

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ
ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΥΘΙΟΥ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΛΑΡΙΣΑΣ

Από
ΚΥΡΙΑΚΟΓΛΟΥ ΙΦΙΓΕΝΕΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΤΟΣ 2006



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
 ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ
3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ
4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
 ΝΕΟΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ – ΚΑΤΩ ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ
 ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ – ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ
 ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ (ΟΛΟΚΑΙΝΟ)
5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ
 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ
6. ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η υδρογεωλογική έρευνα της λεκάνης Πυθίου Ελασσόνας έχει ως στόχο:

- τον εντοπισμό των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων που αναπτύσσονται στη λεκάνη και κατ' επέκταση την καλύτερη γνώση της υδρογεωλογικής δομής και λειτουργίας αυτών.
- την υδραυλική τους επικοινωνία στην περίπτωση που αυτά θα εναλλάσσονται κάθετα και οριζόντια μεταξύ τους.
- την εκτίμηση των αποθεμάτων υπόγειων και επιφανειακών νερών της περιοχής και τον ποιοτικό τους έλεγχο για τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων ρύπανσης και μόλυνσης.
- την παράθεση προτάσεων για την ορθολογική διαχείριση του υδατικού δυναμικού της περιοχής.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η υδρογεωλογική έρευνα του προσχωματικού υδροφορέα Πυθίου μεθοδολογικά προσεγγίστηκε με τις ακόλουθες ερευνητικές εργασίες :

- συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής
- συγκέντρωση και αξιολόγηση όλων των γεωλογικών και υδρογεωλογικών στοιχείων των γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή
- συλλογή υδρολογικών στοιχείων (βροχόπτωσης και θερμοκρασίας) από βροχομετρικούς σταθμούς στην ευρύτερη λεκάνη Ελασσόνας
- απογραφή αντιπροσωπευτικών σημείων νερού (γεωτρήσεις)
- μελέτη της γεωμορφολογικής και παλαιογεωγραφικής εξέλιξης της περιοχής
- σταθμημετρήσεις σε γεωτρήσεις και πιεζόμετρα, τα στοιχεία των οποίων, μετά την τοπογραφική αποτύπωσή τους, αξιολογήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την χάραξη ισοπιεζομετρικών καμπύλων
- τέλος, έγινε παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων με τη χρήση του προγράμματος σε H/Y AquaChem.

Οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, στο λέκτορα Υδρογεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. Κον Κώστα Βουδούρη για την ανάθεση της συγκεκριμένης έρευνας και στον γεωλόγο του ΙΓΜΕ Κον Αντώνη Μανάκο για τη διάθεση γεωλογικών, υδρολογικών κ.α. στοιχείων, καθώς και για τη βοήθεια του στην πραγματοποίηση των απαραίτητων για την έρευνα εργασιών στο ύπαιθρο.

2) ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η προσχωσιγενής λεκάνη Πυθίου βρίσκεται στην επαρχία Ελασσόνας του Νομού Λάρισας και αποτελεί τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Τιταρήσιου. Η επαρχία Ελασσόνας θεωρείται μία από της πλέον φτωχές περιοχές της χώρας στην οποία η γεωργική δραστηριότητα, που αποτελεί την κύρια απασχόληση των κατοίκων της περιοχής, ασκείται κατά κύριο λόγο στη λεκάνη Πυθίου και στις γειτονικές σε αυτή λεκάνες Ποταμιάς και Τσαριτσάνης.

Στο Σχήμα 1, παρουσιάζεται ο τοπογραφικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης και το υδρογραφικό δίκτυο αυτής.

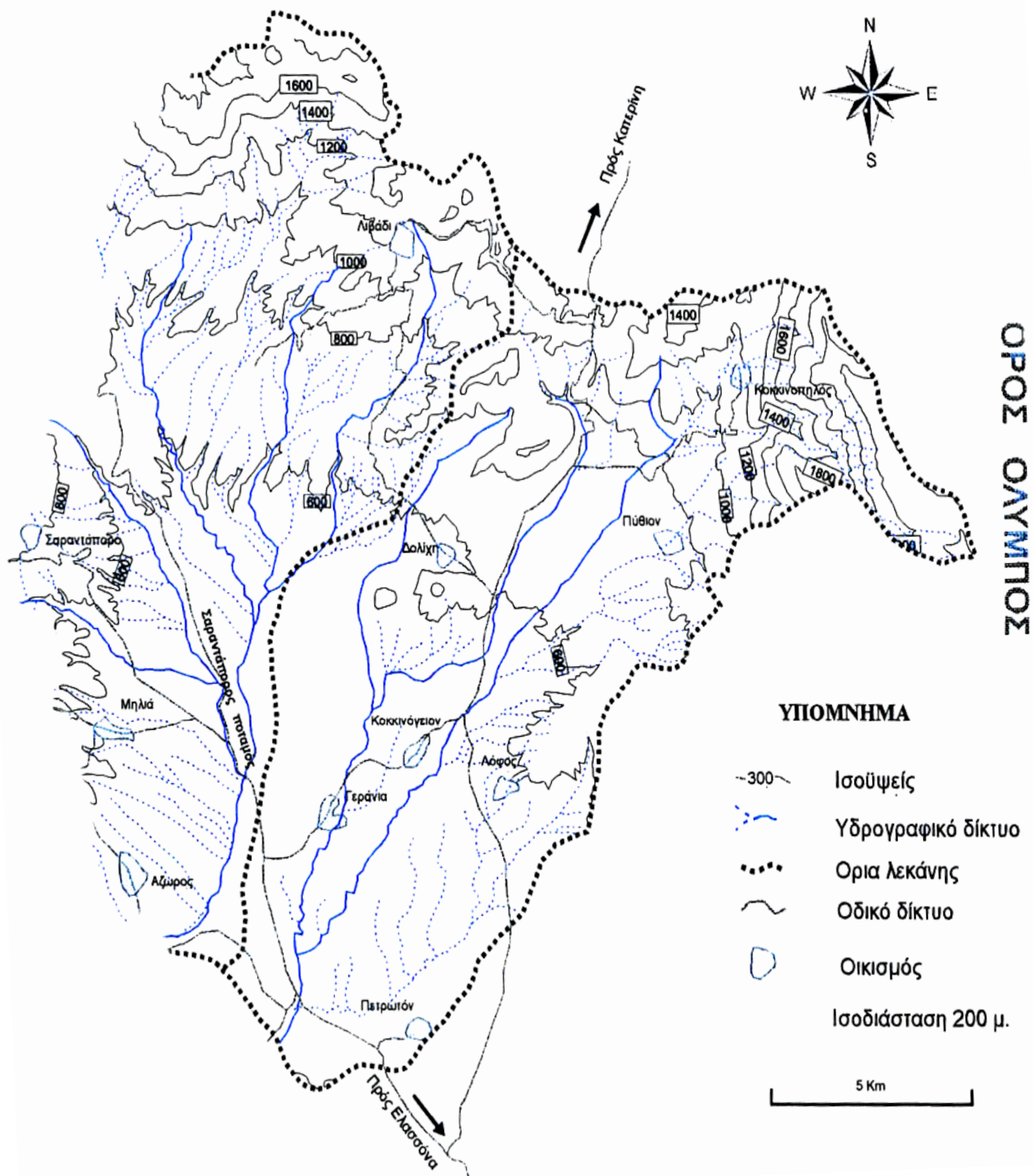
Προς Βορρά η περιοχή ορίζεται από το όρος Τίταρος, προς Δυσμάς τα όρια φτάνουν μέχρι το χωριό Δολίχη, προς Ανατολάς από την οροσειρά του Ολύμπου ενώ τα Νότια όρια φτάνουν μέχρι το χωριό Κοκκινόγη. Η ευρύτερη περιοχή έρευνας αποτελεί τεκτονικό βύθισμα με κύριες διευθύνσεις των αρχικών ρηγμάτων ΒΔ – ΝΑ, δομείται από γεωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίοι ανήκουν στο ‘τεκτονικό πελαγονικό κάλυμμα’ και γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στην Πελαγονική ζώνη (Σχήμα 8).

Η γεωμορφολογική εικόνα μιας περιοχής είναι το σύνθετο αποτέλεσμα της ισορροπίας που διαμορφώνεται από τη δράση των εξωγενών και ενδογενών παραγόντων. Οι κυριότεροι εξωγενείς παράγοντες είναι : η δράση του νερού, ο άνεμος, η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία και η ένταση των βροχοπτώσεων.

Οι σπουδαιότεροι ενδογενείς παράγοντες είναι: η ηφαιστειότητα, οι σεισμοί, οι ηπειρωτικές – ορογενετικές κινήσεις και γενικά η τεκτονική δομή της περιοχής.

Το μορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης και της αποσάθρωσης των πετρωμάτων καθώς και της αντίδρασης των γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων πάνω σε αυτή. Από την παρατήρηση της περιοχής προέκυψαν τα γεωμορφολογικά στοιχεία του Πίνακα 1 καθώς και τα στοιχεία εμβαδομέτρησης της επιφάνειας σε διαδοχικές ισοϋψείς των 100 m του Πίνακα 2. Τα στοιχεία του δεύτερου πίνακα είναι απαραίτητα για την κατασκευή υψογραφικής καμπύλης που εκφράζει την κατανομή του τοπογραφικού αναγλύφου της λεκάνης απορροής.

ΟΡΟΣ ΤΙΤΑΡΟΣ



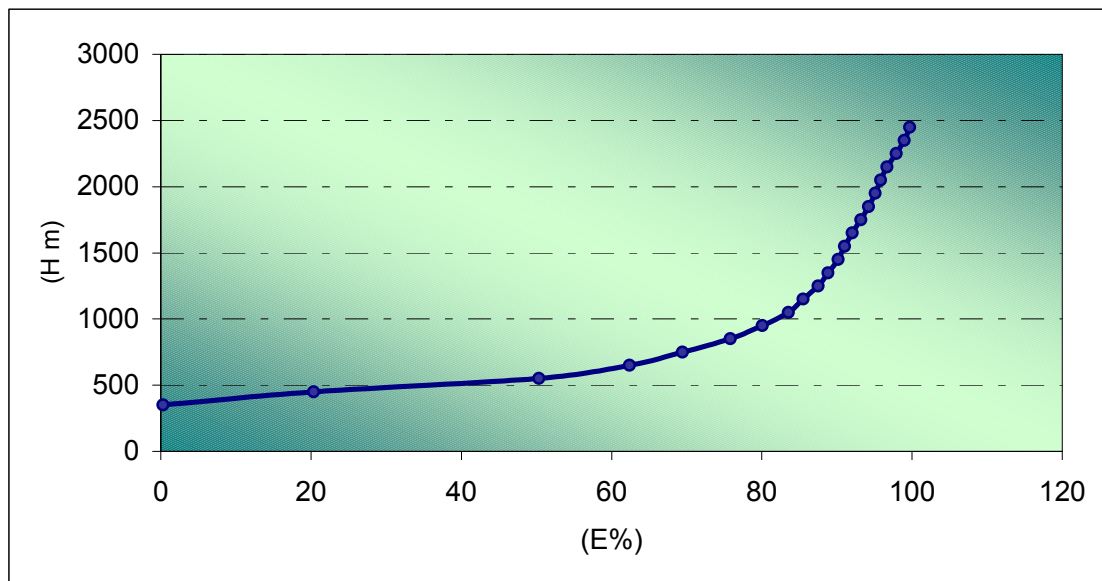
❖ Σχήμα 1: Τοπογραφικός – Υδρογραφικός χάρτης υδρολογικής λεκάνης Πυθίου Ελασσόνας.

Πίνακας 1: Γεωμορφολογικά στοιχεία της υδρολογικής λεκάνης Πυθίου

1	Μέγιστο υψόμετρο (H _{max})	2473 m
2	Υψόμετρο στο στόμιο της λεκάνης (H _{min})	400 m
3	Μέγιστο ανάγλυφο (H _b)	2073 m
4	Μέσο υψόμετρο (H _m)	796 m
5	Συνολικό μήκος της περιμέτρου της λεκάνης απορροής	42,3 km
6	Συνολική επιφάνεια λεκάνης απορροής	138,6 Km ²
7	Δείκτης αναγλύφου της λεκάνης απορροής (I _r)	1,11
8	Υψογραφική καμπύλη Μέσο υψόμετρο Υψόμετρο συχνότητας 50% Υψόμετρο μέγιστης συχνότητας	796 m 500 m 550 m

Πίνακας 2: Κατανομή των επιφανειών του αναγλύφου της υδρολογικής λεκάνης Πυθίου.

α/α	Διαδοχικές ισοϋψείς των 100 m (α) (β)		S:Επιφάνεια μεταξύ δύο διαδοχικών ισοϋψών καμπυλών των 100 m (α) και (β)	S%: Το επί τις εκατό της επιφάνειας S	E%: Το επί τις εκατό της συνολικής επιφάνειας που περιορίζεται από την (β) ισοϋψή καμπύλη των 100 m.	h: Το μέσο υψόμετρο της επιφάνειας S σε m.	(S.h)
1	300	400	0,4	0,29	0,29	350	140
2	400	500	27,8	20,05	20,34	450	12510
3	500	600	41,6	30,01	50,35	550	22880
4	600	700	16,7	12,05	62,4	650	10855
5	700	800	9,8	7,07	69,47	750	7350
6	800	900	8,8	6,35	75,82	850	7480
7	900	1000	5,9	4,26	80,08	950	5605
8	1000	1100	4,8	3,46	83,54	1050	5040
9	1100	1200	2,7	1,95	85,49	1150	3105
10	1200	1300	2,8	2,02	87,51	1250	3500
11	1300	1400	1,8	1,3	88,81	1350	2430
12	1400	1500	1,9	1,37	90,18	1450	2755
13	1500	1600	1,2	0,87	91,05	1550	1860
14	1600	1700	1,4	1,01	92,06	1650	2310
15	1700	1800	1,6	1,15	93,21	1750	2800
16	1800	1900	1,4	1,01	94,22	1850	2590
17	1900	2000	1,2	0,87	95,09	1950	2340
18	2000	2100	1	0,72	95,81	2050	2050
19	2100	2200	1,2	0,87	96,68	2150	2580
20	2200	2300	1,7	1,23	97,91	2250	3825
21	2300	2400	1,5	1,08	98,99	2350	3525
22	2400	2500	1	0,72	99,71	2450	2450
	Σύνολο		138,2	99.71			109980



❖ Σχήμα 3: Υψογραφική καμπύλη υδρολογικής λεκάνης Πυθίου.

