



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΔΡΑΜΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΞΟΥΖΙΔΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ (ΑΕΜ 4415)

**Επιβλέπων: Βουδούρης Κωνσταντίνος, Επίκουρος καθηγητής
Α.Π.Θ.**

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2012

*Δεν μπορεί να φτάσει κάποιος στη Φώτιση
αν δεν απαλλαγεί από την υπερηφάνεια.
Το νερό δεν στέκεται στην κορυφή του βουνού,
αλλά κυλάει στα χαμηλότερα μέρη σχηματίζοντας
χείμαρρους σε όλες τις πλαγιές.*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η γεωλογική και υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης Δράμας. Στόχος της είναι η κατανόηση των υδρογεωλογικών συνθηκών που αναπτύσσονται μέσα σε μια ποικιλομορφία γεωλογικών σχηματισμών (Τεταρτογενή ιζήματα, μάρμαρα, γρανίτες, ηφαιστίτες). Τα θέματα που πραγματεύεται η διπλωματική εργασία κατά κεφάλαιο είναι τα εξής:

Κεφάλαιο 1: Παρουσίαση και ανάλυση της γεωγραφικής θέσης και των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης Δράμας.

Κεφάλαιο 2: Παρουσίαση και ανάλυση των γεωλογικών στοιχείων και των κυριότερων τεκτονικών γραμμών της λεκάνης Δράμας.

Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση των κλιματολογικών στοιχείων και του υδατικού ισοζυγίου.

Κεφάλαιο 4: Παρουσίαση και ανάλυση των υδρογεωλογικών και πιεζομετρικών συνθηκών της λεκάνης Δράμας.

Κεφάλαιο 5: Συνοπτική παρουσίαση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική εργασία.

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν με οποιονδήποτε τρόπο κατά την διάρκεια της.

Η ανάθεση του θέματος της διπλωματικής εργασίας έγινε από τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος της Γεωλογίας του Α.Π.Θ. κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την καθοδήγηση και την υποστήριξη που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά την κ. Όλγα Πατρικάκη, Γεωλόγο της Διεύθυνσης Υδάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης για την πολύτιμη βοήθεια της και την επιστημονική καθοδήγηση της σε όλη την διάρκεια της εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά την κ. Βασιλική Μπαρούτη, Γεωλόγο του Τμήματος Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας της Δράμας για την υποστήριξη της καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Γιάννη Ρωμαΐδη, Υδρογεωλόγο του Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθης για την πολύτιμη βοήθεια του και για την παροχή επιστημονικών στοιχείων.

Τέλος, θέλω να ευχαριστώ τον κ. Σωτήρη Πανίλα, Υδρογεωλόγο στην Δ.Ε.Η. Δράμας για την συνεχή και ακούραστη συμπαράσταση του καθ' όλα τα στάδια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και για τις καθοριστικές υποδείξεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνώνται οι γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης Δράμας. Ο Νομός Δράμας αποτελεί τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της ανατολικής Μακεδονίας. Παρουσιάζει έντονο γεωμορφολογικό ανάγλυφο, ενώ το ορεινό τμήμα του Νομού ταυτίζεται με την παρουσία πετρωμάτων του υποβάθρου και αποτελεί το 70% της συνολικής έκτασης του Νομού. Τρεις ευδιάκριτες υδρολογικές λεκάνες χωρίζουν το Νομό Δράμας. Η λεκάνη του Νέστου με έκταση 1.432 km², η οποία αποτελεί τμήμα της ευρύτερης λεκάνης απορροής του Νέστου, η κλειστή λεκάνη του Νευροκοπίου με έκταση 425 km² και η λεκάνη της Δράμας με έκταση 1.875 km². Το πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο που τροφοδοτείται κυρίως από τα συστήματα των πηγών που αναβλύζουν στην περίμετρο της λεκάνης, συμβάλλει ουσιαστικά στην άρδευση της πεδιάδας από τα πηγαία επιφανειακά νερά. Η παρατηρούμενη υπερετήσια μείωση του ύψους βροχής αλλά και της επιφανειακής απορροής που προέρχονται από το πηγαίο σύστημα, αποτέλεσε την βασική αιτία ανορύξεων μεγάλου αριθμού γεωτρήσεων στο πεδινό τμήμα της λεκάνης. Το ορεινό τμήμα του Νομού Δράμας δομείται από μεταμορφωμένα πετρώματα όπου η κύρια υδροφορία εκδηλώνεται από συστήματα μικροπηγών. Αντίθετα το καρστικό σύστημα της λεκάνης εκδηλώνεται στα κρυσταλλικά πετρώματα της λεκάνης της Δράμας με πηγές μεγάλων παροχών. Η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων αποθεμάτων νερού στο πεδινό τμήμα της λεκάνης Δράμας λόγω της έντονης γεωργικής και αστικής δραστηριότητας δημιουργεί ένα αρνητικό ισοζύγιο των υδατικών αποθεμάτων. Με βάση τα αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των υπόγειων νερών που πραγματοποιήθηκαν στον υδροφόρο των Τεταρτογενών αποθέσεων διαπιστώνεται ότι στα χαμηλότερα τμήματα της πεδιάδας τα υπόγεια νερά έχουν υποστεί υποβάθμιση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών λόγω της αργής κυκλοφορίας τους και της επίδρασης οργανικών λιγνιτικών στρωμάτων μέσα σε ένα αναγωγικό περιβάλλον.

ABSTRACT

This thesis explores the geological and hydrogeological conditions in the basin of Drama. The prefecture of Drama is part of the water district of eastern Macedonia. Shows intense geomorphologic relief, while the mountainous part of the county identified by the presence of the background and rocks for 70% of the total area of the county. Three distinct basins separating the Drama. The basin of the Nestos area of 1.432 km², which is part of the wider basin of Nestos, closed basin with an area Nevrokopi 425 km² and the area of Drama with an area of 1.875 km². The rich hydrographic network fed primarily by the systems of sources that flow to the perimeter of the basin, contributes substantially to irrigate the valley of the surface water source. The observed reduction of scaling of rainfall and surface run off from the source system was the main cause of drilling numerous boreholes in the lowland basin. The mountainous part of the Drama is built of metamorphic rocks where the main aquifer occurs from seepages systems. Unlike the karstic system of the basin occurs in the fringes of the basin of Drama with sources of major benefits. The overexploitation of underground water resources in lowland basin of Drama because of intensive agriculture and urban activity creates a negative balance of water resources. Based on the results of chemical analysis of groundwater help in the aquifer of the Quaternary deposits found in the lower parts of the plain ground water has deteriorated the quality characteristics because of its slow movement and the effect of organic layers of lignite in a reducing environment.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

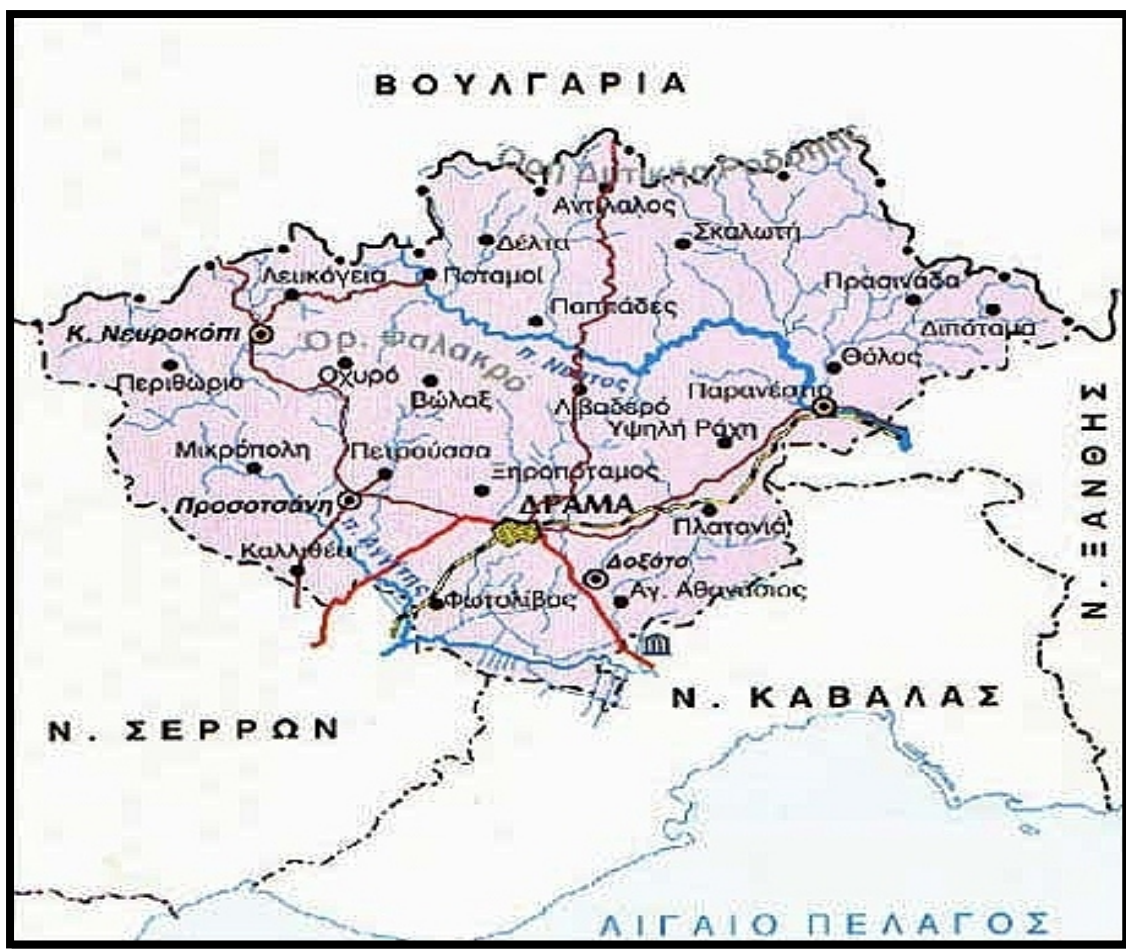
1. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	1
1.1 Γεωγραφική θέση του Νομού Δράμας	1
1.2 Γεωμορφολογία Νομού Δράμας	4
1.3 Γεωμορφολογία της λεκάνης Δράμας	6
1.4 Υδρογραφικό δίκτυο	8
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ	11
2.1 Μάζα Ροδόπης	11
2.2 Γεωλογικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής Δράμας	12
2.3 Γεωλογική δομή της λεκάνης Δράμας	14
2.3.1 Μεταμορφωμένα πετρώματα	14
2.3.2 Πλουτώνια πετρώματα	17
2.3.3 Νεογενείς αποθέσεις	18
2.3.4 Τα στρώματα της 'Τερπνής'	19
2.3.5 Τεταρτογενείς αποθέσεις	20
2.3.6 Ολοκαινικές αποθέσεις	24
2.4 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης Δράμας	24
2.5 Τεκτονική	26
3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ	28
3.1 Γενικά	28

3.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα	28
3.2.1 Σχέσεις ύψους υετού - υψόμετρου σταθμού	31
3.2.2 Ετήσια πορεία των κατακρημνισμάτων	34
3.3 Θερμοκρασία	36
3.4 Κλίμα	36
3.5 Εξατμισοδιαπνοή	37
3.6 Επιφανειακή απορροή	42
3.7 Κατείσδυση	43
3.8 Εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου των Τεταρτογενών της λεκάνης Δράμας	44
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	51
4.1 Γενικά	51
4.2 Η υδρολογική λεκάνη της Δράμας	51
4.3 Υδρογεωλογία της λεκάνης Δράμας	57
4.4 Υδρογεωλογικός χαρακτηρισμός των πετρωμάτων	58
4.4.1 Χαλαρά πετρώματα (τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις)	59
4.4.2 Βραχώδη πετρώματα πλην ανθρακικών	59
4.4.3 Ανθρακικά πετρώματα (μάρμαρα)	60
4.5 Υδρογεωλογικές συνθήκες των πετρωμάτων	60
4.5.1 Υδροφορία στις τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις	61
4.5.2 Υδροφορία στα βραχώδη μη ανθρακικά πετρώματα	65
4.5.3 Υδροφορία ανθρακικών πετρωμάτων (μάρμαρα)	66
4.6 Το πιεζομετρικό καθεστώς	68
4.6.1 Πιεζομετρία στις τεταρτογενείς αποθέσεις	68
4.6.2 Μεταβολή της στάθμης σε ετήσιο και υπερετήσιο κύκλο	72
4.7 Το πηγαίο σύστημα	74
4.7.1 Πηγές του βόρειου μετώπου	76
4.7.2 Πηγές του Νοτιοδυτικού μετώπου	80
4.7.3 Πηγές του Ανατολικού μετώπου	81
4.7.4 Νερό ύδρευσης Νομού Δράμας	82
4.8 Υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών	84
4.9 Συμπεράσματα	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

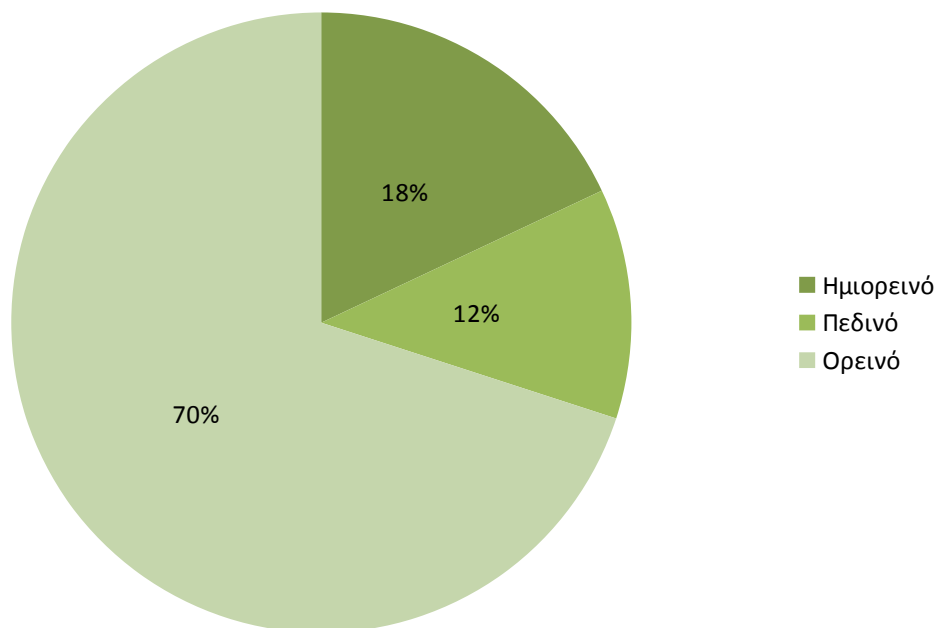
1.1: Γεωγραφική θέση του Νομού Δράμας

Ο Νομός Δράμας βρίσκεται στην Ανατολική Μακεδονία, διοικητικά ανήκει στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης και υπάγεται στην διευρυμένη νομαρχιακή αυτοδιοίκηση Ξάνθης-Δράμας-Καβάλας. Βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο της περιφέρειας και στο βορειοανατολικό άκρο της χώρας. Από τον βορρά συνορεύει με την Βουλγαρία νότια με το Νομό Καβάλας ανατολικά με το Νομό Ξάνθης και δυτικά με το Νομό Σερρών εικόνα (1.1). Ο Νομός διαιρείται σε οκτώ δήμους (Δράμας, Κάτω Νευροκοπίου, Προσοτσάνης, Νικηφόρου, Παρανεστίου, Δοξάτου, Καλαμπακίου και Σιταγρών). Η πρωτεύουσα του Νομού Δράμας είναι η Δράμα.



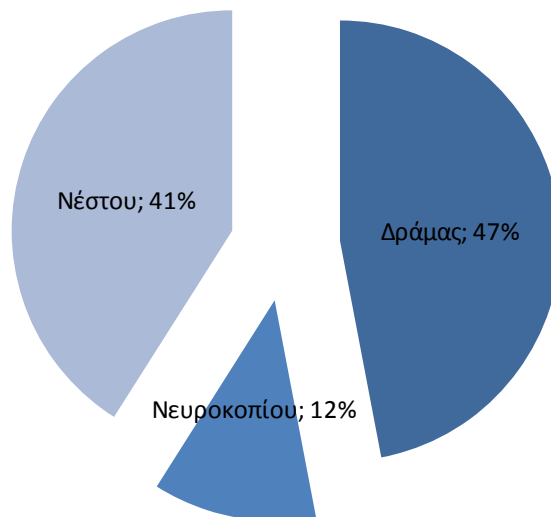
Εικόνα 1.1: Τοπογραφικός χάρτης του Νομού Δράμας. Πηγή (www.Google.gr)

Η συνολική έκταση του Νομού Δράμας είναι 3.468 km². Το 70% της έκτασης του είναι ορεινό, το 18% είναι ημιορεινό και μόνο το 12% είναι πεδινό.



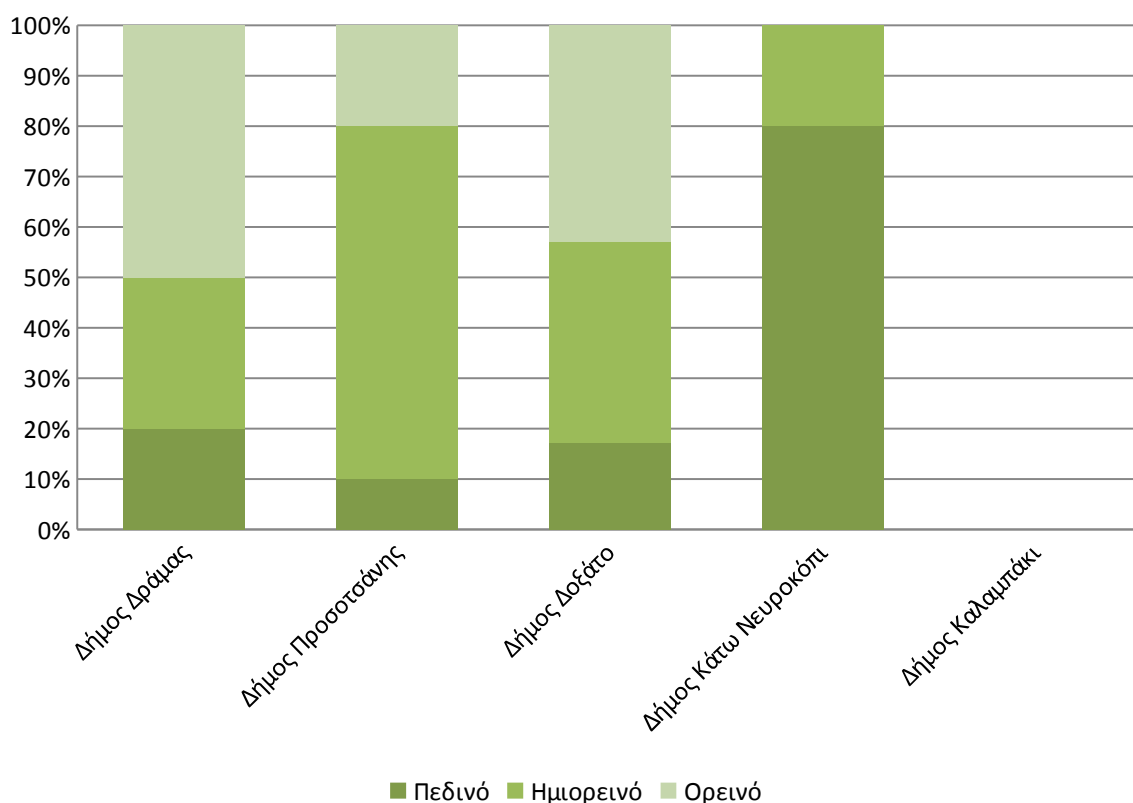
Εικόνα 1.2: Ποσοστά του ορεινού, ημιορεινού και πεδινού τμήματος της

Δράμας. Πηγή : Διεύρυνση διάρκειας διαθέσιμων ποσοτήτων νερού ύδρευσης δήμων και κοινότητας Ν. Δράμας.



Εικόνα 1.3 : Οι τρεις υδρολογικές λεκάνες του Νομού Δράμας. Πηγή : Διεύρυνση διάρκειας διαθέσιμων ποσοτήτων νερού ύδρευσης δήμων και κοινότητας Ν. Δράμας.

Το υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Δράμας, με την κυριαρχία του Νέστου και του Αγγίτη ποταμού, έχει μια ξέχωρη διάσταση. Χωρίζει τον Νομό σε τρεις ευδιάκριτες υδρολογικές λεκάνες.



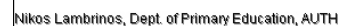
Εικόνα 1.4: Μορφολογία εδάφους στους πέντε μεγαλύτερους Δήμους Δράμας.

