υπολίμνιο και την αφωτική ζώνη. Το σημείο στο οποίο έχουμε μεγάλη μεταβολή ενός θρεπτικού συστατικού ονομάζεται χημοκλινές . Το σημείο αυτό μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμοκρασία και την πυκνότητα του νερού . Σε λίμνες με καλά αναπτυγμένη παράκτια ζώνη υπάρχει η τάση για κατακόρυφη στρωμάτωση χημικών ουσιών.

Η χημική δομή μιας λίμνης λοιπόν, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελείται από 2 συνιστώσες, μια κατακόρυφη και μια οριζόντια. Η κατακόρυφη είναι εποχιακή και εξαρτάται από την παρουσία των στρωμάτων λόγω διαφοράς πυκνότητας . Η οριζόντια συνιστώσα χρειάζεται αρκετά χρόνια για να δημιουργηθεί και επηρεάζεται από τις ακτές της λίμνης (Ι. Ζαχαρίας 1992).

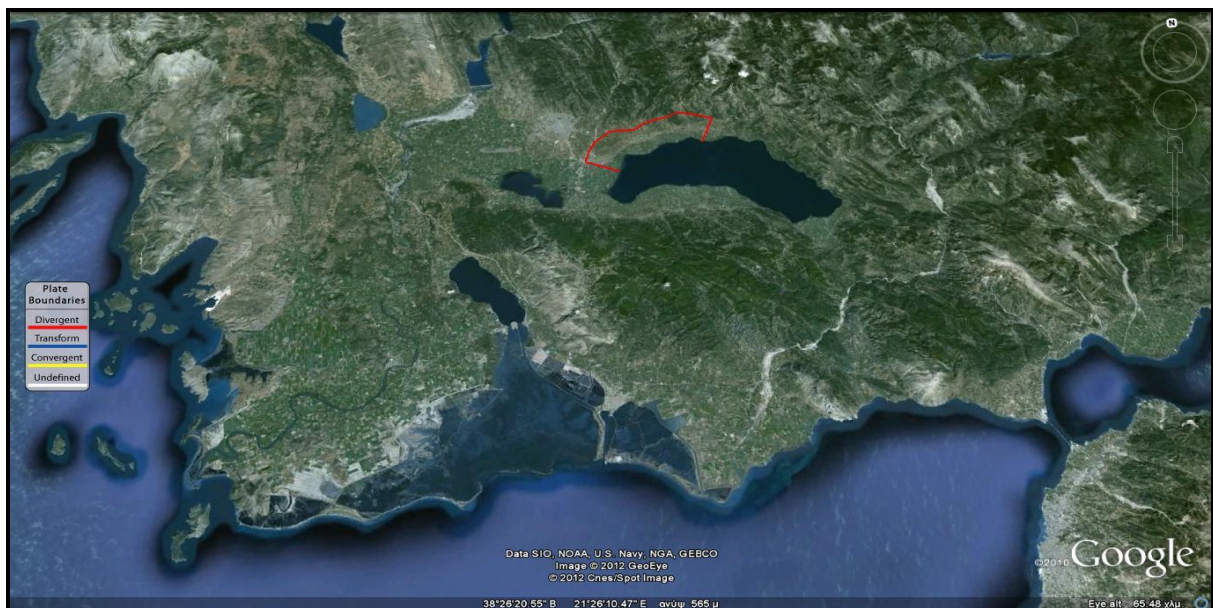
## 2.5 Λεκάνη απορροής της λίμνης

Το μέγεθος , η κλίση , η γεωλογική δομή και οι κλιματικές συνθήκες της λεκάνης απορροής μιας λίμνης επηρεάζουν σημαντικά το είδος και την ποσότητα των μετάλλων που βρίσκονται στη λίμνη. Για παράδειγμα γρανιτικές λεκάνες έχουν μικρή δυνατότητα ανάπτυξης οργανισμών ενώ λίμνες με χονδρόκοκκο υλικό και έντονη παραγωγή ιζήματος ευνοούν την βιολογική δραστηριότητα. Το μέγεθος της λεκάνης απορροής προς την επιφάνεια της λίμνης επιδρούν στην ευτροφικότητα κάθε λίμνης , καθώς όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο λόγος τόσο μεγαλύτερος ευτροφισμός παρουσιάζεται.

Τέλος , εκτός από την παρέμβαση του ανθρώπου που μεταβάλλει σημαντικά τα χαρακτηριστικά μιας λεκάνης απορροής , οι κλιματικές συνθήκες μεταβάλλουν τα ιζήματα που μεταφέρονται στην λίμνη . Ζεστό κλίμα όπως το μεσογειακό αυξάνει την διάβρωση με αποτέλεσμα την μεταφορά μεγαλύτερου ποσοστού ιζήματος και τροφής στην λίμνη (Rawson 1955).

## 2. 6 Λίμνη Τριχωνίδα γενικά χαρακτηριστικά και δομή

Η λίμνη Τριχωνίδα είναι η μεγαλύτερη σε έκταση και βάθος λίμνη σε ολόκληρη την Ελλάδα (έκταση 96.9 km<sup>2</sup> , βάθος 57m, όγκος νερού  $3 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>, περίμετρο 51 km), με ημισεληνοειδές σχήμα. Ο επιμήκης άξονας της λίμνης είναι 20 km και το μέγιστο πλάτος είναι 6.5 km. (με την κόκκινη γραμμή δηλώνουμε την περιοχή μελέτης μας).Ο σχηματισμός της είναι πιθανώς Ανώτερης Πλειοκαινικής περιόδου (Fels 1948), από την συντονισμένη δράση τεκτονικών κινήσεων , έντονων διαλυτικών εργασιών του νερού , ποτάμιας επίδρασης και ιζηματογένεσης (Leontaris 1967) . Η λίμνη ανήκει , από τεκτονικής άποψης στην ευρύτερη περιοχή των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών (Τριχωνίδα- Λυσιμαχία- Οζερός- Αμβρακία) με Α-Δ διεύθυνση(εικόνα 9)



εικόνα 9 . λίμνη Τριχωνίδα και Πατραϊκός κόλπος, κόκκινη γραμμή περιοχή μελέτης(πηγή: google earth)

Η Τριχωνίδα βρίσκεται μέσα σε ένα τεκτονικό βύθισμα μήκους 75 km (Maull 1921). Η τάφρος αυτή ξεκινά από την ανατολική πλευρά της Τριχωνίδας και

συνεχίζει προς τα δυτικά, παράλληλα με τις ακτές του Πατραϊκού κόλπου(Doutsos, Koutopoulos, Frydas 1987).

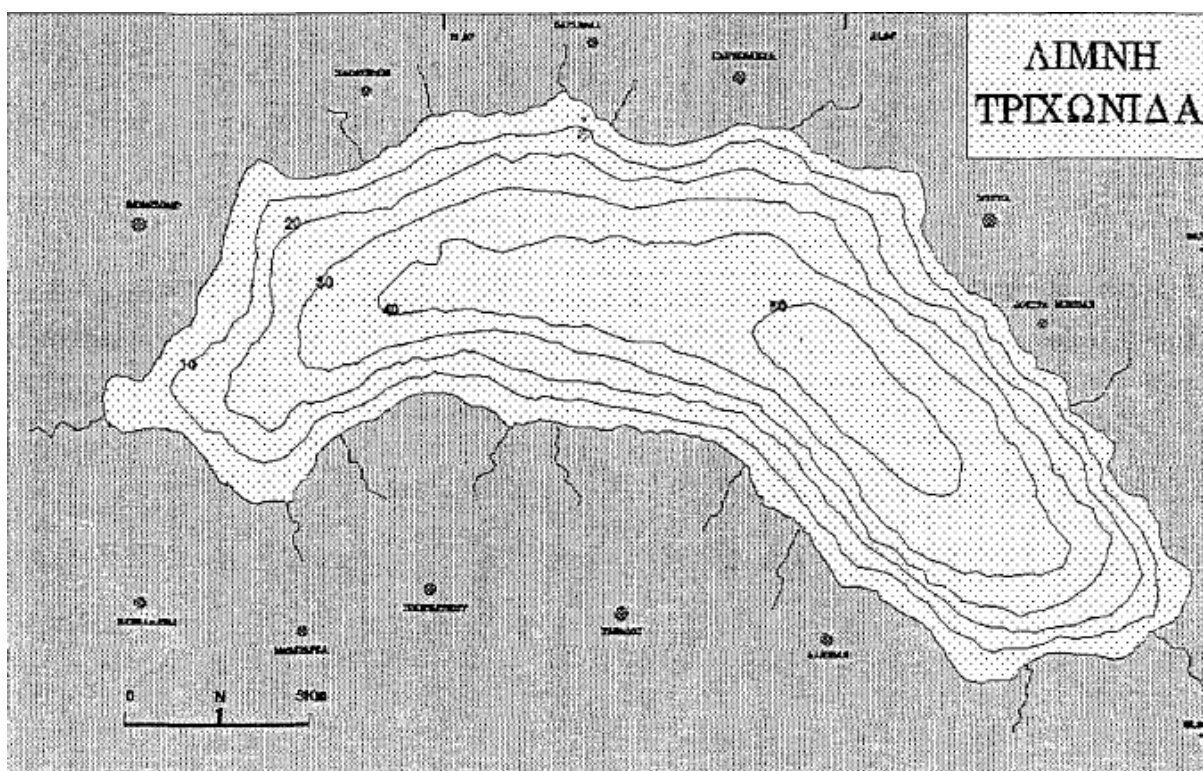


εικόνα 10 . βλάστηση της περιοχής

Η λίμνη Τριχωνίδα είναι μια τυπική oligotroφική λίμνη (Zacharias 1987) , με σταθερή θερμική στρωμάτωση , ορθοκανονική κατανομή διαλελυμένου  $O_2$  , υψηλή διαύγεια νερού και με μικρές συγκεντρώσεις σε θρεπτικά άλατα στο νερό της . Η υδρόβια βλάστηση είναι σποραδική και εμφανίζεται κατά τόπους (Koussouris & Diaroulis 1982)( εικόνα 10) .

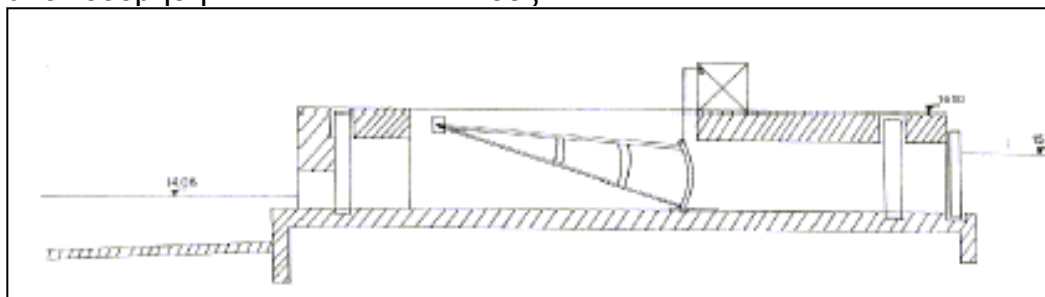
Η ευρύτερη λεκάνη απορροής έχει τέσσερις φορές μεγαλύτερη έκταση απο αυτή της λίμνης . Αποτελείται απο μία ζώνη ασβεστολίθων στα ΒΑ και ΝΑ ενώ το Δυτικό τμήμα της αποτελείται απο φλύσχη και αλλουβιακά ιζήματα (Leontaris 1967).

Όπως θα δούμε και στον βυθομετρικό χάρτη που παρατίθεται πιο κάτω (εικόνα 11) στην Β και ΒΑ περιοχή η παράκτια ζώνη είναι πιο περιορισμένη απο τα Δυτικά καθώς και η κλίση του πυθμένα είναι πιο απότομη , όπως διαπιστώνεται και από την πυκνωση των ισοβαθών . Στον πυθμένα του απότομου πρηνούς συναντούμε κροκάλες έως και χονδρόκοκκο αμμούχο υλικό (Koussouris 1981) . Στο Δυτικό, ΝΔ και Ανατολικό τμήμα της λίμνης παρατηρούμε απομάκρυνση των ισοβαθών άρα και μεγαλύτερη παράκτια ζώνη , η οποία αποτελείται από πιο λεπτομερές υλικό όπως άμμος και ιλύς. Στον χάρτη φαίνονται και οι περιοχές όπου εκβάλλουν οι γύρω ποταμοί και τροφοδοτούν ίζημα στην λίμνη μας. Εκβάλλουν 20 κύριοι χείμαρροι με εποχιακή ροή ανάμεσα στους οποίους είναι ο Περιβολάρης , Ξεριάς , Μπότσαρης , Μέγα Ρέμα , Κρηνόρεμα , Διχαλόρεμα , Κουφόρεμα , Κουβελόρεμα.(Ρίζος 2011) Οι χείμαρροι αυτοί αποστραγγίζουν σημαντικές εκτάσεις και παρέχουν μεγάλες ποσότητες νερού στην λίμνη όταν βρέχει, εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων που παρατηρούνται ειδικότερα στο βόρειο μέρος σε αντίθεση με το Δυτικό το οποίο δεν παρουσιάζει σημαντικό αριθμό υδρορευμάτων λόγω της γεωλογικής σύστασης και της μικρής μορφολογικής κλίσης του αναγλύφου (Στεφά 2011) .



εικόνα 11. βυθομετρικός χάρτης λίμνης Τριχωνίδας

Επίσης θα πρέπει να αναφέρουμε πως η λίμνη Λυσιμαχία με την Τριχωνίδα επικοινωνούν μέσω μιας τεχνητής διώρυγας (σχήμα 1+ εικόνα 12) . Η διώρυγα αυτή έχει θυρόφραγμα "πόρτες" όπως λένε χαρακτηριστικά οι ντόπιοι , ώστε να διοχετεύεται η περίσσεια ποσότητα νερού στην Λυσιμαχία , για να μην καταστραφούν οι παράκτιες καλλιέργειες . Με την δημιουργία της διώρυγας επίσης , επωφελείται η επικοινωνία της λίμνης με το γενικό δίκτυο του Αχελώου , με αποτέλεσμα να διασώζεται αρκετά μεγάλη ποσότητα νερού αλλά με κίνδυνο να εξαπλώνεται καλύτερα η μόλυνση εκεί όπου πλέον είναι ανθεκτικοί στην αποικοδόμησή τους. (σχήμα



1)  
σχήμα 1. "πόρτες" μεταξύ Λυσιμαχίας και Τριχωνίδας



εικόνα 12 "πόρτες " που ενώνουν Λυσιμαχία και Τριχωνίδα

Η λίμνη τροφοδοτείται από την ανάβλυση υπόγειων νερών , συγκεντρώνει τις απορροές των ορεινών όγκων που την πλαισιώνουν και παροχετεύει το πλεόνασμα των δικών της νερών στη Λυσιμαχία. Το υψηλότερο επίπεδο της Τριχωνίδας διευκολύνει την ροή νερών απο την μεγαλύτερη στην μικρότερη λίμνη , έτσι ώστε να ανανεώνονται τα νερά της .

## 2.7 Κλιματικά στοιχεία περιοχής μελέτης και Υδρομετεωρολογία

Η περιοχή της Τριχωνίδα βρίσκεται στη Μεσογειακή κλιματική ζώνη η οποία γενικά χαρακτηρίζεται, από βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της άνοιξης, του φθινοπώρου και του χειμώνα, ενώ η θερινή περίοδος χαρακτηρίζεται ως ξηρά. Κατά την ταξινόμηση Thornthwaite (Καρράς, 1973), στην περιοχή επικρατεί κλίμα υγρό μεσόθερμο, ημίυγρο προς υγρό με μεγάλη έλλειψη υγρασίας το καλοκαίρι και με μεσόθερμο κλιματικό τύπο κατά το θέρος. Η ετήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα (μέση, μέγιστη και ελαχίστη, μηνιαία), παρουσιάζει απλή διακύμανση, με μέγιστο το μήνα Αύγουστο ή Ιούλιο και ελάχιστο το μήνα Ιανουάριο. Οι θερινοί μήνες είναι αρκετά θερμοί, με θερμοκρασία αέρος που φθάνει συνήθως και τους 38°C (Αύγουστος), ενώ τα μέσα μέγιστα για τον Ιούνιο είναι 30.6°C, τον Ιούλιο 33.9°C και τον Αύγουστο 34.4°C. Επίσης, το μηνιαίο περιοδικό εύρος των

απολύτων τιμών μεγίστης και ελαχίστης θερμοκρασίας ποικίλει. Συνήθως, το μικρότερο εύρος εμφανίζεται τον Ιανουάριο ( $-6.5^{\circ}\text{C}$ ) και το μεγαλύτερο τον Αύγουστο ( $44.8^{\circ}\text{C}$ ). Κατά τους θερινούς μήνες, παρατηρείται ανεπάρκεια βροχόπτωσης η οποία κυμαίνεται από 14 mm τον Αύγουστο και φθάνει μέχρι τα 170 mm τον Οκτώβριο και Μάιο. Η περιοχή δηλαδή, είναι σχετικά βροχερή με απλή ετήσια πορεία των κατακρημνισμάτων, το ύψος των οποίων ανέρχεται συνήθως, πάνω από τα 1000 mm, με μέγιστα, το Δεκέμβριο (135.6 mm), Νοέμβριο (164.9 mm), Ιανουάριο (128.9 mm) και Φεβρουάριο (128.5 mm) και ελάχιστο κατά τον Ιούνιο (23.6 mm), Αύγουστο (24.9 mm) και Ιούλιο (27.7 mm) (Κ.Μ.Σ.Α., 1960-1990 και Ε.Μ.Υ., 1965-1990). Με βάση μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής υπολογίζεται ότι ο

συνολικός όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην υδρολογική λεκάνη της Τριχωνίδας ανέρχεται στα  $367.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Εξάλλου, η μέση ετήσια τιμή της ελαχίστης υγρασίας παρουσιάζει απλή ετήσια διακύμανση με, μέγιστο τον μήνα Νοέμβριο (66.6 %) και Δεκέμβριο (74.1 %), ελάχιστο τον Ιούλιο (52.9 %) και τον Αύγουστο (52.8 %). Από το τέλος του χειμώνα και μέχρι τα μέσα ή το τέλος του θέρους, αυτή

παρουσιάζει προοδευτική πτώση, λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα. Δηλαδή, η σχετική υγρασία του αέρα, ακολουθεί πορεία αντίθετη εκείνης της θερμοκρασίας του αέρα. Η λίμνη, λόγω της θέσης της και του προσανατολισμού της επηρεάζεται κατά πολύ, από τους δυτικούς και λιγώτερο από τους βόρειους ανέμους. Η λίμνη της Τριχωνίδας αποτελεί σημαντική υδάτινη επιφάνεια (έκταση  $98.6 \text{ km}^2$ ) από την οποία εξατμίζονται μεγάλες ποσότητες νερού. Για τον υπολογισμό του ύψους της εξατμίσης, χρησιμοποιήθηκαν οι ενδείξεις των εξατμισιομέτρων λεκάνης (μέση τιμή 1058 mm), οι οποίες επειδή υπερεκτιμούν την πραγματική εξατμίση (Σούλιος, 1986), διορθώθηκαν με τον συντελεστή των οργάνων αυτών (0.7 σε ετήσια βάση). Υπολογίζεται δηλαδή ότι, η εξατμίση (Εν) στην υδρολογική λεκάνη της Τριχωνίδας ανέρχεται στα 740.6 mm το έτος ( $1058 \times 0.7$ ). Για το υδρολογικό ισοζύγιο κάθε υδρολογικής λεκάνης απαραίτητη είναι η γνώση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Για τα ελληνικά υδρολογικά

δεδομένα, έχουν υιοθετηθεί διάφοροι μέθοδοι υπολογισμού και εκτίμησης (προσαρμογή δεδομένων με διορθωτικούς συντελεστές) της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (Σούλιος, 1986). Αυτές βασίζονται στο ύψος της βροχόπτωσης, στη δυναμική εξατμισοδιαπνοή και στη δυνατότητα κατακράτησης του νερού στο έδαφος (Thorntwaite & Mather, 1955). Οι υπολογισμοί για την πραγματική εξατμισοδιαπνοή έγιναν σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα των, Καρρά (1973), Βαφειάδη (1983) και Μποναζούντα (1988). Έτσι, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή για την περιοχή της Τριχωνίδας, σύμφωνα με τη μέθοδο Thorntwaite & Mather (1955), εκτιμάται στα 693mm, σύμφωνα με τον Καρρά (1973) στα 653 mm, ενώ σύμφωνα με τη μέθοδο Penman (Μποναζούντας, 1988), αρκετά διαδεδομένη σε ανάλογες ελληνικές συνθήκες, υπολογίστηκε στα συνθήκες, υπολογίστηκε στα 613mm, τιμή η οποία χρησιμοποιείται, στους υπολογισμούς του υδατικού ισοζυγίου της Τριχωνίδας.