Από την παραπάνω καμπύλη (Σχήμα 3) και τους Πίνακες 1 και 2, υπολογίστηκαν:

1. Το υψόμετρο συχνότητας 50%, που ανέρχεται σε 520 m και αντιπροσωπεύει το υψόμετρο του 50% της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης απορροής.
2. Τα υψόμετρο μέγιστης συχνότητας, που ανέρχεται σε 550 m και εκφράζει το υψόμετρο της μεγαλύτερης σε έκταση επιφάνειας του αναγλύφου της λεκάνης που ορίζεται από δύο διαδοχικές καμπύλες των εκατό μέτρων.

Η υδρολογική λεκάνη Πυθίου έχει έκταση 138,6 km² και παρουσιάζει επιμήκη μορφή (Σχήμα 2). Το μέγιστο υψόμετρο της ανέρχεται σε 2473 m (κορυφή Φλάμπουρο της οροσειράς του Ολύμπου), το υψόμετρο στο στόμιο αυτής είναι 400 m (γέφυρα πριν από την είσοδο της Κοινότητας Λυκουδίου).

Γενικά, το υδρογραφικό δίκτυο μιας λεκάνης απορροής είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης του αναγλύφου και ο βασικός μεταφορέας των υλικών διάβρωσης και αποσάθρωσης των πετρωμάτων της. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης Πυθίου – Γερανίων, καθώς και της γειτονικής λεκάνης Σαρανταπόρου, είναι κύρια δενδριτική με εμφανίσεις μορφών τύπου κλιμακωτού ρηξιγενούς.

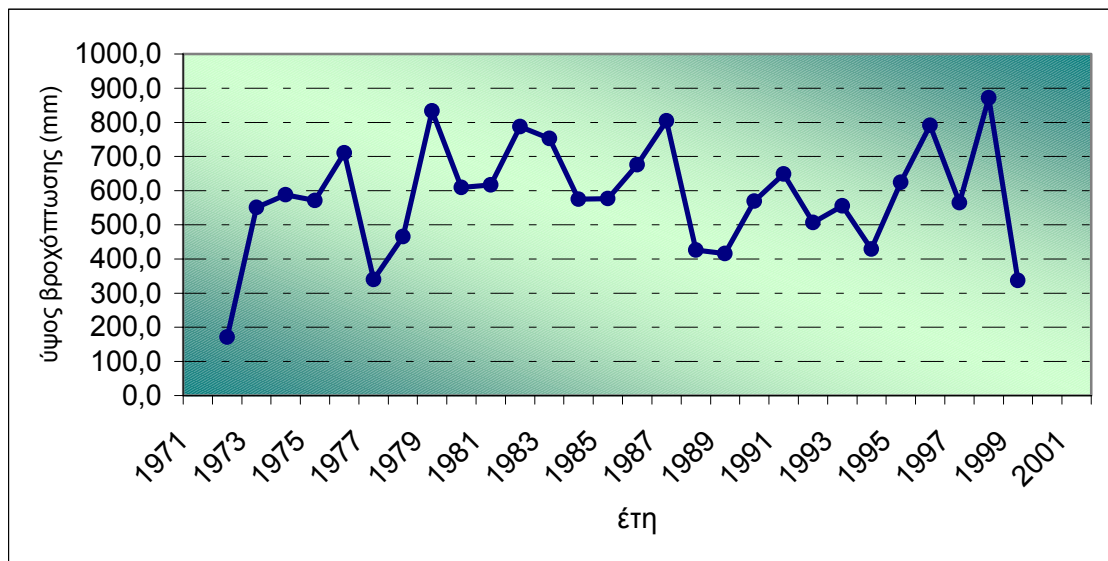
3) ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Για την κατάστρωση του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής Πυθίου, είναι απαραίτητη η προσέγγιση και η διερεύνηση παραμέτρων όπως τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και η θερμοκρασία του αέρα, από σταθμούς που λειτουργούν στην περιοχή ή πλησίον αυτής.

Για τη μελέτη της διακύμανσης των βροχοπτώσεων στην περιοχή έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του βροχομετρικού σταθμού Πυθίου (υψόμετρο 750 m) για την περίοδο των υδρολογικών ετών 1972 – 2000 (Πίνακας 3).

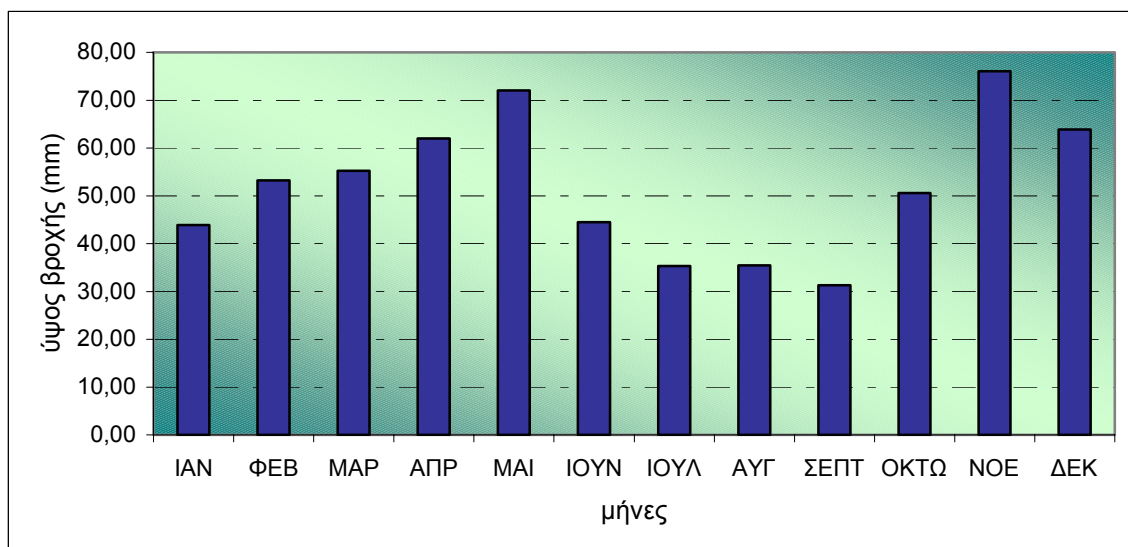
Πίνακας 3: Βροχομετρικά δεδομένα του σταθμού Πυθίου.

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤΩ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣ.
1971													
1972										52,5	67,6	51,5	171,5
1973	35,4	85,0	111,1	35,0	6,0	18,0	40,0	39,0	29,7	71,0	38,0	42,0	550,2
1974	58,0	70,0	67,0	79,0	29,4	73,0	5,0	17,0	73,0	37,0	58,0	21,9	588,3
1975	4,0	50,0	42,0	23,0	72,0	135,0	65,0	32,0	16,1	52,0	55,0	25,2	571,3
1976	21,3	33,0	35,0	71,0	115,0	93,0	99,0	70,0	14,0	50,0	66,5	43,3	711,1
1977	22,9	25,1	35,1	25,4	24,8	43,3	20,6	16,5	32,1	16,2	52,2	25,7	339,9
1978	42,5	18,1	31,5	80,0	31,6	11,9	24,4	20,1	95,3	12,9	30,6	66,9	465,8
1979	69,4	67,5	30,5	85,0	74,5	30,7	44,7	31,6	21,6	105,3	209,3	63,5	833,6
1980	111,1	11,3	67,1	47,3	93,8	41,2	9,7	15,0	35,0	83,4	77,2	17,6	609,7
1981	85,2	45,4	42,8	58,2	29,9	18,6	14,7	50,1	10,7	102,1	88,9	70,5	617,1
1982	10,0	65,0	38,6	151,6	117,6	16,4	17,7	87,4	22,4	85,8	97,1	77,5	787,1
1983	22,3	55,2	20,1	160,2	71,0	120,4	92,5	29,9	20,0	30,1	62,4	68,6	752,7
1984	65,0	32,5	77,5	63,4	19,9	58,4	53,4	58,6	19,5	20,3	61,7	44,7	574,9
1985	68,0	23,7	82,7	16,9	69,4	47,6	4,0	4,0	6,1	28,6	122,4	103,0	576,4
1986	82,5	240,4	51,2	14,4	80,3	61,5	35,2	7,7	3,2	39,8	36,8	23,1	676,1
1987	88,1	58,1	113,2	71,4	104,5	26,4	18,5	36,3	47,1	101,3	81,3	57,9	804,1
1988	23,4	24,5	63,0	48,7	5,0	44,3	15,2	7,0	13,0	25,5	98,0	58,5	426,1
1989	1,0	14,5	31,0	20,0	65,5	64,2	63,3	4,0	40,0	18,2	42,8	51,2	415,7
1990	0,0	7,9	12,0	36,5	94,5	83,7	6,0	86,0	14,5	45,0	68,5	114,3	568,9
1991	15,5	24,3	59,7	144,5	100,8	31,6	53,8	101,2	42,9	21,1	47,4	6,0	648,8
1992	0,0	46,0	34,5	119,2		55,5	54,0	1,7	52,1	53,1	61,6	29,1	506,8
1993	26,0	78,8	65,8	31,6	116,3	11,2	0,0	5,8	13,6	20,4	142,3	43,0	554,8
1994	81,8	64,3	24,5		57,0	0,0	40,3		5,0		58,3	98,0	429,2
1995	93,3	27,6	71,6	31,7	61,6	39,9	43,0	51,3	39,7	1,5	60,5	103,2	624,9
1996	73,2	107,7	116,1	50,5	38,5	4,0	44,5	40,5	74,1	74,9	64,7	102,5	791,2
1997	23,5	38,0	43,8	65,7	13,0	15,0	18,0	50,3	0,0	101,7	35,2	160,2	564,4
1998	18,0	71,0	68,7	20,0	309,5	11,0		24,0	61,0	41,3	155,5	92,0	872,0
1999									42,9	74,7	90,5	128,6	336,7
Μ.Ο	43,90	53,27	55,23	62,01	72,06	44,45	35,30	35,48	31,28	50,58	76,08	63,91	584,62
Μέγ.	111,10	240,40	116,10	160,20	309,50	135,00	99,00	101,20	95,30	105,30	209,30	160,20	872,00
Ελάχ.	0,00	7,90	12,00	14,40	5,00	0,00	0,00	1,70	0,00	1,50	30,60	6,00	171,53



❖ Σχήμα 4: Διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Πυθίου.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η πορεία του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης του σταθμού, απ' όπου προκύπτει μεγάλη διακύμανση τιμών, από χαμηλές ως αρκετά υψηλές. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 584,6 mm. Το υδρολογικό έτος 1977 είναι αυτό με το μικρότερο ύψος βροχής και είναι 339,9 mm, ενώ το μεγαλύτερο παρουσιάζεται στο έτος 1998 και είναι 872 mm.



❖ Σχήμα 5: Ιστόγραμμα του μέσου μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης του σταθμού Πυθίου.

Στο Σχήμα 5 φαίνεται η πορεία του μηνιαίου ύψους βροχής για την ίδια χρονική περίοδο. Προκύπτει ότι ο πλέον υγρός μήνας είναι ο Νοέμβριος και ακολουθεί ο Μάιος, ενώ ο πλέον ξηρός μήνας είναι ο Σεπτέμβριος και ακολουθεί ο Ιούλιος. Από τα βροχομετρικά στοιχεία παρατηρείται ότι, το μέγιστο μηνιαίο ύψος βροχής εμφανίζεται το Μάιο και είναι 309.5 mm, ενώ το ελάχιστο είναι 0 και παρατηρείται σε πολλούς μήνες και σε διάφορα έτη.

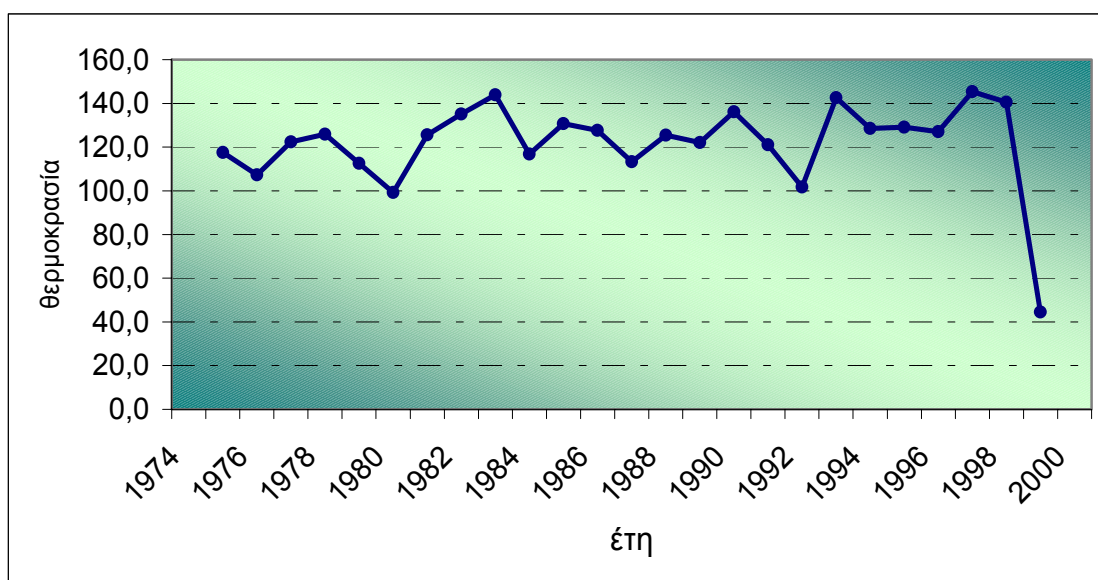
Όπως προαναφέρθηκε, εκτός από τα κατακρημνίσματα και η θερμοκρασία του αέρα της περιοχής είναι ένα στοιχείο πολύ σημαντικό στην υδρογεωλογική έρευνα, που χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής.