Πηγή : (www.drama.gr)

Ένα από τα μεγαλύτερα σημεία οικονομικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει ο Νομός Δράμας, είναι στον τομέα του μαρμάρου. Σήμερα το ενδιαφέρον από πλευράς ποιότητας και αποθεμάτων μαρμάρου στην περιοχή εντοπίζεται σε τρεις μαρμαροφόρες ζώνες (Γρανίτης, Βώλακας, Πύργοι) όπου είναι οι κοιτασματολογικές-τεκτονικές-μορφολογικές συνθήκες είναι τέτοιες που επιτρέπουν την εξόρυξη, εκμεταλλεύσιμων ογκομαρμάρων. Επίσης το υπέδαφος του Νομού Δράμας περικλείει αξιόλογο ορυκτό πλούτο σε βιομηχανικά κυρίως ορυκτά. Σημαντικά είναι τα κοιτάσματα μαγγανίου στις υπώρειες του Φαλακρού και τα κοιτάσματα ουρανίου και βιομηχανικών ορυκτών στην περιοχή Παρανεστίου.

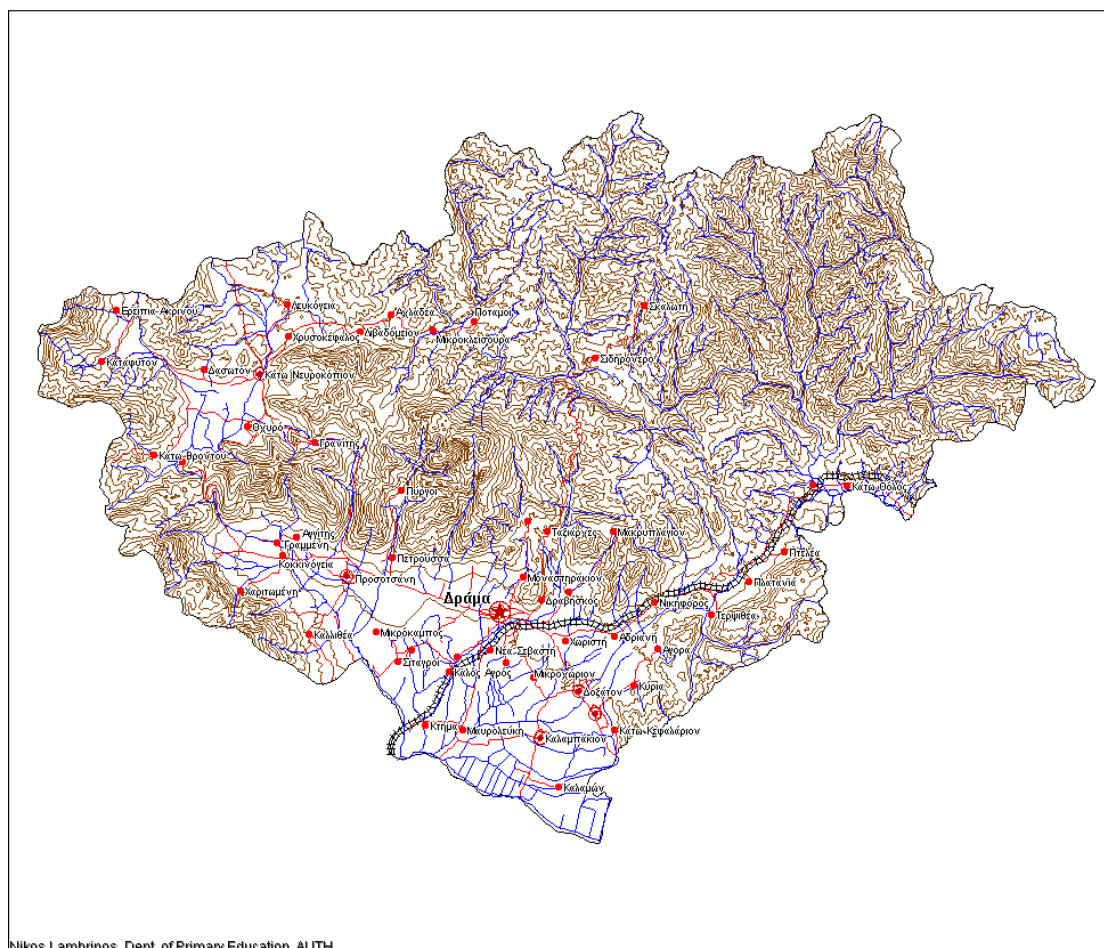
1.2:Γεωμορφολογία Νομού Δράμας

Ο Νομός Δράμας είναι κατά τα $\frac{3}{4}$ ορεινός. Το πεδινό τμήμα αποτελείται από την πεδιάδα της Δράμας με έκταση 450.000 στρέμματα, μέσο υψόμετρο



Ο ορεινός όγκος διασχίζεται επίσης από μικροχειμάρους και φαράγγια, που οι ορεινές τους κοίτες βρίσκονται στον ανθρακικό όγκο του Φαλακρού, των ορέων Λεκάνης, του Μενοικίου και του Παγγαίου όρους.

Η τεκτονική τάφρος της κοιλάδας της Δράμας χαρακτηρίζεται από ποτάμια και λιμναία ιζήματα, και τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις, ενώ στις παρυφές της, εντοπίζονται εκτεταμένοι κώνοι κορρημάτων χειμαρρώδους προέλευσης, που παρασιάζουν υψηλή συνεκτικότητα και μεγάλο πάχος.



Εικόνα 1.6: Γεωμορφολογία Νομού Δράμας. Πηγή: (www.topoauth.gr)

1.3: Γεωμορφολογία της Λεκάνης Δράμας

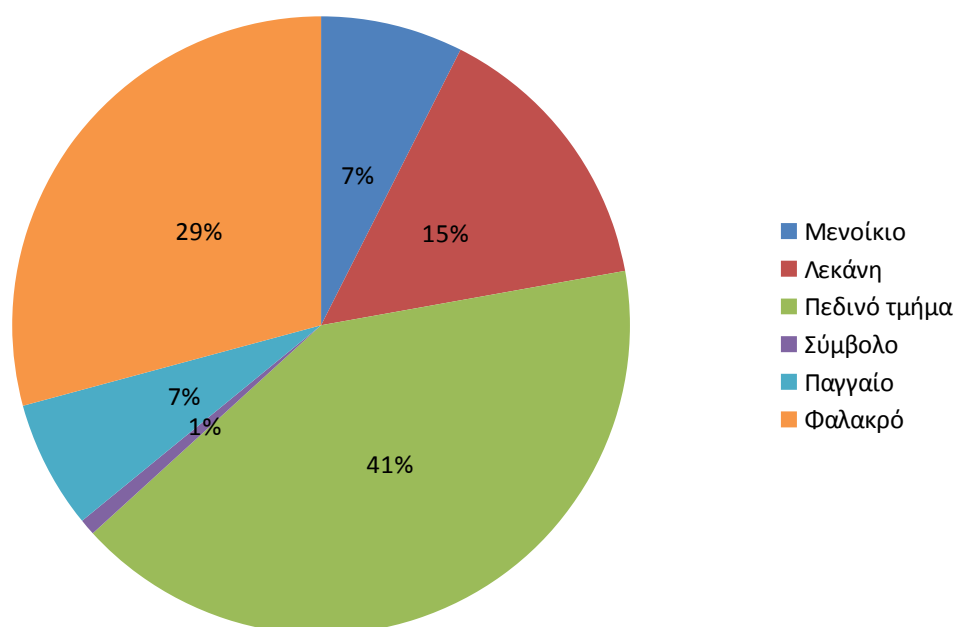
Η λεκάνη της Δράμας περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους του Φαλακρού (2.230m) βόρεια, την Λεκάνη (1.295m) ανατολικά, του Μενοικίου

(1.965m) δυτικά, του Παγγαίου (1.955m) και του Συμβόλου (965m) νότια. Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής ανέρχεται σε 1.875km². Το ορεινό και ημιορεινό τμήμα της έχει έκταση 1.105km² ενώ το πεδινό τμήμα της καταλαμβάνει έκταση 770km². Η υδρολογική λεκάνη απορροής της Δράμας επιμερίζεται σε έξι ζώνες ή μέτωπα όπου η έκταση και η κατανομή δίνεται στον παρακάτω πίνακα (1.1).

Πίνακας 1.1: Κατανομή των επιμέρους ζωνών της λεκάνης Δράμας

Ζώνες της υδρολογικής λεκάνης Δράμας	Κατανομή επιφάνειας επί της (%)	Επιφάνεια σε km ²
Ζώνη Φαλακρού	29,17	547
Ζώνη Λεκάνης	14,70	276
Ζώνη Μενοικίου	7,46	140
Ζώνη Συμβόλου	0,85	16
Ζώνη Παγγαίου	6,72	126
Πεδινό τμήμα	41,00	770
Σύνολο	99,90	1875

Πηγή : Πανίλας, Σ. (1998).



Εικόνα 1.7: Ποσοστά των επιμέρους ζωνών της λεκάνης Δράμας.

Πηγή : Πανίλας, Σ. (1998).

Το ημιπεδινό και πεδινό τμήμα της λεκάνης οριοθετείται από τα μεγάλα ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Παρουσιάζει ένα ελλειπτικό σχήμα όπου ο μεγαλύτερος άξονας της πεδιάδας Δράμας έχει 55km μήκος και 20km πλάτος. Το πεδινό τμήμα περιβάλλεται από τα όρη του Μενοικίου, Φαλακρού και Παγγαίου.

Μορφολογικά οι πλευρές των ορέων του δυτικού τμήματος της πεδιάδας Δράμας που οριοθετούνται από τα ΒΔ-ΝΑ ρήγματα είναι απότομες με ανατολικό προσανατολισμό, με ήπια διάβρωση του εδάφους και μικρή ανάπτυξη των κλάδων των χειμάρρων. Αντίθετα οι απέναντι ανατολικές πλευρές παρουσιάζουν ομαλές επιφανειακές κλίσεις με εντονότερες διαβρώσεις των εδαφών και με μεγαλύτερη ανάπτυξη των κλάδων των χειμάρρων. Στο σύνολο της το πεδινό τμήμα Δράμας χαρακτηρίζεται από ένα ήπιο έως επίπεδο ανάγλυφο.

Χωρίς να υπάρχουν διακριτά γεωγραφικά όρια η ταφρολεκάνη της Δράμας αποτελεί το ευρύτερο πεδίο των επί μέρους τριών πεδιάδων. Το δυτικό τμήμα που ανήκει η περιοχή της Προσοτσάνης το κεντρικό τμήμα που φιλοξενεί το κοίτασμα λιγνίτη και το νότιο τμήμα που περιλαμβάνει τα τενάγη των Φιλιππων.

1.4: Υδρογραφικό δίκτυο

Η λεκάνη απορροής του Νομού Δράμας παρουσιάζει ένα ασύμμετρο υδρογραφικό δίκτυο ως προς την έκταση της λόγω της νεοτεκτονικής δραστηριότητας που διαδραματίστηκε στο χώρο της ΝΔ Ροδόπης. Το υδρογραφικό δίκτυο της πεδιάδας Δράμας δημιουργήθηκε βασικά από τα νερά των πηγών που αναβλύζουν στην περίμετρο της.

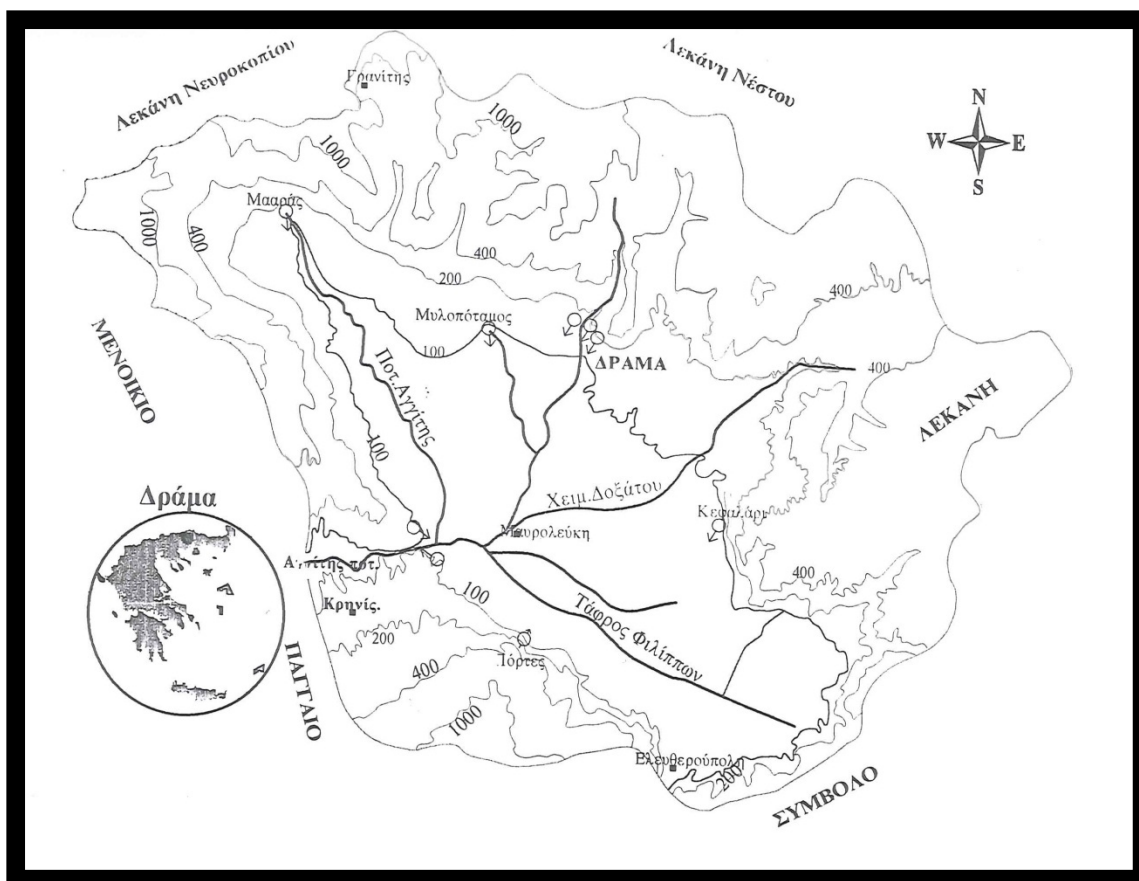
Το καρστικό βύθισμα της λεκάνης του Νευροκοπίου παρουσιάζεται υδρογραφικά απομονωμένο με την λεκάνη της Δράμας. Σε αυτό το σύστημα η τυπική καρστική μορφολογία είναι έντονη με παρουσία από πόλγεις, δολίνες και καταβόθρες. Τα επιφανειακά νερά συγκεντρώνονται στον χώρο όπου υπάρχουν καταβόθρες και διοχετεύονται στο υπόγειο καρστικό σύστημα. Το νερό βρίσκει διόδους μέσω των καταβόθρων στους πρόποδες των ορεινών

όγκων και δημιουργεί καρστικές πηγές που αναβλύζουν στα χαμηλά υψόμετρα όπως οι πηγές του Μααρά, Μυλοποτάμου και Δράμας.

Οι πηγές αυτές δημιουργούν τον ποταμό Αγγίτη ο οποίος αποτελεί τον μεγαλύτερο παραπόταμο του Στρυμόνα με μήκος 75km. Ο ποταμός Αγγίτης αποτελεί το κύριο στοιχείο του υδρογραφικού δικτύου της πεδιάδας της Δράμας. Αρχίζει από τις πηγές Μααρά, διασχίζει τη δυτική πλευρά της πεδιάδας και αφού συλλέξει τα νερά της τάφρου των Φιλίππων χύνεται στον Στρυμόνα ποταμό. Η μέση ετήσια παροχή των πηγών υπολογίζεται σε τρία κυβικά μέτρα/δευτερόλεπτο και η μέση ετήσια παροχή του ποταμού Αγγίτη, αφού συλλέξει όλα τα νερά, είναι 8 κυβικά μέτρα/δευτερόλεπτο.

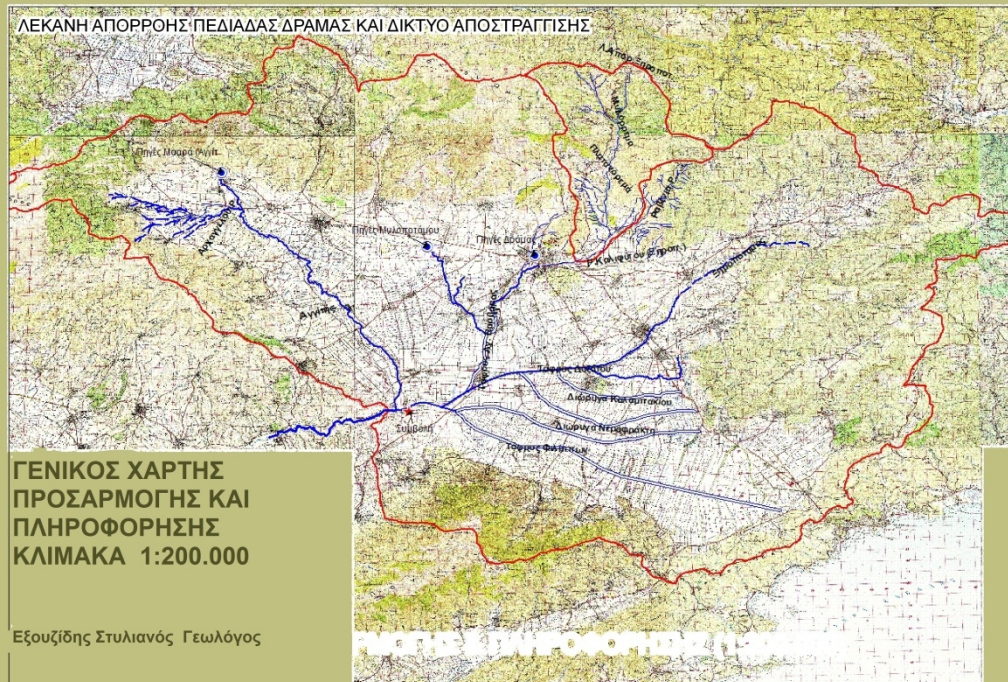
Η αποχέτευση των επιφανειακών νερών του κεντρικού έως του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας συντελείται από την τεχνητή τάφρο των Φιλίππων. Τα τενάγη των Φιλίππων στραγγίζονται από την Κεντρική Τάφρο Φιλίππων, μήκους 29km και πλάτους 50m, η οποία διασχίζει την πεδιάδα των Φιλίππων από το χωριό Αμισιανά Καβάλας έως τον ποταμό Αγγίτη, όπου και εκβάλλει στο ύψος του χωριού Συμβολή στα όρια των νομών Δράμας και Σερρών.

Πλήθος από τάφρους διασχίζουν με διεύθυνση Δ-Α την πεδιάδα Δράμας, οι κυριότερες των οποίων είναι η τάφος του Δοξάτου, Καλαμπακίου, Νεροφράκτη, Βοϊράνης και Φιλίππων. Η έκταση της επιφάνειας του χαμηλότερου σημείου της πεδιάδας μέχρι την ισοϋψή των 100m ανέρχεται σε 470km² ενώ μέχρι την ισοϋψή των 200m σε 312km². Στο πεδινό τμήμα του νομού είναι συγκεντρωμένες όλες οι γεωργικές και αστικές δραστηριότητες. Πλήθος γεωτρήσεων έχει ανορυχθεί στον υδροφόρο ορίζοντα των Τεταρτογενών αποθέσεων για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών της πεδιάδας. Η εικόνα (1.8) δείχνει το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης Δράμας.



Εικόνα 1.8: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Δράμας.