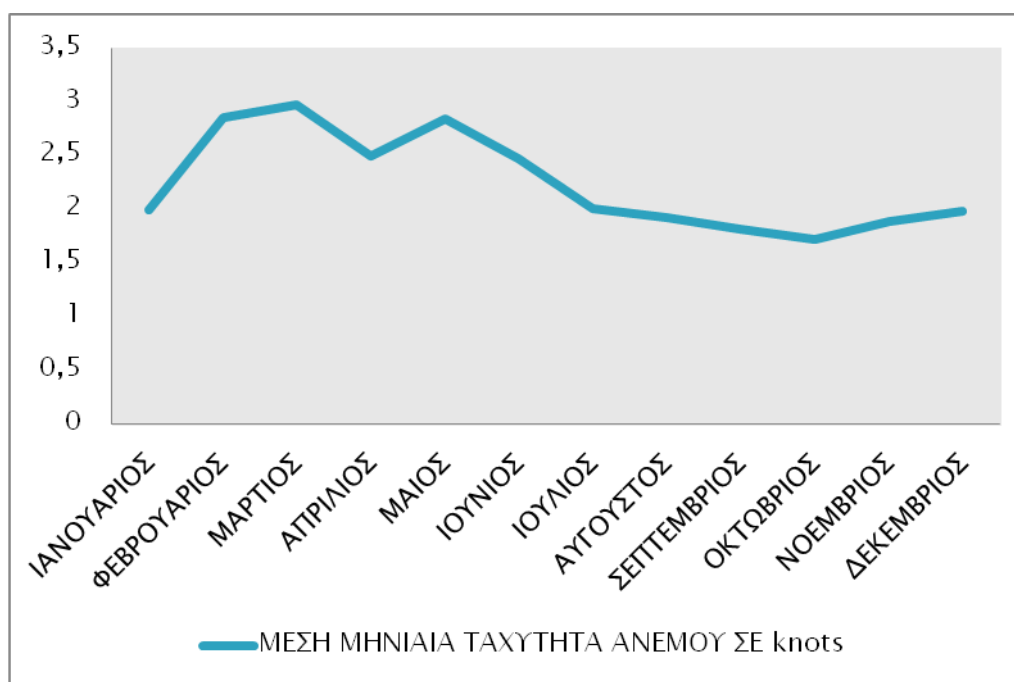
Στην περιοχή μελέτης μας, συνήθως παρουσιάζεται σημαντικό ποσό πλεονάζοντος ύδατος διαθέσιμο για απορροή, από το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Δεκεμβρίου, μέχρι και του πρώτου δεκαημέρου του Μαΐου. Η περίοδος ξηρασίας, αρχίζει κατά το τέλος Μαΐου και διαρκεί μέχρι περίπου τα μέσα Οκτωβρίου. Η ετήσια πορεία της

πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, εμφανίζει διπλή ετήσια διακύμανση, με κύριο μέγιστο κατά τον Ιούνιον και δευτερεύον, κατά το τέλος της περιόδου ξηρασίας.

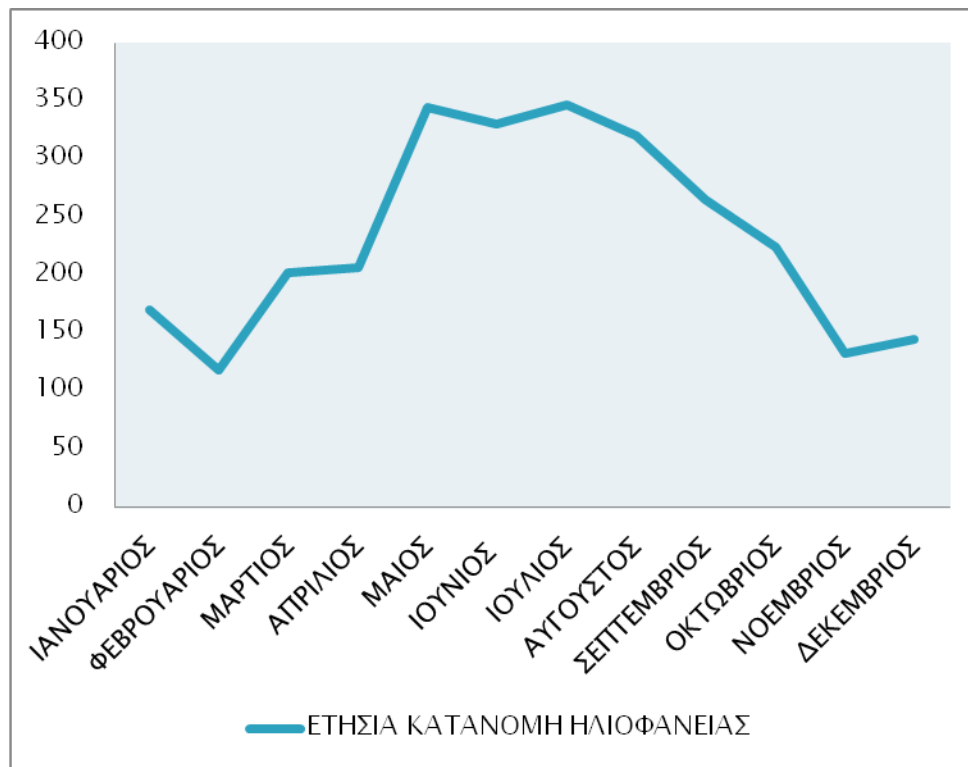
| Παράμετροι            |    | Ετος Χειμώνας Ανοιξη Καλοκαίρι Φθινόπωρο |       |       |       |       |
|-----------------------|----|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Μέση θερμοκρασία αέρα | οC | 16.8                                     | 9.5   | 15.2  | 25.6  | 18.7  |
| Ατμοσφ. κατακρημν.    | mm | 1027.3                                   | 448.4 | 199.3 | 54.8  | 324.8 |
| Δυνητική εξατμισοδ.   | mm | 927.0                                    | 52.7  | 179.9 | 469.5 | 222.7 |
| Πραγματική εξατμισοδ. | mm | 653.3                                    | 52.7  | 178.9 | 251.9 | 169.8 |
| Ελλειμμα ύδατος       | mm | 271.5                                    | 0     | 1.0   | 217.6 | 52.9  |
| Πλεόνασμα ύδατος      | mm | 374.0                                    | 315.7 | 58.3  | 0     | 0     |
| Απορροή               | mm | 374.0                                    | 227.8 | 127.1 | 17.0  | 2.1   |

Πίνακας Ι. κλιματική κατάσταση στην Τριχωνίδα και στην ευρύτερη περιοχή

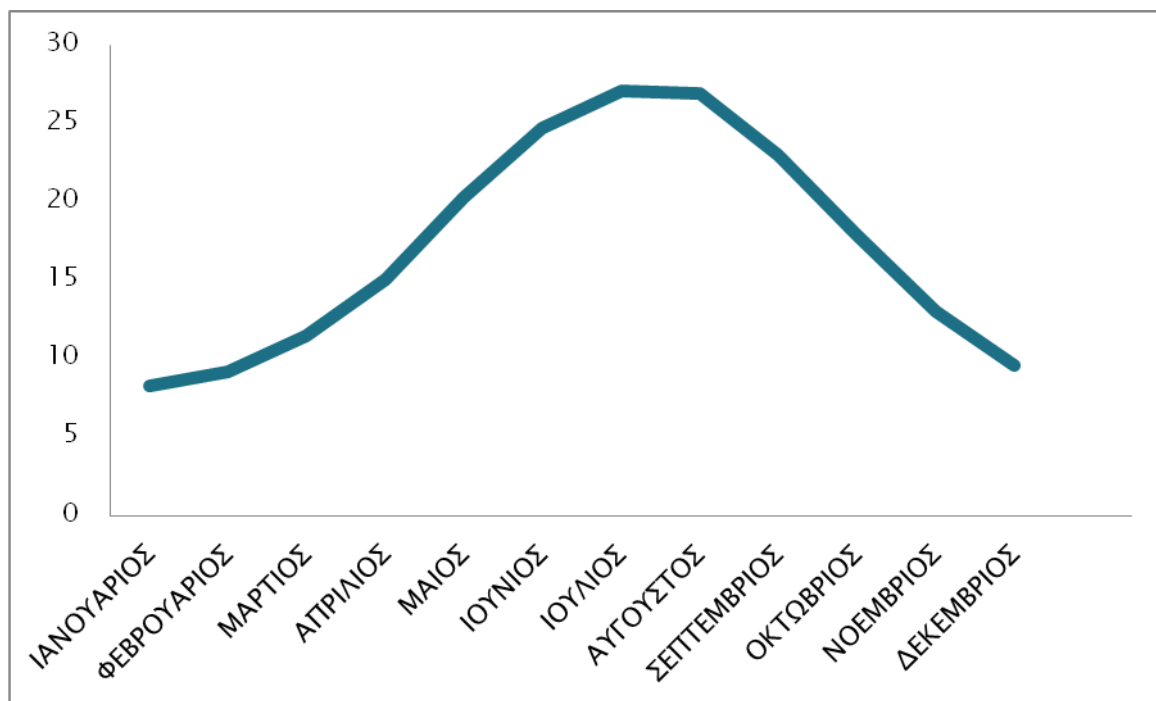
Λόγω των στοιχείων που μας δόθηκαν από την ΕΜΥ μπορέσαμε και φτιάξαμε 3 διαγράμματα όσον αφορά την ταχύτητα του ανέμου(εικόνα 13), την μέση μηνιαία κατανομή ηλιοφάνειας σε ώρες(εικόνα 14) και τη μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον σταθμό του Αγρινίου (εικόνα 15).



Εικ.13.μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου σε knots στον σταθμό του Αγρινίου



Εικόνα 14 : μέση μηνιαία κατανομή ηλιοφάνειας σε ώρες στον σταθμό του Αγρινίου



εικόνα 15 :Μέση μηνιαία κατανομή θερμοκρασία στον σταθμό του Αγρινίου

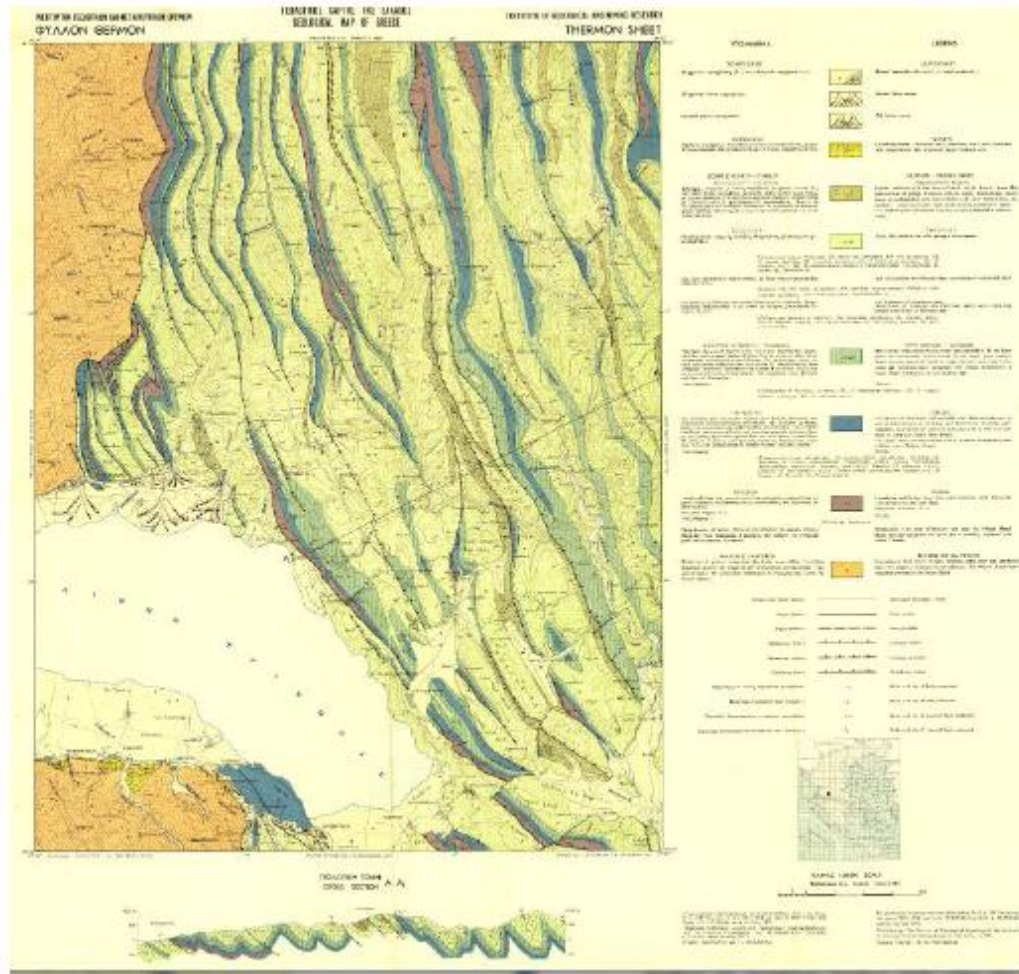
### 3. Τεκτονική

Η περιοχή της Τριχωνίδας είναι μια νεοτεκτονική λεκάνη με φορά ΔΒΔ-ΑΝΑ, μήκους 30 km και πλάτους 10 km. Η λεκάνη αποτελείται από πτυχωμένους και επωθημένους σχηματισμούς του πρώιμου Τριαδικού της Πίνδου οι οποίοι εκτείνονται σχεδόν παράλληλα με τη λεκάνη του Πατραϊκού κόλπου. Η τοπική γεωλογία της περιοχής περιλαμβάνει κυρίως ασβεστόλιθους και φλύσχη της ισοπικής ζώνης Γαβροβού-Πίνδου των Εξωτερικών Ελληνίδων.

Το υπόβαθρο της περιοχής είναι εξαιρετικά πτυχωμένο με μεγάλες αντικλινικές ράχες που εκτείνονται περίπου 6 km από το Θέρμο εξαιτίας της επώθησης προς τα δυτικά. Ο προσανατολισμός της λεκάνης της Τριχωνίδας, η μεγάλη ανύψωση και ο σχηματισμός μιας μικρής ιζηματογενούς λεκάνης δείχνουν την ύπαρξη εφελκυστικών τάσεων στο φλοιό οι οποίες μπορούν να αποδειχτούν και από τους εστιακούς μηχανισμούς μετρίου μεγέθους σεισμών.

Η τοπογραφία της Τριχωνίδας καθορίζεται από ένα κανονικό ρήγμα που είναι τοπικά θαμμένο κάτω από Πλειστοκαινικές αποθέσεις και αλλουβιακούς κώνους και το οποίο βυθίζεται στα βόρεια καθορίζοντας τη νότια ακτή της λίμνης (Doutsos et al). Το ρήγμα αυτό βέβαια δεν φαίνεται να συσχετίζεται με μεγάλους σύγχρονους ή ιστορικούς σεισμούς. Στο μεγαλύτερο μέρος του το ρήγμα εξυψώνει πτυχωμένες Μειοκαινικές αποθέσεις του φλύσχη και Ιωκαινικούς ασβεστόλιθους (British Petroleum Co. Ltd, 1971).

Αντίθετα στα δυτικά, στην περιοχή της λίμνης Λυσιμαχία το ρήγμα κατευθύνεται βόρεια.



Εικόνα 16 : Τεκτονικός χάρτης Τριχωνίδας

Σύμφωνα με τους Goldsworthy et al. (2002) τα στοιχεία που προκύπτουν από τη γεωμορφολογία αλλά και το αποστραγγιστικό δίκτυο της περιοχής αποδεικνύουν τη σχετικά νέα ηλικία του ρήγματος. Το παλιό αποστραγγιστικό δίκτυο διασώζεται στη βάση του κυρίου ρήγματος και σχηματίζει ένα στενό και βαθύ φαράγγι (Κλεισούρα). Σύμφωνα με τους Goldsworthy et al. (2002) φαίνεται ότι το φαράγγι δημιουργήθηκε από το ποτάμι που παλιότερα έρεε από το όρος Παναίτωλικό προς τα νότια στον κόλπο της Πάτρας. Πρέπει ακόμα να αναφερθεί ότι σήμερα ο ποταμός δεν διασχίζει το φαράγγι καθώς έχει αναστραφεί και ρέει προς τα βόρεια. Είναι λογικό λοιπόν να υποθέσουμε ότι η ανύψωση της βάσης του ρήγματος της Τριχωνίδας έχει επηρεάσει την όλη διαδικασία. Κατά μήκος της βόρειας ακτής της λίμνης η τοπογραφία είναι λιγότερο έντονη δείχνοντας την ύπαρξη ενός περιθωρίου λιγότερο ενεργού σε σχέση με το νότιο. (Ψιλοβίκος κ.α., 1998). Για την καλύτερη κατανόηση της τεκτονικής της περιοχής δίδεται τεκτονικός χάρτης περιοχής, εικόνα 16.