Πίνακας 4: Δεδομένα θερμοκρασίας του αέρα του σταθμού Λιβαδίου.

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤΩ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣ
1974													
1975	1,04	0,74	5,58	9,12	14,15	16,50	19,95	18,17	17,51	10,29	4,18	1,82	117,6
1976	1,20	0,95	2,28	8,75	12,93	16,45	18,55	16,18	14,40	10,99	5,31	1,17	107,3
1977	0,68	5,90	5,63	9,11	15,40	17,70	19,30	18,17	13,53	10,05	7,58	0,60	122,5
1978	0,26	4,52	7,21	9,38	15,35	19,90	20,55	19,20	13,31	9,21	3,91	3,02	125,8
1979	0,32	1,05	5,90	5,96	10,98	18,15	19,09	17,02	13,20	12,03	5,25	3,65	112,6
1980	1,37	2,12	0,55			14,50	22,00	20,85	17,35	12,70	10,45	4,30	99,2
1981	0,85	1,89	7,74	9,53	12,29	9,53	20,23	19,91	18,03	14,73	6,26	4,67	125,7
1982	3,70	0,28	3,63	8,03	13,91	20,00	20,42	21,26	18,90	12,30	7,85	4,84	135,1
1983	3,57	0,30	5,52	11,65	21,58	16,35	20,89	19,66	16,68	11,94	6,28	9,50	143,9
1984	4,08	1,36	2,78	6,23	14,17	16,30	19,60	18,33	7,92	15,73	7,85	2,45	116,8
1985	1,63	0,87	2,94	10,15	15,81	17,91	19,96	21,73	16,91	10,36	8,29	5,92	130,7
1986	4,84	2,08	3,19	11,09	12,69	17,41	19,47	20,02	18,00	11,32	5,15	2,42	127,7
1987	1,95	2,37		7,92	11,10	17,65	22,18	20,14	19,60	10,46			113,4
1988		2,86	3,39	7,95	14,11	18,43	23,24	21,43	17,36	10,90	2,91	2,83	125,4
1989	1,69	3,63	7,00	12,60	12,06	15,94	17,76	20,00	16,48	10,46		4,50	122,1
1990			9,48	10,61	14,01	18,26	22,08	20,52	17,14	13,27	8,45	2,36	136,2
1991	2,04	0,76	6,64	6,87	10,45	19,53	19,64	19,16	17,17	13,10	7,11	1,41	121,1
1992	3,46	1,40	4,87	9,51		18,14	19,09		19,36	14,93	9,28	1,70	101,7
1993	3,81	0,64	4,77	9,11	13,48	19,30	22,00	22,59	18,54	16,01	5,19	7,11	142,6
1994	4,80	1,94	8,13		15,65	18,86	21,25	22,77	21,66		9,50	4,00	128,6
1995		5,40	4,90	8,20	13,46	19,70	20,33	19,13	16,48	11,70	5,17	4,60	129,1
1996	1,59	1,60	1,00	7,58	16,14	18,98	21,30	20,72	14,98	9,72	8,85	4,66	127,1
1997	5,50	3,70	4,06	15,82	20,03	20,70	21,50	18,51	15,98	10,72	5,95	2,90	145,4
1998	9,20	5,85	2,45	11,23	12,61	18,75	22,31	22,01	15,68	13,08	6,26	1,07	140,5
1999									17,90	14,47	6,59	5,57	44,5
Μ.Ο	2,61	1,86	4,77	9,38	14,20	17,71	20,53	19,89	16,56	12,10	6,68	3,46	121,70
Μέγ.	9,20	5,90	9,48	15,82	21,58	20,70	23,24	22,77	21,66	16,01	10,45	9,50	145,37
Ελάχ.	1,37	2,12	0,55	5,96	10,45	9,53	17,76	16,18	7,92	9,21	2,91	1,41	44,53

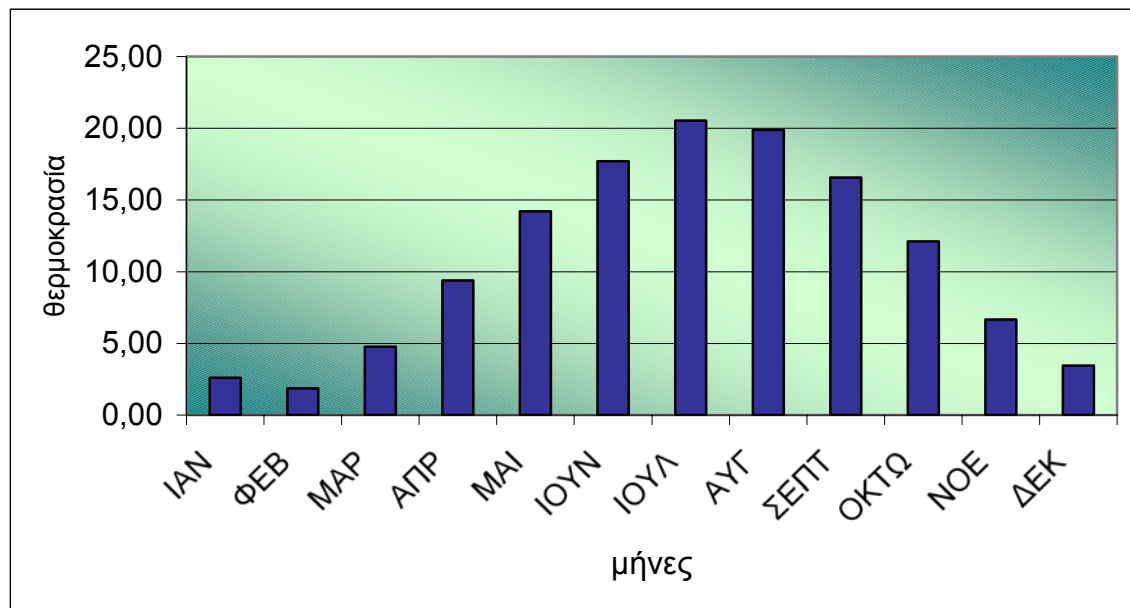
Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Ελασσόνας δύο είναι οι σταθμοί, οι οποίοι διαθέτουν στοιχεία θερμοκρασίας. Ο σταθμός Λιβαδίου (υψόμετρο 1179 m) ο οποίος λειτουργεί για το χρονικό διάστημα 1974–1999 και ο αντίστοιχος της Μαγούλας (υψόμετρο 181 m) που διαθέτει στοιχεία για το χρονικό διάστημα 1988–1999. Έτσι από τα δεδομένα που διαθέτουμε, επιλέξαμε αυτά του σταθμού Λιβαδίου που είναι ο πλησιέστερος της λεκάνης Πυθίου (Πίνακας 4).

Στο Σχήμα 6, απεικονίζεται η ετήσια πορεία της θερμοκρασίας, όπως αναγράφηκε από το σταθμό Λιβαδίου. Προκύπτει ότι το έτος με τις μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας είναι το 1997, ενώ ο μέσος όρος ετήσιας θερμοκρασίας είναι 121,7 °C.



❖ Σχήμα 6: Διακύμανση της ετήσιας θερμοκρασίας.

Στο Σχήμα 7, παρουσιάζεται η μέση μηνιαία πορεία της θερμοκρασίας και προκύπτει ότι ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Φεβρουάριος, με μέση θερμοκρασία που ανέρχεται σε 1,86 °C ενώ θερμότερος εμφανίζεται ο μήνας Ιούλιος με μέση θερμοκρασία 20,53 °C. Τα παραπάνω στοιχεία συνθέτουν το κλίμα της λεκάνης Πυθίου που είναι Ηπειρωτικό με ψυχρούς Βόρειους και Βορειοδυτικούς ανέμους τον χειμώνα και θερμούς Νότιους το καλοκαίρι.



❖ Σχήμα 7: Ιστόγραμμα των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών.

4) ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η προσχωσιγενής λεκάνη Πυθίου πρόκειται για ένα μορφολογικό βύθισμα που πληρώθηκε από σύγχρονα ιζήματα τα οποία αποτελούν προϊόντα αποσάθρωσης – διάβρωσης των γεωλογικών σχηματισμών που το περιβάλουν. Η περιοχή γεωλογικά δομείται από τους σχηματισμούς του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου και των ιζημάτων της λεκάνης, οι οποίοι ανήκουν στο ‘τεκτονικό πελαγονικό κάλυμμα’. Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται η θέση της περιοχής έρευνας που γεωτεκτονικά βρίσκεται στην Πελαγονική ζώνη ενώ στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται ένας απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής Πυθίου.

Οι σχηματισμοί που αποτελούν την κύρια μάζα του υποβάθρου είναι γνευσιοσχιστόλιθοι, γνεύσιοι και σχιστόλιθοι νέο - παλαιοζωικής ηλικίας, καθώς επίσης και μάρμαρα έντονα καρστικοποιημένα μέσο - τριαδικής ηλικίας. Τα ιζήματα που πλήρωσαν τη λεκάνη αποτελούνται από κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με αργίλους, άμμους, χαλίκια και σκληρούς ψαμμίτες, τεταρτογενούς ηλικίας. Το μέγιστο πάχος των ιζημάτων αυτών, με βάση στοιχεία γεωτρήσεων, δεν ξεπερνούν τα 180 m.

Νεοπαλαιοζωικό – Κάτω-μέσο Τριαδικό

Γνευσιοσχιστόλιθοι, γνεύσιοι, σχιστόλιθοι με ενστρώσεις ορθογνευσίων και μαρμάρων.

Τα πετρώματα που αναγνωρίστηκαν στο σχηματισμό αυτό, του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, είναι δυνατό να διακριθούν στους εξής πετρογραφικούς τύπους (Τριανταφύλλης 1982, Σταμάτης 1983) : Επιδιοτιτικοί-διμαρμαρυγικοί γνευσιοσχιστόλιθοι και γνεύσιοι, επιδιοτιτικοί αμφιβολιτικοί γνεύσιοι, πρασινοσχιστόλιθοι, μαρμαρυγικοί και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι. Το χρώμα των πετρωμάτων ποικίλλει ανάλογα με την ορυκτολογική τους σύσταση. Είναι υποπράσινο, υπόλευκο, πρασινότεφρο, καστανότεφρο και τεφρακύανο και μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή. Τα πετρώματα αυτά έχουν υποστεί μεταμόρφωση στα πλαίσια της πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

Οι ενστρώσεις των οφθαλμογνεύσιων είναι πετρώματα με ιστό υπολειμματικό γρανιτικό, έντονα κατακλαστικό και υφή ελαφρά προσανατολισμένη. Οι ενστρώσεις των μαρμάρων εμφανίζονται μέσα σε σχιστολίθους και σπανιότερα σε γνευσιοσχιστολίθους, ενώ δεν παρατηρούνται μέσα σε γνευσίους. Είναι αδροκρυσταλλικά μάρμαρα και παρουσιάζονται λεπτό- και μέσο- στρωματώδη,

χρώματος κυρίως γκρίζου ως μαύρου και κυανόμαυρου καθώς και παχυστρωματώδη, κυρίως λευκά. Το πάχος τους φθάνει τα 200 m.

Οι παραπάνω πετρολογικοί τύποι εναλλάσσονται μεταξύ τους και το συνολικό πάχος του σχηματισμού κυμαίνεται στα 600 m περίπου.

Οι σχιστόλιθοι που αποτελούν τα ανώτερα μέλη του σχηματισμού είναι κυρίως πρασινοσχιστόλιθοι, σερικιτικοί – μαρμαρυγιακοί και χλωριτικοί – σερικιτικοί – ακτινολιθικοί σχιστόλιθοι. Αυτοί, έχουν υποστεί μία χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση στην πρασινοσχιστολιθική φάση. Κοντά στην επαφή με τα υπερκείμενα μάρμαρα συναντάμε ασβεστιτικούς σχιστόλιθους με ενστρώσεις μαρμάρων και σιπολινών μικρού πάχους. Το πάχος τους ποικίλλει από λίγα ως 150 m.

Μέσο Τριαδικό – Ιουρασικό

Μάρμαρα (Τεκτονικό Πελαγονικό Κάλυμμα)

Τα μάρμαρα της Πελαγονικής ζώνης (Σχήμα 8), αποτελούν μία κανονική προς τα πάνω εξέλιξη των Παλαιοζωικών – Κάτω Τριαδικών σχηματισμών.