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

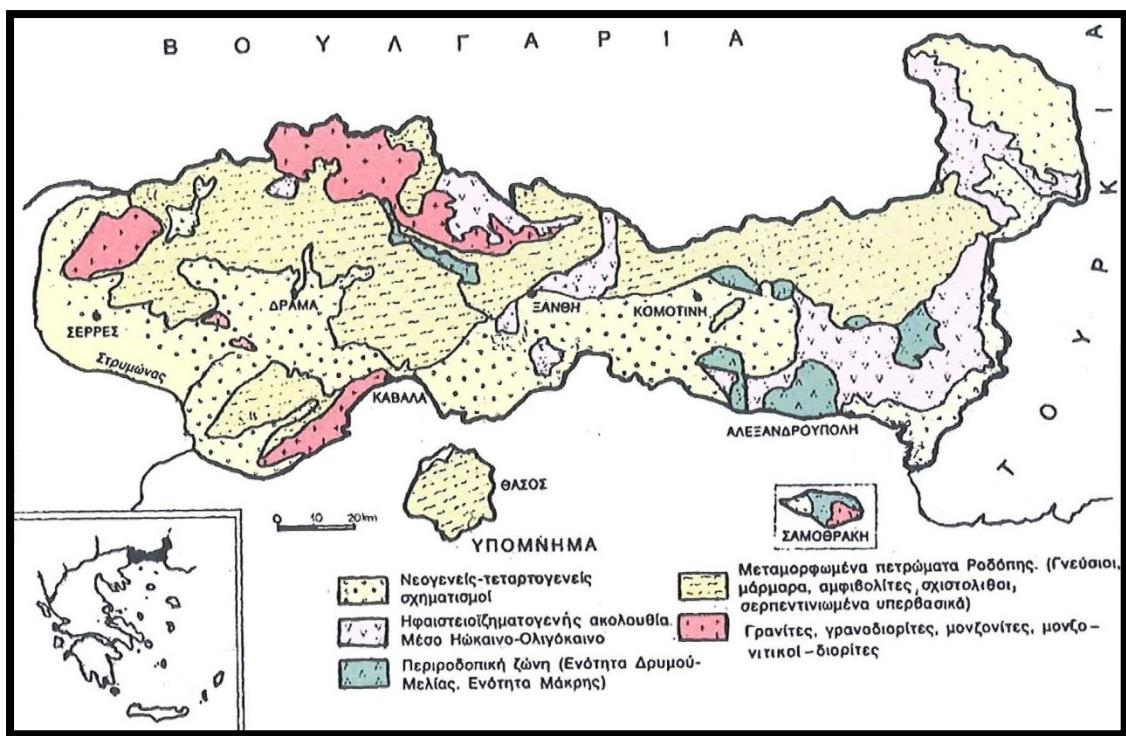


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1: Μάζα Ροδόπης

Η μάζα της Ροδόπης εκτείνεται κατά μήκος των Ελληνοβουλγαρικών συνόρων καλύπτοντας μεγάλες εκτάσεις και από τις δύο χώρες καθώς και ένα μικρό κομμάτι της βορειοδυτικής Τουρκίας. Στον ελλαδικό χώρο η μάζα της Ροδόπης χωρίζεται από τη Σερβομακεδονική μάζα στα δυτικά με τη γραμμή του Στρυμώνα ενώ νότια-νοτιοανατολικά συνορεύει με την Περιροδοπική ζώνη. Κύριες ρηξιγενείς γραμμές χωρίζουν τη μάζα της Ροδόπης σε δύο λιθοστρωματογραφικές ενότητες, την ανώτερη τεκτονική ενότητα (ενότητα Σιδηρόνερου) και την κατώτερη τεκτονική ενότητα (ενότητα Παγγαίου). Αυτές διαχωρίζονται από την επώθηση του Νέστου που έχει διεύθυνση NNA-BBD. Η ενότητα Σιδηρόνερου που περιλαμβάνει πολύ υψηλότερου βαθμού μεταμόρφωσης πετρώματα (γνεύσιοι, μιγματίτες, εκλογιτικοί αμφιβολίτες και μάρμαρα) επωθείται νότια πάνω στην ενότητα Παγγαίου η οποία περιλαμβάνει μάρμαρα με εναλλαγές μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, γνευσίων και αμφιβολιτών. Οι πρωτόλιθοι των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της μάζας της Ροδόπης θεωρούνται Παλαιοζωικής ηλικίας.

Τρία κύρια μεταμορφικά γεγονότα μπορούν να περιγράψουν τη μεταμορφική εξέλιξη της μάζας της Ροδόπης: α) μια προ-Ηωκαινική υψηλής πίεσης μεταμόρφωση που φαίνεται στους εκλογίτες και εκλογιτικούς αμφιβολίτες, β) μια κάτω- έως μέσο-Ηωκαινική χαμηλότερης πίεσης αμφιβολιτική μεταμόρφωση που ακολουθείται από γ) μια ανάδρομη πρασινοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωση που παρατηρείται στους αμφιβολίτες, μεταπηλίτες και γνεύσιους. Η εικόνα (2.1) αποτελεί απλοποιημένο γεωλογικό χάρτη Α. Μακεδονίας-Θράκης.



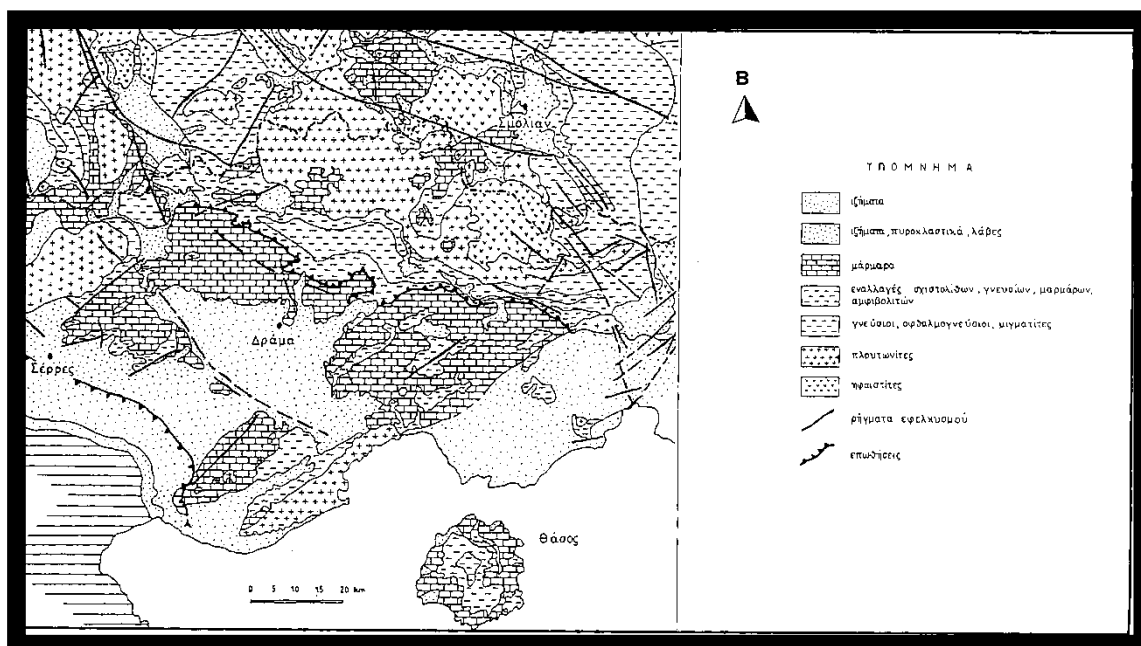
Εικόνα 2.1: Γεωλογικός χάρτης Α. Μακεδονίας – Θράκης.

Πηγή : Νεοτεκτονική μελέτη περιοχής Δράμας. (Ι.Γ.Μ.Ε.)

2.2 : Γεωλογικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής Δράμας

Ο Νομός Δράμας ανήκει στην ευρύτερη περιοχή της Ροδοπικής Μάζας και συγκεκριμένα της Δυτικής Ροδόπης.

Την γεωλογική δομή της Δυτικής Ροδόπης συνθέτουν μεγάλα η μικρά κυρίως μεταμορφωμένα πετρώματα εντός των οποίων έχουν διεισδύσει μεγάλα ή και μικρά πλουτώνια και υποηφαιστειακά σώματα τριτογενούς ηλικίας. Σε μικρότερη έκταση εμφανίζονται τα ιζηματογενή πετρώματα του τριτογενούς και Τεταρτογενούς με λιμναίες, λιμνοχερσαίες και ποτάμιες αποθέσεις. Η παρακάτω εικόνα (2.2) αποτελεί το γεωλογικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής της Δράμας.



2.3 : Γεωλογική δομή της Λεκάνης Δράμας

2.3.1 Μεταμορφωμένα πετρώματα

Ο ευρύτερος Ροδοπικός χώρος, Ελληνικός και Βουλγαρικός αναφέρεται από τι αρχές του αιώνα σαν 'Ροδοπική μάζα'. Πρόκειται για την γεωτεκτονική ενότητα που βρίσκεται μεταξύ της Σερβομακεδονικής μάζας στα δυτικά με την ενότητα του Στρυμόνα και στα ανατολικά με την Περιροδοπική ζώνη.

Η μάζα της Ροδόπης αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και εκρηξιγενή πετρώματα των οποίων το πάχος φτάνει σύμφωνα με τους περισσότερους μέχρι και τα 24 km.

Το κρυσταλλοσχιστώδες της Ροδόπης (που αναπτύσσεται στους ορεινούς όγκους βόρεια των πόλεων) διακρίνεται σε τέσσερις σειρές που από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες είναι:

- Η σειρά των γνευσίων της βάσης, με πάχος περίπου 7 km, απαντά στη Δυτική Ροδόπη και περιλαμβάνει κατά σειρά μοσχοβιτικούς, βιοιτιτικούς και διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και σιπολινών.
- Η σειρά των μαρμάρων, που εκτείνεται στην ανατολική Μακεδονία, μέχρι το Νέστο. Αποτελείται κυρίως από μάρμαρα με ενστρώσεις σιπολινών, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και αμφιβολιτών. Το πάχος της σειράς υπολογίζεται σε 5,5-7 km.
- Η σειρά των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, εμφανίζεται στην περιοχή του Νέστου με πάχος 5 km και αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, που συχνά μεταπίπτουν σε γνεύσιους ενώ σπανιότερα παρεμβάλλονται και αμφιβολίτες καθώς και φακοί μαρμάρων.
- Η σειρά των σχιστόλιθων και μαρμάρων, που αναπτύσσονται στη βορειοανατολική πλευρά του Νέστου με πάχος περί τα 3 km και συνίσταται κυρίως από σχιστολίθους και μάρμαρα. Η ηλικία των παραπάνω γεωλογικών σχηματισμών λόγω της έλλειψης στρωματογραφικών δεικτών δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια,

ωστόσο τα βαθύτερα στρώματα αποδίδονται στο Προκάμβριο και το Κάτω Παλαιοζωικό.

Η διάκριση αυτή των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Ελληνικής Ροδόπης σε τέσσερις σειρές έγινε από τον Osswaldto (1938). Επίσης ο Osswaldδέχεται ότι οι σειρές των γνευσίων βάσης και των μαρμάρων είναι Αλγώγκιου ηλικίας ενώ την σειρά των σχιστόλιθων και μαρμάρων την τοποθετεί στο Κάτω Κάμβριο.

Το (1981) όμως οι Papanikolaou-Panagorouλος διαχωρίζουν την μάζα της Ελληνικής Ροδόπης σε δυο τεκτονικές ενότητες. Την τεκτονικά υπερκείμενη 'ενότητα του Σιδηρόνερου' στα βόρεια κατά μήκος των Ελληνοβουλγαρικών συνόρων με υψηλό βαθμό μεταμόρφωσης και την τεκτονικά υποκείμενη 'ενότητα του Παγγαίου' με χαμηλότερο βαθμό μεταμόρφωσης που καταλαμβάνει την δυτική και νοτιοδυτική Ροδόπη. Οι ενότητες αυτές παρουσιάζουν ανάλογη τεκτονική δομή η οποία χαρακτηρίζεται από την δράση πτύχωσης που έλαβε χώρα από το Παλαιοζωικό μέχρι το Ηώκαινο.

Η ενότητα του Σιδηρόνερου αποτελείται από ορθογνεύσιους, αμφιβολίτες, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιμαγμιτών.

Η ενότητα του Παγγαίου διαχωρίζεται στις εξής δυο σειρές:

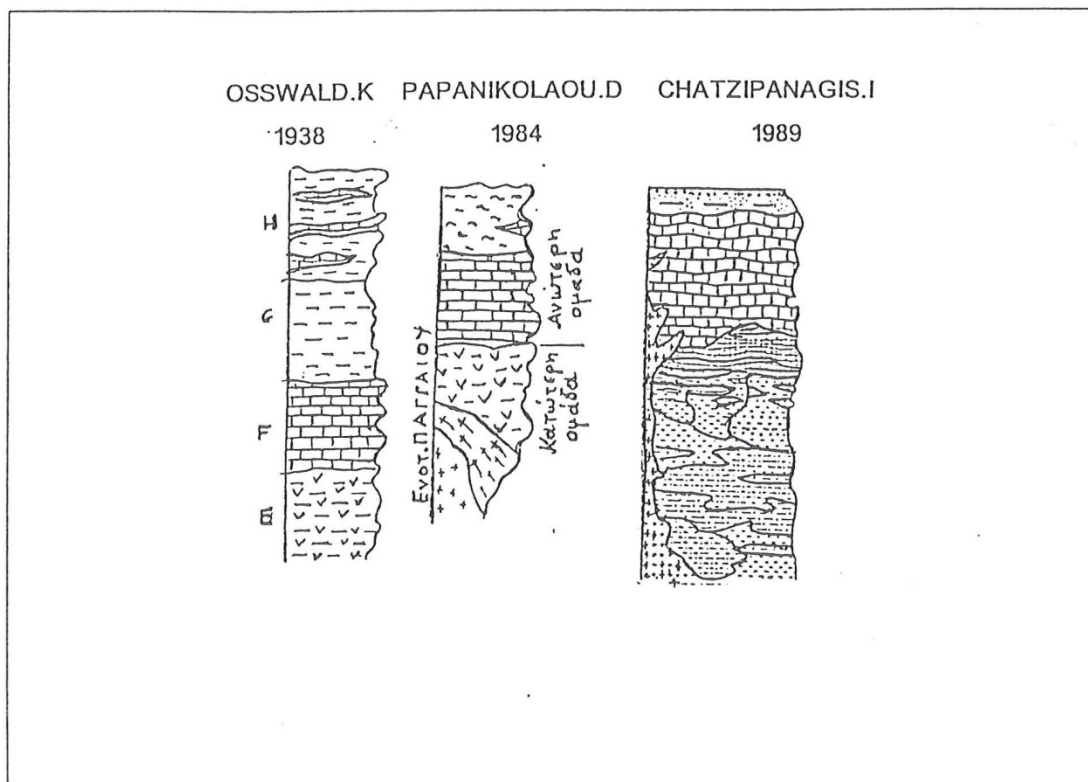
- Την κατώτερη σειρά την αποτελούν αμφιβολίτες γνεύσιοι και μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι που εμφανίζονται κυρίως στους πυρήνες των μεγάλων αντικλίνων. Αυτή η σειρά παρουσιάζεται στο Νοτιοανατολικό Παγγαίο.
- Την ανώτερη σειρά που χαρακτηρίζεται από ένα παχύ σχηματισμό από μάρμαρα τα οποία συχνά απολεπτύνονται σε μερικές δεκάδες μέτρα. Πάνω από τον σχηματισμό των μαρμάρων επικάθεται σχηματισμός μικρού πάχους από σχιστόλιθους με χαλαζίτες και ορίζοντες μαρμάρων.

Τέλος το (1989) ο Χατζηπαναγής χωρίζει τη ζώνη της Δυτικής Ροδόπης σε τρεις λιθοστρωματογραφικές ενότητες.

- Την ανώτερη ανθρακική ενότητα πάχους 1.500mπου αποτελείται από μάρμαρα που στην βάση τους γίνονται λεπτοπλακώδη σιπολινικά μάρμαρα.
- Την ενδιάμεση μεταβατική ενότητα με πολυμορφία σχηματισμών, πάχους 400-600 mπου αποτελούνται από ενναλαγές γνευσίων σχιστόλιθων αμφιβολιτών και μαρμάρων.
- Την κατώτερη ενότητα με πάχος μεγαλύτερο των 2.000mπου αποτελούνται κυρίως από γνευσιακά πετρώματα.

Σε όλο το μεταμορφωμένο σύστημα έχουν διεισδύσει πλουτώνια σώματα γρανιτικής-γρανοδιοριτικής σύστασης και υπουφαιστικάς φλέβες ανδεσιτικής σύστασης.

Όλος ο χώρος της δυτικής Ροδόπης έχει υποστεί μια έντονη ρηξιγενή όσο και πλαστική παραμόρφωση. Από την τεκτονική ανάλυση του κρυσταλλοσχιστώδους διαπιστώθηκαν δύο κύριες φάσεις πτυχώσεων στη Δυτική Ροδόπη. Η πρώτη αποτελείται από ισοκλινείς πτυχές και η δεύτερη από ανοικτές πτυχές με άξονες ΔΒΔ διεύθυνσης. Σ' αυτή οφείλεται και η δημιουργία των μεγάλων συγκλίνων και αντικλίνων που για το τμήμα του Φαλακρού έχουν αξονική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και για την περιοχή της Λεκάνης ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση. Η εικόνα (2.3) δείχνει τις στρωματογραφικές στήλες της Δυτικής Ροδόπης.



Εικόνα 2.3: Στρωματογραφικές στήλες της Δυτικής Ροδόπης.

Πηγή : Πανίλας, Σ. (1998).

2.3.2 Πλουτώνια πετρώματα

Ο πλουτωνισμός της μάζας της Ροδόπης είναι αρκετά έντονος και παρουσιάζει όλα τα τυπικά χαρακτηριστικά των περιοχών ενεργών ηπειρωτικών περιθωρίων κατά την σύγκρουση λιθοσφαιρικών πλακών.

Οι πλουτωνίτες της περιοχής αυτής είναι ασβεσταλκαλικής σύστασης κυρίως γρανίτες (μοσχοβιτικοί, βιοτιτικοί και αμφιβολιτικοί), γρανοδιορίτες, μονζονίτες, χαλαζιακοί μονζονίτες και διορίτες.

Οι κυριότεροι πλουτωνίτες του Ελληνικού τμήματος της μάζας της Ροδόπης είναι του Παγγαίου, του Παρανεστίου, της Ξάνθης, της Βροντούς και του Περάματος. Η ηλικία τους είναι Ηωκαινική, Ολιγοκαινική, Μειοκαινική.

Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης Δράμας ο Μελιδώνης (1966) αναφέρει την παρουσία γρανιτικών και γρανοδιοριτικών σωμάτων Ολιγοκαινικής ηλικίας που απαντώνται δυτικά του υψώματος των Φιλίππων.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα της Ελληνικής Ροδόπης είναι κυρίως ρυόλιθοι, δακίτες και δολερίτες που κατανέμονται σε δυο κύριες περιοχές, η μια στην περιοχή του Έβρου και η δεύτερη βόρεια της Ξάνθης στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Η ηλικία της ηφαιστειότητας είναι ανάλογη με τον πλουτωνισμό δηλαδή Ηωκαινική-Ολιγοκαινική (Μουντράκης 1985).

2.3.3 Νεογενείς αποθέσεις

Η λεκάνη Δράμας συνιστά το ανατολικότερο τμήμα του βυθίσματος Σερρών-Δράμας, η δημιουργία του οποίου τοποθετείται στη διάρκεια του Μειόκαινου. Τα στρωματογραφικά δεδομένα που προέρχονται από πλήθος γεωτρήσεων δείχνουν ότι τα παράλληλα ρήγματα ΒΔ και ΒΑ διεύθυνσης που διαμόρφωσαν την σημερινή μορφολογία της λεκάνης Δράμας, έκοψαν τους Νεογενείς σχηματισμούς που συμμετέχουν στην οικοδόμηση των δυτικών περιθωρίων της λεκάνης και τους βύθισαν στα χαμηλότερα τμήματα της.

Οι παλαιότερες αποθέσεις του βυθίσματος Σερρών-Δράμας αποτελούν τα στρώματα “Βασικής σειράς” στα οποία δίνετε ηλικία Ανωμειοκαινική. Τα κατώτερα μέλη της σειράς συνίσταται από κροκαλοπαγή και αμμούχους πηλούς με ψηφίδες μικρές κροκάλες και αμμοχάλικα συνήθως κόκκινου χρώματος ενώ τα ανώτερα μέλη τους αποτελούν γκριζοπράσινες αργιλλοιλυώδεις αποθέσεις. Αυτές διακόπτονται από μεγάλου συνήθως πάχους ιλυολίθους και λιμναίους ασβεστόλιθους.

Κατά το Άνω Μειόκαινο ακολουθεί η πρώτη θαλάσσια επίκληση με τον σχηματισμό των στρωμάτων της Δάφνης τα οποία επικαλύπτουν επικλυσιογενώς την “Βασική σειρά”. Στα στρώματα της Δάφνης ανήκουν και οι έντονα κρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι που εναλλάσσονται με πάγκους συνεκτικών κροκαλοπαγών. Αυτοί καταλαμβάνουν τα υψηλότερα τμήματα των λόφων και ράχων του Μενοίκιου στα Δυτικά περιθώρια της λεκάνης Δράμας (Αλιστράτη, Περιχώρα).

Πάνω από τα στρώματα της Δάφνης επικάθονται τα στρώματα του Χουμνικού με απολιθώματα υφάλμυρων και γλυκών νερών. Τα ανώτερα μέλη τους αποτελούνται από αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή με χαώδη μορφή και

ογκολίθους τα οποία σε φυσικές τομές κάθονται αδιακρίτως σε διάφορους ορίζοντες των παλαιότερων σχηματισμών συχνά πληρώνοντας κανάλια η στενές κοιλάδες διανοιγμένα σε αυτούς.

Ως όριο των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων (Ανω Πλειόκαινο) χαρακτηρίζονται οι χερσαίες αποθέσεις των στρωμάτων της 'Τερπνής' που κάλυψαν εξομαλυμένες επιφάνειες της ενιαίας ακόμη λεκάνης των Σερρών Δράμας.

2.3.4 Τα στρώματα της 'Τερπνής'

Κατά μήκος των δυτικών περιθωριακών τομέων του βυθίσματος της λεκάνης Δράμας συναντάται ένας ερυθρόχροος σχηματισμός χερσαίας προέλευσης. Ο σχηματισμός αυτός που αναφέρεται αρχικά από τους Gramman και Kockel, (1969) ως στρώματα 'Τερπνής' αποτελείται από αργιλούχους άμμους με μικρολατυποπαγή χερσαίας προέλευσης.