#### 4.Σεισμικότητα

Στην ευρύτερη περιοχή του δυτικού Κορινθιακού κόλπου υπάρχουν δύο περιοχές με ιδιαίτερα υψηλή σεισμικότητα. Η πρώτη βρίσκεται ανατολικά της λίμνης Τριχωνίδας με διεύθυνση B-N όπου η σεισμική δραστηριότητα οφείλεται σε μηχανισμούς τόσο ανάστροφη, όσο και οριζόντιας κίνησης. Η δεύτερη περιοχή βρίσκεται στο στενό Ρίου- Αντιρρίου που αποτελεί μια ρηξιγενή ζώνη με B-A διεύθυνση. Οι περισσότεροι εστιακοί μηχανισμοί δείχνουν κανονικά ρήγματα με διεύθυνση B-N. Πρέπει να τονιστεί ότι η τάφρος αυτή δρα σαν ζώνη μετασχηματισμού μεταξύ των κόλπων Κορινθιακού και Πατραϊκού.

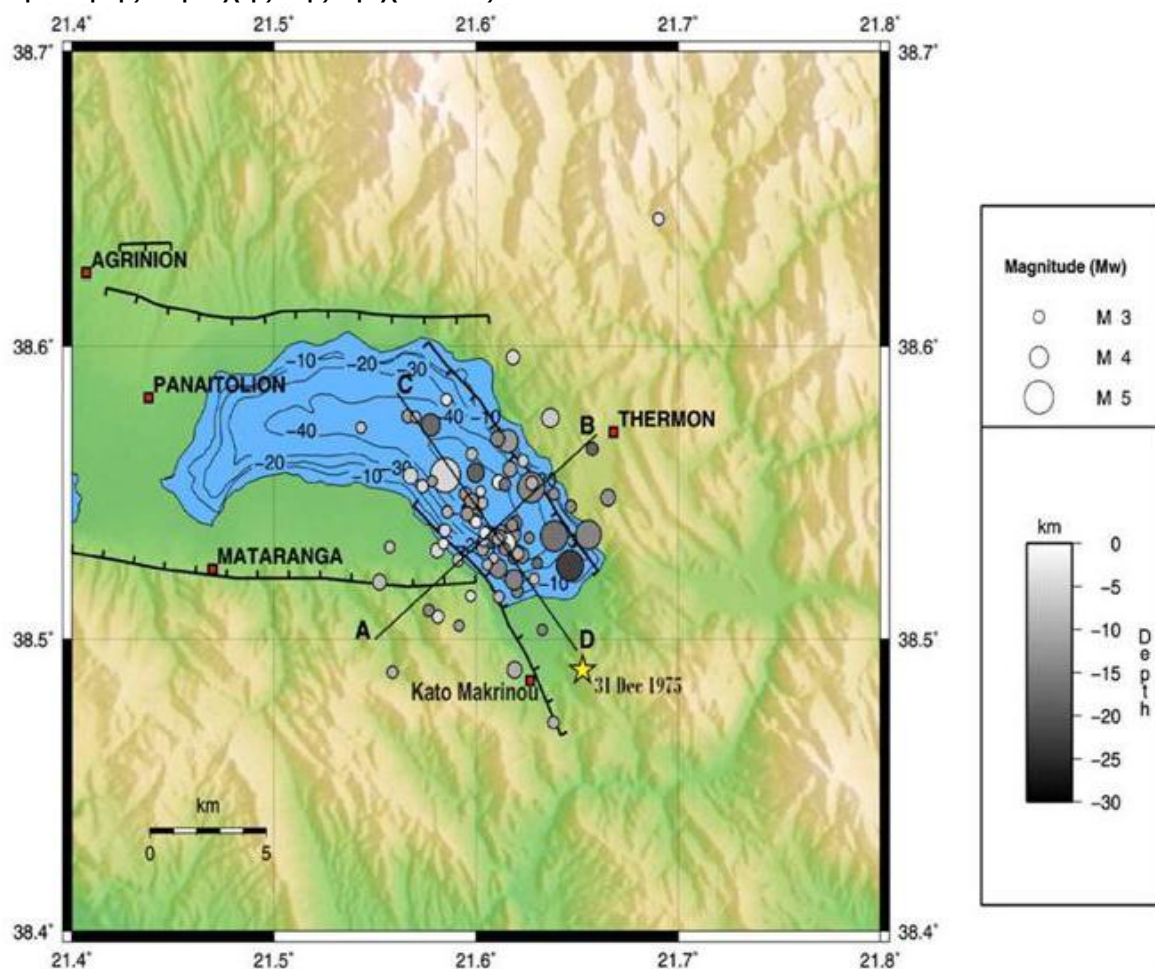
Επίσης, από παρατηρήσεις 119 ετών της περιόδου 1841- 1959 στην εξεταζόμενη περιοχή βρέθηκε ότι συμβαίνει ετησίως κατά μέσο όρο ένας σεισμός μεγέθους 5,5 βαθμών της κλίμακας Mercall- Sieberg. Η μέγιστη ένταση παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 7και 8 βαθμών της κλίμακας Mercall- Sieberg.

Τα κυριότερα καταγεγραμμένα σεισμικά γεγονότα της ευρύτερης περιοχής είναι τα ακόλουθα (Λεοντάρης, 1967) :

- 30 Νοεμβρίου 1953. Σφοδρότατος σεισμός (13: 20: 58), 38ο .5 N, 21ο .4 E, M = 5.2 στην νότια πλευρά της λίμνης Τριχωνίδας προκάλεσε καταστροφές στην Μεσαρίτσα V I I I βαθμού.
- 21 Δεκεμβρίου 1955. Εντοπίστηκε ισχυρή σεισμική δόνηση (21: 40: 24) 38ο .6 (;)6 N, 21ο .4 E, M = 5 .14 σημειώθηκε στην ΝΔ ακτή της λίμνης Τριχωνίδας. Ο σεισμός V βαθμού έγινε αισθητός στον Αστακό (Αιτωλοακαρνανία) και στην Πάτρα.
- 5 Μαΐου 1960. Ισχυρός σεισμός ( 08: 17:32), 38ο / N, 21ο / E, M= 4 % - 5 στην νότια όχθη της λίμνης Τριχωνίδας. Ο συγκεκριμένος σεισμός προκάλεσε βλάβες V-VI βαθμού στα χωριά Παραβόλα, Ματάραγκα και Γραμματικό.
- Επιπλέον, δυο ισχυρές σεισμικές δονήσεις μεγέθους 6.0 βαθμών σημειώθηκαν στις ανατολικές όχθες της λίμνης το 1975.

Ο πιο πρόσφατος σεισμός σημειώθηκε στην περιοχή της λίμνης Τριχωνίδας ήταν της 8ης Απριλίου 2007. Οι τρεις ισχυρότερες δονήσεις που συνέβησαν στις 3:17, στις 7:15 και στις 10:41 με μέτρια μεγέθη που κυμαίνονταν από 5 έως 5.2 Mw. Η πιο σοβαρή βλάβη αναφέρθηκε στο χωριό του Θέρμου 5 km ΒΑ του επίκεντρου των σεισμών.

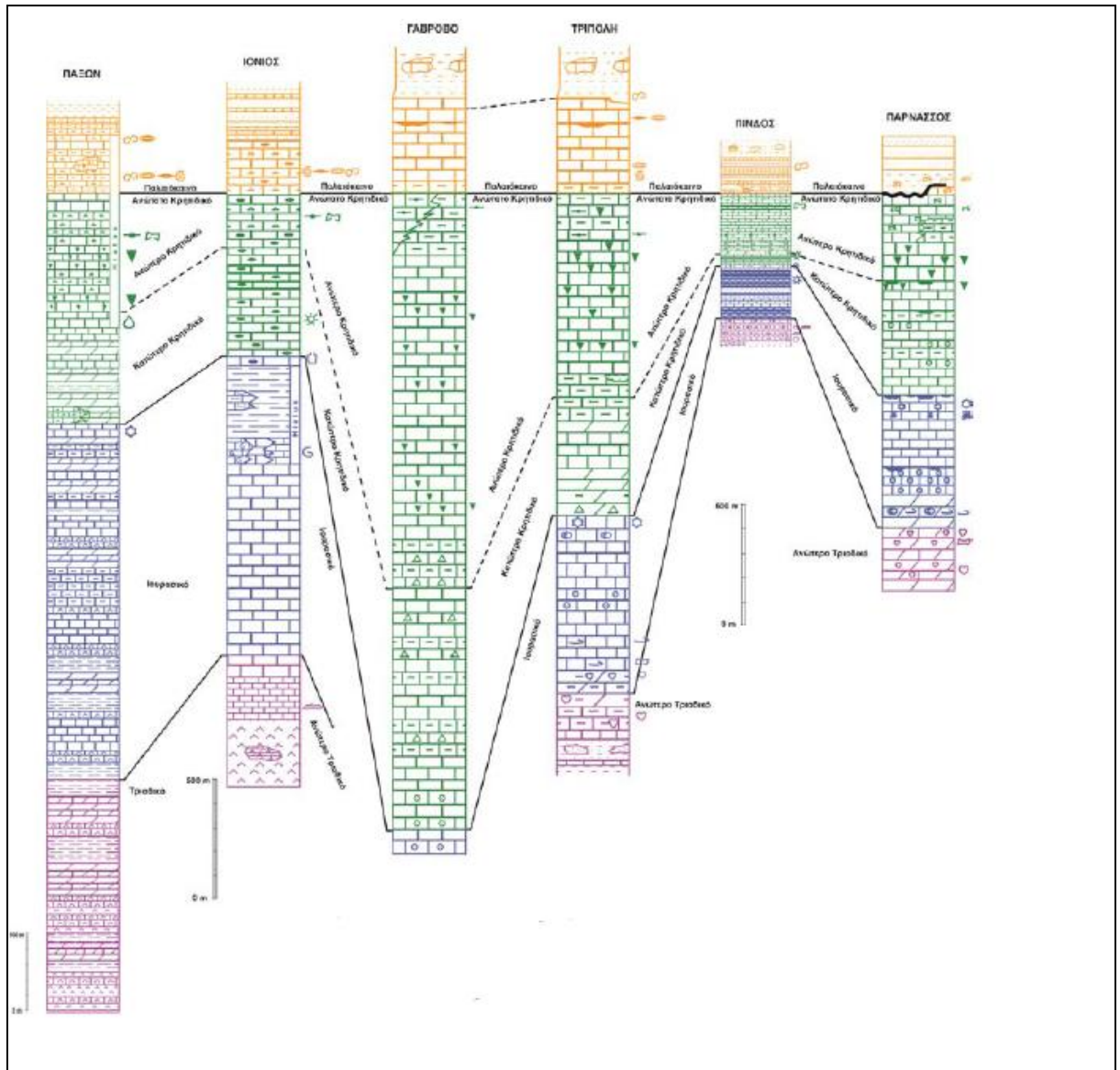
Η σεισμική δραστηριότητα χαρακτηρίζει κυρίως το ανατολικό τμήμα της λίμνης Τριχωνίδας και σχετίζεται με τα ρήγματα που οριοθετούν τις ανατολικές όχθες της λίμνης. Τα δύο αυτά ρήγματα έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΑΝΑ. Όλα τα γεγονότα που αφορούν τη σεισμική δραστηριότητα του 1975 εντοπίζονται έως το βαθμό των 20 Km από την επιφάνεια, ενώ σταδιακά ο αριθμός των συμβάντων μειώνεται καθώς αυξάνεται το βάθος. (Kiriatzia, 2008) . Πιο κάτω παρατίθεται και ο σεισμικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της Τριχωνίδας.



Εικόνα 17 : Σεισμική δραστηριότητα που έλαβε χώρα το 2008 στις ανατολικές όχθες της Λίμνης Τριχωνίδας ( Kiriatzia et al 2008)

Αφού λοιπόν στην περιοχή μελέτης μας έχουμε αποθέσεις από τον φλύσχη της ζώνης Πίνδου θα ήταν συνετό να αναφέρουμε κάποια στοιχεία για την ζώνη αυτή.

## 5. ΖΩΝΗ ΩΛΟΝΟΥ-ΠΙΝΔΟΥ



- εικόνα 18: Γενική στρωματογραφία των εξωτερικών ελληνίδων(Αλεξάνδρα Ζαμπετάκη-Λέκκα Στρωματογραφία εξωτερικών Ελληνίδων , Αθήνα 2011)

Η ονομασία δόθηκε πρώτη φορά από τον Philippson (1898) από το βουνό Ωλονός της Πελοποννήσου και την οροσειρά της Πίνδου , όπου γίνεται και η κύρια ανάπτυξη της ζώνης . Πιο συχνά χρησιμοποιείται ο απλός όρος "ζώνη Πίνδου" που δόθηκε από τον Aubouin (1959). Η ζώνη αυτή ξεκινά από τα Ελληνοαλβανικά σύνορα κατεβαίνει προς τον κορμό της ηπειρωτικής Ελλάδος στα βουνά Πίνδος ,

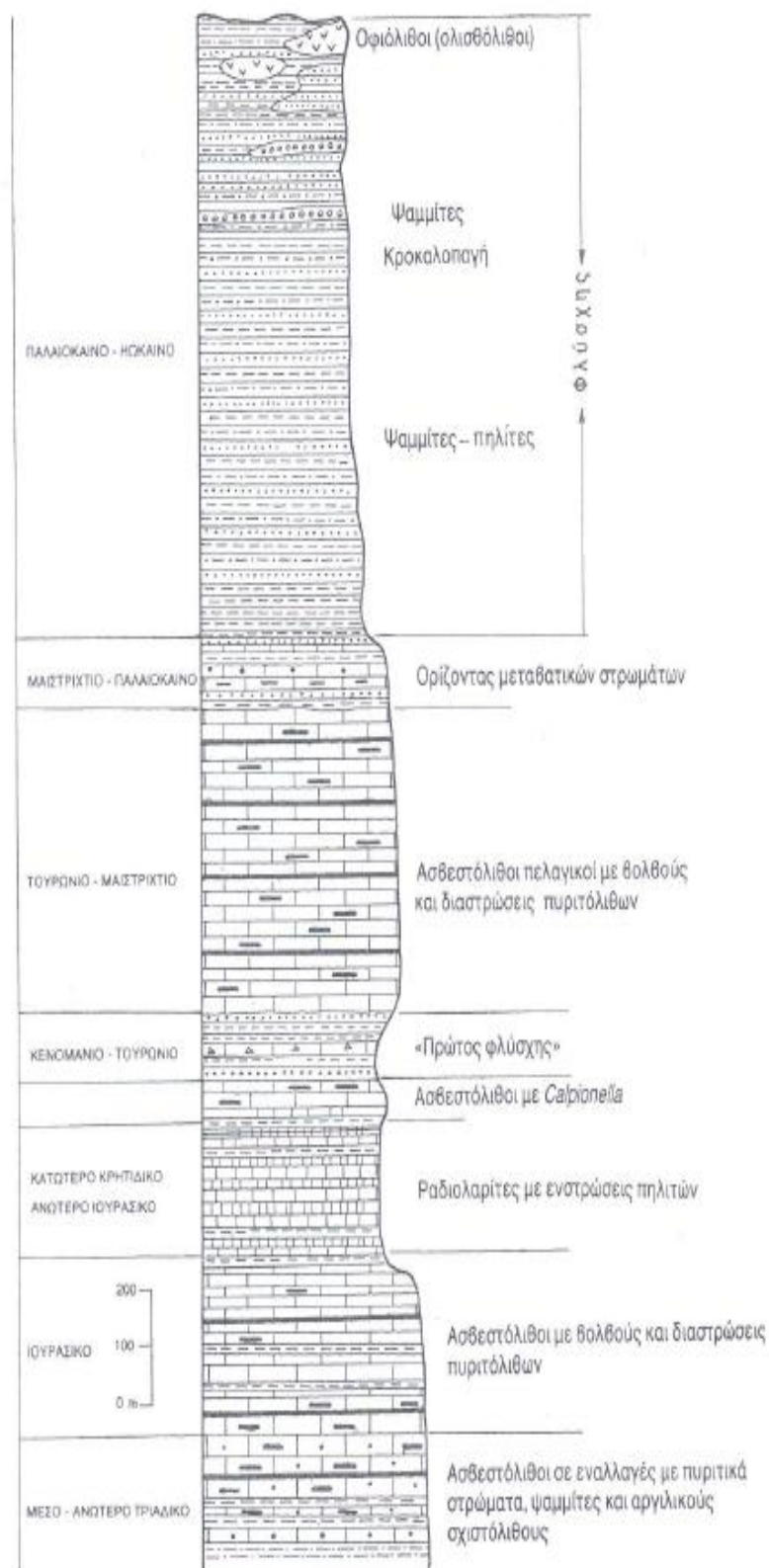
Άγραφα, Αιτωλικό , Βαρδούσια και μέσα στην Πελοπόννησο στα βουνά Παναχαϊκό και Ωλονό. Τμήματα αυτής βρίσκονται και στα νησιά Κρήτη και Ρόδο.

Η ζώνη Πίνδου θεωρείται η πιο βαθιά Ελληνική αύλακα ανάμεσα στα υβώματα Πελαγονικής προς τα Ανατολικά και προς τα Δυτικά ,του Γαβρόβου. Θεωρείται το "Ελληνικό ευγεωσύγκλινο" κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού . Η ζώνη της Πίνδου διαιρέθηκε σε τρεις παλαιογεωγραφικές υποζώνες :

- την ανατολική πλευρά της αύλακας που ονομάστηκε "Υπερπινδική υποζώνη" με μεταβατικά ιζήματα της Πίνδου και της υποπελαγονικής ζώνης. Η υποζώνη αυτή συγκροτείται από δύο ενότητες πετρωμάτων , του βουνού Κοζιάκας και των Θυμιανών.

- την αξονική υποζώνη με ιζήματα της πιο βαθιάς θάλασσας .

- τη δυτική πλευρά , μεταβατική προς το ύβωμα Γαβρόβου -Τριπόλεως που λέγεται "Εξωτερική Πίνδος" .Έτσι έχουμε και την δημιουργία της στρωματογραφικής στήλης που βλέπουμε στην εικόνα 19.



εικόνα 19 : στρωματογραφία ζώνης Πίνδου(Κατά Δ.Ματαράγκα κ.α από γεωλογικό φύλλο χάρτη "Κλεπάς" κλίμακας 1:50000, Ι.Γ.Μ.Ε 1985)

## 5.1Στρωματογραφία της ζώνης Πίνδου

**α) Τριαδικοί σχηματισμοί:** Είναι κλαστικοί σχηματισμοί που εναλλάσσονται με ιζηματογενή πετρώματα βαθιάς θάλασσας , κυρίως ψαμμίτες , πηλίτες και κλαστικοί ασβεστόλιθοι , που εναλλάσσονται με βαθιάς θάλασσας ασβεστόλιθους και κερατόλιθους. Απαντώνται και κάποιες φορές παρεμβολές κροκαλολατυποπαγών. Στα στρώματα βαθιάς θάλασσας του ορίζοντα αυτού βρέθηκαν κωνόδοντα, filaments από halobiidae, daonella gr.και elongata, τα οποία δίνουν ηλικία Μέσου- Ανώτερου Τριαδικού (Λαδίνιο - Κάρνιο). Σε πολλές περιπτώσεις στον ορίζοντα αυτό επικρατούν τα κλαστικά ιζήματα και δίνουν εντύπωση ιζημάτων φλύσχη. Το μέγιστο πάχος του ορίζοντα αυτού είναι 200 μ.