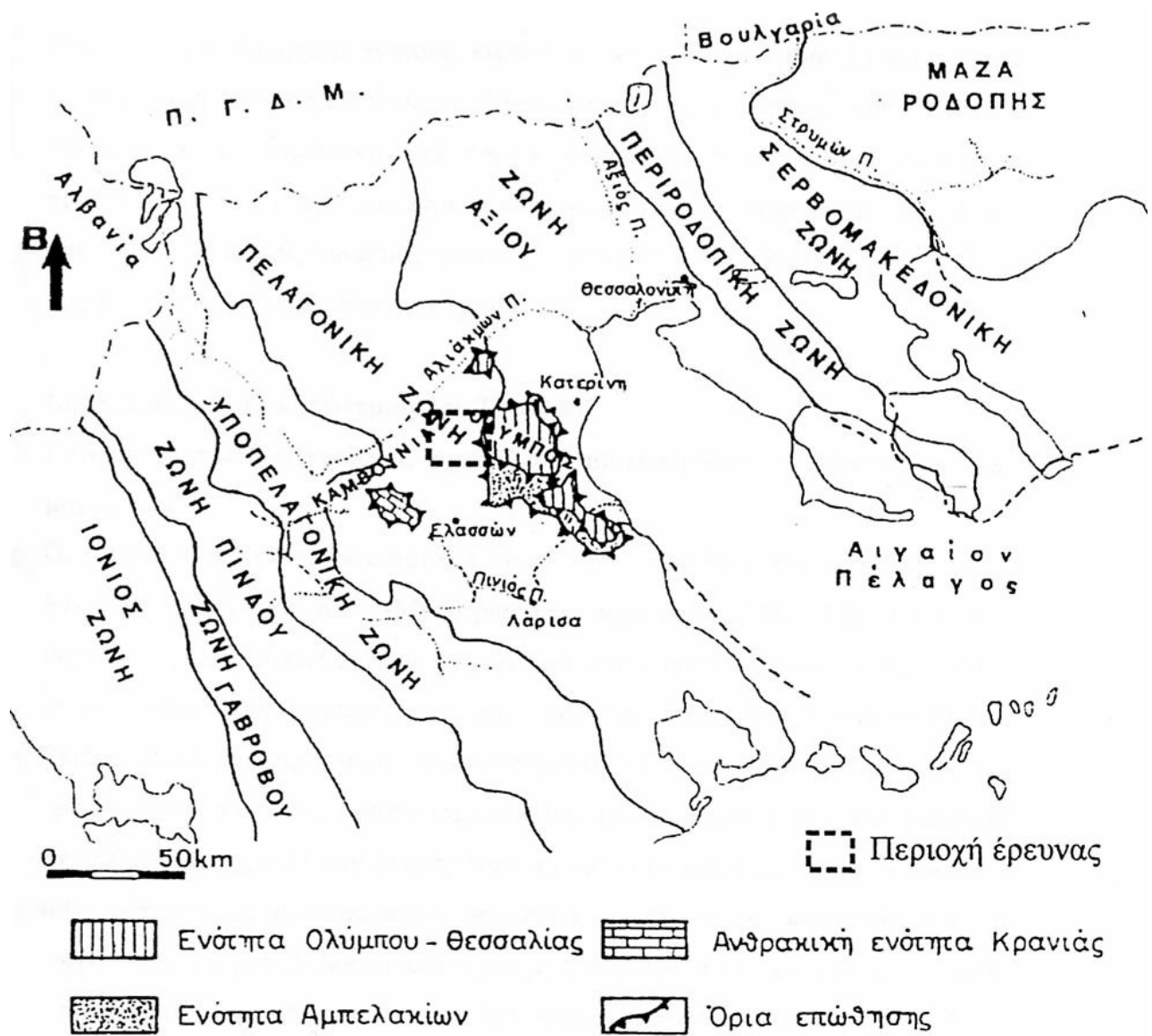
Είναι κυρίως μεσοστρωματώδη και τα κατώτερα μέλη τους είναι λευκά ως ροδόλευκα, ενώ τα ανώτερα τεφρά ως σκοτεινότεφρα, βιτουμενούχα. Παρουσιάζονται έντονα καρστικοποιημένα και πτυχωμένα, ενώ το πάχος τους δεν ξεπερνά τα 500 m.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι σε όλη την έκταση της Πελαγονικής, παρατηρούνται μεγάλοι γρανιτικοί όγκοι. Πρόκειται για μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο υπόβαθρο, που έχουν προκαλέσει φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, με τα οποία τις περισσότερες φορές έχουν πολύπλοκα συμπτυχωθεί.

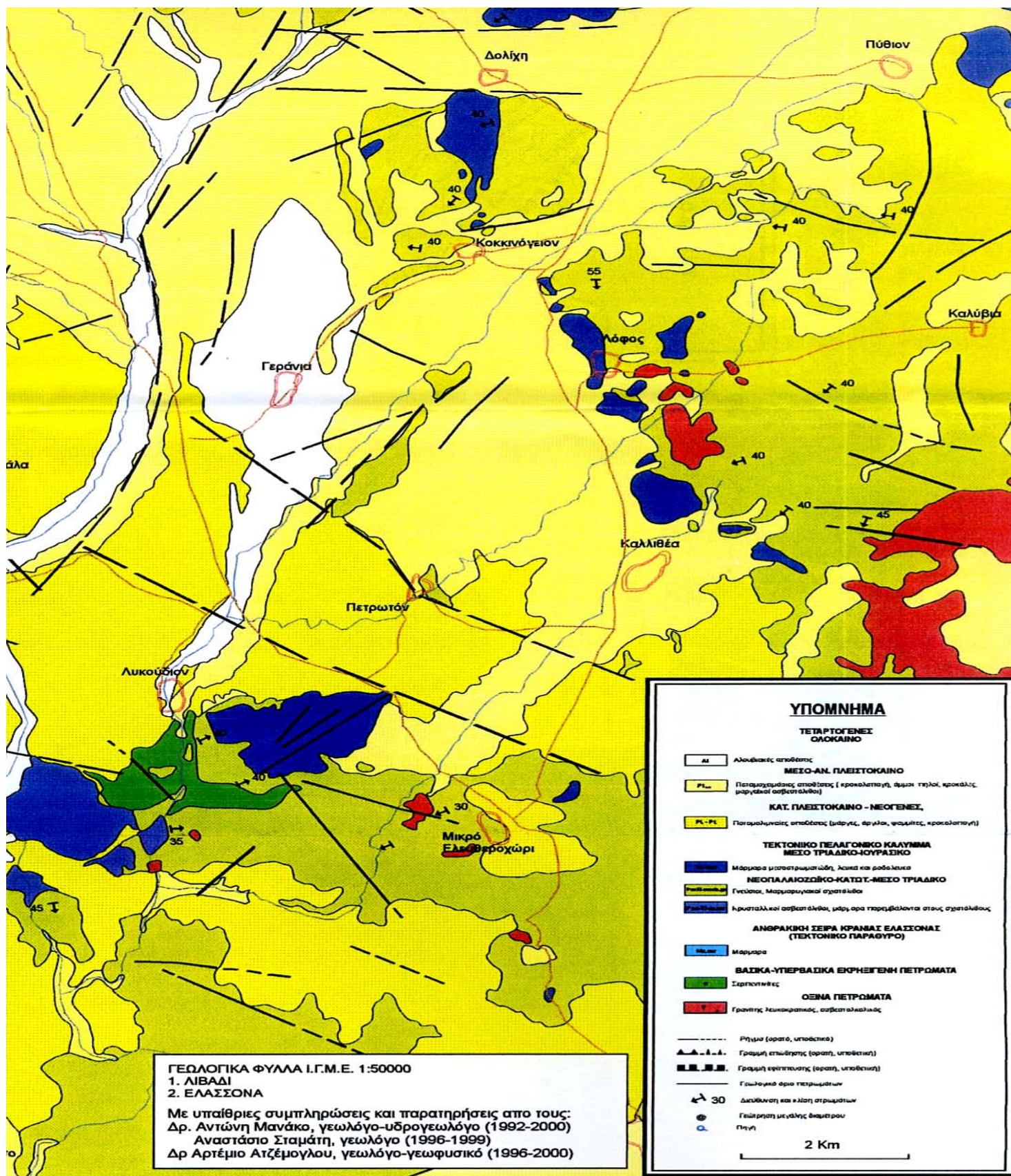
Τεταρτογενές (Ολόκαινο)

Αλλουβιακές αποθέσεις

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καταλαμβάνουν σχεδόν ολόκληρη την επιφάνεια της λεκάνης Πυθίου και συνίστανται από κροκαλοπαγή πολύμεικτα με στοιχεία από γνευσίους, σχιστόλιθους, χαλαζίες, ασβεστόλιθους και δολομίτες. Η συνδετική ύλη είναι αργιλική και κατά θέσεις σκληρές ενστρώσεις εναλλάσσονται με αργίλους ερυθροκαστανές και άμμους τεφροκίτρινες, ψηφιδομιγείς και με ενστρώσεις σκληρών ψαμμιτών. Στο άνω μέρος παρατηρούνται ενστρώσεις σκληρού μαργαϊκού ασβεστόλιθου καθώς και αλλουβιακές σύγχρονες αποθέσεις και κώνοι κορημάτων. Το πάχος των Τεταρτογενών αποθέσεων δεν ξεπερνά τα 206 m.



❖ Σχήμα 8: Γεωτεκτονικές ζώνες της Βόρειας Ελλάδος και θέση της περιοχής έρευνας.



❖ Σχήμα 9: ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΥΘΙΟΥ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ

5) ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι πετρολογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στη γεωλογική δομή της περιοχής από την άποψη της υδρογεωλογικής τους συμπεριφοράς διακρίνονται σε υδατοστεγανούς (αδιαπέρατους) και υδατοπερατούς.

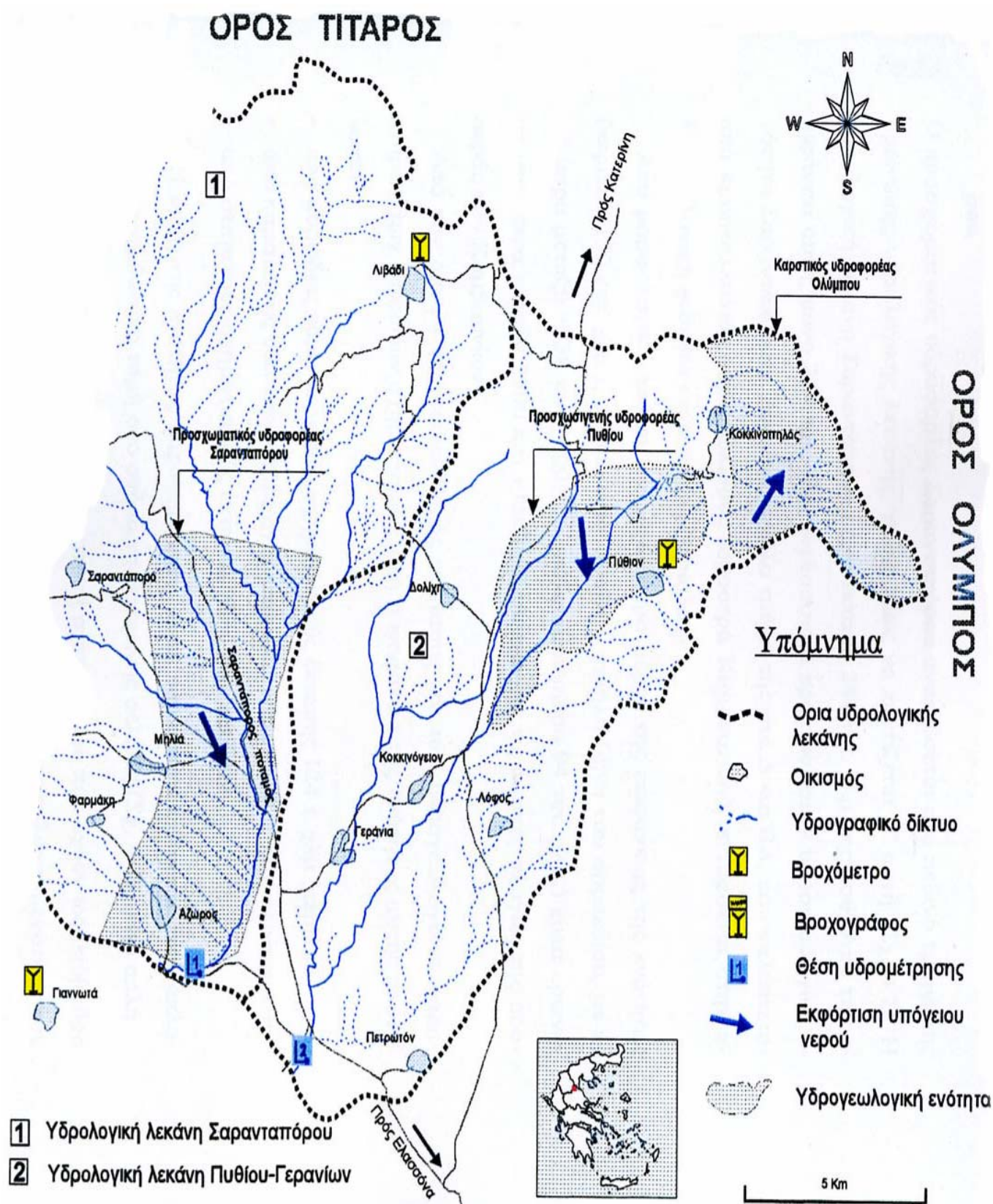
Ως **αδιαπέρατοι** σχηματισμοί μπορούν να χαρακτηρισθούν οι γνευσιοσχιστόλιθοι, οι γνεύσιοι και οι σχιστόλιθοι που αποτελούν και το στεγανό υπόβαθρο της λεκάνης, καθώς επίσης και οι αργιλικές ενστρώσεις των ιζημάτων της λεκάνης. Οι ενστρώσεις αυτές δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της, σχεδόν, οριζόντιας διάστροφης των στρωμάτων του συστήματος και της ύπαρξης των μεταπτώσεων, που οδήγησαν στη διακοπή της συνέχειας των ενστρώσεων αυτών και στην υδρογεωλογική απομόνωσή τους.

Αντίθετα, ως **υδατοπερατοί** χαρακτηρίζονται οι ενστρώσεις άμμων και χαλικιών της λεκάνης. Συγκεκριμένα, πρόκειται για Τεταρτογενείς ιζηματογενείς αποθέσεις με μεγάλο πορώδες και για Τριαδικοϊουρασικής ηλικίας κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους της οροσειράς Καμβουνίων, περιοχή Δολίχης. Υδατοπερατότητα λόγω καρστικότητας παρουσιάζει και το κροκαλοπαγές βάσης του Νεογενούς καθώς και τα κροκαλοπαγή που παρεμβάλλονται ως ενστρώσεις στα ιζήματα του Τεταρτογενούς εκεί όπου επικρατεί ο ασβεστολιθικός χαρακτήρας, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από την απώλεια νερού και πολλού διάτρησης κατά την ανόρυξη των ερευνητικών γεωτρήσεων για εντοπισμό λιγνίτη (Βαρβαρούσης κ. α. 1998).