Ο ίδιος σχηματισμός φέρεται νακάθεται από τους Μπρουσούλη (1984), είτε επί των στρωμάτων της 'Βασικής σειράς' είτε επί των υφάλμυρων στρωμάτων του 'Χουμουνίκου' στα δυτικά περιθώρια της λεκάνης Δράμας.

Τα στρώματα της Τερπνής έχουν πάχος 100 m. Το ανώτερο τμήμα τους αποτελείται από ένα ερυθρόχρωο ψαμμούχο πηλό πάχους 80 m ενώ το κατώτερο τμήμα τους από ένα λατυποπαγή σχηματισμό πάχους 20 m.

Η αποκοπή των δυο λεκανών Σερρών-Δράμας έλαβε χώρα κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο μετά τον σχηματισμό των στρωμάτων της 'Τερπνής' με την δημιουργία ενός λιμναίου καθεστώτος στη λεκάνη της Δράμας και ενός ποταμοχερσαίου καθεστώτος στη λεκάνη των Σερρών. Η αποκοπή των δυο λεκανών κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο προκύπτει από τα βιοστρωματογραφικά δεδομένα των θαλάσσιων ιζημάτων του Καλαβρίου που περικλείουν απολιθώματα της *Cyprinalandica* και τα οποία έρχονται επικλυσίγενώς πάνω από τα στρώματα της 'Τερπνής'.

Αντίθετοι με αυτήν την άποψη είναι οι Μπρουσούλης (1991) οι οποίοι θεωρούν ότι τα στρώματα της 'Τερπνής' συρράπτονται με τα λιμναία ιζήματα της λεκάνης Δράμας τα οποία συνιστούν τις ομόλογες αποθέσεις που

σχηματίστηκαν κατά την ίδια περίοδο στο χώρο που κατέλαβε στη συνέχεια η λεκάνη Δράμας. Η αποκοπή των δυο λεκανών προσδιορίζεται μεταγενέστερα κατά το Μέσο Πλειστόκαινο.

Από παρατηρήσεις σε διάφορες γεωτρήσεις γίνεται αντιληπτό ότι τα καθαρά υποκείμενα στρώματα της 'Τερπνής' και οι υπερκείμενοι λιμναίοι σχηματισμοί παρουσιάζουν ένα σαφή διαχωρισμό χωρίς κενά μεταξύ τους όσο αφορά στο περιβάλλον απόθεσης τους και εντάσσονται σε διαφορετικό καθεστώς ιζηματογένεσης.

2.3.5 Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καλύπτουν όλη την επιφάνεια του πεδινού τμήματος και φθάνουν μέχρι τις παρυφές των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της λεκάνης. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις χωρίζονται σε δυο σειρές στην κατώτερη και στην ανώτερη.

❖ Κατώτερη σειρά

Χαρακτηρίζεται από λευκά ασβεστούχα ιζήματα πλούσια σε ανθρακικό ασβέστιο. Πρόκειται για λιμναία ιζήματα που κάλυψαν όλη σχεδόν την πεδινή έκταση της λεκάνης Δράμας. Τα μεγαλύτερα πάχη τους εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης Δράμας. Στα ανώτερα τμήματα τους διακρίνονται τρεις χαρακτηριστικές ορίζοντες.

Ο κατώτερος ορίζοντας είναι ένας ηφαιστειακός τόφος με υφή λεπτόκοκκης άμμου, χρώματος γκρι και πάχη από μερικά χιλιοστά μέχρι μερικά εκατοστά.

Ο μεσαίος ορίζοντας χαρακτηρίζεται από φυλλώδη μορφή, υψηλά ποσοστά αργίλου, γκριζοπράσινα χρώματα, εμφανή αποτυπώματα ασβεστοφυκών και πυριτιωμένα *Viviparus*.

Ο ανώτερος ορίζοντας τέλος, ο οποίος στα υψώματα δυτικά της Συμβολής παρακολουθείται και στην επιφάνεια, χαρακτηρίζεται αποκλειστικά από την έντονη παρουσία γαστεροπόδων του γένους *Viviparus*.

Τα πάχη των λιμναίων ιζημάτων ελαττώνονται με ταυτόχρονη μείωση της περιεκτικότητας σε ασβέστιο και αύξηση της κοκκομετρίας των υλικών λόγω της παρενόχλησης των αλλουβιακών ριπιδίων που αναπτύσσονται στα περιθώρια της λεκάνης.

Μικρές επιφανειακές εμφανίσεις λιμναίων ιζημάτων παρατηρούνται στα Βόρεια περιθώρια. Αυτά επικάθονται είτε πάνω στα μάρμαρα ή βρίσκονται κοντά σ' αυτά. Στα Νότια περιθώρια της λεκάνης τα λιμναία ιζήματα εμφανίζονται στα υψώματα της Συμβολής και στους Ανατολικούς πρόποδες της Αλιστράτης.

Μαζί με τα λιμναία ιζήματα εντάσσονται και πλευρικοί σχηματισμοί οι οποίοι συναντώνται στις παρυφές του νότιου τμήματος της λεκάνης κατά μήκος της ζώνης Παγγαίου Μενοίκιου. Ο σημαντικότερος από αυτούς θεωρείται ο κώνος της Νικήσιανης που αναπτύσσεται στις παρυφές του Παγγαίου. Αποτελείται από γκριζοπράσινα κλαστικά υλικά με θραύσματα λιμναίων απολιθωμάτων και πάχη που ξεπερνούν τα 300 m. Παρουσιάζει περιορισμένη επιφανειακή ανάπτυξη προς το εσωτερικό τμήμα της λεκάνης, που αποδίδεται στον μεγαλύτερο ρυθμό συνίζηση της λεκάνης που συντελείτο στο νότιο τμήμα της, επιτρέποντας έτσι την πλήρωση αυτών των υλικών σε βάθος και ταυτόχρονα τα λιμναία ιζήματα να αναπτύσσονται προς τις παρυφές του Παγγαίου.

Τόσο οι λιμναίοι σχηματισμοί όσο και τα αλλουβιακά πεδία εντάσσονται στην ίδια χρονολογική σειρά. Η δημιουργία αυτών των ιζημάτων αρχίζει κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο μέχρι το Μέσο Πλειστόκαινο.

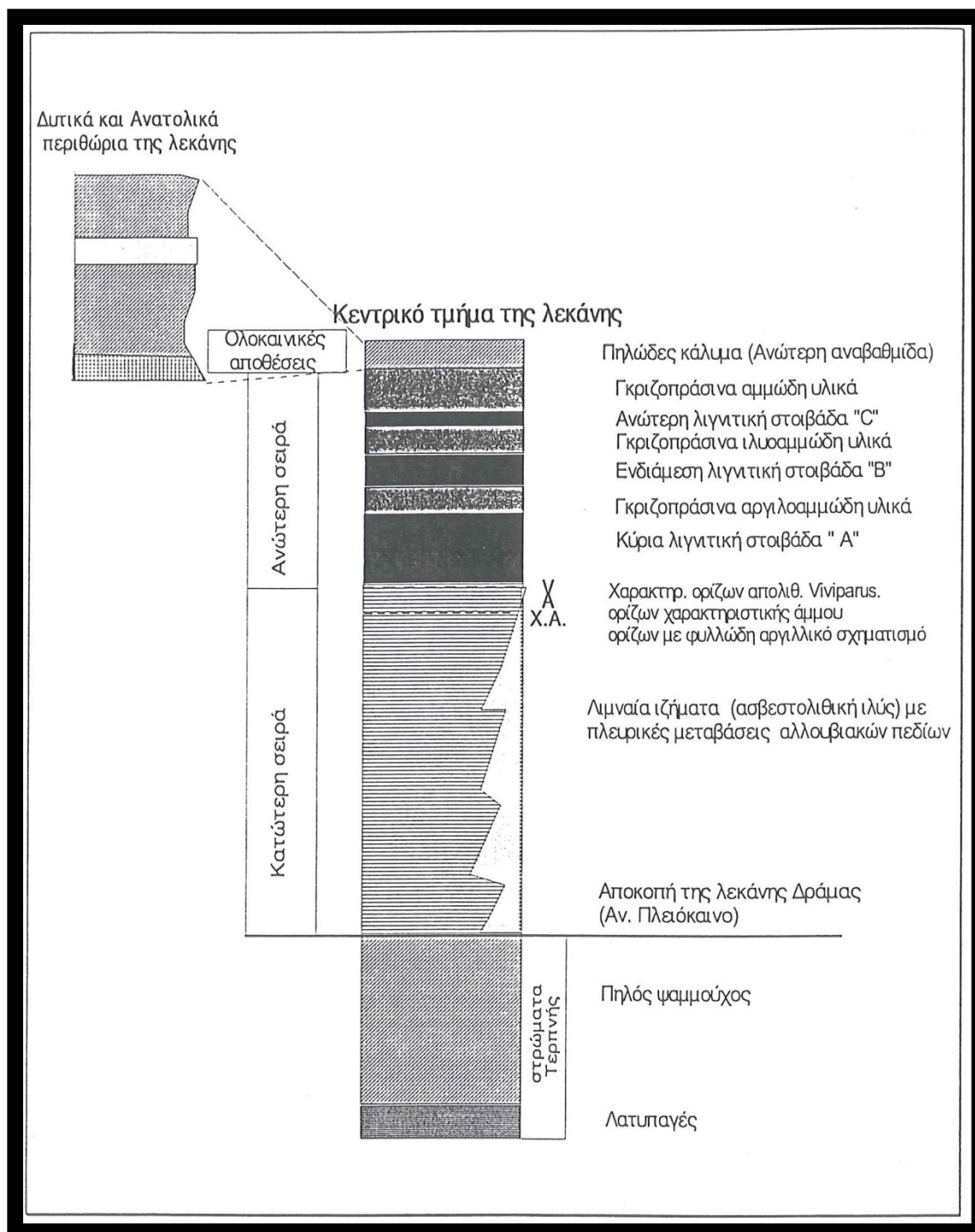
❖ Ανώτερη σειρά

Η ανώτερη σειρά περιλαμβάνει δυο επιμέρους ομάδες τα οργανικά και τα ανόργανα ιζήματα που εναλλάσσονται μεταξύ τους και επεκτείνονται σε όλο το ανάπτυγμα της πεδιάδας.

Τα οργανικά ιζήματα οφείλουν την γένεση τους στα φυτά τα οποία αναπτύχθηκαν και αποτέθηκαν σε μια αβαθή λίμνη ή έλος και αφού υπέστησαν τις κατάλληλες βιοχημικές και δυναμοχημικές διεργασίες μετετράπησαν σε τύρφη και στην συνέχεια σε μαλακό λιγνίτη.

Τα ανόργανα ιζήματα παρεμβάλλονται ή υπέρκεινται των λιγνιτικών στρωμάτων και συνίστανται κυρίως από λεπτομερή υλικά (άμμοι, άργιλοι, ιλύες). Ο πράσινος έως γκριζοπράσινος χρωματισμός των ανόργανων υλικών οφείλεται στην αναγωγή του σιδήρου λόγω των αναερόβιων συνθηκών που επικράτησαν κατά το στάδιο της απόθεσης τους.

Τα σημαντικότερα πάχη της ανώτερης σειράς 200 m συναντώνται στο κεντρικό και στο νοτιοανατολικό τμήμα όπου παρακολουθούν την συνίζηση της λεκάνης ενώ προς τα βόρεια και δυτικά περιθώρια βρίσκονται υπερυψωμένα. Η εικόνα (2.4) αποτελεί την σχηματική στρωματογραφική στήλη της λεκάνης Δράμας.



Εικόνα 2.4: Σχηματική στρωματογραφική στήλη λεκάνης Δράμας.

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

2.3.6 Ολοκαινικές αποθέσεις

Οι ολοκαινικές αποθέσεις αντιπροσωπεύονται από τελματικές και ποταμοχερσαίες φάσεις. Αυτές χαρακτηρίζονται από ένα πηλώδες κάλυμμα που καταλαμβάνει όλη σχεδόν την έκταση της λεκάνης με πάχος μερικών μέτρων (5-7 m) στο κεντρικό τμήμα και μερικών δεκάδων μέτρων (30-40m) προς τα δυτικά και βορειοανατολικά περιθώρια. Χαρακτηρίζονται από εκτεταμένες χαλαρές αποθέσεις κροκαλοπαγών με ερυθρούς πηλούς και άμμους.

Ως τελματικοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται η μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση της τύρφης (55km²) με παρεμβολές ανόργανων υλικών κυρίως αργίλου.

2.4 :Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης Δράμας

Στο βύθισμα Σερρών – Δράμας καταρχήν αναπτύχτηκαν ποτάμεις αποθέσεις οι οποίες αποτελούν τα στρώματα της ‘Βασικής σειράς’. Ειδικότερα η απόθεση των κατώτερων μελών της προήλθε από ποτάμια διακλαδιζόμενα ρέματα, τα οποία εξομάλυναν το έντονο ανάγλυφο του υποβάθρου του βυθίσματος. Για το λόγο αυτό οι αποθέσεις τους είναι ασυνεχείς και περιορίζονται κυρίως στα τότε τοπογραφικά χαμηλότερα σημεία του βυθίσματος, καθώς και σε περιθωριακούς τομείς του. Αντίθετα, τα υπόλοιπα στρώματα της ‘Βασικής σειράς’ συνιστούν αποθέσεις ενός καλά διαμορφωμένου μαιανδρικού ποτάμιου συστήματος. Σε ταπεινώσεις των ‘πεδίων κατακλύσεως’ που εκτείνονταν δίπλα στις μαιανδρικές ζώνες επικράτησαν κατά διαστήματα τελματικές συνθήκες (ποταμιοτέλματα), όπου αναπτύσσονταν λιγνιτικά στρώματα που σήμερα αποτελούν τους λιγνίτες Σερρών.

Ακολουθεί θαλάσσια επίκληση που έδωσε γένεση στα στρώματα ‘Δάφνης’. Τα υπερκείμενα στρώματα του ‘Χουμνικού’ όσον αφορά τα λεπτομερή τους ιζήματα, αντιπροσωπεύουν δέλτα ενώ τα κροκαλοπαγή αποτελούν προϊόντα μαζικής μεταφοράς υλικών που στο πέρασμά τους

διάβρωσαν και τα παλιότερα ιζήματα. Η διαδοχή των λιθοφάσεων στα δελταικά ιζήματα δείχνει ότι τουλάχιστον για μερικούς τομείς της λεκάνης, θα μπορούσε να γίνει αποδεκτή μια βαθμιαία μετάβαση από το καθαρά θαλάσσιο περιβάλλον προς δελταικό. Από την άλλη πλευρά τα αδρομερή ιζήματα στα ανωτέρα τμήματα τους είναι πολύ πιθανόν να αντιπροσωπεύουν αποθέσεις ψυχρής περιόδου.

Το κατώτερο Πλειστόκαινο βρίσκει το βύθισμα Σερρών-Δράμας να χερσεύει με ένα μικρό μόνο τμήμα του να καταλαμβάνεται από τη θάλασσα. Επικρατούν συνθήκες ποτάμιου καθεστώτος, με διακλαδιζόμενα ρέματα τα οποία έδωσαν γένεση στις αποθέσεις των στρωμάτων της 'Τερπνής'. Τοπικά στην λεκάνη Σερρών αναπτύσσονται εφήμερες λίμνες, όπου σχηματίζονται ασβεστούχα ιζήματα τα οποία εκπροσωπούνται από τους μαργαίους ασβεστόλιθους. Επίσης οι περιοχές Νιγρίτας και Αηδονοχωρίου καλύπτονται πρόσκαιρα από θάλασσα όπου αποτέθηκαν οι άμμοι του Καλαβριού.

Αντίθετα, την περίοδο αυτή το μεγαλύτερο τμήμα του χώρου που σήμερα καλύπτει η λεκάνη Δράμας κατακλύζεται σταδιακά από νερά που οδηγούν σε επικράτηση λιμναίων συνθηκών κάτω από τις οποίες αποτέθηκαν οι ασβεστούχες γκύτιες των στρωμάτων Χωριστής.

Με την λίμνη που σχηματίστηκε και ιδιαίτερα με την στάθμη των νερών της ίσως να συνδέονται και οι θέσεις των καρστικών σπηλαίων που είναι γνωστά σήμερα κατά μήκος των περιθωρίων της λεκάνης.

Λίγο μετά την απόθεση του ορίζοντα με τα Viniragus, στο ανώτερο τμήμα των στρωμάτων 'Χωριστής', παρατηρούνται στοιχεία που μαρτυρούν για το χωρισμό του βυθίσματος σε δυο λεκάνες. Πέρα από τα ρήγματα στα δυτικά περιθώρια της λεκάνης Δράμας που επηρέασαν μέχρι και τους σχηματισμούς του Κατώτερου Πλειστοκαίνου, αντίστοιχη βύθιση παρατηρείται και προς την λεκάνη Σερρών, ανατολικά του Στρυμώνα και περίπου παράλληλα προς αυτόν. Έτσι μεταξύ των δυο λεκανών διαμορφώνεται μια τεκτονικά ανυψωμένη περιοχή που αρχίζει από τα νότια του Μενοίκιου όρους και φθάνει μέχρι τους βόρειους πρόποδες του Παγγαίου. Οι ανατολικές παρυφές της αποτελούν τα σημερινά δυτικά μορφολογικά όρια της λεκάνης Δράμας. Από την φάση αυτή και μετά, το βύθισμα Σερρών-Δράμας χωρίζεται ουσιαστικά σε δυο λεκάνες, των Σερρών και της Δράμας, με την κάθε μια να εξελίσσεται ανεξάρτητα.

Η μεταβολή του καθεστώτος ιζηματογένεσης που παρατηρείται στην περιοχή των Φιλίππων, σε ορίζοντες αντίστοιχους περίπου προς τα κατώτερα λιγνιτικά στρώματα του κοιτάσματος Δράμας είναι αποτέλεσμα τεκτονικών γεγονότων. Η τεκτονική δράση την περίοδο αυτή οδήγησε στον χωρισμό της Δράμας από το υπόλοιπο βύθισμα.

2.5 Τεκτονική

Από γεωδυναμική άποψη η εξέλιξη όλης της Δυτικής Ροδόπης φέρνει τα σημάδια μιας έντονης τόσο ρηξιγενούς όσο και πλαστικής παραμόρφωσης. Μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα μεγάλα αντίκλινα που δημιουργούν τους μεγάλους ορεινούς όγκους των ορέων Φαλακρό, Μενοίκιο, Λεκάνη, Παγγαίο και Σύμβολο και τις μεγάλες ρηξιγενείς λεκάνες Σερρών και Δράμας.

Η πρώτη τεκτονική δραστηριότητα έλαβε χώρα κατά το Κάμβριο ή Προκάμβριο. Η προ-Ερκύνεια και πιθανά η Καλιδονική πτύχωση που υπέστη το σύνολο της δυτικής Ροδόπης είναι κατά πασά πιθανότητα συνδεδεμένη με την πρώτη φάση μεταμόρφωσης.

Στη συνέχεια υπάρχει μία επίκληση της θάλασσας κατά το Ανώτερο Λιθανθρακοφόρο και το Πέρμιο.

Κατά το Ηώκαινο – Ολιγόκαινο παρατηρείται ειδικά στο χώρο αυτό μια δεύτερη φάση πτύχωσης με την οποία είναι συνδεδεμένη η τεκτονική που επικρατεί στην περιοχή. Έχουμε κατά τη φάση αυτή το σχηματισμό των μεγάλων συγκλίνων και αντικλίνων αλλά και τις διεισδύσεις των γρανιτικών-γρανοδιοριτικών μαζών που καταλαμβάνουν το πυρήνα των αντικλίνων (αντίκλινο της Καβάλας και ίσως το αντίκλινο του Φαλακρού). Το αντίκλινο του Φαλακρού έχει διεύθυνση 120 μοίρες Β ενώ τα υπόλοιπα είναι προσανατολισμένα σε μια διεύθυνση 40 – 60 μοίρες Β. Τα τελευταία βυθίζονται προς τα ΒΑ ενώ το Φαλακρό προς τα ΒΔ. Παράλληλα αναπτύσσεται ρηξιγενής δραστηριότητα με την οποία είναι συνδεδεμένη η ύπαρξη δυο σειρών ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Η δραστηριότητα αυτή χαρακτηρίζεται από κατακόρυφες κινήσεις οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία περιοχών χαμηλών υψομέτρων, τη

συγκέντρωση υδάτων μέσα σε αυτά και την ανανέωση της ιζηματογένεσης. Έτσι με την βύθιση που επέρχεται στο τέλος του Μειόκαινου – Πλειόκαινου έχουμε νέα επίκληση της θάλασσας και την έναρξη της Τριτογενούς ιζηματογένεσης.