**β) Ασβεστόλιθοι Δριμού :** είναι ένα σύνολο πελαγικών ασβεστόλιθων με ενστρώσεις κερατόλιθων και μερικές φορές πηλιτών με κυμαινόμενο πάχος από 50 - 200 μ. , που χωρίζεται σε τρία μέρη.

-Το κατώτερο τμήμα αναφέρεται και ως τμήμα Κατώτερων ασβεστολίθων Δριμού , που αποτελείται από βαθιάς θάλασσας ασβεστόλιθους με ενστρώσεις κερατολίθων και πράσινων πηλιτών. Εγκλείουν Halobia styriaca, H.Cassiana και Κωνόδοντα. Το πάχος τους κυμαίνεται από μερικά μέτρα εως και 150 μ. Η ηλικία του ορίζοντα αυτού είναι Ανώτερο Τριαδικό (Κάρνιο-Νόριο).

-Ένας ενδιάμεσος ορίζοντας πυριτικών στρωμάτων με ενστρώσεις ασβεστολίθων οι οποίοι εγκλείουν Filaments από Halobiidae και Κωνόδοντα. με πάχος μέχρι και 80 μ.

-Ένα ανώτερο τμήμα , "ανώτεροι ασβεστόλιθοι Δριμού" με πάχος μέχρι και 100-150 μ., που αποτελείται από βαθιάς θάλασσας πυριτόλιθους και πηλίτες. Τα μέλη του ορίζοντα αυτού είναι ασβεστόλιθοι κλαστικοί και μερικές φορές ψευδωολιθικοί , χωρίς Filaments , με πολλά ακτινόζωα . Η ηλικία τους είναι κατώτερη-μέσο-ιουρασική. Υπάρχουν και περιπτώσεις που οι ασβεστόλιθοι αυτοί περιορίζονται μόνο στο κατώτερο Ιουρασικό και αντίθετα άλλες περιπτώσεις που αυτοί συνεχίζονται στο Ιουρασικό.

**γ) Ραδιολαρίτες :** Πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό ορίζοντα της σειράς της Πίνδου με πάχος μέχρι και 350 μ. Είναι ραδιολαρίτες , ερυθρού χρώματος ή πράσινου ή ιώδους ., με μικρές εμφανίσεις μεταλλεύματος μαγγανίου κατά θέσεις. Συχνά στον ορίζοντα αυτόν παρεμβάλλονται ενστρώσεις πηλιτών και ασβεστολίθων που

επικρατούν των ραδιολαριτών . Εκτός από τα ακτινόζωα , έχουν βρεθεί *Trocholina alpina* και *Protopeneroplis striata*. Η ηλικία τους είναι ανωιουρασική - κατώτερη Κρητιδική. Υπάρχουν περιπτώσεις που η έναρξη της απόθεσής τους γίνεται στο μέσο ιουρασικό . Οι ενστρώσεις των πηλιτών επικρατούν στα κατώτερα μέλη των ραδιολαριτών όπου μαζί με παρεμβολές ψευδοωολιθικών ασβεστόλιθων διαμορφώνουν ένα πηλιτικό ορίζοντα σημαντικού πάχους (μέχρι και 40 μ.) , που στην περιοχή Καρπενησίου - φραγκίστας έχει ονομαστεί Πηλίτες Καστελίου ( J . Fleury 1980). Επίσης , σε πολλές περιπτώσεις στα ανώτερα μέλη των ραδιολαριτών επικρατούν ασβεστόλιθοι με *Calpionella* , του Τιθωνίου-Βερριασίου. Ο ορίζοντας αυτός που σε μερικές περιπτώσεις φτάνει σε πάχος τα 50 μ. , συνοδεύεται από πηλίτες και λατυποπαγείς ασβεστόλιθους . Στα ανώτερα στρώματα των ραδιολαριτών συμπεριλαμβανομένου και του ορίζοντα με τα *Calpionella* καθώς και του υπερκείμενου σε αυτό ορίζοντα του πρώτου φλύσχη. , έχουν παρατηρηθεί σε μερικές περιοχές σώματα σπηλιτών και διαβασών.

**δ) Πρώτος φλύσξης :** Αποτελείται από στρώματα ψαμμιτών , των οποίων τα κλαστικά υλικά έχουν προέλθει από το χώρο των Εσωτερικών Ελληνίδων που είχε χερσεύσει με τις πρώιμες ορογενετικές φάσεις του Ανώτερου Ιουρασικού - Κατώτερου Κρητιδικού. Τα ψαμμιτικά στρώματα έχουν πάχος 0 - 200 μ. . Σε αυτά παρεμβάλλονται ενστρώσεις ψαμμούχων μικροβικλαστικών ασβεστολίθων και πηλιτών, των οποίων η συχνότητα εμφάνισης γίνεται μεγαλύτερη στα ανώτερα μέλη του φλυσχικού ορίζοντα. Η έναρξη απόθεσης του πρώτου φλύσχη στην περιοχή της δυτικής στερεάς Ελλάδας και δυτικής Πελοποννήσου γίνεται στο Κενομάνιο ή στο Τουρώνιο. Στην νότια Πίνδου η έναρξη γίνεται νωρίτερα , στο Βαρρέμιο.

**ε) Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι:** είναι ασβεστόλιθοι πελαγικής φάσης , βιομικριτικοί μεσοστρωματώδεις με διαστρώσεις και κονδύλους πυριτολίθων , χρώματος τεφρού έως υπόλευκου και στα κατώτερά τους μέλη ερυθρορίζοντες . Στα μεσαία και ανώτερα τμήματά τους απαντώνται πολλές παρεμβολές μικρολατυποπαγών ασβεστολίθων, με πάχος 200-400 μ. Η έναρξη της απόθεσής τους γίνεται στο Κονιάσιο ή στο Σαντώνιο και συνεχίζεται η απόθεσή τους στο Ανώτερο Μαιστρίχτιο και μερικές φορές μέχρι και το τέλος του.

**στ) Μεταβατικά στρώματα προς το δεύτερο φλύσχη:** είναι εναλλασσόμενα στρώματα λεπτοστρωματώδων ασβεστόλιθων , μαργών , μαργαϊκών ασβεστόλιθων , κλαστικών υλικών από τα κατώτερα στα ανώτερα μέλη τους. Το ανώτερο όριο του ορίζοντα αυτού συμπίπτει με την εμφάνιση των πρώτων ψαμμιτικών στρωμάτων του δεύτερου φλύσχη. Το πάχος των μεταβατικών αυτών στρωμάτων κυμαίνεται από λίγα μέχρι και 200μ. και η ηλικία τους είναι ανώτερο Μαιστρίχτιο ή Παλαιόκαινο.

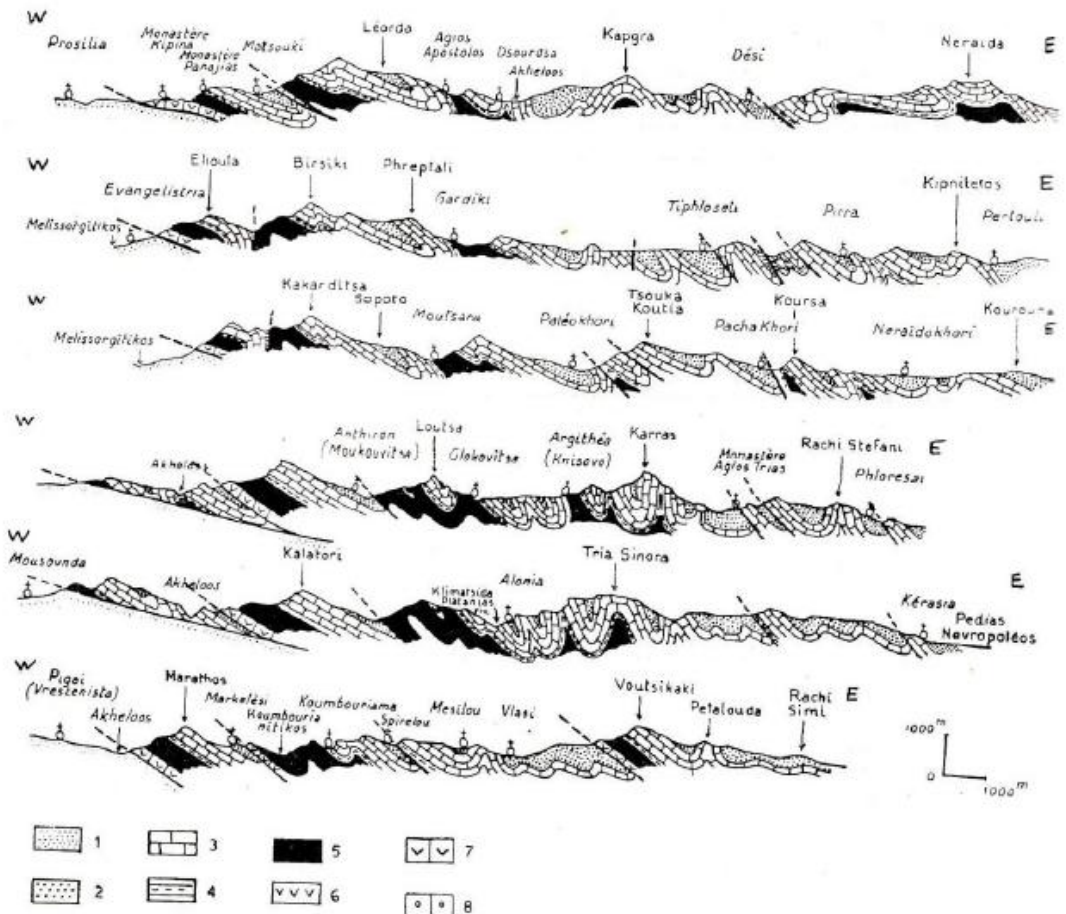
**ζ) Δεύτερος φλύσχος :** είναι κυρίως από ψαμμιτοπηλικά στρώματα , με κροκαλοπαγή στο ανατολικό τμήμα ης πινδικής αύλακας. Έχει πάχος 1000 μ. - 1500 μ. στην περιοχή της Πίνδου και μέχρι 4000 μ. στο συγκλινόριο της Αιτωλίας. Η έναρξή του γίνεται στο Παλαιόκαινο και συνεχίζεται μέχρι Ανώτερο Ηώκαινο. Η περιοχή της πινδικής αύλακας άρχισε να πτυχώνεται , να αναδύεται και να επωθείται προς τα δυτικά κατά το τέλος του ανώτερου Ηωκαίνου.

## **5.2 Τεκτοορογενετική εξέλιξη**

Τα στρώματα της ζώνης Ωλονού -Πίνδου αναδύθηκαν με την τελική φάση πτυχώσεων που ήταν η ελβετική φάση στο κάτω Ολιγόκαινο ή σύμφωνα με άλλους ερευνητές η Πυρηναιική φάση στο Πριαμπόνιο του Ηωκαίνου . Ανεξάρτητα από το πότε ακριβώς εκδηλώθηκε η πτύχωση , είναι γεγονός ότι ήταν μοναδική φάση που έπληξε τη ζώνη . Δεν επέδρασαν δηλαδή πρώιμες ορογενετικές φάσεις όπως στις εσωτερικές ζώνες (εικόνα 20).

Με την μοναδική αυτή φάση πτυχώσεων έγινε η προς τα δυτικά επώθηση της ζώνης Πίνδου υπό μορφή καλύμματος και ταυτόχρονα η λεπίωση των στρωμάτων της . Αποτελεί ένα τεκτονικό κάλυμμα που έχει επωθηθεί προς τα δυτικά πάνω στην ζώνη Γαβρόβου . Η επώθηση αυτή σε ορισμένες θέσεις υπολογίζεται πάνω από 100 χμ. Σε μερικές περιοχές η επώθηση της Πίνδου υπερκάλυψε την ζώνη Γαβρόβου και εμφανίζεται τεκτονικά πάνω στην Αδριατικοϊόνιο ζώνη. Τα τεκτονικά λείπια της Πίνδου εμφανίζονται επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο με κατεύθυνση ανατολικά προς δυτικά, δημιουργώντας αλληπάλληλες επαναλήψεις των στρωμάτων της ζώνης και πολλές φορές αυξάνουν το φαινομενικό τους πάχος . Με γενική διεύθυνση Β-Ν ως ΒΒΔ-ΝΝΔ και κλίση προς τα ανατολικά. Κατά τη διάρκεια της πτύχωσης δημιουργήθηκε

επίσης σε όλη την έκταση της ζώνης μεγάλος αριθμός εγκάρσιων ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης τα οποία διακόπτουν την επιμήκη συνέχεια των λεπίων.

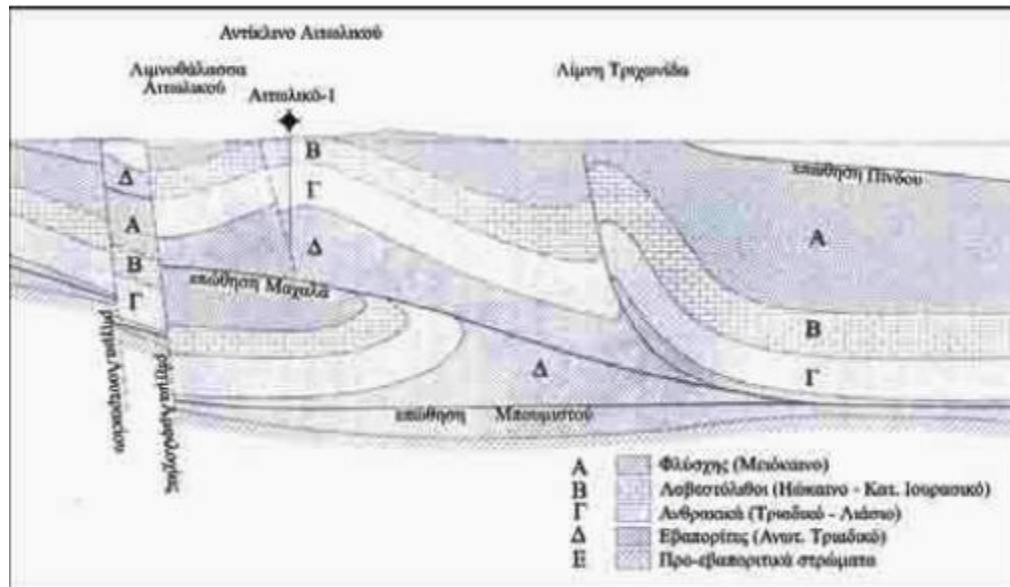


εικόνα 20 : Γεωλογικές τομές ζώνης Πίνδου στην Ν. Ήπειρο & Δ. Στερεά Ελλάδα: 1φλύσχος Αδριατικοϊόνιου,2 φλύσχος Πίνδου,3 ασβεστόλιθοι άνω κρητιδικού,4 σχηματισμοί κάτω Κρητιδικού,5 Ραδιολαρίτες,6 βασικά πυριγενή πετρώματα,7+8 σχηματισμοί Τριαδικού (Abouin 1959)(D. Moutrakis 1985)

Πάνω στα στρώματα της Πίνδου βρίσκονται επωθημένες οφιολιθικές μάζες . Το πιθανότερο και πιο γενικά αποδεκτό είναι ότι προέρχονται από τον δυτικό ωκεάνιο χώρο της Υποπελαγονικής και επωθήθηκαν πάνω στο φλύσχη της Πίνδου κατά τη διάρκεια της τελικής Τριτογενούς πύχωσης , μετά της λήξη της ιζηματογένεσης του φλύσχη.

Εχει αποδειχθεί πως η ζώνη Ωλονού - Πίνδου οφείλεται στην επώθησή της υπό μορφή καλύμματος από τα ανατολικά προς τα δυτικά πάνω στη ζώνη Γαβρόβου , που

στη συνέχεια αποκαλύφθηκε ενδιάμεσα υπό μορφή πολλών τεκτονικών παραθύρων μικρής ή μεγάλης έκτασης , το σπουδαιότερο των οποίων είναι στην περιοχή της Τρίπολης . Η εξήγηση του επωημένου τεκτονικού καλύμματος της Πίνδου συμφωνεί με την σύγχρονη αντίληψη για την επώθηση προς τα δυτικά των ελληνικών ζωνών και επιβεβαιώνεται από το παράθυρο του Ολύμπου όπου αποκαλύπτεται η ζώνη Γαβρόβου. Για την καλύτερη κατανόηση της περιοχής μελέτης μας παρατίθεται και η παρακάτω τομή.



εικόνα 21 : τομή Αιτωλοακαρνανίας BP

### 5.3 Γεωλογική δομή της λίμνης

Οι κύριοι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην υδρολογική λεκάνη της Τριχωνίδας ανήκουν στις γεωτεκτονικές ζώνες Ωλονού-Πίνδου, Γαβρόβου και Ιονίου (ΙΓΜΕ 1980) . Πιο συγκεκριμένα , ο φλύσχη της Ιόνιας ζώνης βρίσκεται στα δυτικά , στρωματογραφικά κάτω απο τον φλύσχη του Γαβρόβου . Στο ανώτερο τμήμα του αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτών και πηλινικών στρωμάτων με λίγα λατυποπαγή στη βάση . Ακολουθεί το κλαστικό υλικό ποθου περιλαμβάνει ασβεστόλιθους και όξινα ηφαιστειακά πετρώματα (Κούσουρης 1993).

Η ζώνη Γαβρόβου επίσκειται του φλύσχη της Ιόνιας ζώνης έως τη νοητή ευθεία Λιθοβουνίου Παράβολας , όπου είναι και το όριο με την ζώνη της Πίνδου. Η ζώνη αυτή αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους , ιλυόλιθους , μάργες , ψαμμίτες , με

ενδιαστρώσεις κροκαλοπαγών υψηλής συνοχής . Και οι δύο ζώνες , Ιονιος και Γάβροβο έχουν μικρή υδροπερατότητα.