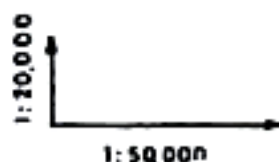
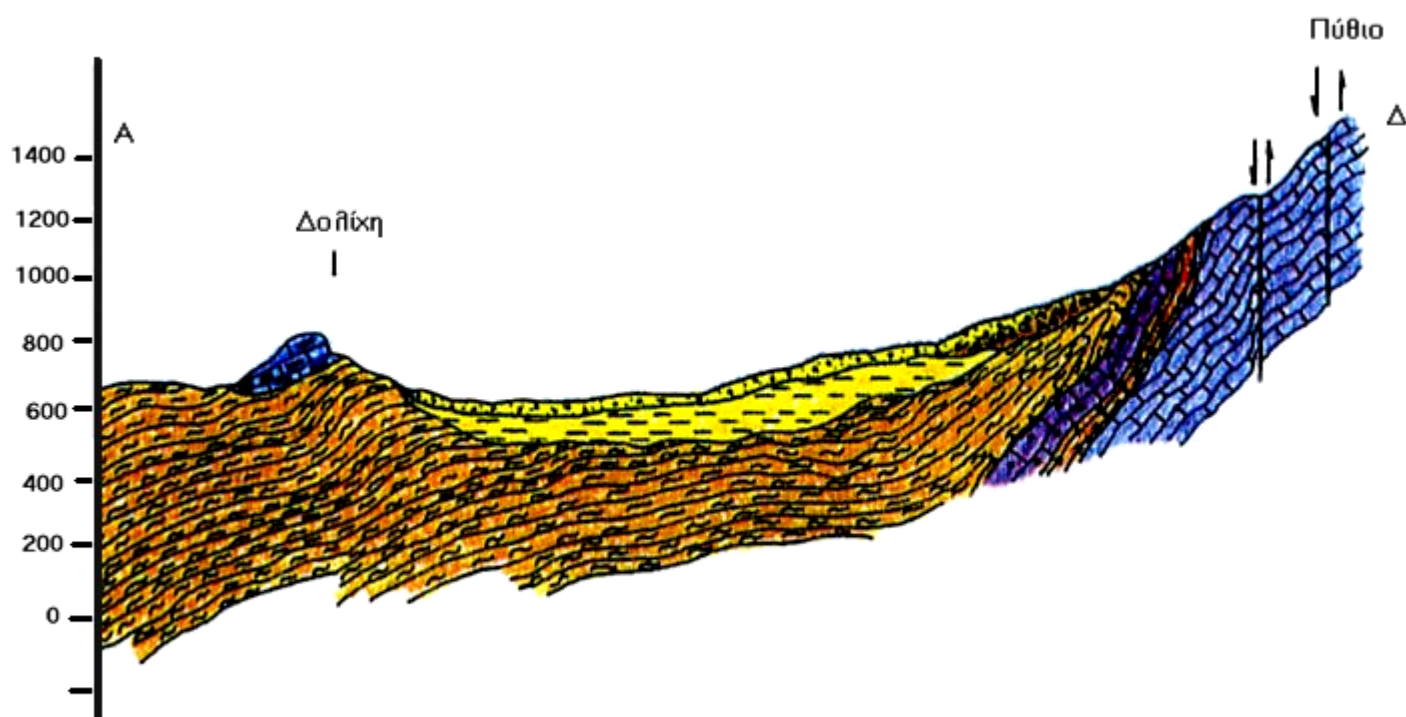
Στο Σχήμα 10, παρουσιάζονται οι υδρογεωλογικές ενότητες που έχουν διαμορφωθεί στην ευρύτερη περιοχή Πυθίου Ελασσόνας και πρόκειται για την :

- Υδρογεωλογική ενότητα του προσχωματικού υδροφορέα Πυθίου, όπου αποτελεί και το κύριο αντικείμενο της παρούσας μελέτης.
- Υδρογεωλογική ενότητα του προσχωματικού υδροφορέα Σαρανταπόρου.
- Υδρογεωλογική ενότητα του καρστικού υδροφορέα του τεκτονικού παράθυρου Ολύμπου

Η δομή της ενότητας Πυθίου, είναι σχετικά απλή και δίνεται παραστατικά στο Σχήμα 11. Στα ανατολικά της, αναγνωρίζονται τα όρια της προσχωσιγενούς λεκάνης Σαρανταπόρου και δυτικά αυτής ακολουθεί η μεγάλη ανθρακική ενότητα του Ολύμπου, η οποία αποστραγγίζει στις περιοχές Λεπτοκαρυάς – Λιτοχώρου – Βροντούς του Νομού Πιερίας.



❖ Σχήμα 10: Χάρτης υδρογεωλογικών ενοτήτων ευρύτερης περιοχής Πυθίου Ελασσόνας.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Ποτάμιες βαθμίδες και αλλουβιακές αποθέσεις
- Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (πλειστόκαινο)
- Μάργες αργιλαφόρες μαργαίκοι ασβεστόλιθοι (νεογενές)

ΗΜΙΣΕΙΡΑ ΚΟΚΚΙΝΟΠΗΛΟΥ

- Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι
- Ουλλίτες, σχιστόλιθοι
- Κατώτερος και ενδιάμεσος ορίζοντας της αυτόχθονης σειράς μαρμάρων (Μεσοζωικό) (Αυτόχθονη σειρά Όλυμπτου)
- Ανώτερος ορίζοντας μαρμάρων της πελαγονικής ζώνης (Μέσο τριαδικό-Ιουρασικό)
- Σχιστόλιθοι γνευσιοσχιστόλιθοι και ενοτρώσεις ορθογνευσίων Μέσο Τριαδικό - Παλαιζωικό
- Βέβαο και πιθανό όριο πετρωμάτων
- Ρήγμα
- Επώθηση

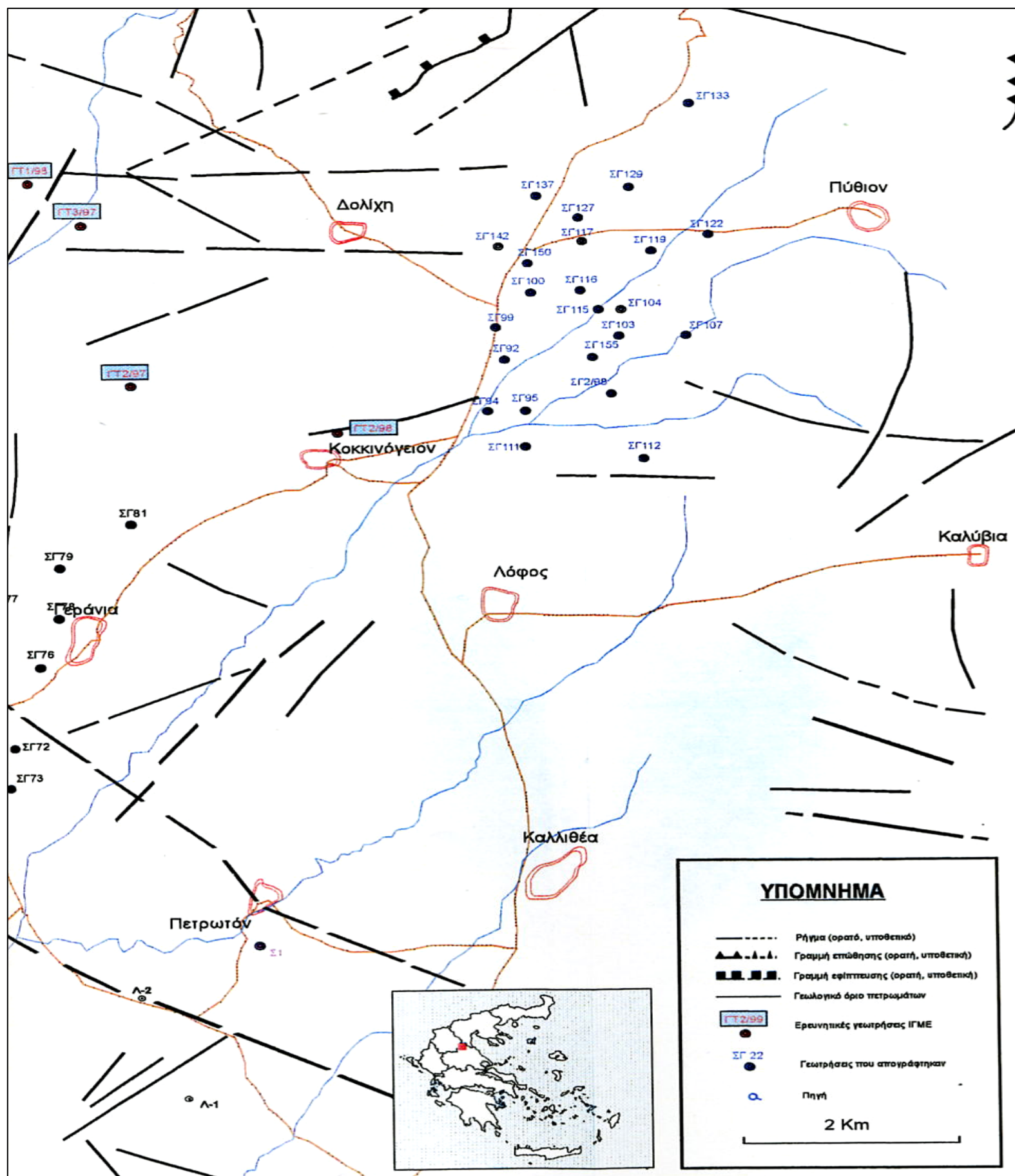
❖ Σχήμα 11: Γεωλογική τομή του υπόγειου υδροφορέα.

Διακυμάνσεις της στάθμης των υδροφόρων στρωμάτων σε ετήσιο κύκλο.

Η μορφολογία της πιεζομετρικής επιφάνειας των υδροφόρων οριζόντων, μας επιτρέπει τη μελέτη της ροής των υπόγειων νερών και της τροφοδοσίας των υδροφόρων στρωμάτων, ενώ οι εποχιακές διακυμάνσεις της τον προσδιορισμό της μεταβολής των αποθεμάτων του υπόγειου νερού και του τρόπου αναπλήρωσης τους.

Για τον προσδιορισμό των μεταβολών της στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας των υδροφόρων στρωμάτων του προσχωματικού υδροφορέα Πυθίου, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της στάθμης σε γεωτρήσεις ομοιόμορφα κατανεμημένες στην έκταση της μελετούμενης περιοχής. Οι μετρήσεις άρχισαν 1999 και συνεχίστηκαν έως το 2005.

Οι θέσεις των γεωτρήσεων που εκτελέστηκαν στην ευρύτερη περιοχή φαίνονται στο χάρτη του Σχήματος 12. Αξίζει να αναφερθεί ότι στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος του ΙΓΜΕ (Μανάκος, 2003), η ερευνητική γεώτρηση ΓΤ 2/97 στην περιοχή της κοινότητας Κοκκινόγης, βάθους 221 m, εντόπισε την ύπαρξη ασθενούς υπόγειας υδροφορίας σε ενστρώσεις κροκάλων του Τεταρτογενούς και ικανοποιητικής σε σχιστογενέσιους του υποβάθρου της Πελαγονικής. Έτσι διαπιστώνεται, ότι σε περιοχές οι οποίες βρίσκονται στο άμεσο γεωλογικό περιβάλλον με τη λεκάνη Πυθίου και Σαρανταπόρου και στις οποίες μέχρι σήμερα δεν είχε καμία γεωτρητική παρέμβαση, αναπτύσσεται ικανοποιητική υπόγεια υδροφορία. Οι ίδιες ευνοϊκές υδρογεωλογικές συνθήκες διαπιστώθηκαν και στην ερευνητική γεώτρηση ΓΤ 2/98, όπου σε σχιστογενέσιους της Πελαγονικής ζώνης εντοπίστηκε, κατά μήκος τεκτονικής ασυνέχειας, πλούσια υπόγεια υδροφορία.



❖ Σχήμα 12: Χάρτης με τις θέσεις των γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ στη λεκάνη Πυθίου.

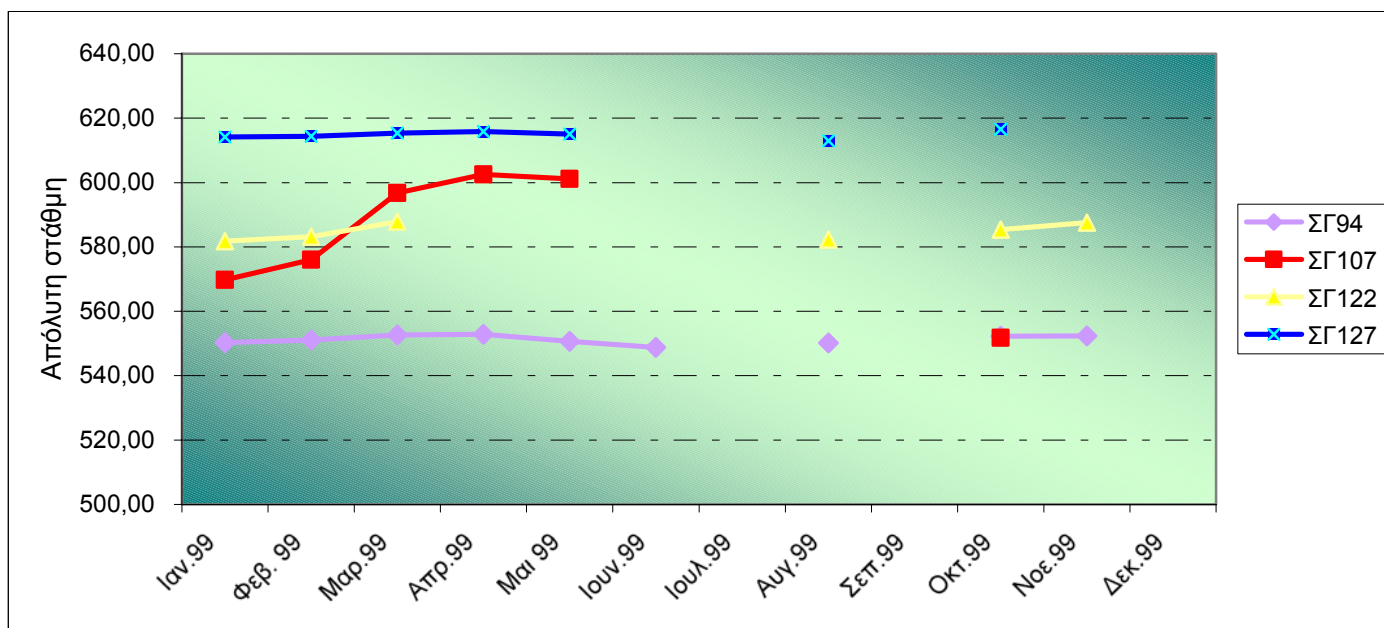
Οι μετρήσεις της υπόγειας στάθμης στις υδρογεωτρήσεις (ΣΓ 94, ΣΓ 107, ΣΓ 122 και ΣΓ 127) του προσχωματικού υδροφορέα Πυθίου για το έτος 1999 και 2005 αναγράφονται στους Πίνακες 5 και 6, ενώ η σύγκριση των δεδομένων γίνεται στη συνέχεια με την κατασκευή διαγραμμάτων, όπου γίνεται εύκολος ο προσδιορισμός των μεταβολών της στάθμης των διάφορων γεωτρήσεων.