Παρά το γεγονός ότι οι επιδράσεις της τελευταίας αυτής τεκτονικής είχαν σαν αποτέλεσμα την μερική εξαφάνιση και αναμόρφωση των αρχικών χαρακτήρων της παλαιότερης η αναγνώριση της πλαστικής τεκτονικής δεν παρουσιάζει δυσχέρειες. Συνήθως πρόκειται για όρθιες και με απλά γεωμετρικά σχήματα πτυχές οι οποίες στις περιπτώσεις ελάττωσης της γωνίας τους εμφανίζουν στη περιοχή της κορυφής τους πυκνή διάκλαση. Σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζονται στις πλευρές τους επιμέρους μικροπτυχές δημιουργώντας κατ' αυτό τον τρόπο τις πολυσύνθετες πτυχές τύπου σύγκλινο - αντίκλινο.

Πέρα από τα γενικότερης σημασίας ρήγματα που κατά κανόνα είναι καθοριστικά των πλαισίων των νεότερων μορφολογικών μονάδων (ιδίως των λεκανών), ή δράση των οποίων άρχισε – τουλάχιστον στην περιοχή των βυθισμάτων Σερρών και Δράμας – πριν από το κατώτερο Πλειόκαινο, παρατηρούνται και ρήγματα που έδρασαν είτε κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου είτε και αργότερα. Το γεγονός ότι οι διευθύνσεις των ρηγμάτων αυτών συμπίπτουν με εκείνες των ρηγμάτων που διακόπτουν τη συνέχεια των κρυσταλλικών πετρωμάτων και των παλαιότερων λιμναίων αποθέσεων που επικαθόνται σε αυτά αποτελεί ένδειξη για το ότι πρόκειται για τα ίδια τεκτονικά στοιχεία, η λειτουργία των οποίων συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Κατά το Πλειστόκαινο και το Ολόκαινο η τεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή ήταν περιορισμένη τόσο σε έκταση όσο και σε ένταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

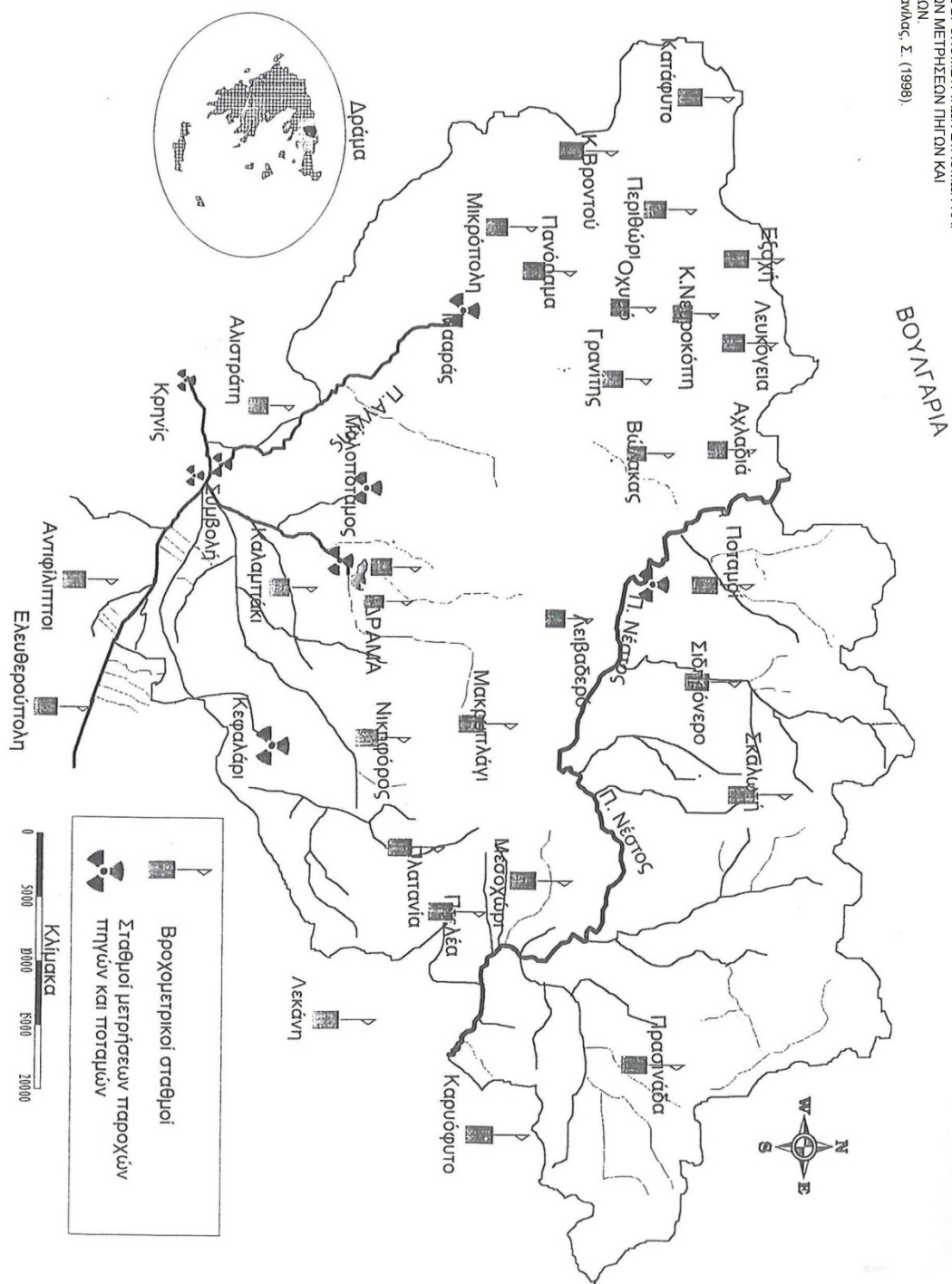
3.1 Γενικά

Η υδρολογία των υπόγειων νερών δεν είναι ανεξάρτητη από εκείνη των επιφανειακών νερών. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον υπολογισμό του υπόγειου δυναμικού μιας λεκάνης είναι η γνώση των φυσικών μεγεθών που εισέρχονται στον κύκλο του νερού και προσδιορίζονται από το ισοζύγιο των επιφανειακών νερών.

Για τον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου της πεδιάδας Δράμας τα φυσικά μεγέθη που ελήφθησαν υπ' όψη από τα δεδομένα μετρήσεων ήταν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, η εξάτμιση νερού από τις τάφρους και υδρορέμματα, καθώς και οι μετρήσεις εισροής και εκροής του υδρογραφικού δικτύου της πεδιάδας. Ο προσδιορισμός των υπόλοιπων μεταβλητών όπως της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, ή της κατείσδυσης στο υπέδαφος προήλθαν από την εφαρμογή τύπων.

3.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Τα διαθέσιμα στοιχεία των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων προέρχονται από 28 μετεωρολογικούς σταθμούς που είναι κατανεμημένοι στον ευρύτερο χώρο της λεκάνης της Δράμας εικόνα (3.1). Μέσα στα όρια της υδρολογικής λεκάνης και στο πεδινό τμήμα, υπάρχει ένα αραιό και μη σωστά κατανεμημένο δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών. Αρκετοί από αυτούς έχουν διακόψει την λειτουργία τους, ενώ άλλοι παρουσιάζουν αρκετά κενά στις μετρήσεις τους. Ο μεγαλύτερος αριθμός των σταθμών βρίσκεται στα όρια των υδρολογικών λεκανών Δράμας, Νέστου και Νευροκοπίου. Οι μετρήσεις των παραπάνω σταθμών ελήφθησαν υπ' όψη επειδή θεωρήθηκε ότι ανήκουν στην ίδια ορεογραφική ζώνη της ευρύτερης λεκάνης Δράμας. Στην εικόνα (3.1) δίνονται όλοι οι διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί της λεκάνης Δράμας.



Η μεγαλύτερη πυκνότητα των σταθμών παρουσιάζεται στο ορεινό τμήμα του Φαλακρού και έχουν εγκατασταθεί από την Δ.Ε.Η. με σκοπό την υδρολογική μελέτη των υπό κατασκευής φραγμάτων θησαυρού, Πλατανόβρυσης και Τεμένους. Το πεδινό τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από δυο μόνο σταθμούς του Καλαμπακίου και της Δράμας που διαθέτουν μακροχρόνιες παρατηρήσεις χωρίς κενά στις μετρήσεις τους. Στη ζώνη του Μενοίκιου και του Παγγαίου υπάρχει αραιό δίκτυο σταθμών. Αρκετοί έχουν διακόψει την λειτουργία τους όπως Νικήσιανη και Αντιφίλιπτοι ενώ άλλοι παρουσιάζουν μικρή σε διάρκεια χρονοσειρές όπως η Αλιστράτη.

Για την αξιοπιστία των δεδομένων και για να υπάρξει ικανοποιητικό αποτέλεσμα στον υπολογισμό του μέσου ετήσιου ύψους των βροχοπτώσεων αποκλείστηκαν ορισμένοι από τους 28 σταθμούς όπως της:

- Σκαλωτής γιατί παρουσιάζει μικρή διάρκεια παρατηρήσεων.
- Νικήσιανης λόγω διακοπής του σταθμού και μικρής διάρκειας λειτουργίας του (1930 – 1940).
- Οχυρού (1966 – 1981) γιατί αποκλίνει σημαντικά από την γενική τάση των βροχοπτώσεων.
- Λευκογείων (1971 – 1977) και Εξοχής (1970 – 1991) γιατί παρουσιάζουν μικρές σε διάρκεια χρονοσειρές παρατηρήσεων.

Στον πίνακα δίνονται οι διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί της ευρύτερης λεκάνης της Δράμας. Από αυτούς αξιολογήθηκαν και επιλέχθηκαν 23 σταθμοί που οι περισσότεροι παρουσιάζουν κοινή περίοδο παρατηρήσεων 25 ετών (περίοδος 1966 – 1991).

Επειδή για την συμπλήρωση και την αξιολόγηση των βροχομετρικών παρατηρήσεων είναι απαραίτητη η ομογενοποίηση τους, έγινε έλεγχος των σταθμών με την μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης. Η συσχέτιση έγινε με γειτονικούς σταθμούς και επιλέχτηκε ως σταθμός αναφοράς αυτός που παρουσίαζε τον μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης (r).

Ορισμένοι βροχομετρικοί σταθμοί παρουσίασαν ελλείψεις μηνιαίων μετρήσεων για την χρονική περίοδο (1966 – 1991). Μετά τον έλεγχο της ομογένειας έγινε η συμπλήρωση των ελλιπών μετρήσεων με την μέθοδο σταθερών αναλογιών Roche. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε γιατί οι σταθμοί κυρίως της ζώνης Φαλακρού, παρουσιάζουν μεγάλη πυκνότητα μεταξύ τους και σταθερή αναλογία στις ταυτόχρονες μετρήσεις τους. Ο

πίνακας (3.1)δείχνει τους διαθέσιμους βροχομετρικούς σταθμούς της ευρύτερης λεκάνης Δράμας και τα μέσα ετήσια ύψη των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

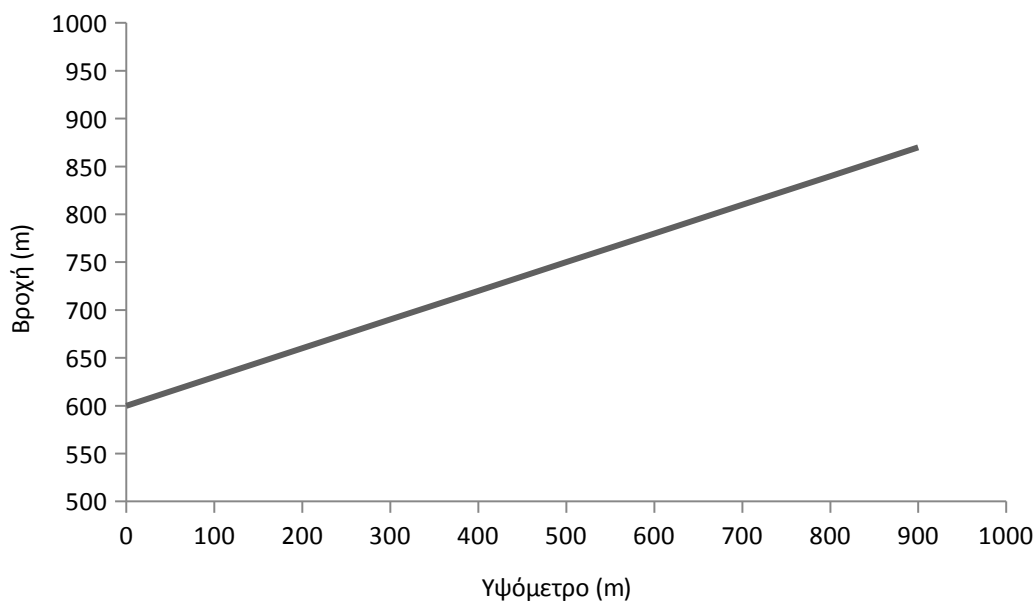
Πίνακας 3.1: Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί λεκάνης Δράμας.

α/α	Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Βροχή (mm)	Διάρκεια Λειτουργίας	Φορέας	Ελεγχόμενη ζώνη
1	Δράμα	102	596	1966-91	Υ.Ε.Β	Πεδιάδα
2	Δράμα	120	595	1966-91	Υ.Ε.Β	Πεδιάδα
3	Καλαμπάκι	57	600	1966-91	Υ.Ε.Β	Πεδιάδα
4	Νευροκόπι	570	720	1966-91	Υ.Ε.Β	Φαλακρό
5	Βώλακας	840	880	1966-91	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
6	Λειβαδερό	670	810	1966-91	Υ.Ε.Β	Φαλακρό
7	Σιδηρόνερο	570	680	1966-91	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
8	Μεσοχώρι	120	670	1966-91	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
9	Πρασινάδα	660	780	1966-91	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
10	Ποταμοί	400	670	1966-91	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
11	Νικηφόρος	240	567	1966-91	Υ.Ε.Β	Φαλακρό
12	Πτελέα	410	751	1966-91	Δ.Ε.Η	Λεκάνη
13	Μικρόπολη	360	911	1966-91	Υ.Ε.Β	Μενοίκιο
14	Οχυρό	540	1117	1966-81	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
15	Μακρυπλάγι	750	836	1970-91	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
16	Ελευθερούπολη	50	730	1972-91	Υ.Ε.Β	Παγγαίο
17	Πανόραμα	550	1030	1970-79	Δ.Ε.Η	Φαλακρό
18	Αλιστράτη	260	750	1954-63	Ε.Μ.Υ	Μενοίκιο

Πηγή:Πανίλας, Σ. (1998).

3.2.1 Σχέσεις ύψους υετού – υψόμετρου σταθμού

Το υψόμετρο είναι ο κυριότερος παράγοντας στην χωρική κατανομή των κατακρημνισμάτων. Άλλοι παράγοντες όπως το ανάγλυφο του εδάφους, η βλάστηση, η παρουσία μικροκλίματος μπορεί να δημιουργήσει αποκλίσεις στην γενική τάση υψομέτρου – υετού. Επειδή η σχέση των δυο μεταβλητών είναι γραμμική, η εξίσωση που αποδίδεται από την ευθεία έχει την μορφή $y = a \cdot x + b$ όπου το υψόμετρο του σταθμού και των κατακρημνισμάτων. Η σχέση υψομέτρου και κατακρημνισμάτων δίνεται στην εικόνα για την ευρύτερη λεκάνη της Δράμας (πεδινό τμήμα, λεκάνη Νευροκοπίου και τμήμα της λεκάνης Νέστου).



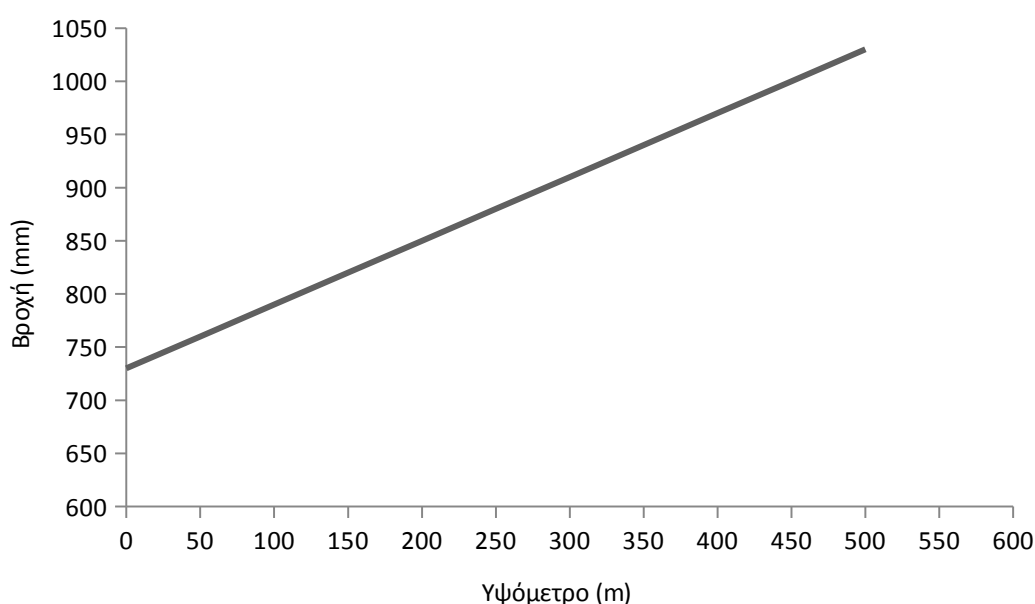
Εικόνα 3.2: Σχέση υψόμετρου – βροχής της πεδιάδας Δράμας (1966 - 1991).
Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στην ζώνη Παγγαίου – Μενοίκιου παρατηρείται αραιό δίκτυο σταθμών. Μετά τον έλεγχο της ομοιογένειας και συμπλήρωσης των μετρήσεων σε τέσσερις σταθμούς που παρουσιάζουν κοινή περίοδο παρατηρήσεων (1972 – 1978) δίνεται η σχέση υψόμετρου και ύψους των κατακρημνισμάτων. Η εξίσωση που συνδέει τις δυο μεταβλητές, το υψόμετρο του σταθμού (ανεξάρτητη μεταβλητή) και το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (εξαρτημένη μεταβλητή) δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{Βροχόπτωση} = 0.549 \cdot \text{Υψόμετρο} + 664$$

Παρατηρείται ένας υψηλός βαθμός συσχέτισης ($r=0.99$) που σημαίνει ότι στην ζώνη Παγγαίου και Μενοικίου υπάρχει έντονη εξάρτηση των κατακρημνισμάτων από την τοπογραφική διαμόρφωση. Από την παραπάνω εξίσωση συνάγεται μια αύξηση του υετού 54.9 mm ανά 100 m.

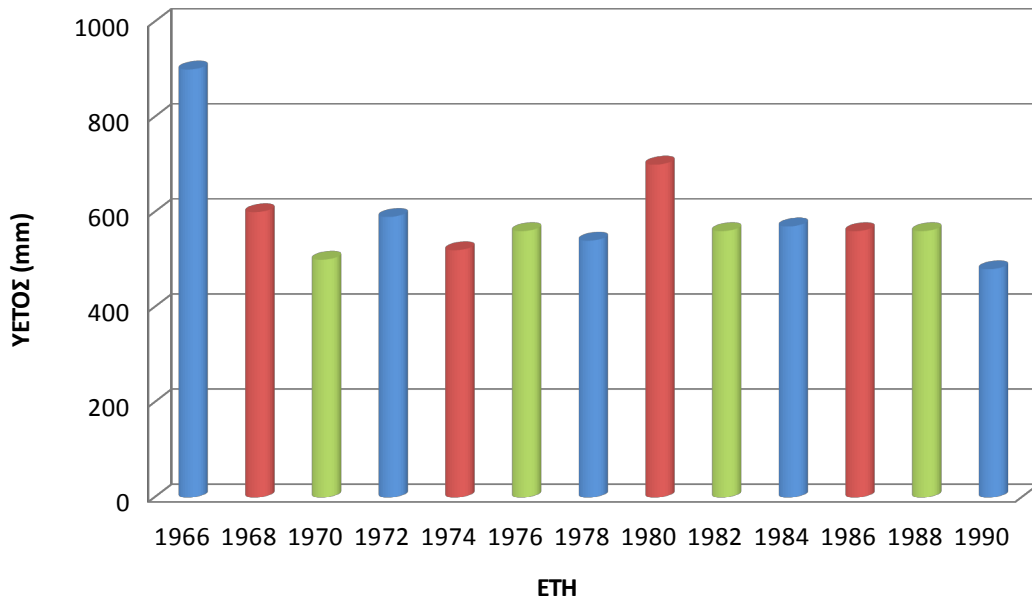
Οι υψηλές τιμές υετού που παρουσιάζουν οι ζώνες Μενοικίου, Παγγαίου σε σχέση με τον ορεινό όγκο του Φαλακρού πιθανόν να αποδίδονται στην κίνηση των αέριων μαζών με την δημιουργία αδιαβατικών φαινομένων και της τάση αύξησης των κατακρημνισμάτων.