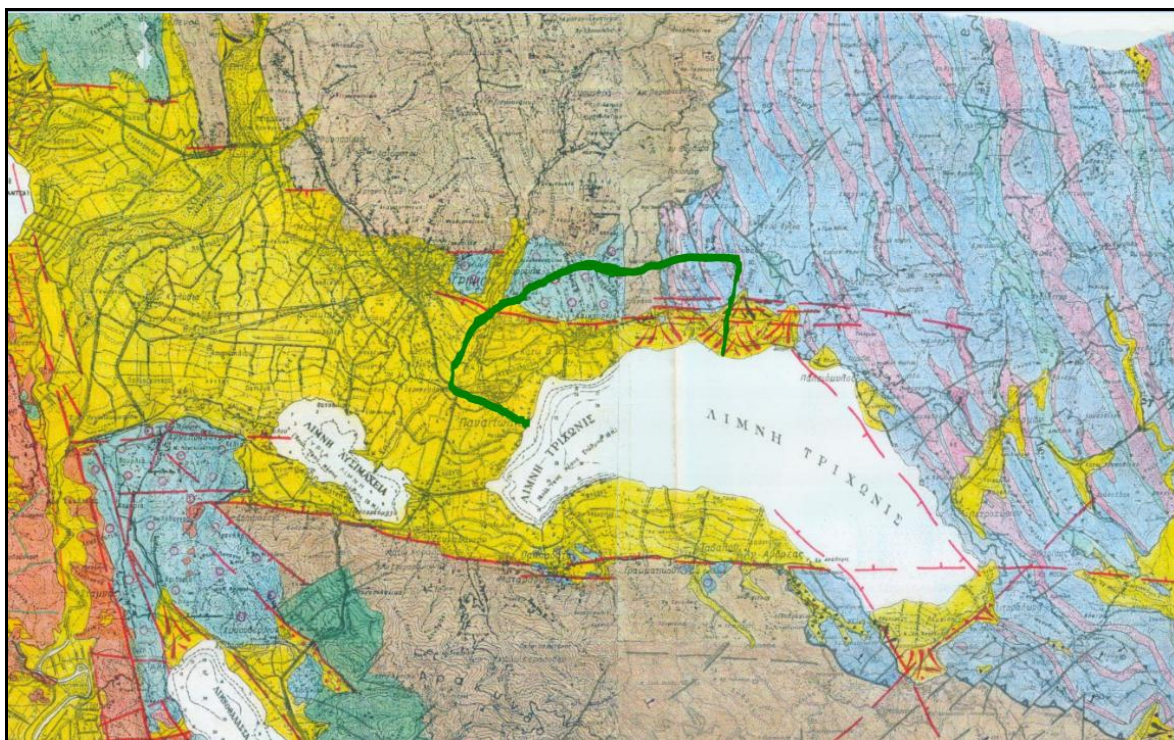
Στο φλύσχη της ζώνης της Γαβρόβου είναι εναπωθημένα τα στρώματα της ζώνης Ωλονού Πίνδου ,όπου και σε αυτά κάναμε τελικώς τις μετρήσεις μας για την κατασκευή του πιεζομετρικού χάρτη που θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο και ειδικότερα στον φλύσχη της Πίνδου και σε αλλουβιακά ριπίδια , πλευρικά κορήματα και ζώνες κορημάτων αυτού του σχηματισμού .

Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι της ζώνης Πίνδου βρίσκονται ανατολικά , κατά μήκος των ακτών και στο βόρειο τμήμα κυρίως στα χωριά Βαρεία και Παντάνασσα (ανατολικά της περιοχής μελέτης μας).

Σχιστοκερατόλιθοι και Τριαδικοί ασβεστόλιθοι εναλλάσσονται με τους κρητιδικούς ασβεστόλιθους . Στο νότιο τμήμα της λίμνης μας εντοπίζονται Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι της Πίνδου , ανάμεσα στα χωριά Καψοράχη και Παλαιοζεύγαρο (Λεοντάρης 1967).

Σε αντίθεση με τις άλλες ζώνες η Πίνδος παρουσιάζει μεγαλύτερη υδροπερατότητα , γι' αυτό και έχουμε μεγάλη μεταφορά ποσότητας νερού στη Τριχωνίδα , επιφανειακά αλλά και υπόγεια απο το ΒΑ τμήμα της (Ρίζος 2011).

Σημαντική έκταση καταλαμβάνουν οι Μεταλπικοί Πλειοτεταρτογενείς σχηματισμοί , στα βόρεια και ΒΔ της λίμνης . Οι σχηματισμοί αποτελούνται απο αδρομερή κυρίως κλαστικά υλικά ασβεστολιθικής και κερατολιθικής σύστασης , στο ΝΑ και Β τμήμα της υδρολογικής λίμνης ενώ στο Νότιο και Δυτικό συναντούμε περισσότερα λεπτομερή υλικά (Δημητρίου κ.α 2011) (εικόνα 22).

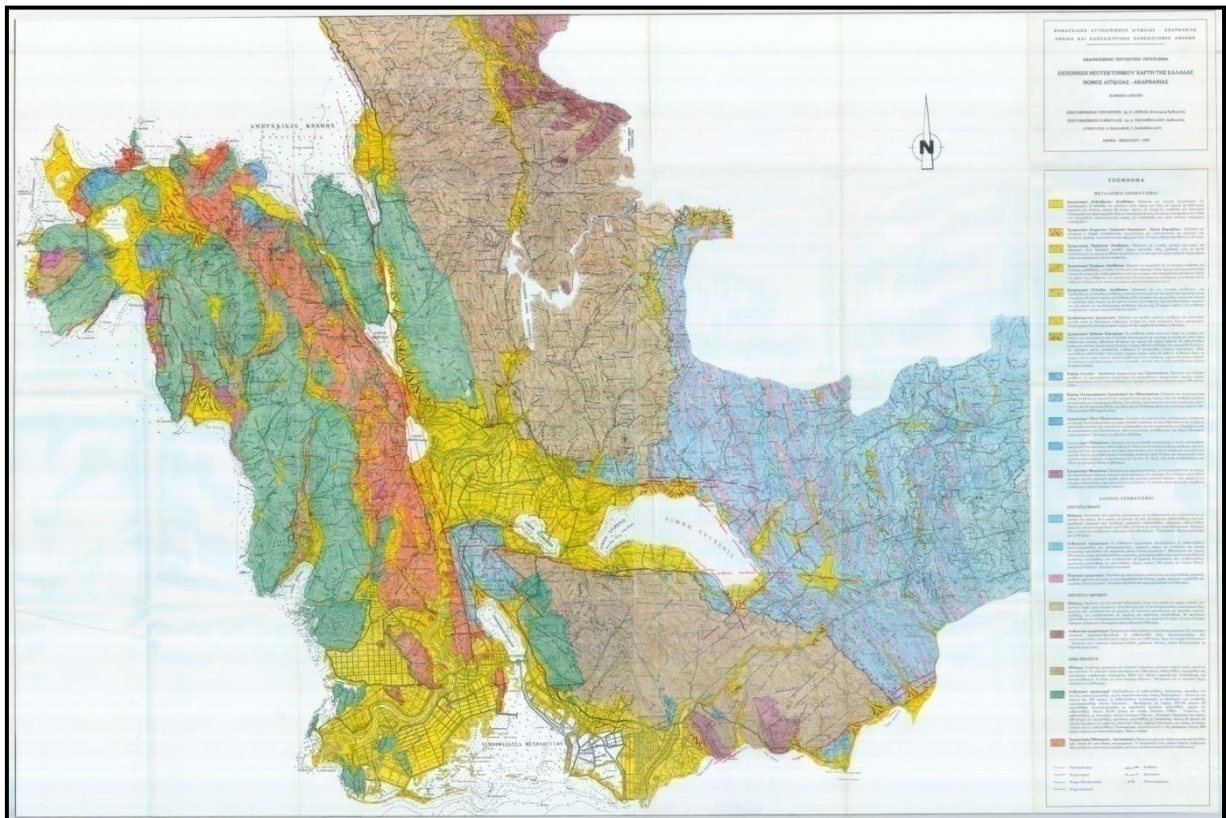


εικόνα 22. γεωλογικός χάρτης περιοχής και χρωματισμένη πράσινη περιοχή μελέτης

Σύμφωνα με την εικόνα 22 στην περιοχή μελέτη μας λαμβάνουν μέρος οι σχηματισμοί της ζώνης Πίνδου και ένα μικρό τμήμα της ζώνης Γαβρόβου το οποίο δεν θα αναλυθεί περαιτέρω καθώς δεν έχουμε μετρήσεις στο τμήμα αυτό . Με κίτρινο χρώμα παρατηρούμε τις αλλούβιες αποθέσεις από την διάβρωση και απόθεση του φλύσχη της Πίνδου που τον εντοπίζουμε με μπλε χρώμα και των ραδιολαριτικών σχηματισμών που τους βρίσκουμε με ροζ χρώμα. Το καφέ χρώμα είναι ο φλύσχος της ζώνης Γαβρόβου. Οι αλλουβιακές αποθέσεις είναι και οι πιο σημαντικές καθώς ο προσχωματικός υδροφόρος τον οποίο και θέλουμε να μελετήσουμε βρίσκεται κατά κύριο λόγο μέσα στις αποθέσεις αυτές. Πρόκειται για μια ποικιλία σχηματισμών και πιο συγκεκριμένα από αλλούβια και ασύνδετα υλικά κυρίως ιλύς και άμμους με διάσπαρτες κροκάλες και λατύπες πάχους 30 μέτρων περίπου. Χαρακτηριστικές σύγχρονες αποθέσεις από λεπτομερή πηλοαμμώδη και αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες λατύπες, κώνους προσχώσεων και σύγχρονες αναβαθμίδες . Επίσης οι σχηματισμοί με κίτρινο χρώμα και κόκκινες λεπτομέρειες είναι πλευρικά κορήματα , κώνοι κορημάτων (πρόκειται για χαλαρούς ή ελαφρά συνδεδεμένους σχηματισμούς που αναπτύσσονται και κινούνται στις επικλινείς περιοχές . Αποτελούνται από

αδρομερή υλικά και το πάχος φτάνει κατά θέσεις τα 30 μέτρα).Επίσης παράκτια της λίμνης συναντούμε ελλώδεις αποθέσεις . Πρόκειται για μια ποικιλία αποθέσεων που περιλαμβάνουν : ιλύς , άργιλο και αργιλούχο άμμο , πάχους έως και 50 μέτρα .Τέλος ξανά με τον συμβολισμό κίτρινου χρώματος και μαύρων λεπτομερειών συναντούμε ποτάμιας αποθέσεις και ποτάμιας αναβαθμίδες οι οποίες συνίστανται από αδρομερή υλικά άμμους και κροκαλολατύπες πάχους 20 μέτρων.(εικόνα 23)

Κάποιες από τις μετρήσεις μας τύχαν μέσα σε αλλουβιακά ριπιδία γι' αυτό θα



εικόνα 23 : νεοτεκτονικός χάρτης αιτωλοακαρνανίας (Λέκκας 1997)

ήταν καλό να αναλυθεί περαιτέρω η δομή ενός αλλουβιακού ριπιδίου. Είναι γεωμορφές αποθέσεις που αποτελούνται από ποτάμιας ή χειμαρρώδεις αποθέσεις . Είναι τριγωνικού ή κωνικού σχήματος αποθέσεις που αποτελούνται από προϊόντα διάβρωσης των λεκανών απορροής που έχουν μεταφερθεί σε μία ήπιας κλίσης περιοχή από έναν χείμαρρο ή ποταμό . σχηματίζεται ένας ποταμός υψηλής στερεοπαροχής και εξέρχεται από έναν ορεινό όγκο , εισερχόμενη σε μια περιοχή ηπιότερης κλίσης , οπότε αποθέτει και τα μεταφερόμενα υλικά λόγω της μείωσης της ικανότητας της μεταφοράς. (εικόνα 24)

Τα ιζήματα που μεταφέρονται αποτίθενται σχηματίζοντας μια κωνική γεωμορφή απόθεσης . Η κορυφή των αποθέσεων βρίσκεται στο στόμιο της κοιλάδας εντός του ορεινού όγκου και απλώνεται τοξοειδώς προς τη χαμηλότερη υψομετρικά περιοχή. Οι κλίσεις της επιφάνειας ενός ριπιδίου κυμαίνονται από 25 έως και 1 μοίρα στη βάση του. (Καρύμπαλης 2007) Το υλικό τους κυμαίνεται από ογκόλιθους και κροκάλες στην κορυφή έως λεπτόκοκκο υλικό στην περιφέρειά του.



εικόνα 24: αλλουβιακό ριπίδιο περιοχής

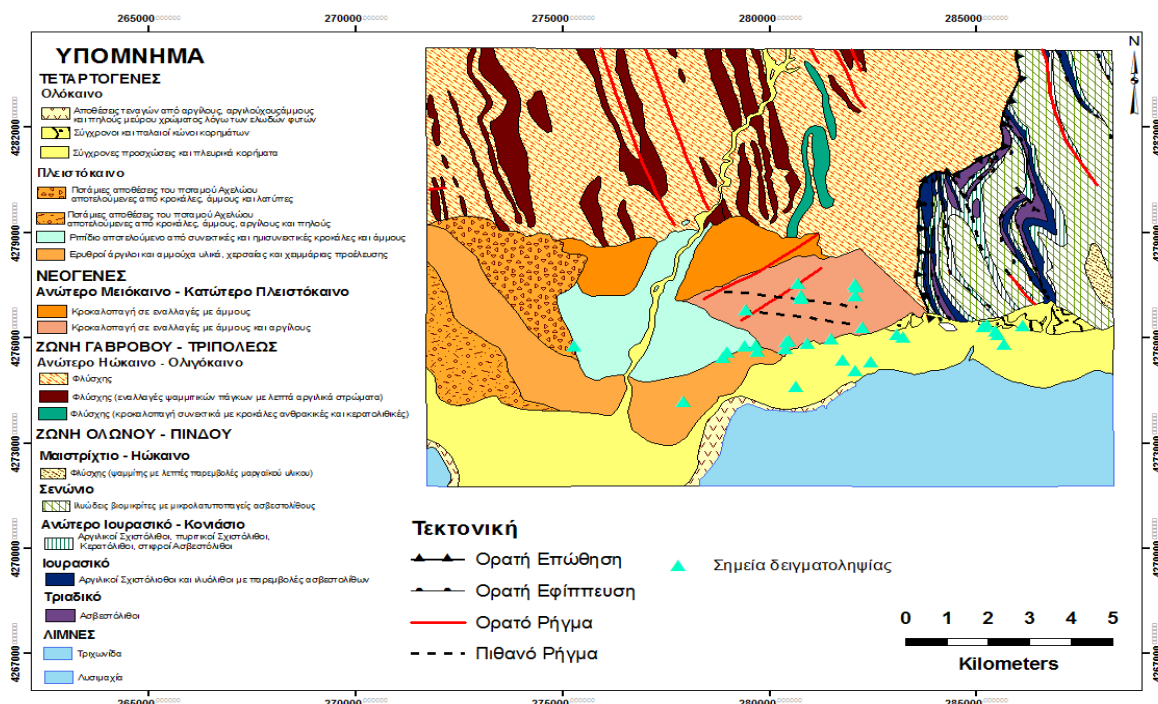
Οι βαθύτερες αποθέσεις των ριπιδίων αποτελούνται από αδρομερή υλικά , χάλικες εκτείνονται σε απόσταση από την έξοδο των κοιλάδων από τη λεκάνη σε όλο το μήκος και πλάτος του ριπιδίου . Οι υπερκείμενες λεπτόκοκκες αποθέσεις αποτελούνται από ένα στρώμα υδροπερατής άμμου και ένα ανωτέρου αποτελούμενο από άμμο , υλή και άργιλο σε διάφορες αναλογίες . Το σχήμα καθορίζεται από τη λιθολογία και το κλίμα της περιοχής της λεκάνης απορροής. Τα αλλουβιακά ριπίδια ως γεωμορφή απαντάται σε όλους του κλιματικούς τύπους της γης Η ανάπτυξη και εξέλιξη τους ευνοείται τις περιόδους πλημμύρων καθώς μεγάλοι όγκοι νερού και μεταφερόμενων υλικών καταλήγουν σε αυτά . Οι κοίτες των ποταμών στην επιφάνεια των αλλουβιακών ριπιδίων κατά μεγάλο χρονικό διάστημα είναι ξηρές . Η δημιουργία ριπιδίων ευνοείται , επίσης από την αραιή βλάστηση και τις καταρρακτώδεις βροχές . Η ύπαρξη ριπιδίων συχνά συνδέεται με ρηξιγενείς ζώνες ενώ η γεωμορφολογία τους

εξαρτάται από άλλους παράγοντες όπως το γεωγραφικό πλάτος , η φυτική κάλυψη της λεκάνης απορροής , η κλίση της κοίτης και η ανθρώπινη δραστηριότητα(Kontoy et al. 2007)

Τα μορφολογικά και επιφανειακά χαρακτηριστικά ενός ριπιδίου μπορούν να μεταβάλλονται χωρικά μέσα στην ίδια γεωμορφή με την ανάπτυξη διαφορετικών φυσικών διεργασιών σε διάφορα τμήματά της. Το ποτάμι που σιγά-σιγά εγκιβωτίζεται στα υλικά που έχει ήδη αποθέσει στο στόμιο της κοιλάδας , που μπορεί και να είναι η είσοδος ενός φαραγγιού .

Έτσι αρχίζει να διαβρώνει τον αρχικό κώνο ιζημάτων και να αποθέτει τα υλικά με τη μορφή διαδοχικών κώνων που σχηματίζονται στην περίμετρο του αρχικού (Leuder 1959) . Αυτό που θα πρέπει να κρατήσουμε και μας αφορά άμεσα είναι πως τα ριπίδια εμφανίζουν κατάλληλες υδρογεωλογικές συνθήκες για συγκέντρωση ποσοτήτων υπόγειων υδάτων λόγω της μεγάλης υδροπερατότητάς τους . Συνεπώς ευνοείται η ανάπτυξη καλλιεργειών , ανθρώπινης δραστηριότητας και οικισμών κοντά σε αυτά .

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις γεωλογικούς παραμέτρους και με την πολύτιμη βοήθεια της συναδέλφου Κουζέλη Ευλαμπία κατασκευάστηκε ο παρακάτω γεωλογικός χάρτης όπου και επισημαίνεται η τεκτονική η λιθολογία και τα σημεία μέτρησης που χρειαστήκαν για την κατασκευή πιεζομετρικού χάρτη της περιοχής.



εικόνα 25 : γεωλογικός χάρτης περιοχής

## 6.ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λίμνη Τριχωνίδα, μεγαλύτερη σε έκταση και όγκο φυσική λίμνη της Ελλάδας, έχει πολύ περιορισμένη λεκάνη απορροής. Αν λάβουμε υπόψη ότι τα μέσα ετήσια κατακρημνίσματα της περιοχής (ΕΜΥ Αγρινίου) είναι  $930\text{mm/yr}$  και η έκταση της περιλίμνιας χερσαίας λεκάνης απορροής είναι  $302\text{ km}^2$ , ενώ ο συντελεστής απορροής είναι  $0,40$ , τότε η συνολική απορροή υπολογίζεται σε  $112.3 \cdot 10^6\text{ m}^3/\text{y}$ , η οποία καταλήγει στη λίμνη.

Ο καθρέπτης της λίμνης ο οποίος έχει έκταση  $97\text{ km}^2$ , δέχεται όγκο νερού από κατακρημνίσματα  $90.2 \cdot 10^6\text{m}^3$ , ενώ έχει απώλειες από εξάτμιση συνολικού όγκου  $142.5 \cdot 10^6\text{ m}^3/\text{yr}$ . Από τα ανωτέρω στοιχεία προκύπτει ότι οι καθαρές εισροές νερού στην Τριχωνίδα εκτιμώνται σε  $60.0 \cdot 10^6\text{m}^3/\text{y}$  κατά μέσο όρο. Οι εισροές αυτές σε σχέση με το συνολικό όγκο της λίμνης ( $2.9 \cdot 10^9\text{ m}^3$ ) είναι ελάχιστες ώστε για την ανανέωση του νερού της Τριχωνίδας θα χρειαζόνταν  $10 - 14$  χρόνια.