Πίνακας 5: Στάθμες γεωτρήσεων της λεκάνης Πυθίου έτους 1999.

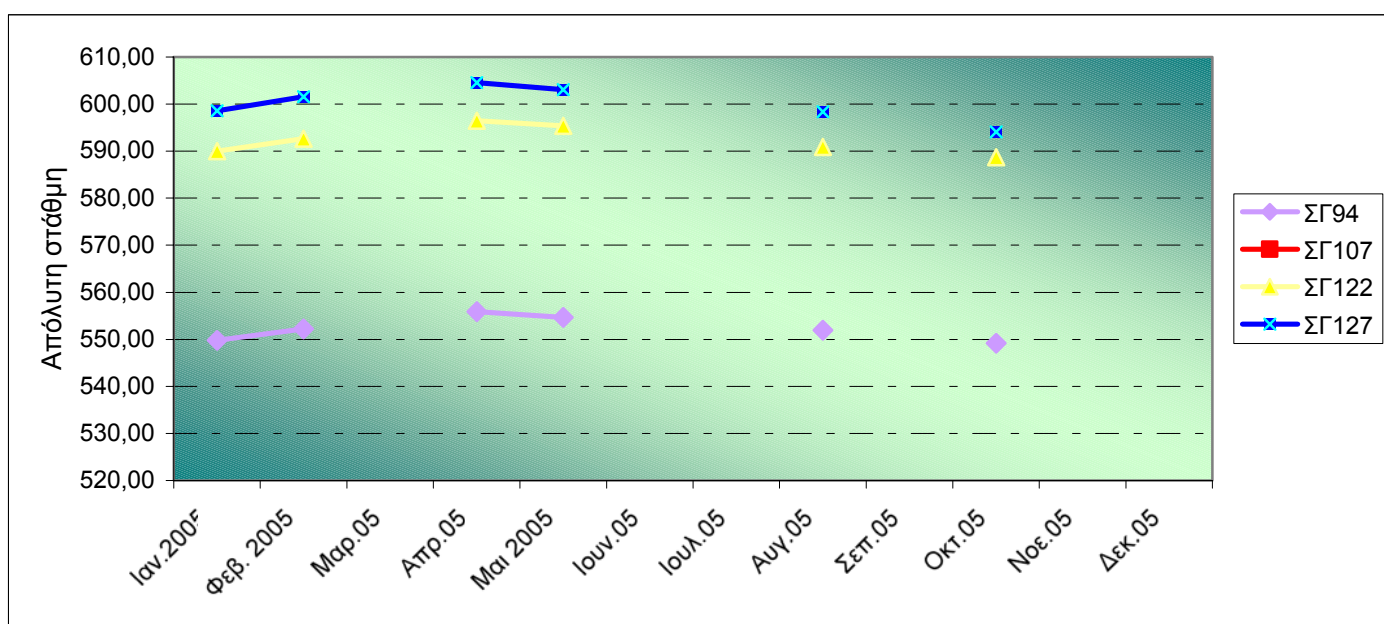
	Απόλυτο υψόμ.	Ιαν. 1999	Φεβ. 1999	Μάρ. 1999	Απρ. 1999	Μάι. 1999	Ιουν. 1999	Ιουλ 1999	Αυγ. 1999	Σεπτ 1999	Οκτ. 1999	Νοεμ. 1999	Δεκ. 1999
ΣΓ 94	562,32	550,27	551,12	552,70	552,89	550,65	548,82		550,21		552,27	552,34	
ΣΓ 107	614,75	569,75	576,05	596,77	602,51	601,16					551,80		
ΣΓ 122	628,48	581,82	583,12	587,86					582,31		585,36	587,55	
ΣΓ 127	649,24	614,14	614,39	615,34	615,81	615,06			612,97		616,54		

Πίνακας 6: Στάθμες γεωτρήσεων της λεκάνης Πυθίου έτους 2005.

	Απόλυτο υψόμ.	Ιαν. 2005	Φεβ. 2005	Μάρ. 2005	Απρ. 2005	Μάι. 2005	Ιουν. 2005	Ιουλ 2005	Αυγ. 2005	Σεπτ 2005	Οκτ. 2005	Νοεμ. 2005	Δεκ. 2005
ΣΓ 94	562,32	549,80	552,25		555,91	554,67			551,94		549,17		
ΣΓ 107	614,75												
ΣΓ 122	628,48	590,02	592,64		596,49	595,37			590,88		588,70		
ΣΓ 127	649,24	598,58	601,56		604,53	603,06			598,40		594,12		



❖ Σχήμα 13: Διακυμάνσεις της υπόγειας στάθμης σε γεωτρήσεις της λεκάνης Πυθίου κατά το έτος 1999.



❖ Σχήμα 14: Διακυμάνσεις της υπόγειας στάθμης σε γεωτρήσεις της λεκάνης Πυθίου κατά το έτος 2005.

Από τις χρονικές μεταβολές της στάθμης των υδροφόρων στρωμάτων παρατηρούμε ότι σε ετήσιο κύκλο η στάθμη των υδροφόρων στρωμάτων παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις (Σχήμα 13 και 14). Δηλαδή μία γενική πτώση του υδροφόρου ορίζοντα κατά του θερινούς μήνες του χρόνου και μία άνοδο κατά τους χειμερινούς, γεγονός που δηλώνει μία ομαλή λειτουργία του υδροφόρου συστήματος της λεκάνης.

Η υψηλότερη στάθμη των υδροφόρων στρωμάτων παρουσιάζεται κατά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο, δηλ. πριν από την έναρξη των αντλήσεων για άρδευση, ενώ η χαμηλότερη κατά τον Αύγουστο. Οι μεγαλύτερες πτώσεις στάθμης διαπιστώθηκαν στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης καθώς και στο ΒΑ τμήμα της, με μεγάλες σχετικά διακυμάνσεις των μετρούμενων τιμών μεταξύ του έτους 1999 και 2005. Συγκεκριμένα, μεγαλύτερη πτώση στάθμης (55,12 m) παρατηρήθηκε τον Οκτώβριο του 2005 (ξηρή περίοδος), γεγονός που μπορεί να οφείλεται τόσο στη μείωση των βροχοπτώσεων όσο και στην αύξηση της αντλούμενης ποσότητας υπόγειου νερού. Αντίθετα, οι μικρότερες πτώσεις στάθμης παρατηρήθηκαν στο Ν-ΝΑ τμήμα της λεκάνης, με μικρότερη τιμή αυτής, το μήνα Απρίλιο του 2005 (6,41 m).

Γενικά, οι παρατηρούμενες πτώσεις της στάθμης είναι συνάρτηση του πλήθους των γεωτρήσεων, της αντλούμενης ποσότητας νερού, της κατανομής των βροχοπτώσεων, των τοπικών μεταβολών των υδραυλικών παραμέτρων και των γεωμετρικών στοιχείων των υδροφορέων.

6) ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

Για τον καθορισμό των υδροχημικών παραμέτρων του υπογείου νερού πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία, από γεωτρήσεις στη λεκάνη Πυθίου, το έτος 1999 καθώς και το Μάιο του 2006 για μία σχετική σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ορισμένα από τα δείγματα υποβλήθηκαν σε χημικές αναλύσεις στο εργαστήριο του ΙΓΜΕ Θεσσαλονίκης και κάποια άλλα στο εργαστήριο του ΙΓΜΕ Ξάνθης με την παρουσία του γράφοντος και την επίβλεψη των υπευθύνων των εκάστοτε εργαστηρίων.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων από τα δείγματα νερού που αναλύθηκαν απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7: Χημικές αναλύσεις υπόγειων νερών της λεκάνης Πυθίου σε meq/L.

Στοιχεία δείγματος	PH	Αγωγιμότητα (μS/cm)	TDS	Ca	Mg	Na	K	Σύνολο	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	Ολική Σκληρότητα
ΣΓ 099	8,08	559	297	3,08	2,16	0,52	0,13	5,89	4,88	0,3	0,78	0,04	262
ΣΓ 107	7,20	448	236	2,72	1,24	0,80	0,07	4,83	4,14	0,4	0,48	0,05	198
ΣΓ 116	7,74	632	336	5,2	0,92	0,15	0,07	6,34	4,14	0,5	0,36	1,2	306
ΣΓ 122	7,91	503	267	4,4	0,68	0,18	0,03	5,29	3,65	0,3	0,45	0,79	254
ΣΓ 127	8,2	396	209	3,6	0,16	0,17	0,02	3,95	3	0,2	0,01	0,69	188
ΣΓ 129	7,81	566	300	4,2	1,6	0,43	0,04	6,27	5,46	0,3	0,01	0,13	290

Χημικές αναλύσεις νερού (έτος 2006) σε meq/L.

Στοιχεία δείγματος	PH	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Ca	Mg	Na	K	Σύνολο	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	Σύνολο	Ολική σκληρότητα
ΣΓ 094	7	587	4,236	0,456	0,261	0,026	97,43	5,799	0,2	0,015	0,022	362,97	29
ΣΓ 137	6,73	507	3,32	0,811	0,261	0,051	84,39	3,859	0,2	0,006	0,461	271,45	20,66

Από τα παραπάνω αναλυτικά στοιχεία προκύπτει ότι όλες οι παράμετροι του νερού είναι μέσα στα όρια προδιαγραφών πόσιμου νερού.

Ο ποιοτικός έλεγχος του νερού, βασίστηκε στον προσδιορισμό :

- Φυσικοχημικών παραμέτρων

pH: Το pH του υπογείου νερού καθορίζεται από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις και ισορροπίες μεταξύ των διαλυμένων ιόντων μέσα σε αυτό. Από τον Πίνακα 7 διαπιστώνουμε ότι το εύρος των τιμών του pH κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα (7,2 ως 8,2).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm): Η παράμετρος αυτή συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και τη φύση των διαλυμένων ηλεκτρολυτών. Η αύξηση της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγονται και αύξηση της

ηλεκτρικής αγωγιμότητας, Γι' αυτό η μέτρηση της πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (συνήθως 25 °C). Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Από τις μετρήσεις διαπιστώνουμε μία μικρή διασπορά τιμών μεταξύ 390 και 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Συνεπώς θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε τα νερά ως μέσης αλατότητας.

Σκληρότητα: Η σκληρότητα του νερού προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, εκ των οποίων τα πιο συνηθισμένα είναι το Ca^{2+} και το Mg^{2+} . Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις του νερού. Η σκληρότητα, η οποία συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου διακρίνεται σε παροδική, μόνιμη και ολική. Περισσότερη έμφαση δίνουμε στην ολική, που είναι το άθροισμα της παροδικής ή ανθρακικής και της μόνιμης σκληρότητας. Από τις τιμές της σκληρότητας των νερών της περιοχής έρευνας, προκύπτει ότι τα υπόγεια νερά του προσχωματικού υδροφορέα Πυθίου εμφανίζονται μέτρια έως σκληρά.

Ασβέστιο (Ca^{2+}): Η κύρια προέλευση του ασβεστίου είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης μπορεί να προέρχονται από τους ασβεστονατριούχους αστρίους, τη γύψο, τους πυρόξενους και τους αμφιβόλους. Οι τιμές του ασβεστίου (54,5 ως 104,2 mg/L), διατηρούνται σε χαμηλότερα από το επιθυμητό ανώτατο όριο, που είναι τα 100 mg/L, με λίγες μόνο εξαιρέσεις.

Μαγνήσιο (Mg^{2+}): Η προέλευση του μαγνησίου στα υπόγεια νερά είναι ίδια με εκείνη του ασβεστίου, εξ' αιτίας της μεγάλης χημικής συγγένειας των δύο στοιχείων. Η περιεκτικότητα του στα υπόγεια νερά της περιοχής κυμαίνεται μεταξύ 1,9 και 26,5 mg/L και συνεπώς δεν ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 50 mg/L.

Ιόντα Νατρίου (Na^+): Τα ιόντα Na^+ συνδέουν την παρουσία τους με τους αστρίους. Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης Na^+ στα υπόγεια νερά είναι 20 mg/L. Η μέση περιεκτικότητα τους στην περιοχή έρευνας είναι 8,6 mg/L. Αξίζει να αναφέρουμε ότι η παρουσία των αλκαλίων σχετίζεται και με τη διεύδυση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες ή με αερομεταφερόμενα σταγονίδια από τη θάλασσα.

Κάλιο (K^+): Το κατιόν αυτό βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και η συγκέντρωσή του στα υπόγεια νερά της περιοχής έρευνας κυμαίνεται από 0,7 μέχρι 5,0 mg/L, με ανώτατο επιτρεπτό όριο τα 12 mg/L.

Όξινα ανθρακικά ιόντα HCO_3^{2-} : Τα όξινα ανθρακικά ιόντα προέρχονται από τους ανθρακικούς σχηματισμούς όταν αυτά διαλύονται από το νερό. Μπορούν επίσης να προέρχονται από το CO_2 της ατμόσφαιρας ή το σχηματιζόμενο στο έδαφος CO_2 από τη

σήψη οργανικών ουσιών. Ο μέσος όρος της περιεκτικότητας τους στα υπόγεια νερά είναι 257 mg/L.