Εικόνα 3.3: Σχέση υψόμετρου – βροχής της ζώνης Παγγαίου – Μενοικίου, (1966 - 1991). Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

3.2.2 Ετήσια πορεία των κατακρημνισμάτων

Από την χωροχρονική διακύμανση των κατακρημνισμάτων για την περίοδο (1966 – 1991) διαπιστώνεται ότι στο πεδινό τμήμα της λεκάνης υπάρχει μια σχετικά ισορροπημένη κατανομή του υετούεικόνα (3.4).

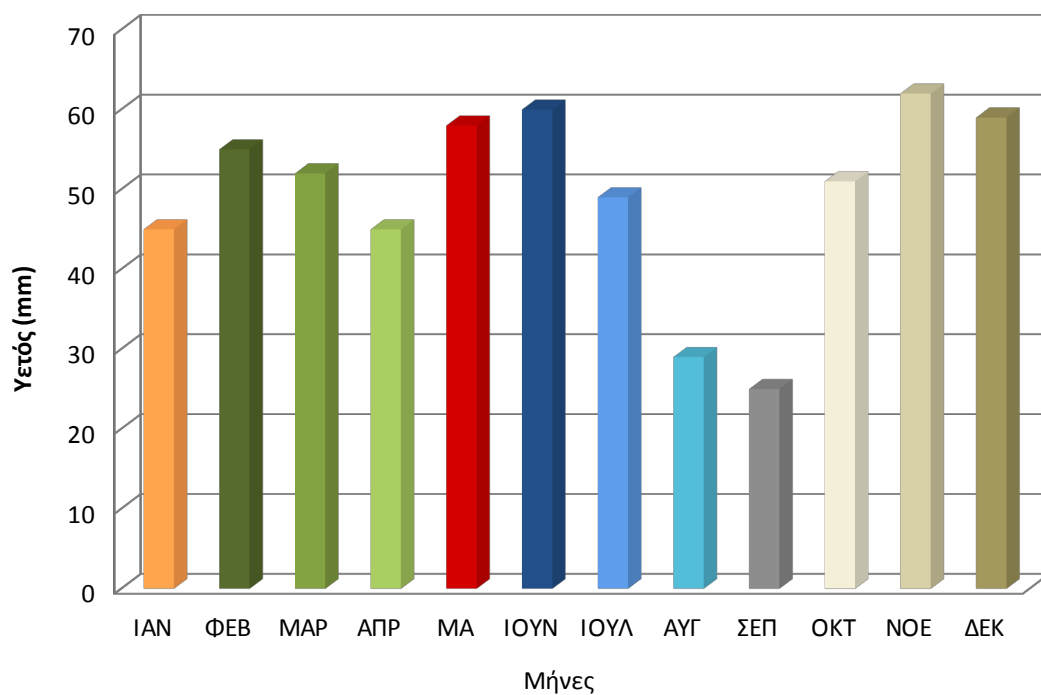


Εικόνα 3.4: Μέσο ετήσιο ύψος βροχής σταθμού Δράμας

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

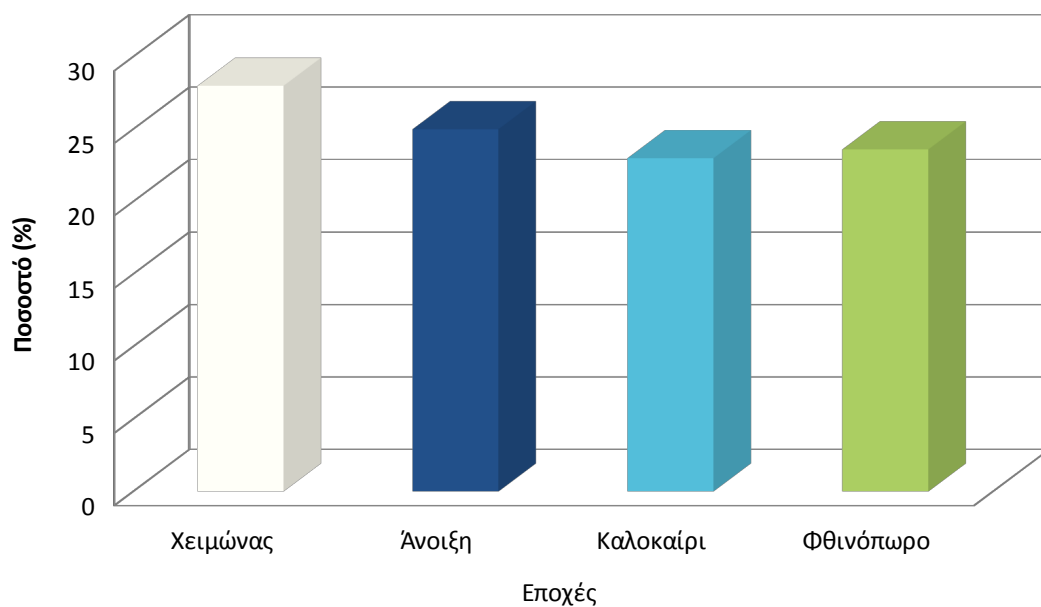
Χαρακτηριστικό επίσης της διανομής των βροχοπτώσεων είναι ότι όλοι οι σταθμοί ανεξάρτητα του υψομέτρου παρουσιάζουν υψηλές τιμές τον μήνα Ιούνιο σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες εικόνα (3.5).

Επίσης τα υψηλότερα ποσοστά του υετού παρατηρούνται τον χειμώνα (28%) σε σχέση με την άνοιξη (25%), το καλοκαίρι (23%) και το φθινόπωρο (23.6%) εικόνα (3.6) .



Εικόνα 3.5: Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής της πεδιάδας Δράμας.

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).



Εικόνα 3.6: Εποχιακή κατανομή των κατακρημνισμάτων στην πεδιάδα της Δράμας. Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

3.3 θερμοκρασία

Από τα δεδομένα της θερμοκρασίας στο σταθμό Δράμας παρατηρείται ότι ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος (4°C) και ο θερμότερος μήνας ο Ιούλιος (24.8°C). Ο Παπαδόπουλος (1993) σε τέσσερις σταθμούς της ευρύτερης λεκάνης Δράμας αποδίδει την σχέση θερμοκρασίας – υψομέτρου με την εξίσωση:

$$\text{θερμοκρασία} = \text{Υψόμετρο} * 0.0075 + 15.75$$

όπου και παρατηρείται υψηλός συντελεστής συσχέτισης ($r=0.97$). Από την παραπάνω σχέση συνάγεται ότι υπάρχει μείωση της θερμοκρασίας 0.75°C ανά 100 m.

3.4 Κλίμα

Η ευρύτερη λεκάνη της Δράμας χαρακτηρίζεται από ένα ενδιάμεσο Μεσογειακού και Κεντροευρωπαϊκού τύπου κλίματος.

Ο Παπαδόπουλος χαρακτηρίζει ως εύκρατο ηπειρωτικό το ορεινό τμήμα της λεκάνης Δράμας, ενώ το πεδινό τμήμα το θεωρεί εν μέρει Μεσογειακό με ξηρούς τους μήνες Ιούνιο έως Σεπτέμβριο και τους υπόλοιπους μήνες να παρουσιάζουν χαρακτηριστικά ευκράτου κλίματος. Οι Korpen (1936) καθόρισαν πέντε κατηγορίες κλιμάτων καθώς και τις υποδιαιρέσεις αυτών, αφού εξέτασαν χωριστά και σε συνδυασμό μαζί τις δυο παραμέτρους της βροχής και της θερμοκρασίας αέρα. Σύμφωνα με αυτήν την κλιματική υποδιαίρεση το κλίμα της πεδινής έκτασης ανήκει στον τύπο Cfa του το χαρακτηρίζει εύκρατο υγρό κλίμα λόγω της ομοιόμορφης κατανομής της βροχής σε όλην την διάρκεια του έτους και με μέση μηνιαία θερμοκρασία του θερμότερου μήνα μεγαλύτερη από 22°C. Το ορεινό τμήμα της λεκάνης ανήκει στον τύπο Cfb του δηλώνει εύκρατο υγρό κλίμα για όλο το έτος και με μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα μικρότερη από 22°C.

3.5 Εξατμισοδιαπνοή

Η εξατμισοδιαπνοή θεωρείται ένα από τα βασικά στοιχεία του υδρολογικού κύκλου και αντιπροσωπεύει τις ποσότητες του νερού που επανέρχονται από στην ατμόσφαιρα με την συνδυασμένη δράση της εξάτμισης και διαπνοής.

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ET_p) είναι η οριακή τιμή που θα μπορούσε να φθάσει η εξατμισοδιαπνοή αν η προσφορά του νερού κάλυπτε συνεχώς την απώλεια από την εξάτμιση και διαπνοή καθ' όλη την διάρκεια του υδρολογικού έτους.

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής έχουν προταθεί πολυάριθμοι εμπειρικοί τύποι όπως του Thornthwaite (1994), Turc (1961). Το πλήθος των παραμέτρων που ρυθμίζουν την εξατμισοδιαπνοή όπως κλιματικοί παράγοντες, υγρασία εδάφους, πυκνότητα βλάστησης, ένταση και διάρκεια κατακρημνισμάτων, καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή των παραπάνω τύπων. Γι' αυτό και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή μπορεί να θεωρηθεί ως κλιματικός δείκτης μιας περιοχής που δείχνει το όριο που μπορεί να φθάσει η πραγματοποιούμενη εξάτμιση και διαπνοή.

Χρησιμοποιώντας αριθμητικούς δείκτες και τα δεδομένα των μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας ο Thornthwaite(1948) προτείνει τον ακόλουθο εμπειρικό τύπο για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ET_p):

$$ET_p = 16 \cdot (10 + T/I)$$

Όπου T= η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

I = είναι ετήσιος θερμικός δείκτης

Οι τιμές της ET_p για κάθε μήνα διορθώνονται με ένα συντελεστή που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος των σταθμών.

Στον πίνακα (3.2) δίνεται η μέση δυνητική εξατμισοδιαπνοή από την εφαρμογή του παραπάνω τύπου για τον Σταθμό Δράμας (περίοδος 1966 – 1991).

Πίνακας 3.2: Μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή

Μήνες	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
T (°C)	3,9 4	5,9	11	13, 5	18, 3	22, 3	24, 5	23, 9	20, 5	18, 5	9,2 4	4,7 6
ETp	6,9 7	13	34, 1	47, 3	75, 5	103	119	115	90, 4	77	25, 8	9,3 6
Διορθωμέν η ETp	5,6 4	10, 7	34, 1	51, 5	92, 8	128	149	134	92, 2	72, 4	20, 9	7,3 9

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

Για την εξέταση του υδρολογικού ισοζυγίου, η παράμετρος που ενδιαφέρει είναι η πραγματική απώλεια νερού στην εξεταζόμενη περίοδο, δηλαδή η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (Er) που εξαρτάται τόσο από το διαθέσιμο νερό στο έδαφος όσο και από τα κατακρημνίσματα.

➤ Πραγματική εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο του Thornthwaite

Από την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ETp) σύμφωνα με την μέθοδο του Thornthwaite (1948) και τις μέσες μηνιαίες τιμές των κατακρημνισμάτων, υπολογίζεται η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο του Thornthwaite.

Οι βασικές παραδοχές που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν για το υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής είναι οι ακόλουθες:

- Εάν οι βροχοπτώσεις (P) του μήνα είναι μεγαλύτερες από την δυνητική εξατμισοδιαπνοή τότε η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (Er) είναι ίση με την δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ETp).
- Εάν οι βροχοπτώσεις του μήνα είναι μικρότερες από την (ETp) τότε η (Er) είναι το άθροισμα των βροχοπτώσεων του μήνα και όλο ή μέρος των αποθεμάτων του διαθέσιμου νερού στο έδαφος.

Η διαφορά μεταξύ της βροχόπτωσης και της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής μας δίνει την ποσότητα που απορρέει ή κατεισδύει στο έδαφος.

Ο συντελεστής της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής δίνεται από την σχέση:

$$s = (E_r/P) * 100$$

όπου E_r και P είναι οι ετήσιες τιμές της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και της βροχόπτωσης αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής στην πεδιάδα Δράμας για τα υδρολογικά έτη (1966 – 1991), χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και κατακρημνισμάτων των σταθμών Δράμας και Καλαμπακίου.

Τα αποτελέσματα του ισοζυγίου και της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής την περίοδο (1966 - 1991) κατά τον Thornthwaite παρουσιάζονται παρακάτω στον πίνακα (3.3).

Από την μελέτη των αποτελεσμάτων προκύπτει:

- Πλεόνασμα του νερού εμφανίζεται κατά τους μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο.
- Έλλειμμα νερού παρατηρείται τους μήνες Απρίλιο έως Σεπτέμβριο.
- Η αναπλήρωση του εδαφικού νερού γίνεται τους μήνες Οκτώβριο έως Δεκέμβριο.
- Το σύνολο της απορροής και της κατείσδυσης ανέρχεται σε 133 mm που αντιπροσωπεύει το 22.3% των κατακρημνισμάτων.
- Ο συντελεστής της E_r αντιπροσωπεύει το 77.6% των κατακρημνισμάτων.

Πίνακας 3.3: Υδρολογικό ισοζύγιο πεδιάδας Δράμας.

Μήνες	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ετήσια
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------

T (°C)	3.94	5.9	11	13.5	18.3	22.3	24.5	23.9	20.5	18.5	9.24	4.76	
P (mm)	46.6	58.2	50.5	44.4	53.7	58	46.9	32.7	25.5	52.8	63.5	62.8	595.6
EP (mm)	6.97	13	34.1	47.3	15.5	103	119	115	90.4	77	25.8	9.36	716
EPδ (mm)	5.64	10.7	34.1	51.5	92.8	128	149	134	92.2	72.4	20.9	7.39	798.1
CST (mm)				-7.14	-39	-23.8					42.6	27.4	
RU (mm)	70	70	70	62.9	23.8	0	0	0	0	0	42.6	70	
Er (mm)	5.64	10.7	34.1	51.5	92.7	81.8	46.9	32.7	25.5	52.8	20.9	7.39	462.5
RO + I	40.96	47.5	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.14	133

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

Όπου

T: Θερμοκρασία

P: Κατακρημνίσματα

EP: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή

EPδ: Διορθωμένη δυνητική εξατμισοδιαπνοή

CST: Μεταβολή του νερού στο έδαφος

RU: Αποθήκευση νερού στο έδαφος

Er: Πραγματική εξατμισοδιαπνοή

RO: Επιφανειακή απορροή

I: Κατείσδυση

Ένα από τα ευαίσθητα σημεία για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής είναι η γνώση του μέγιστου διαθέσιμου ποσού σε νερό που δέχεται το έδαφος. Για την πεδιάδα της Δράμας η τιμή που δόθηκε ως μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα είναι του εδάφους είναι 70 mm.

Ο Λαμπράκης (1987) εκτιμά ότι η ικανότητα κατακράτησης για τις περιοχές όπου επικρατούν τα νεογενή ιζήματα ανέρχονται σε 150 mm.

Ο Βουδούρης (1995) στις Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις του ΒΔ τμήματος της Αχαΐας εκτιμά ως μέγιστη κατακράτηση νερού στο έδαφος τα 135 mm.

➤ Πραγματική εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο του Turc

Ο Turc (1954) διαθέτοντας δεδομένα από 254 λεκάνες της Μεσογείου διατύπωσε την ακόλουθη σχέση για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με την βοήθεια της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και του μέσου ετήσιου ύψους του υετού:

$$E_r = P / (\sqrt{0.9 + (P/L)^2})$$

Όπου E_r πραγματική ετήσια εξατμισοδιαπνοή σε mm

P = το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε mm

T = η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα σε βαθμούς κελσίου

$$L = 300 + 25 * T + 0,05 * T^3$$

Ο τύπος του Turc παρουσιάζει καλή εφαρμογή σε περιοχές που δέχονται υψηλά κατακρημνίσματα, με υψηλό συντελεστή απορροής και χαμηλές θερμοκρασίες.

Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης Δράμας παρουσιάζονται, για διαφορετικά υδρολογικά έτη, οι τιμές της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (E_r) τόσο με την μέθοδο του Turc όσο και με την μέθοδο του Thornthwaite πίνακας (3.4). Παρατηρείται ότι οι τιμές της (E_r) με την μέθοδο του Turc είναι υψηλότερες. Η εφαρμογή του υδρολογικού ισοζυγίου και η εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με την μέθοδο του Thornthwaite δείχνει να παρουσιάζει μεγαλύτερη αξιοπιστία για το πεδινό τμήμα της λεκάνης Δράμας όπου η μέση ετήσια τιμή των κατακρημνισμάτων είναι σχετικά χαμηλή.

Πίνακας 3.4: Μέση βροχόπτωση και εξατμισοδιαπνοή σε σταθμούς του Ν. Δράμας.

Χρονική περίοδος	Μετεωρολογικοί Σταθμοί	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής	Ερ μέθοδος Turc	Ερ μέθοδος Thornthwaite
1990	Δράμας	450	415,48	342.2
1991	Δράμας	504,5	466,6	396
1988-92	Δράμας	463,4	415,74	395.8
1966-91	Δράμας	595,4	489,2	462.5
1964-81	Δράμας	626	507	468.3

Πηγή : (Πανίλας Σωτήρης 1998).

3.6 Επιφανειακή απορροή

Το υδρογραφικό δίκτυο της πεδιάδας δημιουργήθηκε κυρίως από το πηγαίο σύστημα που βρίσκεται στην περίμετρο της. Οι πηγές που αναβλύζουν στην περίμετρο της λεκάνης δημιουργούν μόνιμες ροές με τελικό αποδέκτη τον ποταμό Αγγίτη ο οποίος εξέρχεται από την λεκάνη Δράμας πλησίον της Συμβολής και συνενώνεται νοτιότερα με τον ποταμό Στρυμόνα.

Για τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής του ποταμού Αγγίτη χρησιμοποιήθηκαν και αξιολογήθηκαν τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. και της Ε.Υ.Β. Και οι δυο υπηρεσίες πραγματοποιούν μετρήσεις στάθμης και παροχής του ποταμού στην έξοδο της λεκάνης.

Η Δ.Ε.Η. από το (1988) πραγματοποιεί μηνιαίες μετρήσεις της στάθμης και της παροχής του ποταμού στην θέση Κρηνίς 2.500 μνότια της Συμβολής, ενώ η Δ.Ε.Β. στην θέση Αγγίστα 3.000 μνοτιότερα από την πρώτη.

Η Δ.Ε.Β. στον σταθμό Αγγίστης διαθέτει μακροχρόνιες παρατηρήσεις αλλά παρουσιάζει σημαντικές ελλείψεις στις μηνιαίες μετρήσεις ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Από τα δεδομένα του σταθμηγράφου του ποταμού και των μηνιαίων μετρήσεων της παροχής έγινε προσπάθεια να βρεθεί αντιπροσωπευτική σχέση μεταξύ στάθμης – παροχής, αλλά υπήρξε σημαντική διασπορά των σημείων. Οι αποκλίσεις αυτές πρέπει να οφείλονται στην μη διαμορφωμένη κοίτη του ποταμού και στην χρήση φορητού μυλίσκου, οργάνου ακατάλληλου για μεγάλες παροχές όπως ο ποταμός Αγγίτης.

Ανάντη της θέσης αυτής και κατά μήκος της κοίτης του ποταμού αναβλύζουν πηγές με σημαντικές παροχές (πηγές Αλμυρές) που προέρχονται από τα ανθρακικά πετρώματα του Μενοικίου.

3.7 Κατείδυση

Η Κατείδυση αποτελεί μέρος των κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους, συμπληρώνει αρχικά το έλλειμμα της εδαφικής υγρασίας και στην συνέχεια το πλεονάζον νερό τροφοδοτεί τους υδροφόρους ορίζοντες.

Η ικανότητα κατείδυσης στο έδαφος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η κλίση του εδάφους, η υγρασία, η ένταση βροχόπτωσης, η φυτοκάλυψη των εδαφών, καθώς και η λιθολογική σύσταση και δομή του εδάφους.

Στην πεδιάδα της Δράμας υπολογίσθηκε το σύνολο της απορροής και της κατείδυσης με βάση το υδρολογικό ισοζύγιο του Thornthwaite. Εκτιμήθηκε για την περίοδο (1988 – 1992), ότι το σύνολο της επιφανειακής απορροής και της κατείδυσης ανέρχεται σε 69.6 mmπου αντιπροσωπεύει το 14.3 % των κατακρημνισμάτων.

Συγκρίνοντας για διαφορετικές χρονικές περιόδους το ποσοστό της κατείδυσης και απορροής με την μέθοδο του Thornthwaite παρατηρήθηκε ότι σημαντικές διακυμάνσεις της απορροής και της κατείδυσης, (14.3 % και 22.3 %), εξαρτώνται από τα ύψη των κατακρημνισμάτων των αντίστοιχων χρονικών περιόδων όπως φαίνεται και στον πίνακα (3.5).