Έχει όμως διαπιστωθεί μεγάλη τροφοδοσία της λίμνης από υπολίμνιες πηγές, τόσο στην ανατολική περιοχή του καρστ, όσο και σε άλλες περιοχές, η παροχή των οποίων δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί προς το παρόν. Η αδυναμία εκτίμησης προκύπτει από την ανυπαρξία μέτρησης των εκροών από τη λίμνη. Η εκτίμηση που μπορεί να γίνει μέχρι στιγμής βασίζεται στα στοιχεία των αρδεύσεων, από τα οποία προκύπτουν ότι:

Για τις περιλίμνιες αρδευτικές καλλιέργειες ( $31.000$  στρέμματα) αντλούνται από την Τριχωνίδα  $34 \cdot 10^6\text{ m}^3/\text{y}$  περίπου. Για εκροές της Τριχωνίδας προς τη Λυσιμαχεία και μέσω της ομώνυμης σήραγγας προς τις δελταϊκές πεδιάδες του Αχελώου και του Εύηνου, τις οποίες ο ΓΟΕΒ Αγρινίου τις υπολογίζει σε  $548 \cdot 10^6\text{m}^3/\text{yr}$ , ενώ η ερευνητική ομάδα του καθηγητή κ. Χ. Τζιμόπουλου τις υπολογίζει σε  $570 \cdot 10^6\text{ m}^3$ . Από αυτές αρδεύονται επίσης  $159.000$  στρέμματα των πεδινών εκτάσεων της Αιτωλοακαρνανίας.

Για την τροφοδοσία του Αχελώου μέσω του συστήματος της τάφρου του Δίμηκου, της Λυσιμαχείας και της ενωτικής διώρυγας με την Τριχωνίδα αντλούνται σημαντικοί όγκοι νερού κατά τη διάρκεια του έτους ( $160 \cdot 10^6\text{ m}^3$ ) οι οποίοι είναι αδύνατο να εκτιμηθούν με απόλυτη ακρίβεια.

Από τις ανωτέρω εκτιμήσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι η Τριχωνίδα έχει μεγάλο πλεόνασμα καθαρού νερού με το οποίο καλύπτει τόσο τις αρδευτικές ανάγκες της

ευρύτερης περιοχής, όσο και τις περιβαλλοντικές λειτουργίες μεγάλου τμήματος της λεκάνης του Κάτω Αχελώου. Για το λόγο αυτό ο ρόλος της λίμνης είναι σημαντικός για την ευρύτερη περιοχή. Σύμφωνα με τη μελέτη της ΕΤΜΕ (1994), η Τριχωνίδα έχει μέσο καθαρό όγκο εισροών  $125 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  με ανώτατο όγκο  $301 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ .

Από τα σταθμηγραφήματα της Τριχωνίδας για περίοδο 40 ετών (1949/50-1990/91) προκύπτει η ταπείνωση της στάθμης της λίμνης μετά το 1957/58 λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων και η διακύμανση της στάθμης της κατά 1,0-1,5 m το χρόνο.

Ήδη, μετά την κατασκευή του ρυθμιστικού έργου της ενωτικής διώρυγας Τριχωνίδας-Λυσιμαχείας η στάθμη της λίμνης (Παλαιά +18m) ρυθμίζεται μεταξύ + 13.50 m και + 16.0 m. Σημαντικοί όγκοι νερού εκρέουν από την Τριχωνίδα κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν η στάθμη της λίμνης ανέρχεται σημαντικά ( $> 1.5 \text{ m}$ ) ενώ η εκροή προς τη Λυσιμαχεία είναι συνεχής (ατελές ρυθμιστικό έργο). (Ψιλοβίκος κ.α., 1998).

| <b>ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>            |                                          |
|---------------------------------------|------------------------------------------|
| ΕΜΥ Αγρίνιου κατακρημνίσεις           | 930 mm/yr                                |
| Όγκος κατακρ. λεκ.                    | $280.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ |
| Συνολική απορροή (0.40)               | $112.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ |
| Όγκος κατακρ. λίμνης                  | $90.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  |
| Όγκος εξατμ. (1470 mm/yr)             | $142.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ |
| Καθαρή απώλεια                        | $-52.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ |
| Καθαρές εισροές λίμνης                | $60.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  |
| Εισροές από Αχελώο και υπόγειες πηγές | $> 600 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ |
| Εκροές προς Λυσιμαχεία και αρδεύσεις  | $> 600 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ |
| Χρόνος ανανέωσης                      | 3.6 χρόνια                               |

Εικόνα 26 : Υδρολογικά Στοιχεία Λίμνης Τριχωνίδας

## 6.1 Γενική υδρολογία

Η υδρολογία των νερών δεν είναι ανεξάρτητη εκείνης των επιφανειακών . Η διαίτα των υπόγειων υδροφόρων βρίσκεται σε πολύ στενή σχέση με την αντίστοιχη των επιφανειακών νερών. Επομένως για την εκτίμηση ενός ισοζυγίου του υπόγειου δυναμικού είναι απαραίτητη η γνώση του αντίστοιχου ισοζυγίου των επιφανειακών νερών. Είναι γνωστό ότι το υδρολογικό ισοζύγιο μιας περιοχής εκφράζεται από τη σχέση :

$$P = R + E + I + \Delta W + \Delta q + q \quad (\text{Castany 1968}) \quad (1)$$

όπου

P= το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται ετησίως η περιοχή

R= το ετήσιο ποσό νερού που απορρέει επιφανειακά από την περιοχή

E= το ετήσιο ποσό νερού που εξατμίζεται και εκείνο που χρησιμοποιείται από τα φυτά για τη διεργασία διαπνοής

I=-το ποσό του νερού που κατεισδύει ετησίως στα υδροφόρα στρώματα και τροφοδοτεί τους υπόγειους ταμιευτήρες

$\Delta W$ = η διαφορική αλλαγή στην αποθήκευση νερού στη γη

$\Delta q$ = το αποτέλεσμα της ανθρώπινης παρέμβασης

q= η εξωτερική τροφοδοσία

Με την προϋπόθεση ότι η περιοχή αποτελεί ένα αυτοτελές σύστημα και ότι οι ανθρώπινες παρεμβάσεις και οι μεταβολές στα υπόγεια αποθέματα είναι αμελητέες, οι παράγοντες  $\Delta W$  ,q, $\Delta q$ , της εξίσωσης 1 παραλείπονται και παίρνει την μορφή :

$$P = R + E + I \quad (2)$$

Τα παραπάνω μεγέθη μπορούν να εκφραστούν σε ύψος νερού (mm) , είτε σε όγκο νερού ( m<sup>3</sup>) ή σε συντελεστή επί τις εκατό (%).

## 6.2 Μεθοδολογία έρευνας

Προκειμένου να μελετηθούν οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή έρευνας συγκεντρώθηκαν , αξιολογήθηκαν και επεξεργάστηκαν όλα τα μετεωρολογικά δεδομένα των σταθμών που βρίσκονται σε λειτουργία στην περιοχή . Δυστυχώς οι σταθμοί της περιοχής είναι μόνο δύο. Ο σταθμός του Αγρινίου που έχει και τις μεγαλύτερες χρονικά καταγραφές είναι αυτός της Ε.Μ.Υ και ο βροχομετρικός σταθμός στην περιοχή της Γαβαλού.

### 6.3 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Με τον όρο ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα περιγράφεται τι νερό που φτάνει στην επιφάνεια της γης ανεξαρτήτως μορφής( βροχή, χιόνι , χαλάζι , ομίχλη, δροσιά) . Στην περιοχή μελέτης το σημαντικότερο είδος κατακρημνισμάτων είναι η βροχή . Πιο κάτω παρατίθενται ο πίνακας μέση ετήσιας βροχόπτωσης και το υψόμετρο των δύο σταθμών .

Στα βροχομετρικά δεδομένα είναι σύνηθες να λείπουν κάποιες μετρήσεις . Η εκτίμηση των ελλειπών παρατηρήσεων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μεθόδου του κανονικού λόγου κατά την οποία η εκτίμηση της ελλειπούσας παρατήρησης ενός σταθμού X βασίζεται στις ταυτόχρονες παρατηρήσεις των υπόλοιπων σταθμών (1,2,3, ... n) σύμφωνα με την σχέση :

$$P_x = \frac{\overline{P_x}}{(n-1)} \left( \frac{P_1}{\overline{P_1}} + \frac{P_2}{\overline{P_2}} + \dots + \frac{P_n}{\overline{P_n}} \right), \text{ όπου}$$

$P_x$  = η ελλείπουσα τιμή βροχόπτωσης στο σταθμό X

$n$  = το πλήθος των σταθμών

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = η βροχόπτωση στους υπόλοιπους σταθμούς για την ίδια περίοδο

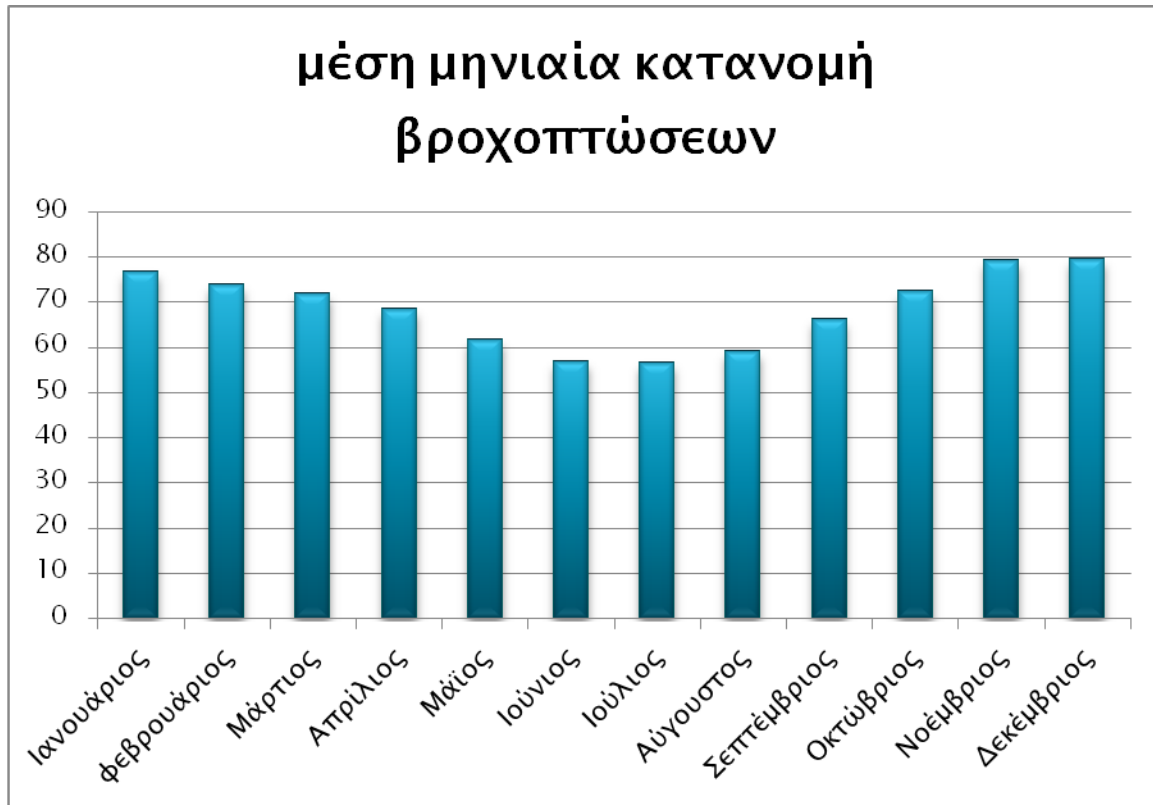
$\overline{P_x}$  = το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό X

$\overline{P_1}, \overline{P_2}, \dots, \overline{P_n}$  = το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στους υπόλοιπους σταθμούς.

Για την δημιουργία των πινάκων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων , τα οποία δέχεται η υπό μελέτη περιοχή , επιλέχθηκαν οι σταθμοί Αγρινίου και Γαβαλού. Ο σταθμός του Αγρινίου λειτουργεί από το 1980 εως και σήμερα και ο σταθμός στην Γαβαλού λειτουργεί από το 2008 , οπότε δημιουργήσαμε το διάγραμμα με τα μέσα ετήσια ύψη βροχόπτωσης. Πιο κάτω φαίνονται με τα μαυρα τρίγωνα οι σταθμοί που χρησιμοποιήσαμε .



Γενικότερα παρατηρείται μια ομοιομορφία στις μετρήσεις των ετήσιων βροχοπτώσεων χωρίς έντονες αυξομειώσεις. Η διαφορά υπάρχει ανάμεσα στους δύο βροχομετρικούς σταθμούς όπου το ύψος βροχής στην περιοχή της Γαβαλού όπου παρατηρούμε 300-400 mm βροχής διαφορά.



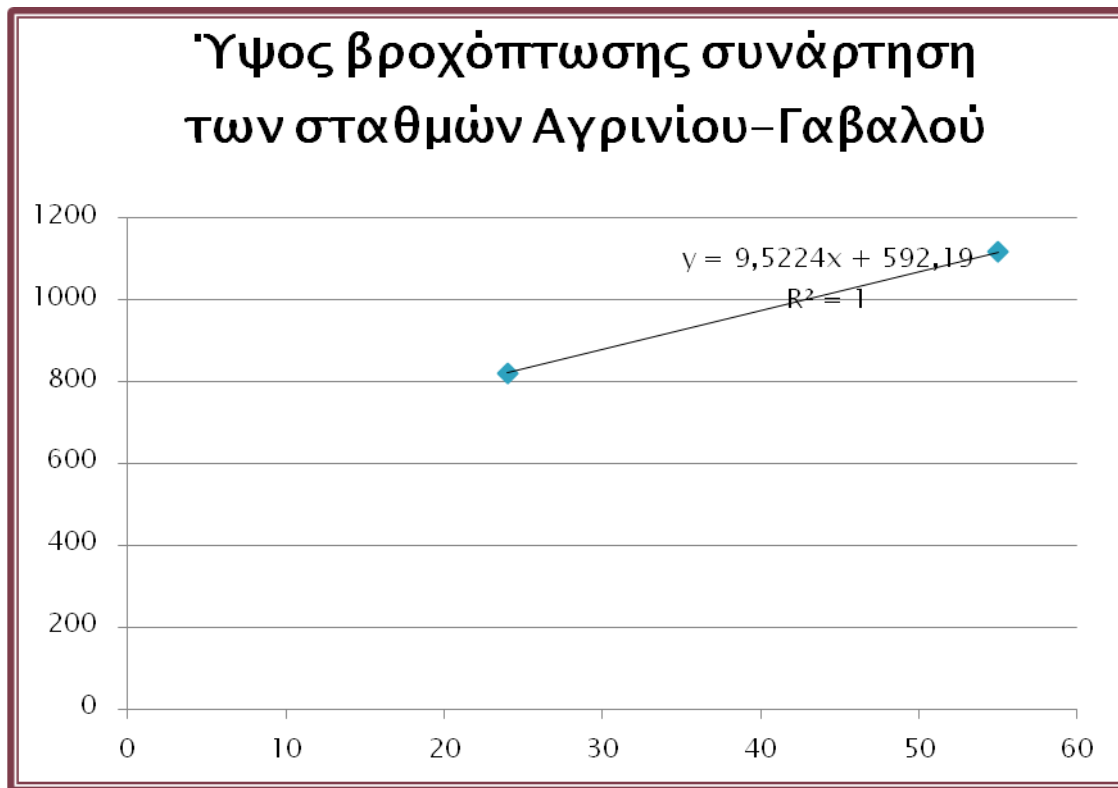
εικόνα 29: μέση μηνιαία κατανομή βροχοπτώσεων στον σταθμό του Αγρινίου

Από την μελέτη των μέσων μηνιαίων βροχοπτώσεων διαπιστώνουμε ότι το μέγιστο ύψος βροχής παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο ενώ τα ελάχιστα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, Όσον αφορά το σταθμό Αγρινίου .(εικόνα 29)

#### 6.4 ΣΧΕΣΗ ΑΠΟΛΥΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ – ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Η κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε μια περιοχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες , οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι το απόλυτο υψόμετρο, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, η τοπογραφία της περιοχής και ο προσανατολισμός του σταθμού . Για την κατασκευή του χάρτη των ισοϋετών καμπυλών και τον υπολογισμό του μέσου ετήσιου ύψους βροχής σε μια λεκάνη , θα πρέπει να προσδιοριστεί η σχέση του ύψους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων συναρτήσει του απόλυτου υψομέτρου και εκφράζεται από την εξίσωση :

$$Y=ax+b$$

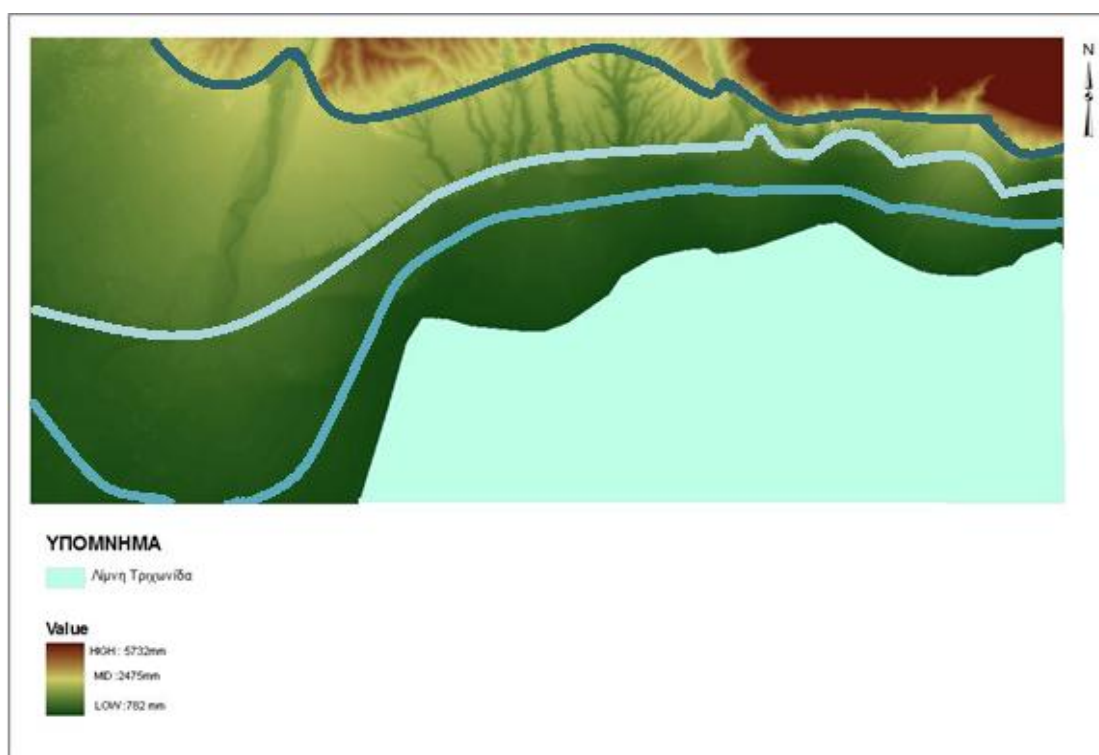


Εικόνα 30 : ευθεία μεταβολής του ύψους βροχόπτωσης συναρτήσει του απόλυτου υψομέτρου των σταθμών Αγρινίου και Γαβαλού