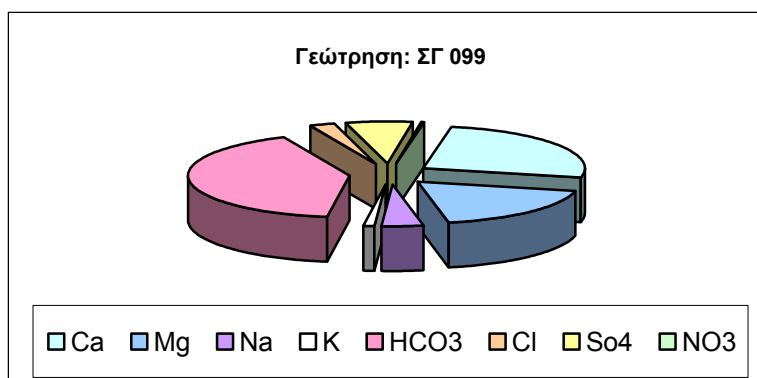
Χλώριο (Cl⁻) :Κύρια προέλευση είναι τα ιζηματογενή πετρώματα, που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας γένεσης, καθώς και οι εβαπορίτες. Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης των χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 25 mg/L και το ανώτατο 250 mg/L. Ο μέσος όρος συγκέντρωσης του στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης είναι 10,13 mg/L.

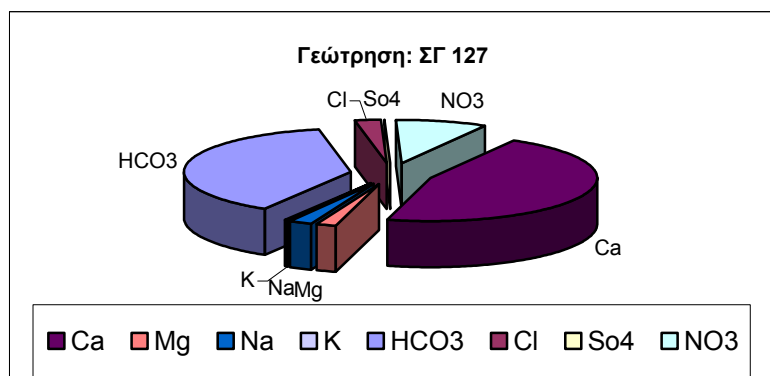
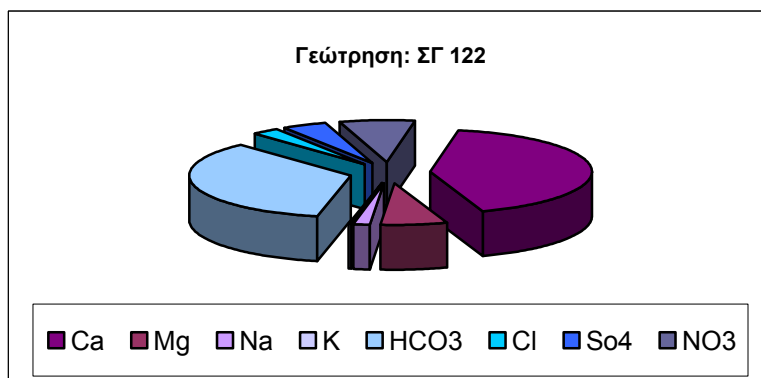
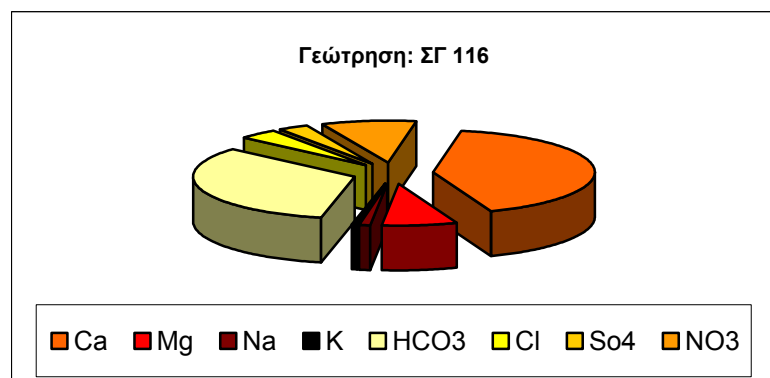
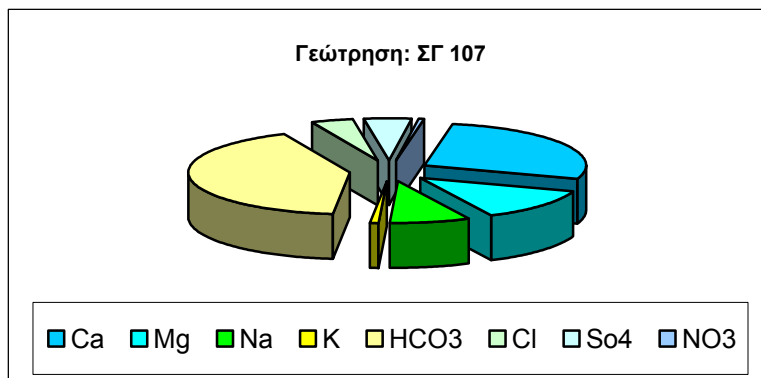
Θειικά ιόντα (SO₄²⁻) : Ο μέσος όρος, της περιεκτικότητας των θεικών στα υπόγεια νερά της περιοχής, είναι 16,73 mg/L, με ανώτατο επιτρεπτό όριο τα 250 mg/L.

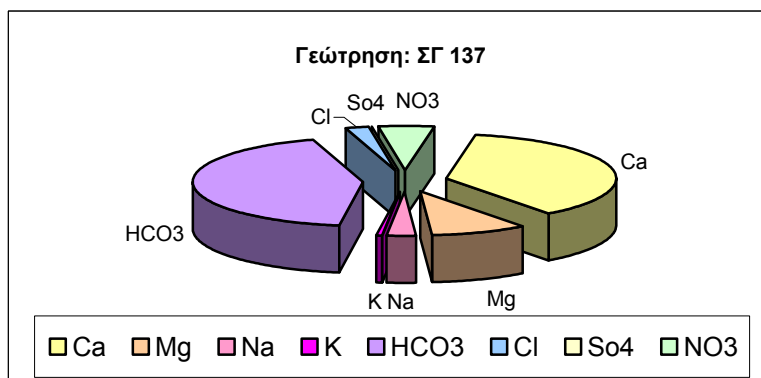
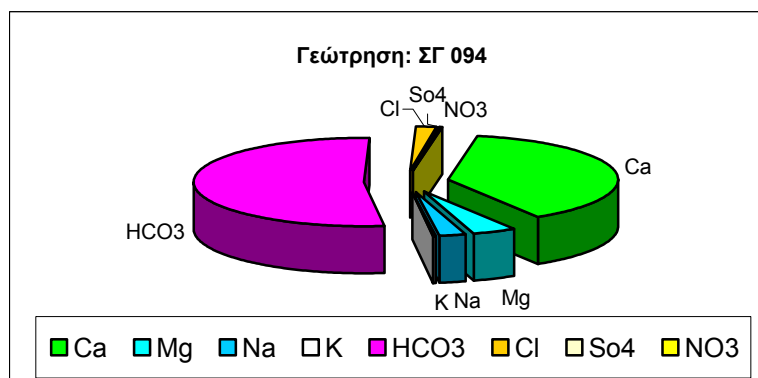
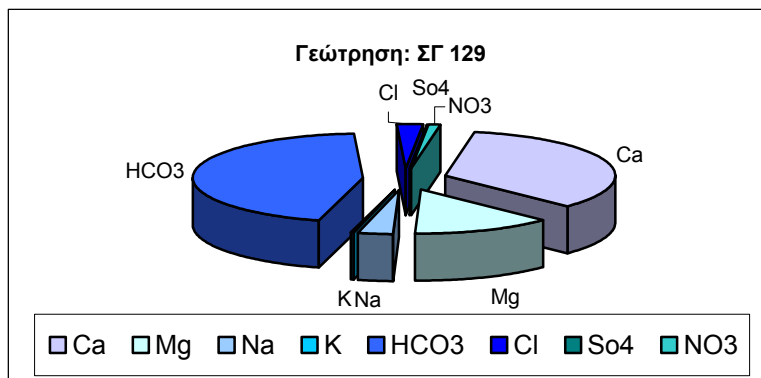
■ Παράμετροι ρύπανσης

Πρόκειται για ιόντα, στα οποία περιλαμβάνονται οι ρίζες αζώτου (αμμώνιο, νιτρώδη και νιτρικά) και φωσφόρου. Η παρουσία των παραμέτρων αυτών στο πόσιμο νερό, σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν το ανώτατο όριο (50 mg/L), εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων. Ο μέσος όρος νιτρικών των δειγμάτων που αναλύθηκαν είναι 29,9 mg/L και συνεπώς κυμαίνονται κάτω από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια.

Σε κάθε σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζονται σε διαγράμματα τα στοιχεία (ανιόντα, κατιόντα) εκείνα τα οποία προέκυψαν από τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων.

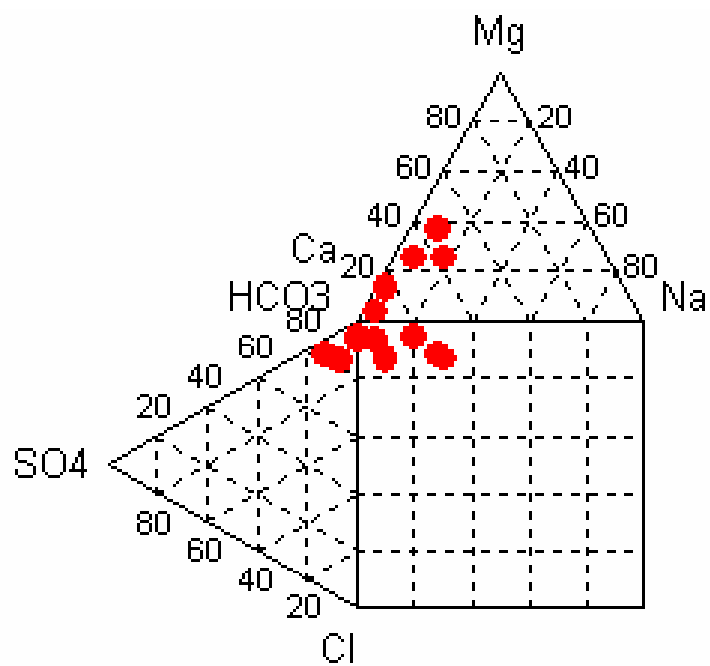




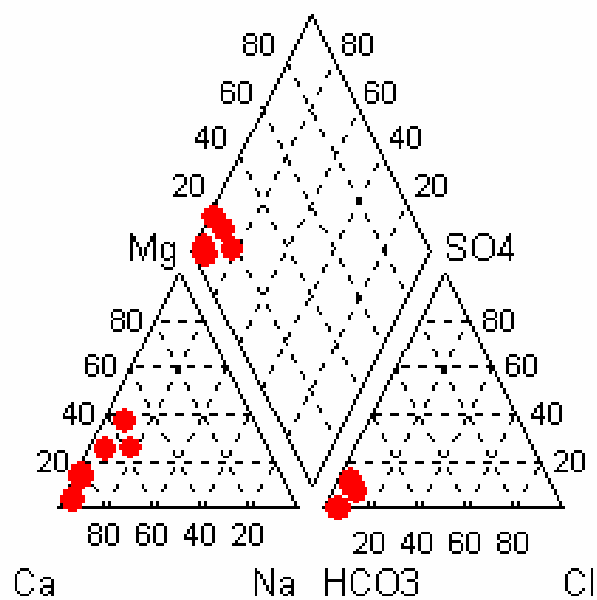


Το T.D.S εκφράζει τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια. Δηλαδή το T.D.S αποτελεί ένα δείκτη αλατότητας και με βάση τις τιμές του, προκύπτει ότι πρόκειται για γλυκά, μέτρια έως σκληρά.

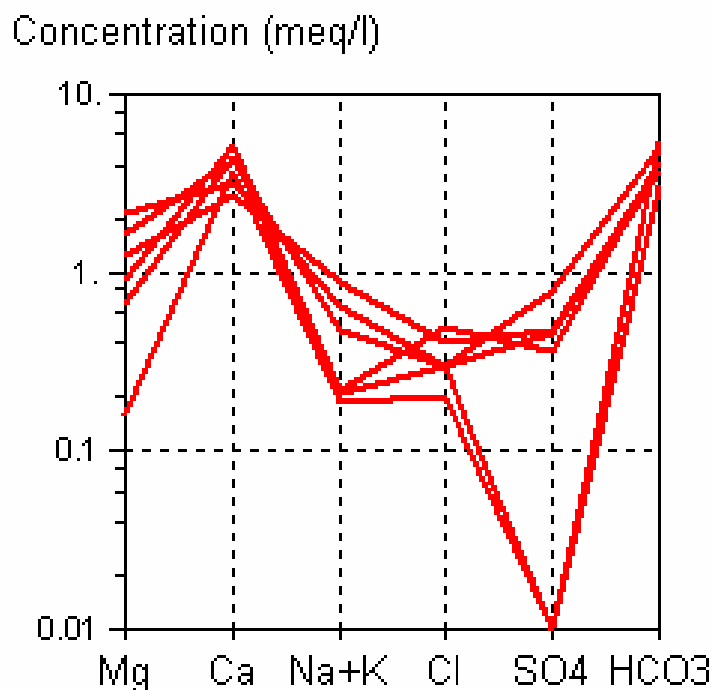
Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα Durov, Piper και Schoeller που ακολουθούν (Σχήματα 7,8 και 9), τα νερά ανήκουν στους υδροχημικούς τύπους: ασβεστούχο-οξυανθρακικό και ασβεστούχο - μαγνησιούχο - οξυανθρακικό (Ca – HCO₃ και Ca – Mg – HCO₃).