Πίνακας 3.5: Υπολογισμός της απορροής και κατείδυσης για διαφορετικές χρονικές περιόδους με την μέθοδο του Thornthwaite.

Χρονική περίοδος	Σταθμοί	Κατακρημνίσματα	Απορροή – Κατείδυση	Ποσοστό επί της % των βροχοπτώσεων της απορροής και της κατείδυσης
1990	Δράμας	450	107	23.9%
1991	Δράμας	504,5	108,4	21.5%
1988-92	Δράμας	463,4	69,6	14.3%
1988-93	Δράμας	464,3	76,7	16.4%
1966-93	Δράμας	595,4	132	22.3%
1964-81	Δράμας	626	156	25%

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

3.8 Εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου των Τεταρτογενών της Λεκάνης Δράμας

Η πρώτη εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου για το πεδινό τμήμα της λεκάνης μέχρι την ισοϋψή των 200 m, πραγματοποιήθηκε από την Υδροέρυνα (1984). Οι παράμετροι για τον υπολογισμό του ισοζυγίου βασίστηκαν στα δεδομένα της χρονικής περιόδου (1978 – 1980). Οι μέσες τιμές του ισοζυγίου (εισροές – εκροές) εκτιμήθηκαν σε $1.425 * 10^6 \text{m}^3$. Στην μελέτη αυτή ως επιφανειακή απορροή της λεκάνης ελήφθησαν οι μετρήσεις της παροχής του ποταμού Αγγίτη στην θέση Αγγίστα που βρίσκεται έξω από τα όρια της υδρολογικής λεκάνης της Δράμας.

Οι Πανίλας – Πετράς επανεκτίμησαν το ισοζύγιο της πεδιάδας μέχρι την ισοϋψή των 200 m, για την χρονική περίοδο (1988 – 1992). Η περίοδος αυτή επιλέχτηκε γιατί υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία μετρήσεων της παροχής του ποταμού Αγγίτη στην θέση Κρηνίς. Οι μέσες ετήσιες τιμές των εισροών – εκροών υπολογίστηκαν σε $641 * 10^6 \text{m}^3$.

Με βάση μερικά διορθωτικά και συμπληρωματικά στοιχεία γίνεται επανεκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου της πεδιάδας για την περίοδο (1988 – 1992). Το ισοζύγιο καλύπτει μόνο τις Τεταρτογενείς Αποθέσεις της πεδιάδας επιφάνειας 571 km^2 , που συμπίπτει περίπου με την ισοϋψή των 100 m.

Το ισοζύγιο εισροών – εκροών του Τεταρτογενούς υδροφόρου περιγράφεται από την εξίσωση της υδρολογικής ισορροπίας:

$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} \pm \text{υπόγεια αποθήκευση}$$

Εισροές = (ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, επιφανειακές εισροές από το πηγαίο σύστημα, υπόγειες εισροές νερού στην πεδιάδα από τα ανθρακικά πετρώματα)

Εκροές = (επιφανειακή εκροή από τον ποταμό Αγγίτη, πραγματική εξατμισοδιαπνοή, εξάτμιση από τα επιφανειακά νερά, αντλήσεις του υδροφόρου για ύδρευση – άρδευση).

Οι παράμετροι στις παραπάνω σχέσεις περιγράφονται αναλυτικά:

Στις εισροές περιλαμβάνονται:

➤ *Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα*

Υπολογίστηκε το μέσο ύψος υετού από τον αριθμητικό μέσο όρο των βροχομετρικών σταθμών Καλαμπακίου και Δράμας, επειδή οι σταθμοί θεωρούνται αντιπροσωπευτικοί για την περιοχή. Το μέσο ύψος υετού υπολογίστηκε για την περίοδο (1988 – 1992) σε 484 mm, ο δε μέσος ετήσιος όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχονται οι Τεταρτογενείς αποθέσεις αντιστοιχούν σε $276 \cdot 10^6 \text{m}^3$.

➤ *Οι επιφανειακές εισροές*

Η πεδιάδα της Δράμας είναι ο τελικός αποδέκτης όλων των πηγαίων αφίξεων του καρστικού συστήματος της ευρύτερης λεκάνης. Το υδρογραφικό δίκτυο λειτουργεί αποκλειστικά από τα νερά των πηγών. Η ύπαρξη των ανθρακικών πετρωμάτων που δομούν τους ορεινούς όγκους της λεκάνης και η έντονη καρστικοποίηση τους δεν επιτρέπουν την λειτουργία μόνιμων η παροδικών επιφανειακών ροών προς την πεδιάδα της Δράμας. Έτσι ως επιφανειακές εισροές λαμβάνονται οι ποσότητες του νερού που απορρέουν κυρίως από το πηγαίο σύστημα. Για την χρονική περίοδο (1988 – 1992) υπολογίστηκε ότι ο μέσος ετήσιος όγκος νερού που προέρχεται από τις πηγαίες αφίξεις και διαμορφώνει το υδρογραφικό δίκτυο της πεδιάδας ανέρχεται σε $335 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Στην παραπάνω τιμή έχουν προστεθεί και οι απολήψεις των νερών των πηγών της Βοιράνης – Κεφαλαρίου ($14 \cdot 10^6 \text{m}^3$), οι οποίες δεν συμπεριλαμβάνονται στις παραπάνω μετρήσεις των παροχών των πηγών.

➤ *Οι υπόγειες εισροές*

Υπόγειες εισροές θεωρούνται οι αφίξεις των νερών που προέρχονται από τα ανθρακικά πετρώματα και εμπλουτίζουν τον υδροφόρο ορίζοντα των Τεταρτογενών. Οι ποσότητες εκτιμήθηκαν σε $17 * 10^6 \text{m}^3$ και προήλθαν από την αναγωγή των υπολοίπων γνωστών παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου.

Στις εκροές περιλαμβάνονται:

➤ *Η εξατμισοδιαπνοή*

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (Er) καθώς και το ποσοστό απορροής και κατείσδυσης εκτιμήθηκε με το μοντέλο του Thornthwaite (1955) πίνακας (3.6). Για την χρονική περίοδο (1988 – 1992) η πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίσθηκε σε 414.6 mm και αντιπροσωπεύει το 85.6% των κατακρημνισμάτων, ο δε μέσος ετήσιος όγκος νερού που εξατμίζεται ανέρχεται σε $236 * 10^6 \text{m}^3$.

Πίνακας 3.6: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (Er), της απορροής (RO), και της κατείσδυσης (I), για την χρονική περίοδο (1988 - 1992) σύμφωνα με την μέθοδο Thornthwaite.

Μήν ς	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Σύνολο
P (mm)	2,96	28,1	48,5	42,9	42,3	50,2	48,7	23,8	22,3	32,6	74,7	67,3	484
Er	5,46	10,16	28,69	52,65	89,84	72,46	48,7	23,8	22,3	32,6	21,5	6,5	414,6
RO+I	0	17,94	19,81	0	0	0	0	0	0	0	0	31,89	69,6

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

➤ *Οι επιφανειακές εκροές*

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, η επιφανειακή εκροή όλης της υδρολογικής λεκάνης της Δράμας, γίνεται μέσω του ποταμού Αγγίτη πλησίον της Συμβολής, όπου και αποτελεί το μοναδικό σημείο εξόδου των επιφανειακών νερών.

Ο μέσος ετήσιος όγκος απορροής για την πενταετία (1988 – 1992) υπολογίστηκε σε $216 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Στην παραπάνω τιμή θα πρέπει να συνυπολογιστεί και ο όγκος του επιφανειακού νερού που αντλείται από τον ποταμό Αγγίτη και τις τάφρους κατά τους θερινούς μήνες για τις ανάγκες των αρδεύσεων, καθώς και ο όγκος του νερού που εξατμίζεται κατά την διαδρομή του ποταμού.

➤ *Η εξάτμιση επιφανειακών νερών των υδρορεμμάτων και των τάφρων*

Από τα δεδομένα του εξατμισήμετρου του Ινστιτούτου Καπνού Δράμας, υπολογίστηκε ότι για την χρονική περίοδο (1988 – 1992), η μέση ετήσια τιμή της εξάτμισης ανέρχεται σε 742 mm. Για την ίδια χρονική περίοδο υπολογίστηκε ότι ο μέσος ετήσιος όγκος του νερού που εξατμίζεται από τα υδρορέματα που παρουσιάζουν μόνιμες ροές συνολικού μήκους 100 km και καλύπτουν μια επιφάνεια 300.00 m^2 , ανέρχεται σε 222.600 m^3 .

Πλήθος τάφρων και χωμάτινων καναλιών διασχίζουν όλη την έκταση του πεδινού τμήματος, τα οποία κατακλύζονται κατά την θερινή περίοδο από τα επιφανειακά νερά που προέρχονται από της πηγές. Υπολογίστηκε ότι η επιφάνεια των νερών που καταλαμβάνουν τα κανάλια ανέρχεται στο 0.01 της συνολικής επιφάνειας της πεδιάδας. Κατά συνέπεια οι ποσότητες νερού που εξατμίζονται από τις τάφρους κατά την αρδευτική περίοδο ανέρχονται σε $1.42 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Αθροιστικά ο μέσος ετήσιος όγκος εξάτμισης των επιφανειακών νερών από τα υδρορέματα και τις τάφρους με μόνιμη και παροδική ροή ανέρχεται σε $1.64 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ο πίνακας (3.7) δείχνει τον μέσο ετήσιο όγκο νερού που εξατμίζεται από τα υδρορέματα και τις τάφρους με παροδική και μόνιμη ροή (1988 - 1992).

Πίνακας 3.7: Όγκος νερού εξάτμισης από επιφανειακά νερά.

Εξάτμιση από υδρορέεματα με μόνιμη ροή σε (m ³)	Εξάτμιση νερού από τάφρους – κανάλια με παροδική ροή σε (m ³)	Σύνολο σε (m ³)
2,226*10 ⁵	1,42*10 ⁶	1,64*10 ⁶

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

➤ *Απολήψιμες ποσότητες των επιφανειακών και υπόγειων νερών*

Περιλαμβάνονται οι απολήψεις των επιφανειακών και υπόγειων νερών για την αρδευτική και υδρευτική χρήση και είναι:

- Απολήψεις των υπόγειων νερών για υδρευτικές ανάγκες:
Ο Πανίλας υπολόγισε ότι οι αντλούμενες ποσότητες των υπόγειων νερών για τις υδρευτικές ανάγκες ανέρχονται σε 15 *10⁶m³ ετησίως.
- Απολήψεις των επιφανειακών νερών για υδρευτικές ανάγκες:
Περιλαμβάνονται τα νερά των πηγών Βοιράνης – Κεφαλαρίου που υδροδοτούν τμήμα του δήμου Καβάλας και ανέρχονται σε 14 * 10⁶m³ετησίως.
- Απολήψεις των υπόγειων νερών για αρδευτικές ανάγκες:
Σύμφωνα με τα στοιχεία της Δ.Ε.Β Δράμας, οι ποσότητες του υπόγειου νερού που αντλούνται για αρδευτικές ανάγκες εκτιμήθηκαν σε 26 *10⁶m³.
- Απολήψεις των επιφανειακών νερών για αρδευτικές ανάγκες:
Ο Κισσούδης (1991) υπολόγισε για το σύνολο των 177.861 στρεμμάτων της πεδιάδας ότι καταναλώνονται 91 *10⁶m³ νερό από τα επιφανειακά νερά.

Πίνακας 3.8: Ετήσιες απολήψιμες ποσότητες των υπόγειων και επιφανειακών νερών.

Απολήψεις από τα υπόγεια νερά για ύδρευση.	Απολήψεις από πηγές για ύδρευση.	Απολήψεις από υπόγεια νερά για άρδευση.	Απολήψεις από επιφανειακά νερά για άρδευση.	Σύνολο σε (mm).
15 * 10 ⁶ m ³	14 * 10 ⁶ m ³	28*10 ⁶ m ³	91*10 ⁶ m ³	146*10 ⁶ m ³

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

➤ Οι υπόγειες εκροές

Η υπόγεια απορροή προς την λεκάνη Σερρών πρέπει να θεωρηθεί ελάχιστη έως μηδενική. Αυτό προκύπτει από στοιχεία κοιτασματολογικών γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά μήκος της ζώνης Παγγαίου και Μενοικίου και δείχνουν την επικράτηση αργιλικών υλικών με σημαντικά πάχη. Επιπλέον σε δεκαπέντε γεωφυσικές διασκοπίσεις κατά μήκος της ζώνης αυτής έδειξαν να επικρατούν χαμηλές αντιστάσεις που οφείλονται στην παρουσία αργιλοαμμούχων υλικών. Με βάση τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η λεκάνη της Δράμας μπορεί να θεωρηθεί κλειστή λεκάνη με μοναδική έξοδο των νερών (επιφανειακή και επιδερμική ροή) να συντελείται δια μέσου του ποταμού Αγγίτη.

Από την ανάλυση των παραπάνω μεγεθών που αντιπροσωπεύουν τις ποσότητες νερού που εισρέουν και εκρέουν από την λεκάνη της Δράμας, όπως αυτή προσδιορίστηκε από την εξίσωση της υδρολογικής ισορροπίας, παρουσιάζεται στον πίνακα (3.9) το υδρολογικό ισοζύγιο για την πενταετία (1988 – 1992).

Πίνακας 3.9: Το υδρολογικό ισοζύγιο για την πενταετία (1988 – 1992).

Εισροές νερού	*10 ⁶ m ³	Εκροές νερού	*10 ⁶ m ³
Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα	276	Εξατμισοδιαπνοή	236
Επιφανειακές εισροές	335	Εξάτμιση υδρορεύματα	1,6
Υπόγειες εισροές	17	Επιφανειακές εκροές	261
		Απολήψεις υπόγειων νερών για ύδρευση	15
		Απολήψεις υπόγειων νερών για άρδευση	26
		Απολήψεις από πηγές για ύδρευση	14
		Απολήψεις επιφανειακών νερών για άρδευση	91
Σύνολο	628		644,6

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

Με βάση τον παραπάνω πίνακα γίνονται κάποιες επισημάνσεις:

- Παρατηρείται ένα αρνητικό ισοζύγιο της τάξης των 16.6 m^3 που οφείλεται στην υπεράντληση του υπόγειου νερού για την κάλυψη των αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών που ανέρχονται στα $41 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Οι ποσότητες αυτές είναι μεγαλύτερες από το σύνολο των υπόγειων εισροών ($17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) και από την απευθείας κατέισδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ($8,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) που εμπλουτίζουν τον υδροφόρο ορίζοντα.
- Οι χωροχρονικές διακυμάνσεις της στάθμης του υδροφόρου για την περίοδο (1988 – 1992) φανερώνουν μια συνεχή ταπείνωση στάθμης του υδροφορέα κατά 0,42 m ετησίως. Γνωρίζοντας την επιφάνεια του υδροφόρου (S) 571 km^2 , την μέση ετήσια πτώση στάθμης (h) 0,42 m και τον ετήσιο ελλειμματικό όγκο όπως προέκυψε από το ισοζύγιο (Δr) $16,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, υπολογίζεται το ενεργό πορώδες (n) του υδροφόρου από την σχέση:

$$n = \Delta r / (S \cdot h)$$

που αντιστοιχεί σε $n=7\%$

Παραπλήσια τιμή του ενεργού πορώδους προσδιορίστηκε κατά την προσομοίωση του υδροφόρου με την χρήση μαθηματικού ομοιώματος, αναφορά που θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο.

- Το ισοζύγιο του πεδινού τμήματος της λεκάνης Δράμας των $1.425 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, όπως εκτιμήθηκε από την Υδροέρευνα (1984) για την περίοδο (1978 – 1980) θεωρείται υπερβολικά υψηλό. Αυτό αποδίδεται κυρίως στις μετρήσεις των παροχών του ποταμού Αγγίτη που γίνονται στην θέση Αγγίστα και συμπεριλαμβάνουν ποσότητες του νερού που προέρχονται έξω από τα όρια της υδρολογικής λεκάνης της Δράμας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

4.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται εκτεταμένη αναφορά στην υδρογεωλογία της λεκάνης Δράμας. Πρώτα γίνεται αναφορά γενικά στις τρεις υδρολογικές λεκάνες που χωρίζουν τον Νομό Δράμας και μετά αναλύεται η υδρογεωλογία της λεκάνης Δράμας που είναι το κύριο θέμα της πτυχιακής εργασίας. Οι τρεις ευδιάκριτες λεκάνες είναι η λεκάνη του Νέστου με έκταση 1432 km^2 η οποία αποτελεί τμήμα της ευρύτερης λεκάνης απορροής του Νέστου, η κλειστή λεκάνη του Νευροκοπίου με έκταση 425 km^2 και η λεκάνη Δράμας με έκταση 1875 km^2 .

4.2 Η υδρολογική λεκάνη της Δράμας

Η έκταση της λεκάνης απορροής του Αγγίτη συνολικά είναι 2.182 km^2 και χωρίζεται σε δυο τμήματα : 1) Στην λεκάνη Δράμας-Τεναγών φιλιππων (λεκάνη Δράμας) που κλίνει στην γραμμή Αλιστράτης – Συμβολής – Μπάφρας – Κορυφή Παγγαίου με έκταση απορροής 1.932 km^2 και 2) στο τμήμα μέχρι την συμβολή με τον Στρυμόνα που ανήκει εξ ολοκλήρου στον νομό Σερρών με έκταση 250 km^2 περίπου.

➤ Υφιστάμενοι υδατικοί πόροι

Η έκταση της λεκάνης απορροής της Δράμας είναι 1.932 km^2 εκ των οποίων τα 1.500 km^2 ανήκουν στον Νομό Δράμας. Μέσω των πηγών Μααρά και του Αγγίτη γίνεται και η απορροή της λεκάνης του Οχυρού. Χαρακτηριστικό της λεκάνης αποτελεί η γεωλογική δομή της (μάρμαρα) και η τεκτονική της, με αποτέλεσμα να έχουμε ελάχιστη επιφανειακή απορροή και μεγάλη κατείσδυση, που δίνει γένεση στο περιφερειακό καρστικό σύστημα πηγών.

Από το σύνολο των πηγών που εκδηλώνονται στις παρυφές της ιζηματογενούς λεκάνης εκρέει ετησίως κατά μέσο όρο για την πολυετία (49-98) όγκος νερού $480 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Κατά την τελευταία δεκαετία (88-98) ο μέσος ετησίως όγκος νερού δεν ξεπέρασε τα $286 \cdot 10^6 \text{m}^3$, με ελάχιστο το έτος 1992 που μόλις έφθασε τα $157 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Μέσα στην αρδευτική περίοδο που συνήθως είναι 107-110 ημέρες εκρέει και χρησιμοποιείται στην άρδευση μόνον το 28% του μέσου ετήσιου όγκου νερού. Δηλαδή το 1992 διατέθηκαν μόνο $44 \cdot 10^6 \text{m}^3$ για άρδευση. Επιφανειακά νερά στην ορεινή μάζα δεν έχουμε πλην ακραίων καιρικών φαινομένων. Επομένως δεν μπορούν να γίνουν φράγματα και ταμιευτήρες στον ορεινό όγκο. Στην πεδινή περιοχή συμπλέκονται οι εκφορτίσεις των πηγών και η όποια επιφανειακή απορροή της λεκάνης, λόγω όμως της μικρής ομαλής κλίσης των κοιτών και του μικρού βάθους αυτών, δεν δημιουργούνται αξιόλογοι χώροι αποταμίευσης του νερού. Την πενταετία (90-95) με την λειψυδρία που επικράτησε, έγινε σημαντικός αριθμός τέτοιων μικροταμιευτήρων για την ενίσχυση της άρδευσης. Οι ταμιευτήρες αυτοί είναι δεκάδων χιλιάδων κυβικών έως μερικών εκατοντάδων χιλιάδων κυβικών νερού. Το σύνολο όλων που έγιναν έως τώρα υπολογίζεται ότι αποθηκεύουν όγκο νερού της τάξης των $2 \cdot 10^6 \text{m}^3$ πλην της Τάφρου Φιλίππων που στην έναρξη της αρδευτικής περιόδου αποθηκεύει όγκο $5-6 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Με βάση την υδρογεωλογική κατάσταση της λεκάνης τον κύριο ρυθμιστικό ρόλο στα υπόγεια νερά τον έχει η καρστική λεκάνη που καθορίζει τόσο την εκφόρτιση των πηγών όσο και την πιεζομετρία στο ιζηματογενές τμήμα της. Το ιζηματογενές τμήμα στο σύνολο του θεωρείται φτωχός υδροφορέας και έχει ιδιαίτερη αξία στα κράσπεδα όπου γίνεται η μετάγγιση του νερού από τα μάρμαρα στα ιζήματα. Υπολογίζεται ότι από τα ιζήματα μπορούν να αντληθούν περίπου $40 \cdot 10^6 \text{m}^3$ νερού χωρίς να έχουμε κανένα επηρεασμό των πηγών ή πτώση της στάθμης από έτος σε έτος. Πέραν αυτού του όγκου έχουμε σταδιακή ταπείνωση της στάθμης και έμμεσο επηρεασμό των πηγών μειώνοντας τι συνολικές εκφορτίσεις τους. Επειδή όμως έχουμε σημαντικό όγκο νερού 72% περίπου που φεύγει ανεκμετάλλευτο εκτός αρδευτικής – θερινής περιόδου από τις πηγές, η μείωση στις εκφορτίσεις τους μήνες Οκτώβριο – Νοέμβριο – Δεκέμβριο, περίοδο βροχών, περνάει απαρατήρητη ή με ασήμαντες επιπτώσεις. Έτσι σήμερα με τις 300 αρδευτικές γεωτρήσεις των Έργων και των Δήμων – Κοινοτήτων, τις 800 ιδιωτικές αρδευτικές γεωτρήσεις

μεσαίας διαμέτρου και τις 270 ιδιωτικές φρεάτιες γεωτρήσεις μικρής διαμέτρου, εκτιμάται ότι αντλούνται από τα υπόγεια νερά συνολικά όγκος νερού της τάξης των $60-65 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Κατά την περίοδο της λειψυδρίας (90-95) παρουσιάσθηκε μια υποχώρηση της στάθμης κυμαινόμενη από 4-10 m περίπου, ενώ την τελευταία 3 ετία είχαμε την αποκατάσταση της στα προ 10 ετίας επίπεδα.