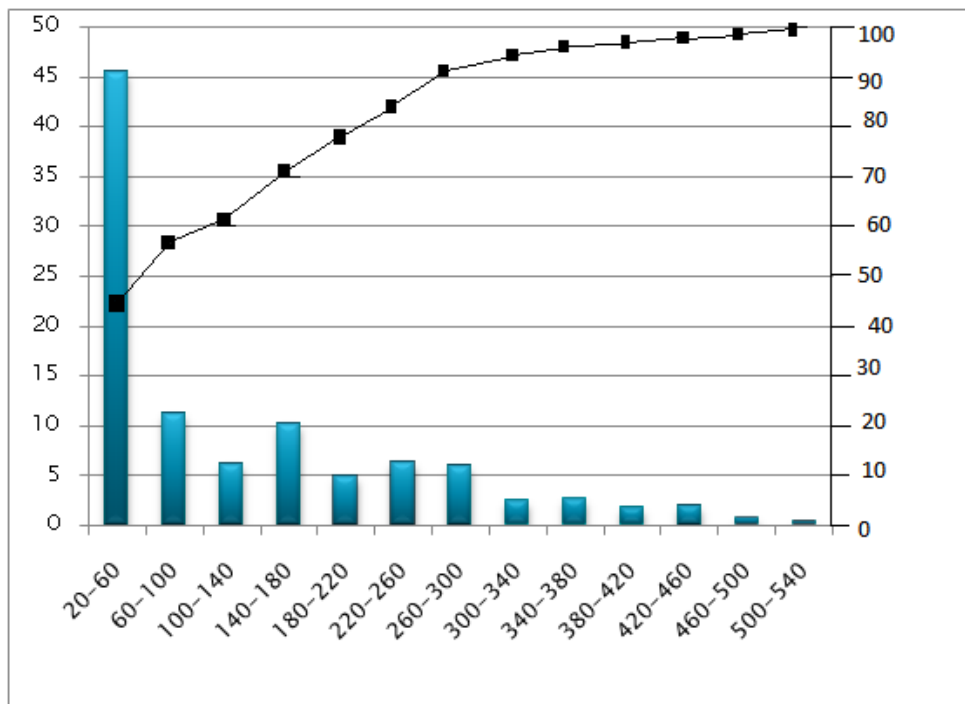
Όπου 9,5224mm είναι το ποσό της βροχόπτωσης που προστίθεται κάθε ένα μέτρο της αύξησης του υψομέτρου και 529,19 το ύψος βροχής στην θάλασσα. Έτσι προκύπτει και ο χάρτης της εικόνα 32 αλλά την μεταβολή συναρτήση του 31 ).

| Απόλυτο υψόμετρο(m) | Ύψος βροχόπτωση(mm) | βροχομετρικός περιοχής έρευνας και ένας πίνακας με του ύψους βροχής υψομέτρου(εικόνα |
|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                   | 529,19              |                                                                                      |
| 100                 | 1481,43             |                                                                                      |
| 200                 | 1904,48             |                                                                                      |
| 300                 | 3385,91             |                                                                                      |
| 400                 | 4338,15             |                                                                                      |
| 500                 | 5290,39             |                                                                                      |

εικόνα 31: απόλυτο υψόμετρο και ύψος βροχόπτωσης



Εικόνα 32: βροχομετρικός χάρτης περιοχής μελέτης



Εικόνα 33 :Υψογραφική καμπύλη περιοχής μελέτης

Έτσι λοιπόν από την βοήθεια του βροχομετρικού χάρτη αλλά και των βροχομετρικών δεδομένων διαπιστώνουμε πώς παράκτια της λίμνης Τριχωνίδας έχουμε ένα ύψος βροχής 732 mm και αυξάνεται με το ύψος. Στο μεγαλύτερο υψομετρικά σημείο της περιοχής μελέτης μας σε υψόμετρο 545 m έχουμε ύψος βροχής 5723 mm . Για να υπολογιστούν όλες αυτές οι μετρήσεις σημαντικό ρόλο είχε η υψογραφική καμπύλη της περιοχής, δηλαδή την κατανομή της έκτασης σύμφωνα με το υψόμετρο της περιοχής. Όπως βλέπουμε το μεγαλύτερο ποσοστό έκτασης είναι κατανεμημένο στα πρώτα 20- 60 μέτρα.

## 6.5 .ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Το συγκρατούμενο από το έδαφος υπό μορφή υγρασίας νερό αποτελεί ένα απόθεμα , στο οποίο προστίθεται το νερό των βροχοπτώσεων . Λόγω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής το απόθεμα αυτό μειώνεται με το χρόνο ενώ αναπληρώνεται κατά την υγρή περίοδο η οποία αρχίζει με την έναρξη του υδρολογικού έτους το φθινόπωρο .

Οι παράμετροι οι οποίοι αλληλεπιδρούν είναι η μέση μηνιαία τιμή βροχόπτωσης (P) , η μέση μηνιαία τιμή δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ETp), η υγρασία του εδάφους (H) , η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ETr) και το πλεόνασμα ύδατος (Q+I), όπου Q η επιφανειακή και I η υπόγεια απορροή.

| Μήνες   | Jan | Feb | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov | Dec  |
|---------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| T (°C)  | 8,3 | 9,2 | 11,5 | 15,1 | 20,3 | 24,7 | 27,1 | 26,9 | 23   | 17,9 | 13  | 9,6  |
| Ep (mm) | 4,8 | 21  | 48,5 | 23,7 | 16,3 | 25,6 | 99,2 | 89,6 | 96,3 | 26,8 | 30  | 36,8 |
| P (mm)  | 78  | 78  | 74,7 | 60,3 | 57,3 | 57,6 | 53   | 50   | 66,8 | 79,7 | 79  | 82,2 |

Με βάση την μέθοδο Thornthwaite και Matcher εάν η βροχόπτωση προστιθέμενη στην υγρασία του εδάφους καλύπτει την δυνητική εξατμισοδιαπνή τότε η πραγματική εξατμισοδιαπνή ισούται με την δυνητική . Εάν δεν συμβαίνει αυτό τότε η πραγματική εξατμισοδιαπνή ισούται με τη διαθέσιμη ποσότητα ύδατος από πιθανή βροχόπτωση ή εδαφική υγρασία.

Για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνής χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική σχέση του Thornthwaite (1994) , που στηρίζεται στη μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα .

Τα δεδομένα στον παρακάτω πίνακα έχουν συλλεχθεί από το σταθμό του Αγρινίου και έχουν δοθεί από την Ε.Μ.Υ. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στο παράρτημα.

Επομένως , η συνολική βροχόπτωση Σρ υπολογίζεται στα 819.6mm και η πραγματική εξατμισοδιαπνή Ερ στα 518.84 mm

Οπότε συμπεραίνουμε πως το 63.30 % των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων εξατμίζονται και το υπόλοιπο 36.70 % τροφοδοτεί το επιφανειακό και υπόγειο νερό .

$$E_p = 16 \cdot \left( \frac{10 \cdot T}{I} \right)^a$$

Όπου:

$E_p$  = μέση μηνιαία τιμή της ανοιγμένης δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε mm

$T$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

$\alpha$  = ένας συντελεστής που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\alpha = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 0,01792 I + 0,49239$$

Όπου:

$I$  = Ο ετήσιος θερμικός δείκτης (annual heat index) που δίνεται από το άθροισμα των 12 μηνιαίων θερμικών δεικτών:

$$I = \sum \left( \frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

## 7. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

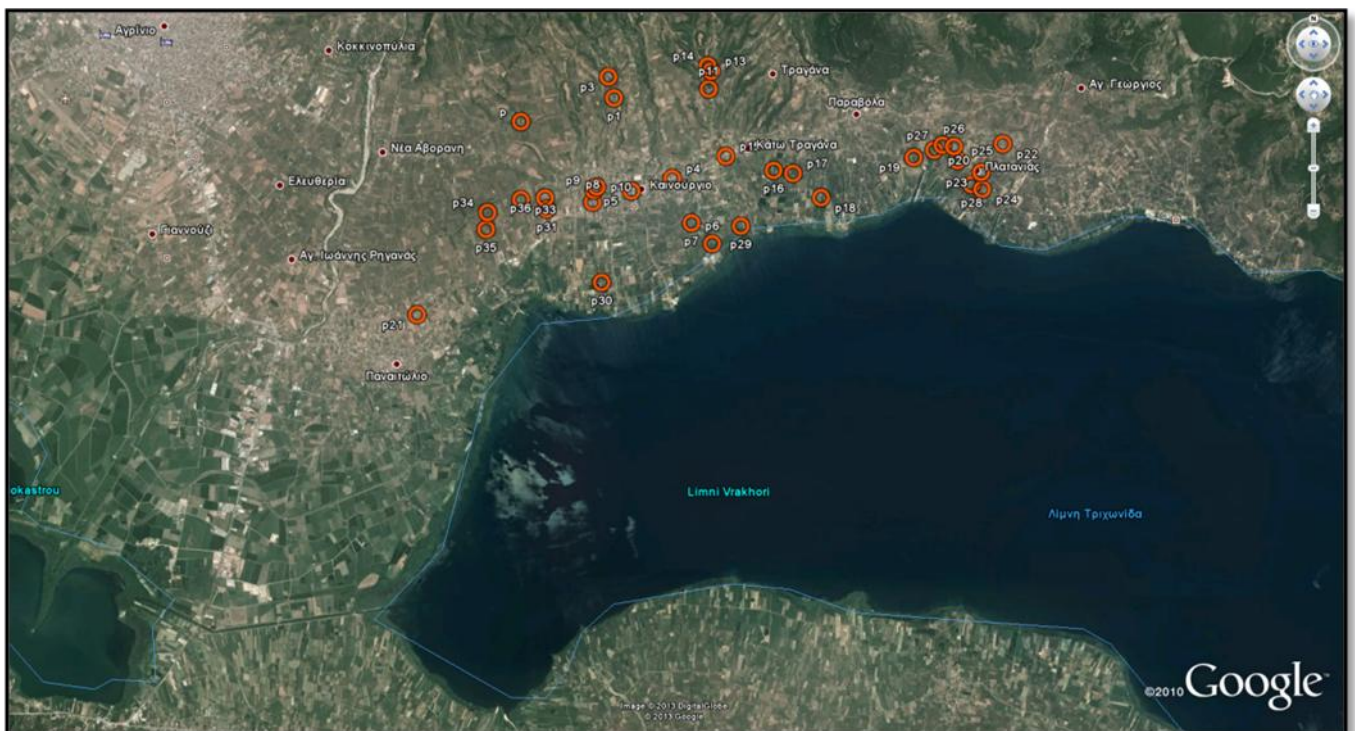
Για την καλύτερη επεξήγηση των υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Τριχωνίδας πραγματοποιήθηκε απογραφή όλων των υδροσημείων που υπάρχουν στην περιοχή έρευνας αποτύπωσή τους σε τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:5.000 και συλλογή στοιχείων που αφορούν τα χαρακτηριστικά τους. Κατά το 2<sup>ο</sup> στάδιο της έρευνας πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια σταθμημέτρου, μετρήσεις που αφορούν στη μεταβολή της στάθμης του προσχωματικού υδροφόρου ορίζοντα για τις δύο περιόδους, υγρή και ξηρή. Η πλειοψηφία των σημείων που επιλέχθηκαν για τις μετρήσεις ανήκουν στο πεδινό

τμήμα της λίμνης. Στο 3<sup>ο</sup> και τελευταίο στάδιο της έρευνας κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχοι ισοπιεζομετρικοί χάρτες προκειμένου να διερευνηθεί η μορφολογία της πιεζομετρικής επιφάνειας, η διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού, αλλά και τα επιμέρους υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα. Μερικά σημεία καταγραφής δεν βρίσκονται όλα στον ίδιο σχηματισμό αλλά και σε κροκαλοπαγή, με εναλλαγές άμμου και αργίλου.

Εικόνα 34: Σημεία Δειγματοληψίας στο Βόρεια μέρος της Λίμνης Τριχωνίδας

## 7.1.ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ το 40,4% της υδρολογικής λεκάνης της Τριχωνίδας αποτελείται από σχηματισμούς φλύσχη (σχιστόλιθοι, ψαμμίτες με κροκαλοπαγή και μάργες). Οι σχηματισμοί αυτοί θεωρούνται γενικά αδιαπέρατοι, έχουν σχετικά μεγάλο συντελεστή επιφανειακής απορροής (35%) και μικρό συντελεστή κατείσδυσης (3 -



7%). Το 31,5% αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα, τα οποία στον ελληνικό χώρο παρουσιάζουν πολύ μικρό συντελεστή επιφανειακής απορροής της τάξης του (0 - 6,5%) και μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης (50 - 60%). Το υπόλοιπο 28,1%, που

καλύπτει τα πεδινά τμήματα της λεκάνης, αποτελείται από Τεταρτογενείς και προσχωσιγενείς σχηματισμούς, πρόσφατης ηλικίας. (Ζαχαρίας Ι. και Κουσουρής Θ., 2000). Οι τελευταίοι σχηματισμοί επιδρούν σημαντικά στην απορροή της λεκάνης (κατακρημνίσματα, απορροές άρδευσης, απορροές αποστράγγισης προς τη λίμνη) και έχουν ποικίλο συντελεστή απορροής ο οποίος δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ικανοποιητική προσέγγιση καθώς εξαρτάται κυρίως από την οποία παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Παρακάτω παρατίθεται η υδρολιθολογική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής που πραγματοποιείται η έρευνα , με σκοπό να διαχωρίσει τους σχηματισμούς σε υδροπερατούς , ημιπερατούς και υδροστεγανούς ώστε να κατασκευαστεί και ο υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής. Η διάκρισή τους γίνεται με βάση τις συνθήκες διακίνησης και αποθήκευσης νερού στα πρωτογενή ή δευτερογενή διάκενά τους, δηλαδή του πορώδους και της υδροπερατότητας.

### **Υδρολιθολογική Διάκριση με Βάση το Πορώδες**

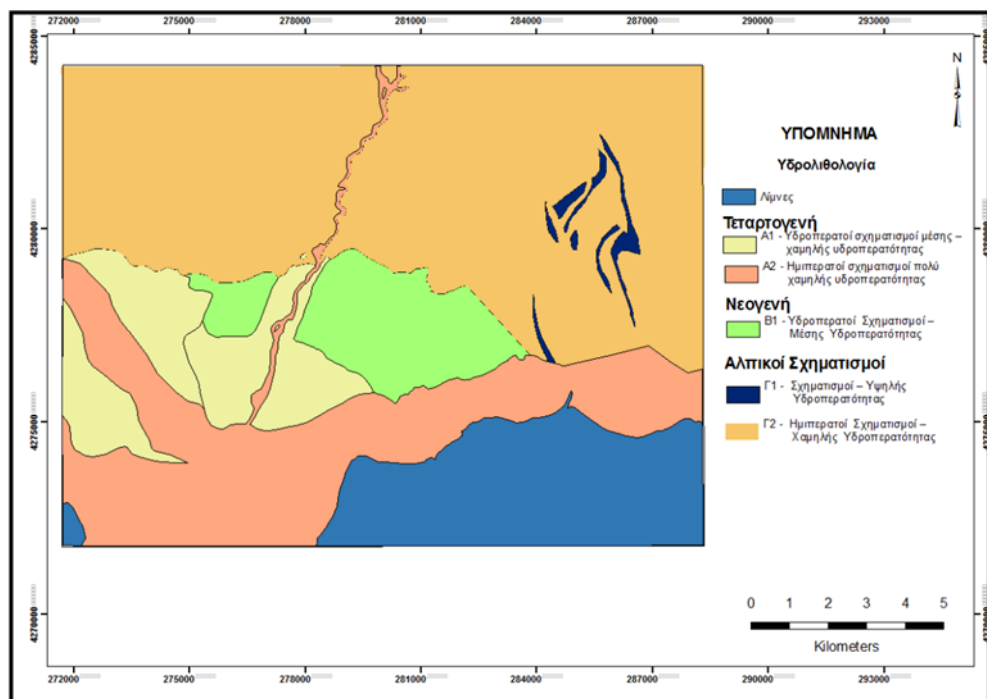
- Κοκκώδεις σχηματισμοί: Η κυκλοφορία νερού στη μάζα τους γίνεται μέσω του πρωτογενούς πορώδους. Στην κατηγορία αυτή ανήκει σειρά πετρωμάτων των αποθέσεων του τεταρτογενούς και του νεογενούς και μέρος των μεταλπικών ιζημάτων και των μαγματικών πετρωμάτων.
- Ρωγμώδεις σχηματισμοί: Η κυκλοφορία νερού στη μάζα τους γίνεται κυρίως μέσω του δευτερογενούς πορώδους τους. Χαρακτηριστικά πετρώματα της κατηγορίας αυτής είναι οι ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή καθώς και το σύνολο των ανθρακικών σχηματισμών το δευτερογενές πορώδες των οποίων προσδιορίζεται κυρίως από την καρστική διάβρωση που αναπτύσσεται στη μάζα τους.