❖ Σχήμα 7. Διάγραμμα Durov



❖ Σχήμα 8. Διάγραμμα Piper



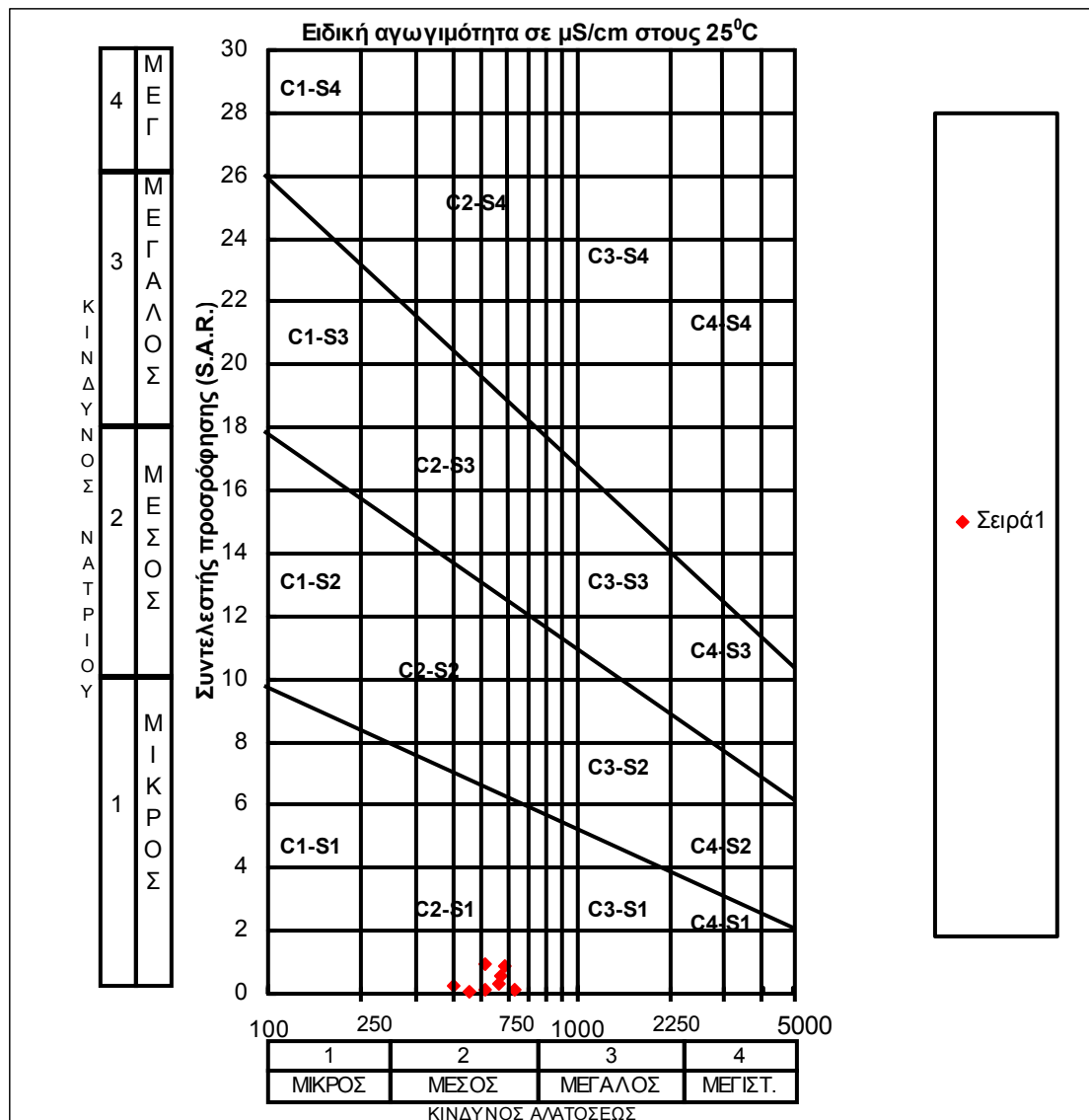
❖ Σχήμα 9. Διάγραμμα Schoeller

Ο συντελεστής προσρόφησης Νατρίου ή κίνδυνος Νατρίου (SAR), αποτελεί ένα βασικό κριτήριο της καταλληλότητας ενός νερού για άρδευση. Το νάτριο δημιουργεί αποκροκίδωση του εδάφους, προκαλώντας μείωση του αερισμού και της περατότητας του εδάφους. Ισούται με:

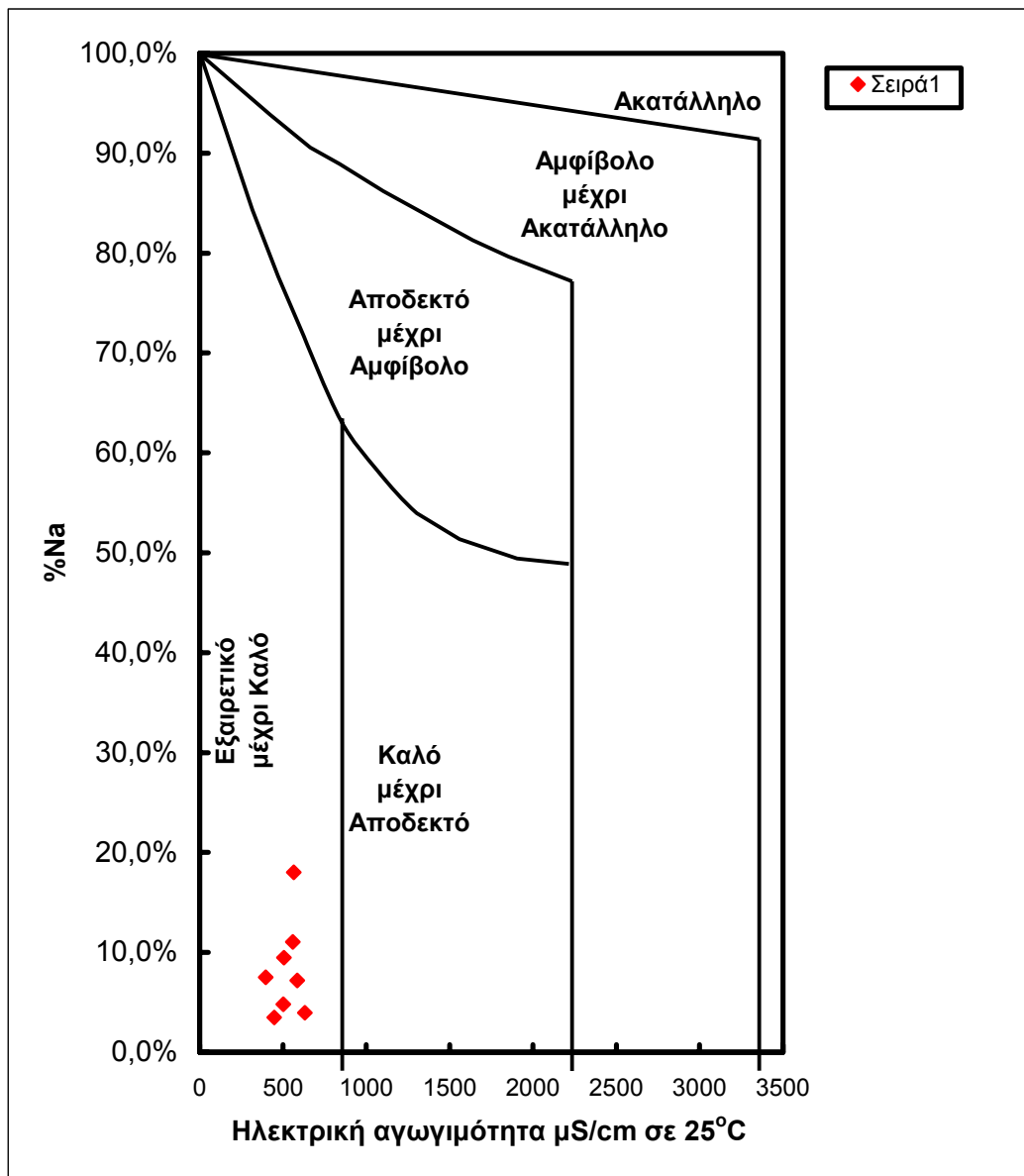
$$\text{SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

όπου οι περιεκτικότητες είναι εκφρασμένες σε mg/L.

Με βάση τα διαγράμματα των Σχημάτων 10 και 11, που ακολουθούν και σ' ότι αφορά την καταλληλότητα των νερών για αρδεύσεις, διαπιστώνεται ότι όλα τα νερά που αναλύθηκαν παρουσιάζονται με μέση επικινδυνότητα αλατότητας, ενώ ο κίνδυνος αλκαλίωσης είναι πολύ μικρός (κλάση $C_2 - S_1$).



❖ Σχήμα 10: Διάγραμμα ταξινόμησης αρδευτικών νερών.



❖ Σχήμα 11: Διάγραμμα ταξινόμησης με βάση το βαθμό αλκαλίωσης Na. (διάγραμμα Wilcox).

7) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα υδρογεωλογικά και υδροχημικά δεδομένα της λεκάνης Πυθίου προκύπτουν συνοπτικά τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η υδρολογική λεκάνη Πυθίου έχει έκταση 138,6 km² και παρουσιάζει επιμήκη μορφή. Το μέγιστο υψόμετρο της ανέρχεται σε 2473 m και το μέσο υψόμετρο της είναι 796 m.
- Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης Πυθίου – Γερανίων, καθώς και της γειτονικής λεκάνης Σαρανταπόρου, είναι κύρια δενδριτική με εμφανίσεις μορφών τύπου κλιμακωτού ρηξιγενούς.
- Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 584,6 mm, ενώ το μέγιστο μηνιαίο ύψος βροχής εμφανίζεται τον Μάιο και είναι 309,5 mm (σταθμός Λιβαδίου, υψόμετρο 1179 m).
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία στον ίδιο σταθμό είναι 12,17 °C. Ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Φεβρουάριος, με μέση θερμοκρασία 1,86 °C, ενώ θερμότερος εμφανίζεται ο μήνας Ιούλιος με μέση θερμοκρασία 20,53 °C.
- Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στην Πελαγονική ζώνη και δομείται από γεωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίοι ανήκουν στο 'τεκτονικό πελαγονικό κάλυμμα'. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί αποτελούνται από τους σχηματισμούς του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου και των ιζημάτων της λεκάνης, Νεογενούς και Τεταρτογενούς κυρίως ηλικίας.
- Τα ιζήματα που πλήρωσαν τη λεκάνη αποτελούνται από κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με αργίλους, άμμους, χαλίκια και σκληρούς ψαμμίτες, τεταρτογενούς ηλικίας. Το μέγιστο πάχος των ιζημάτων δεν ξεπερνά τα 180 m.
- Από υδρογεωλογικής απόψεως, η δομή της ενότητας Πυθίου, είναι σχετικά απλή και οι πετρολογικοί σχηματισμοί της μπορούν να διακριθούν σε αδιαπέρατους (γνευσιοσχιστόλιθοι) και υδατοπερατούς (αδρομερείς ιζηματογενείς αποθέσεις).
- Στα Ανατολικά της λεκάνης, αναγνωρίζονται τα όρια της προσχωσιγενούς λεκάνης Σαρανταπόρου και Δυτικά αυτής ακολουθεί η μεγάλη ανθρακική ενότητα του Ολύμπου, η οποία αποστραγγίζει στις περιοχές Λεπτοκαρυάς – Λιτοχώρου – Βροντούς του Νομού Πιερίας.
- Με βάση τις μετρήσεις της στάθμης προκύπτει ότι, οι μεγαλύτερες πτώσεις στάθμης διαπιστώθηκαν στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης καθώς και στο ΒΑ/κό

τμήμα της, με μεγάλες σχετικά διακυμάνσεις των μετρούμενων τιμών μεταξύ του έτους 1999 και 2005.

- Η μεγαλύτερη πτώση στάθμης μεταξύ των ετών 1999-2005 ίση με 55,12 m παρατηρήθηκε τον Οκτώβριο του 2005 και οι μικρότερες πτώσεις στάθμης παρατηρήθηκαν στο N-NA τμήμα της λεκάνης, με μικρότερη τιμή αυτής, τον μήνα Απρίλιο του 2005 (6,41 m).
- Από υδροχημική άποψη, τα νερά του προσχωματικού υδροφορέα Πυθίου, εμφανίζονται γλυκά, μέτρια έως σκληρά. Όλα τα νερά της ευρύτερης περιοχής είναι καλής ποσιμότητας και κατάλληλα για άρδευση (κλάση C₂-S₁).
- Τα νερά ανήκουν στους υδροχημικούς τύπους: ασβεστούχο-οξυανθρακικό και ασβεστούχο – μαγνησιούχο - οξυανθρακικό (Ca-HCO₃ και Ca-Mg-HCO₃).

Η συνεχής και συστηματική παρακολούθηση της στάθμης και της ποιότητας του υπόγειου νερού θα συμβάλλει στην ορθολογική διαχείριση των υπόγειων υδατικών πόρων της περιοχής και θα αποτρέψει δυσμενείς επιπτώσεις, όπως, νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης και εξάντληση της υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων λόγω υπεράντλησης,

8) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βουδούρης, Κ., 2004. Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος, Διδακτικές σημειώσεις. Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ.
- Μανάκος, Α., 2001. Υδρογεωλογική έρευνα προσχωματικών πετρωμάτων λεκάνης Σαρανταπόρου Νομού Λάρισας. Αδημοσίευτη τεχνική έκθεση. ΙΓΜΕ.
- Μανάκος, Α., 2003. Προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου ενός φρεατικού υδροφορέα στην περιοχή Πυθίου Ελασσόνας. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης. Θεσσαλονίκη.
- Μουντράκης, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. UNIVERSITY STUDIO PRESS σελ. 207.
- Μάττας, Χ., Σούλιος, Γ., Δημόπουλος, Γ., Βουδούρης, Κ. κ.α., 2005. Ποιότητα των υπόγειων νερών της λεκάνης Γαλλικού. Πρακτικά 7^{ου} Πανελλήνιου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου. Αθήνα. Τόμος 1^{ος}, σελ. 311 – 320.
- Σούλιος, Γ., 1986. Γενική Υδρογεωλογία. Τόμος 1^{ος}. UNIVERSITY STUDIO PRESS – σελ. 291.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

(A)



(B)



(Γ)