### **Υδρολιθολογική Διάκριση με Βάση την Υδροπερατότητα**

- Αδιαπέρατοι σχηματισμοί: Είναι οι σχηματισμοί των οποίων η δόμηση της μάζας δεν επιτρέπει την κυκλοφορία του νερού και το ενεργό πορώδες τους πρακτικά θεωρείται μηδενικό. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται ορισμένα πετρώματα των τεταρτογενών και νεογενών αποθέσεων όπως οι αμιγείς άργιλοι, πηλοί, ιλύες, μάργες καθώς και των αλπικών ιζημάτων όπως οι αργιλικοί σχιστόλιθοι κλπ.
- Υδροπερατοί σχηματισμοί: Οι υδροπερατοί σχηματισμοί της περιοχής διαχωρίστηκαν σε σχηματισμούς μέσης, υψηλής και πολύ υψηλής υδροπερατότητας. Οι σχηματισμοί μέσης υδροπερατότητας παρουσιάζουν συντελεστή  $K=10^{-3}-10^{-5}$  m/sec , λόγω προσμίξεων των πετρωμάτων με άλλα μικρότερης υδροπερατότητας είτε λόγω περιορισμένου κερματισμού της μάζας τους ή μέτριας καρστικοποίησης των ανθρακικών πετρωμάτων. Οι σχηματισμοί υψηλής - πολύ υψηλής υδροπερατότητας παρουσιάζουν συντελεστή  $K=10^{-1}-10^{-3}$  m/sec. Χαρακτηριστικά πετρώματα της κατηγορίας αυτής είναι άμμοι και κροκάλες χωρίς προσμίξεις και έντονα κερματισμένοι ή καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι. Όσον αφορά την περιοχή μας αρκετά υδροπερατοί σχηματισμοί θεωρούνται τα νεογενή κροκαλοπαγή με εναλλαγές άμμου και αργίλου τα οποία και συναντούμε στο μεσαίο υψομετρικά επίπεδο της περιοχής μελέτης μας. Υδροπερατοί σχηματισμοί , όπου φιλοξενείται και το κύριο σώμα του υδροφόρου μας είναι και οι αλλουβιακές τεταρτογενείς αποθέσεις που τις συναντούμε στο κατώτερο επίπεδο της περιοχής μελέτης μας , πεδινές και παραλίμνιες περιοχές και σε αυτές έχουν γίνει και οι περισσότερες μετρήσεις μας. Αποτελείται από στρώματα χαλαρών υλικών , λεπτόκοκκων αλλά και αδρομερών με εναλλαγές . Τα αδρομερή υλικά που είναι κυρίως κροκάλες και λατύπες έχουν μεγάλη οριζόντια και κατακόρυφη εξάπλωση .
- Ημιπερατοί σχηματισμοί: Οι ημιπερατοί σχηματισμοί παρουσιάζουν συντελεστή  $K=10^{-5}-10^{-7}$  m/sec και διαχωρίστηκαν σε χαμηλής υδροπερατότητας και πολύ χαμηλής υδροπερατότητας. Στους σχηματισμούς χαμηλής υδροπερατότητας συμμετέχουν υδροπερατά πετρώματα όπως είναι άμμοι, χάλικες και κροκάλες αλλά και υδροστεγανά πετρώματα, όπως άργιλοι, πηλοί, ιλύες, μάργες κλπ. Στους σχηματισμούς πολύ χαμηλής υδροπερατότητας περιλαμβάνονται οι προσμίξεις

πετρωμάτων στα οποία υπερτερούν σε σημαντικό βαθμό τα υδροστεγανά. Στην περιοχή μελέτης μας όσον αφορά τους ημιπερατούς σχηματισμούς έχουμε σε μεσαίο υψομετρικά επίπεδο Πλειστοκαινικές ριπιδιακές αποθέσεις αποτελούμενες από συνεκτικές και ημισυνεκτικές κροκάλες και άμμους .Επίσης συναντούμε στο ίδιο επίπεδο ποτάμιας αποθέσεις του ποταμού Αχελώου αποτελούμενες από κροκάλες, άμμους και λατύπες ηλικίας Πλειστοκαινού. Οι σχηματισμοί αυτοί θεωρούνται υδροπερατοί αλλά , μέσης έως χαμηλής υδροπερατότητας.

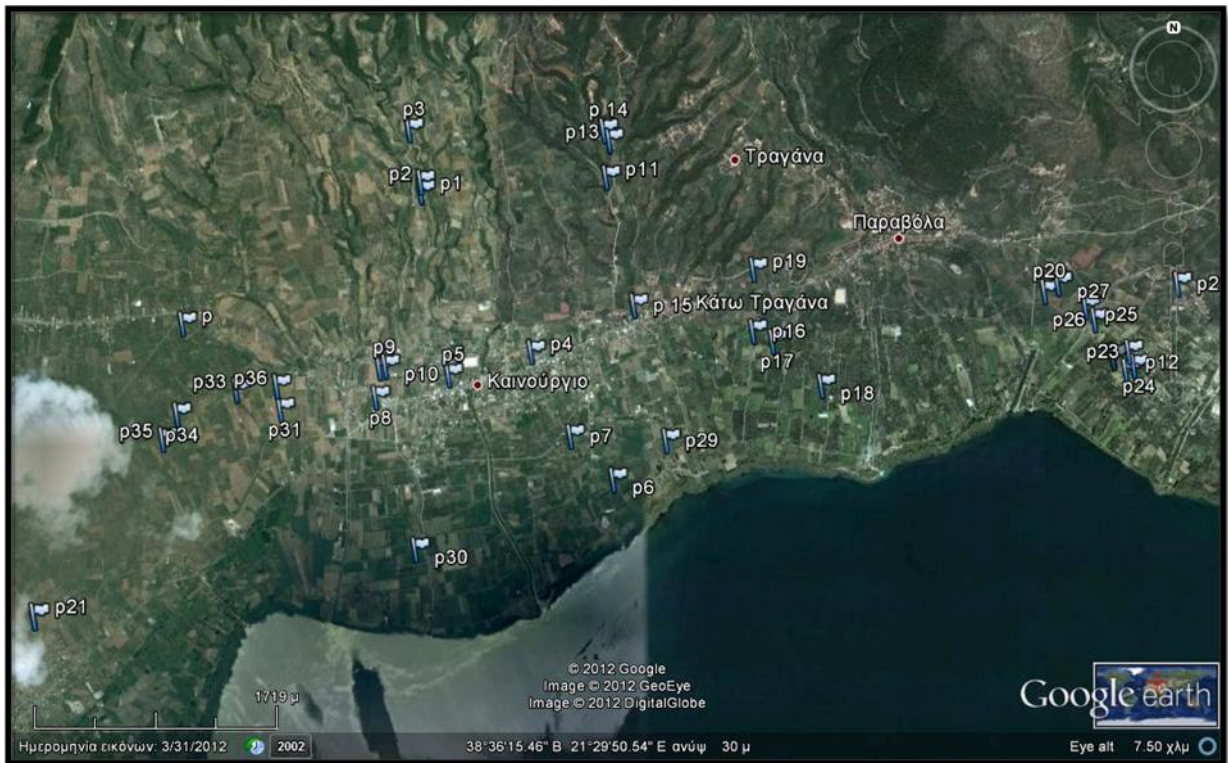
Για την καλύτερη κατανόηση των προϋποθέτων παρατίθεται ο υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής.(εικόνα 35)



Εικόνα 35 : Υδρολιθολογικός Χάρτης Λίμνης Τριχωνίδας

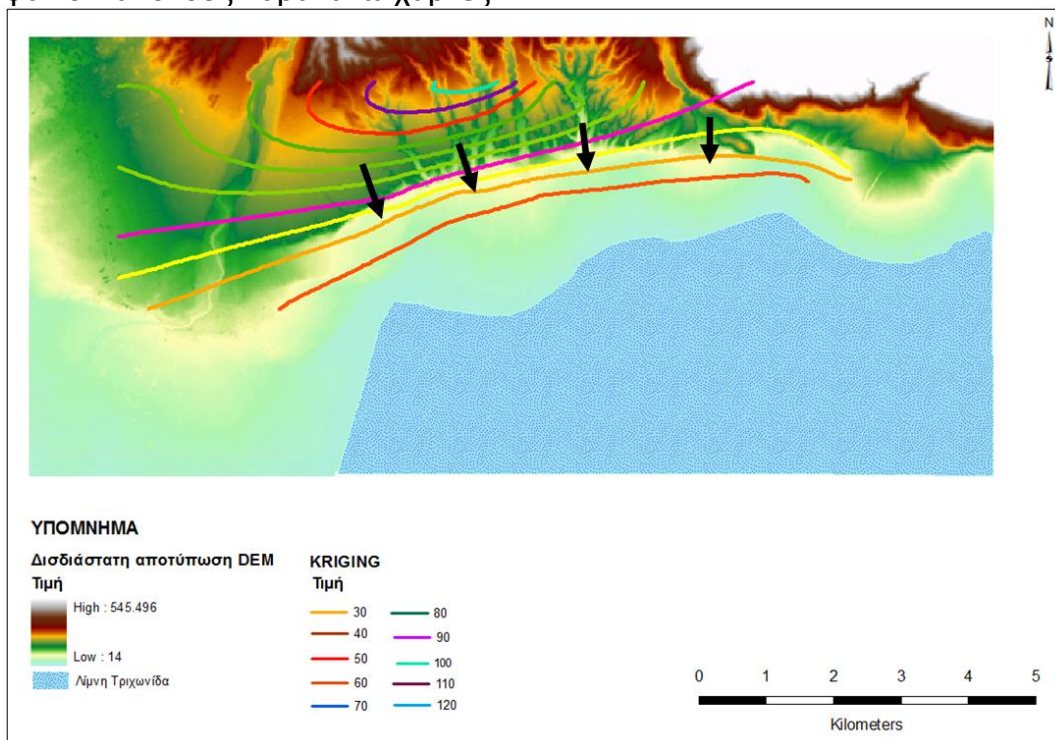
## 7.2 .Πιεζομετρία του προσχωματικού υδροφόρου ορίζοντα της λίμνης Τριχωνίδας

Οι ανάγκες ύδατος καλύπτονται και από τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια τα οποία υπάρχουν στην περιοχή . Η γνώση των υδάτινων πόρων σε τοπική κλίμακα είναι απαραίτητη για την ορθολογική χρήση των υδάτινων πόρων . Με την βοήθεια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών μπορούν να αποτελέσουν όπως θα δούμε παρακάτω πολύ χρήσιμο εργαλείο για την αποτύπωση της πιεζομετρίας του υπόγειου νερού. Παρακάτω βλέπουμε το χάρτη με τα σημεία δειγματοληψίας .

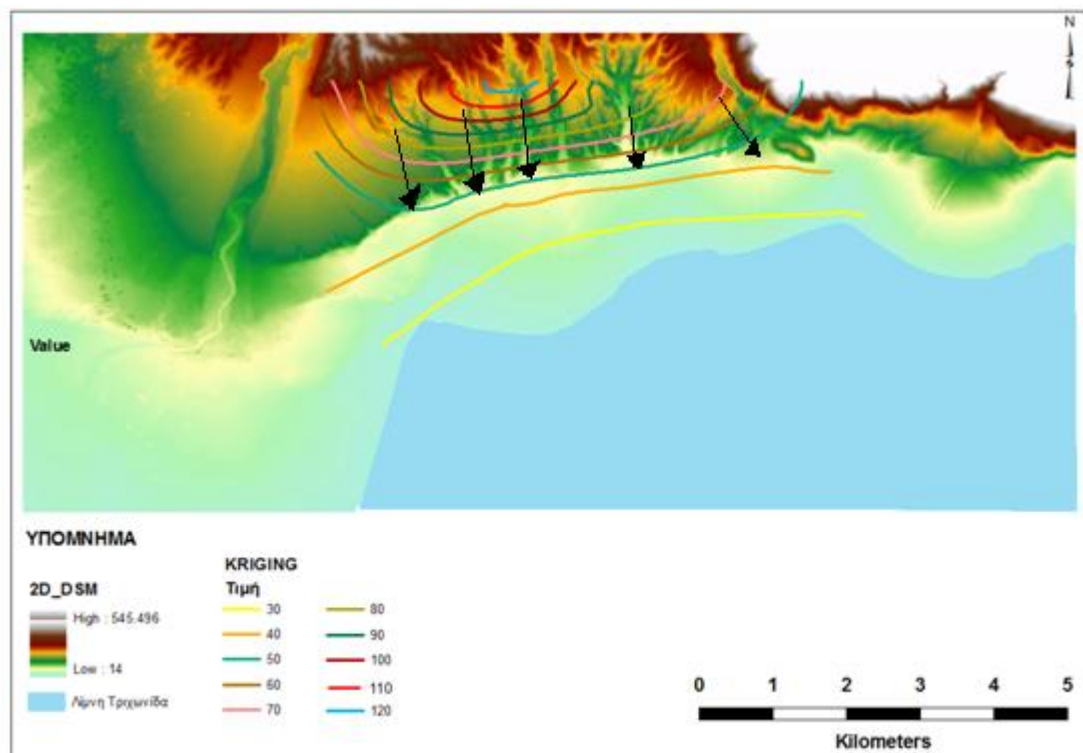


Εικόνα 36: σημεία δειγματοληψίας

Κατά την διάρκεια των ερευνητικών εργασιών πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ελεύθερης επιφάνειας του υδροφόρου, μέσω πηγαδιών που υπήρχαν στην περιοχή. Οι πρώτες μετρήσεις έγιναν κατά την ξηρή περίοδο του Αυγούστου και οι τελευταίες μετρήσεις κατά την υγρή περίοδο του Απριλίου. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους παρακάτω χάρτες.



Εικόνα 37: Ισοπιεζομετρικός χάρτης (25 Αυγούστου 2012- ξηρή περίοδος)



Εικ.38: Ισοπιεζομετρικός χάρτης (14 Απριλίου 2013-υγρή περίοδο)

Από τη μελέτη του πιεζομετρικού χάρτη διαπιστώνουμε πως:

- Η γενική διεύθυνση ροής είναι ΝΝΑ.
- Η υδραυλική κλίση κυμαίνεται από 2 ‰ έως και 4 ‰ .
- Η πιεζομετρική διαφορά του υδροφόρου μας, για την ξηρή και υγρή περίοδο ,που έγιναν και οι μετρήσεις μας, κυμαίνεται από 4-5 μέτρα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αποστολοπούλου Άννα. (2009). *«Αξιοποίηση υπαρχουσών λιμνών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με άντληση – ταμίευση για αντιμετώπιση διείσδυσης Αιολικών Πάρκων στο δίκτυο.»*. Αθήνα.
- ΙΓΜΕ. (1994). ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΟΥ. ΙΓΜΕ.
- ΛΑΓΗΕ. (Οκτώβριος 2012). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και Σηθια, Συνοπτικό Πληροφοριακό δελτίο*.
- Μουτάφης, Ν. (2006). *Σημειώσεις μαθήματος Υδραυλικές κατασκευές - Φράγματα*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.
- Παπαντώνης. (2008). *Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα*. Αθήνα: Συμεών.
- Παπαντώνης. (ΤΕΕ 2009). *Νέες προοπτικές για την Ανάπτυξη της αντλησιοταμίευσης στην Ελλάδα*. Ιωάννινα.

- Παπαντώνης. (2002). *Υδροδυναμικές Μηχανές Αντλίες-Υδροστόβιλοι*. Αθήνα: Συμεών.
- Υπηρεσία Α.Π.Ε. (2011). *Ετήσια έκθεση της υπηρεσίας Α.Π.Ε. Έτος 2010*. Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής.
- Ψιλοβίκος κ.α. (1998). Περιβαλλοντική αξία και σημασία της λίμνης Τριχωνίδας του μεγαλύτερου φυσικού ταμιευτήρα καθαρού νερού της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη: Τομέας Γεωλογίας και φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
- Τεχνικογεωλογικός χάρτης Πελοποννήσου με τη χρήση GIS (Τσάφου Κυριακή, Χατζηχαρίστου Ευαγγελία )
- Aubouin, J., 1959. Contribution a l'étude geologique de la Grece septentrional: les confins de l' Epire et de la Thessalie. Ann. Geol. Pays Hells. 10, p.1-525
- Δ. Μουτράκης, Θεσσαλονίκη 1985, Γεωλογία της Ελλάδας, εκδόσεις University studio, 150-159.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ., 2002. Τεκτονική εξέλιξη του Ελληνικού ορογενούς. Γεωμετρία και κινηματική της παραμόρφωσης. Πρακτικά του 9ου Διεθνούς Συνεδρίου, Αθήνα 2001, *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, Τόμος XXXIV/6, 2113-2126.
- Αλεξάνδρα Ζαμπετάκη-Λέκκα Στρωματογραφία εξωτερικών Ελληνίδων , Αθήνα 2011
- Ιερόθεος Ζαχαρίας , Μελέτη της κυκλοφορίας των υδάτων σε λίμνες εφαρμογή στην λίμνη Τριχωνίδα. Πάτρα 1992
- Νίκος Ρίζος , Εκτίμηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στη λίμνη Τριχωνίδα Πιθανές επιπτώσεις από τις κλιματικές αλλαγές Πάτρα 2011
- Καρράς, Γ., (1973). Κλιματική ταξινόμησης της Ελλάδος κατά Thornthwaite. Διδ. Διατριβή, Φυσικομαθηματική Σχολή, Πανεπιστ., Αθηνών, σ. 199.
- Κούσουρης Θ.1993 Συμβολή στη μελέτη της επίδρασης των γεωργοκτηνοτροφικών και άλλων δραστηριοτήτων στην τροφική κατάσταση της λίμνης Τριχωνίδας και των δυνατοτήτων ιχθυοτροφικής αξιοποίησής της. Διδακτορική διατριβή . Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

- Στέφα Ιωάννα Αθήνα 2011 , Μορφομετρική μελέτη των αλλουβιακών ριπιδίων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής στις βόρειες όχθες της λίμνης Τριχωνίδας του νομού Αιτωλοακαρνανίας .
- Karymbalis E. Gaki-Papanastasiou K. & Ferentinou M. 2011 , Fan deltas classification coupling morphometric analysis and artificial neural networks : The case of NW coast of Gulf of Corinth , Hellenic journal of Geosciences No 45.
- Ψιλοβίκος Α. Αλμπανάκης Κ. , Παλικάριδης Χ. , Βουβαλίδης Κ. (Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας Τμήμα Γεωλογίας ) 1998 , Πρακτικά 4ου Πανελληνίου , Γεωγραφικού Συνεδρίου "Περιβαλλοντική αξία και σημασία της λίμνης Τριχωνίδος ως του μεγαλύτερου φυσικού ταμιευτήρα καθαρού νερού της Ελλάδος" . Ελληνική Γεωγραφική Εταιρία , Αθήνα.
- Λεοντάρης Σ. 1967 " Γεωμορφολογικές έρευνες επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών" Αθήνα
- Ζαχαρίας Ι. , Κουσσούρης Θ. Νοέμβριος 2000 Εκτίμηση του βαθμού ευτροφισμού και πρόβλεψης της μελλοντικής τροφικής κατάστασης της λίμνης Τριχωνίδας Χανιά 2005
- Thornthwaite , C.W & R.J. Mather 1955 . The water balance . Thorn. Ass. Lab. In climatology . Publ. in Climat. Vol VIII, 1.
- Σούλιος , Χ.Γ. (1986) Γενική υδρογεωλογία . Τόμ., Ι, univers. Studio Press , Θεσ/νίκη.
- Μποναζούντας, Μ. (1988). Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από το υπό κατασκευή δίκτυο άρδευσης στη λίμνη Μικρή Πρέσπα του Ν. Φλώρινας.
- Βαφειάδης , Π.Π (1983) Υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης Καστοριάς . Διδ. Διατρ. , Φυσικομαθηματική σχολή , Πανεπ. Θεσ/νίκης.
- Kontoy A. , Gaki - Papanastasiou K. , and Marroukian H. , 2007 Comparative geomorphological observations in two groups of alluvial fans Eurotas, regions Greece, Δελτίο της Ελληνικής γεωλογικής εταιρίας , Τόμος xxxxx, 2007 , Πρακτικά 11ου Διεθνούς συνεδρίου , Αθήνα , Μάιος 2007
- British petroleum Co. LTD., 1971 ,The geological results of petroleum exploration In western Greece Institute for Geological and Subsurface report No 10

- Δημητρίου Η. , 2007 ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε -Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων "Χρήση προϊόντων Τηλεπισκόπησης για την αποτύπωση μεταβολών χρήσεων γης και για την διαχείριση των υδάτινων πόρων της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Τριχωνίδας " , Εξελίξεις και εφαρμογές , ΤΕΕ , Αθήνα.
- **Fleury J.J.**,1980, *Les zones de Gavrovo – ripolitza et du Prinde – Olonus (Greece occidentale et Peloponese du nord) Evolution d une plate- forme et d un basin dans leur cadre alpin: special Publication de Societe Geologique du Nord, No4.*