➤ *Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων*

1α) Ύδρευση Δήμου Καβάλας από πηγές Βοιράνης με την δέσμευση 460lit/sec για την ύδρευση 65.000 κατοίκων.

1β) Ύδρευση των 6 νέων Δήμων του Νομού Δράμας με πληθυσμό 85.900 κατοίκων.

1γ) Ύδρευση των Δήμων και κοινοτήτων του Νομού Καβάλας που βρίσκονται μέσα στην λεκάνη με πληθυσμό 24.000 κατοίκων.

1δ) Ύδρευση συνδέσμου Κοινότητας Παγγαίου Νομού Σερρών από πηγές “Γαλάζια νερά” μέσω 3 γεωτρήσεων και την απόληψη περίπου 300lit/sec.

2) Οι καθαρές καλλιεργήσιμες και προς άρδευση εκτάσεις ανέρχονται σε 560.000 στρέμματα που κατανέμονται κατά 408.100 στρέμματα στον Νόμο Δράμας, κατά 117.900 στρέμματα στον Νομό Καβάλας και τα 34.600 στρέμματα στον Νομό Σερρών. Εξ αυτών αρδεύονται έστω και πλημμελώς τα 280.000 στρέμματα περίπου, ήτοι ποσοστό 49-50%. Το υπόλοιπο 50-51% δεν αρδεύονται, ενώ το 48,5% καλύπτουν τα χειμερινά σιτηρά. Οι αρδευτικές αυτές πραγματοποιούνται με τα αρδευτικά δίκτυα κατά 184.747 στρέμματα που τροφοδοτούνται κυρίως από τις θερινές παροχές των πηγών και εν μέρει από γεωτρήσεις, και τα υπόλοιπα 95.253 στρέμματα από γεωτρήσεις κυρίως.

3) Βιομηχανική χρήση νερού με το νόημα της ενσωμάτωσης του νερού στην βιομηχανική παραγωγή (κατανάλωση νερού) δεν υπάρχει μέχρι σήμερα σ’ όλη την λεκάνη. Το σύνολο της βιομηχανικής δραστηριότητας χρησιμοποιεί νερό, το οποίο ξανά αποδίδει στους φυσικούς αποδέκτες μετά τη χρήση. Η πλειονότητα εξυπηρετείται από γεωτρήσεις.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται σχετίζονται κυρίως με το κατά πόσο λειτουργούν οι υποτιθέμενοι βιολογικοί ή μη βιολογικοί καθαρισμοί και κατά πόσο μολύνονται οι φυσικοί αποδέκτες μετά την απόδοση του νερού.

➤ *Προβλήματα χρήσης υδατικών πόρων*

Ότι αφορά την ύδρευση από πλευράς επάρκειας νερού δεν υπάρχει σοβαρό πρόβλημα σε ολόκληρη την λεκάνη. Σε περιόδους έλλειψης βροχών και μάλιστα με ετήσιο ύψος κάτω των 500 mm, δημιουργούνται προβλήματα ιδιαίτερα στους οικισμούς που η ύδρευση τους στηρίζεται αποκλειστικά σε υδρομαστεύσεις πηγών. Με την λειψυδρία της περιόδου (90-95) σε πολλές τέτοιες περιπτώσεις έγιναν γεωτρήσεις ύδρευσης που λειτουργούν είτε συμπληρωματικά κατά το θέρος είτε αποτελούν εφεδρικά συστήματα ύδρευσης. Σε περίπτωση επανάληψης της λειψυδρίας θα ξανά εμφανισθούν μεμονωμένα τέτοια προβλήματα σε οικισμούς που δεν έχουν γίνει ακόμη γεωτρήσεις, ή είναι δύσκολο να ανορυχθούν για συμπληρωματική υδροδότηση. Ότι αφορά την ποιότητα του υδρευτικού νερού είτε χημικά είτε μικροβιολογικά δεν έχουμε μέχρι σήμερα ιδιαίτερο πρόβλημα. Ο κύριος χρήστης των υδατικών πόρων της λεκάνης είναι η γεωργία με τις αρδεύσεις, και τα προβλήματα όλα περιστρέφονται γύρω από την έλλειψη του αρδευτικού νερού. Ο μικρός όγκος νερού που εκφορτίζουν οι πηγές στην διάρκεια των 110 ημερών της αρδευτικής περιόδου (28%), η αδυναμία κατασκευής μεγάλων ταμιευτήρων στις αβαθείς κοίτες των υδατορευμάτων των πηγών λόγω έλλειψης χώρου, η αδυναμία κατασκευής ταμιευτήρων στον ορεινό όγκο λόγω έλλειψης νερού και πορώδους πετρώματος και τέλος η τάση του αγροτικού πληθυσμού για αντικατάσταση των χειμερινών σιτηρών με εαρινές καλλιέργειες λόγω καλλίτερου εισοδήματος, δείχνουν την μεγάλη έλλειψη αρδευτικού νερού που έχει η λεκάνη. Υπολογίζεται ότι για την άρδευση των υπολοίπων 280.600 στρεμμάτων της λεκάνης απαιτείται όγκος νερού της τάξης των $180 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Πρέπει να γίνει επίσης κατανοητό ότι με αυτά τα υδρογεωλογικά δεδομένα της λεκάνης, υπάρχει άμεση εξάρτηση της διαθέσιμης ποσότητας νερού για άρδευση από το ύψος και την κατανομή των βροχοχιονοπτώσεων την αμέσως προηγούμενη βροχομετρική περίοδο.

Για ετήσιο ύψος βροχής κατώτερο των 500 mm τα προβλήματα έλλειψης νερού γίνονται εκρηκτικά για την γεωργία. Ευτυχώς που τα 3 τελευταία χρόνια το ετήσιο ύψος βροχής ξεπερνά τα 700 mm και έχουμε έτσι την σταδιακή αποκατάσταση και στις εκφορτιζόμενες παροχές των πηγών, και στην επαναφορά της στάθμης στα προ του 1990 επίπεδα. Πρόβλημα που σχετίζεται με την χρήση των υδατικών πόρων στην λεκάνη Δράμας – Τεναγών Φιλίππων αποτελεί και η οξείδωση του τυρφώνα των Φιλίππων που έχει ως αποτέλεσμα την συνίζηση του. Η διατήρηση υψηλής υδροστατικής στάθμης και αυξημένης υγρασίας στην επιφάνεια της τύρφης αποτελεί πρωταρχικό μέλημα κατά την διαχείριση των υδατικών πόρων για την συντήρηση του τυρφώνα. Επομένως η σχέση των αντλήσεων από τα υπόγεια νερά γύρω από τον τυρφώνα πρέπει να είναι τέτοια που να μην ξεπερνά την προσφορά νερού από το πέριξ πηγαίο καρστικό σύστημα, ώστε να παραμείνει σταθερή καθ' όλο το έτος η υδροστατική στάθμη αυτού.

➤ *Προοπτική ανάπτυξης περιοχής με ορίζοντα 10ετίας*

Η λεκάνη Δράμας Τεναγών Φιλίππων κατά την επόμενη 10 ετία δεν προβλέπεται να αλλάξει χαρακτήρα από ότι είναι σήμερα. Θα παραμείνει κατά βάση αγροτική και έτσι θα έχουμε:

1. Ενίσχυση με αρδευτικό νερό των υπαρχόντων αρδευτικών δικτύων.
2. Επέκταση της άρδευσης κατά 280.000 στρέμματα στην πεδιάδα Δράμας – Τεναγών Φιλίππων.
3. Ανακατασκευή παλαιών αρδευτικών δικτύων για εξοικονόμηση νερού και αποτελεσματικότερη άρδευση.
4. Η αύξηση του γεωργικού εισοδήματος με την κατασκευή νέων αρδευτικών δικτύων.
5. Η εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων άρδευσης σε συνδυασμό με αναδιάρθρωση καλλιεργειών.

➤ *Διάρθρωση αναγκών από αναπτυξιακή προοπτική*

1. Οι συνολικές ανάγκες των αρδευτικών δικτύων που ανέρχονται σε 310 εκ. κυβ. νερό θα πρέπει να καλυφθούν.

2.Οι υδρευτικές ανάγκες θα παραμείνουν σε ίδια επίπεδα.

- *Στόχοι μακροπρόθεσμοι αντιμετώπισης προβλημάτων και κάλυψης ισοζυγίου προσφοράς – ζήτησης*

Όπως αναφέρω στην παράγραφο των προβλημάτων χρήσης των υδατικών πόρων, δεν υπάρχει σήμερα ούτε αναμένεται την επόμενη 10 ετία να υπάρξει πρόβλημα ύδρευσης, τουλάχιστον από πλευράς επάρκειας νερού, εάν και εφ' όσον δεν ακολουθήσει σειρά ετών με βροχοχιονοπτώσεις χαμηλές, κατώτερες και των 400 mm. Ακόμη δεν αναμένεται να υπάρξει πρόβλημα στο σύνολο της βιομηχανικής – βιοτεχνικής δραστηριότητας, δεδομένου ότι η υδροδότηση της γίνεται κυρίως με γεωτρήσεις από τα υπόγεια νερά. Το μεγάλο πρόβλημα υπάρχει στην γεωργία και επιδεινώνεται συνεχώς με την μετατροπή των χειμερινών σιτηρών σε εαρινές καλλιέργειες που θέλουν σίγουρα άρδευση. Η ζήτηση αρδευτικού νερού και επομένως η ανόρυξη γεωτρήσεων, αφού αποτελεί τον μοναδικό δρόμο στον ιδιωτικό τομέα για την ανεύρεση του, αυξάνεται συνεχώς από έτος σε έτος, παρ' όλα τα περιοριστικά και απαγορευτικά μέτρα που έχουν ληφθεί από το 1994 και εντεύθεν. Επειδή όμως οι υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης είναι τέτοιες, η συνεχιζόμενη αύξηση του αριθμού των γεωτρήσεων και άρα των αντλήσεων από τα υπόγεια νερά, έχει επίπτωση στις εκφορτίσεις των πηγών είτε άμεσες είτε έμμεσες, ανάλογα με το που ανορύσσονται οι γεωτρήσεις. Έτσι οι αντιδράσεις γίνονται αλυσιδωτές. Μεγάλη πτώση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων, επιφέρει σταδιακή πτώση στην παροχή των πηγών, ακολουθεί νέα εντατικοποίηση των αντλήσεων προκειμένου να καλυφθεί το έλλειμμα νερού με συνέπεια την περαιτέρω πτώση της στάθμης. Απώτερο επακόλουθο βέβαια θα είναι η μερική ή σε δύσκολες βροχομετρικές χρονιές η ολική στείρευση των πηγών. Μια τέτοια εξέλιξη θα έχει αντίκτυπο και επίπτωση στο τέλος και στην ύδρευση του πληθυσμού και στην βιομηχανική δραστηριότητα. Άρα μακροπρόθεσμος στόχος για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ιδιαίτερα κατά τις περιόδους χαμηλών βροχοπτώσεων αποτελεί η ενίσχυση των αρδευτικών αναγκών της λεκάνης Δράμας – Τεναγών Φιλίππων από τα νερά του ταμιευτήρα Πλατονοβρύσης του ποταμού Νέστου.

➤ *Ενέργειες – μελέτες – έργα υποδομής*

1)Κατασκευή του έργου μεταφοράς νερού $170 \cdot 10^6 \text{m}^3$ από τον Ταμιευτήρα Πλατανόβρυσης της Δ.Ε.Η. στην λεκάνη της Δράμας – Τεναγών Φιλίππων.

2)Σύνταξη μελέτης Γενικού Σχεδιασμού – Μεταφοράς – Διανομής – Διαχείρισης των νερών του ποταμού Νέστου στη λεκάνη Δράμας.

3)Ενίσχυση του υπάρχοντος σήμερα αρδευτικού νερού με την κατασκευή μικροταμιευτήρων στις κοίτες των υδατορευμάτων των πηγών, του ποταμού Αγγίτη και των στραγγιστικών τάφρων.

4)Κατασκευή λιμνοδεξαμενών σε άγονα και αλατούχα εδάφη της πεδιάδας με σκοπό την ενίσχυση της άρδευσης.

5)Ανόρυξη και αξιοποίηση 15 νέων γεωτρήσεων στο εσωτερικό της πεδιάδας και ιδιαίτερα στο αρδευτικό Βοιράνης – Καλαμπακίου – Αγίας Παρασκευής.

4.3 Υδρογεωλογία της λεκάνης Δράμας

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά που παρατηρείται στην λεκάνη της Δράμας έχει ως εξής: Τα ανθρακικά πετρώματα καταλαμβάνουν εξ' ολοκλήρου το ορεινό τμήμα, με αποτέλεσμα η εκκένωση της υδροφορίας των καρστικών νερών να δημιουργεί πηγές με σημαντικές παροχές στην επαφή με τις τεταρτογενείς αποθέσεις (πηγές Δράμας και Μυλοπόταμου).

Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης της Δράμας διαπιστώνεται η ύπαρξη ενός εκτεταμένου ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα με μέγιστο πάχος τα 120 mπου αναπτύσσεται υπερκείμενα των αδιαπέρατων λιμνοτελματικών ιζημάτων. Προς το κεντρικό τμήμα της πεδιάδας ο υδροφόρος μεταπίπτει σε υπό πίεση λόγω της παρουσίας των αδιαπέρατων λιγνιτικών στρωμάτων.

Στην περίμετρο της λεκάνης Δράμας το μικρό πάχος των υδροπερατών σχηματισμών και των υποκείμενων αδιαπέρατων σχηματισμών που βρίσκονται σε επαφή με τα ανθρακικά πετρώματα περιορίζουν σημαντικότερα τις υπόγειες αφίξεις των καρστικών νερών στα ιζήματα με αποτέλεσμα να περιορίζουν σημαντικά τον εμπλουτισμό του υδροφόρου στις Τεταρτογενείς αποθέσεις. Εξαίρεση αποτελούν οι αφίξεις των υπόγειων νερών που

προέρχονται από τα ανθρακικά πετρώματα του Παγγαίου, δημιουργώντας μια σημαντική αλλά περιορισμένη σε έκταση υδροφορία. Από την σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου της εξαετίας (1988 – 1993) προέκυψε ότι υπάρχει έλλειμμα στο ισοζύγιο της τάξης των $14,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και οφείλεται στο καθεστώς υπεράντλησης των υπόγειων νερών στα πλαίσια της προσπάθειας να ικανοποιηθούν οι υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες της περιοχής.

Χωρίς να υπάρχουν διακριτά γεωγραφικά όρια η ταφρολεκάνη της Δράμας αποτελεί το ευρύτερο πεδίο των επί μέρους τριών πεδιάδων. Το δυτικό τμήμα που ανήκει η περιοχή της Προσοτσάνης, το κεντρικό τμήμα που φιλοξενεί το κοίτασμα του λιγνίτη και το νότιο – νοτιοανατολικό τμήμα που περιλαμβάνει τα τετάρτη των Φιλιππων με το ομώνυμο τυρφολιγνιτικό κοίτασμα.

4.4 Υδρογεωλογικός χαρακτηρισμός των πετρωμάτων

Το νερό της βροχής όταν φθάσει στην επιφάνεια του εδάφους θα κατεισδύσει ή θα σχηματίσει επιφανειακή απορροή. Ποια ποσότητα των κατακρημνισμάτων θα ακολουθήσει αυτές τις δυο οδούς εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των πετρωμάτων της λεκάνης απορροής.

Το υπόγειο νερό προέρχεται είτε από την άμεση κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είτε από πλευρική διήθηση, αποθηκεύεται και κινείται μέσα στους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής υπακούοντας σε ορισμένους βασικούς κανόνες που εξαρτώνται από την δομή των σχηματισμών. Γενικά η ικανότητα των γεωλογικών σχηματισμών να αποθηκεύουν και να μεταβιβάζουν ποσότητες υπόγειου νερού εξαρτάται από την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά. Με βάση τον τρόπο που συμπεριφέρεται το υπόγειο και το μετεωρικό νερό, τα πετρώματα που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Δράμας διαχωρίζονται στις παρακάτω υδρολιθολογικές ενότητες.

4.4.1 Χαλαρά πετρώματα (τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις)

Σε αυτά περιλαμβάνονται ιζήματα λιμναίας (άργιλοι, μάργες, λιγνιτικά κοιτάσματα κλπ.), ποταμοχερσαίας (πολύμικτα κροκαλοπαγή, άμμοι, ψαμμίτες) και χερσαίας προέλευσης (κροκαλο – λατυποπαγή, ψαμμίτες και ερυθροχρώματα) με συνεχείς εναλλαγές.

Η κοκκομετρική σύσταση των αποθέσεων αυτών ποικίλει. Στο σύνολο τους όμως χαρακτηρίζονται από σχετικά μεγάλο συντελεστή υδροπερατότητας και μέσο ενεργό πορώδες 10-25% ενώ ο συντελεστής ενεργής κατείσδυσης κυμαίνεται μεταξύ 10-25%. Παρουσιάζουν μεγάλο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον και τα υδρομαστευτικά έργα του πεδινού τμήματος της λεκάνης Δράμας έχουν κατασκευαστεί στις αποθήκες αυτές. Τα έργα αυτά (κυρίως αρδευτικές υδρογεωτρήσεις) είναι επιτυχή και λειτουργούν με ικανοποιητικές παροχές.

4.4.2 Βραχώδη πετρώματα πλην ανθρακικών

Τα πετρώματα αυτά μαζί με τους ανθρακικούς σχηματισμούς αποτελούν το κρυσταλλικό υπόβαθρο της λεκάνης Δράμας και δομούν τους ορεινούς όγκους στην περίμετρο του πεδινού τμήματος της λεκάνης. Περιλαμβάνουν γνεύσιους, γνευσιακούς σχιστόλιθους και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους. Τα παραπάνω πετρώματα παρουσιάζουν παρεμφερή υδρογεωλογική συμπεριφορά. Τα πετρώματα της ενότητας αυτής έχουν ένα ασήμαντο πρωτογενές και ένα σχετικά αυξημένο δευτερογενές πορώδες. Το πρωτογενές πορώδες των υγιών (χωρίς αποσάθρωση) πετρωμάτων είναι συνήθως μικρότερο του 3%. Στην ζώνη αποσάθρωσης όμως το πορώδες αυξάνει και μπορεί να κυμαίνεται από 1% μέχρι 35%. Το πορώδες αυτό ελαττώνεται σε βάθος παράλληλα με τον περιορισμό της αποσάθρωσης του πετρώματος. Εκτός της αποσάθρωσης το δευτερογενές πορώδες καθορίζεται και από την ύπαρξη ζωνών διάρρηξης ασυνέχειας κλπ. Συνήθως τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν μια υδραυλική ανισοτροπία και ετερογένεια.

4.4.3 Ανθρακικά πετρώματα (μάρμαρα)

Ο συντελεστής κατείσδυσης σε ένα καρστικοποιημένο σχηματισμό μαρμάρου εξαρτάται από την ύπαρξη ή μη αργιλικού ή άλλου καλύμματος, από την φυτοκάλυψη και το είδος της βλάστησης, από την κλίση της μορφολογίας κλπ. Γενικά τα ανθρακικά πετρώματα χαρακτηρίζονται από υψηλό συντελεστή κατείσδυσης, ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 40% και 70% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Η περατότητα των ανθρακικών πετρωμάτων ποικίλει και εξαρτάται από τον βαθμό καρστικοποίησής τους. Προχωρημένη καρστικοποίηση οδηγεί σε πολύ υψηλές περατότητες. Ο συνδυασμός της κίνησης του νερού μέσα στους καρστικούς αγωγούς και η σχετικά καλή τροφοδοσία των πετρωμάτων αυτών λόγω του υψηλού συντελεστή κατείσδυσης οδηγεί σε ευνοϊκές υδρογεωλογικές συνθήκες και αποθήκευση σημαντικών ποσοτήτων υπόγειου νερού.

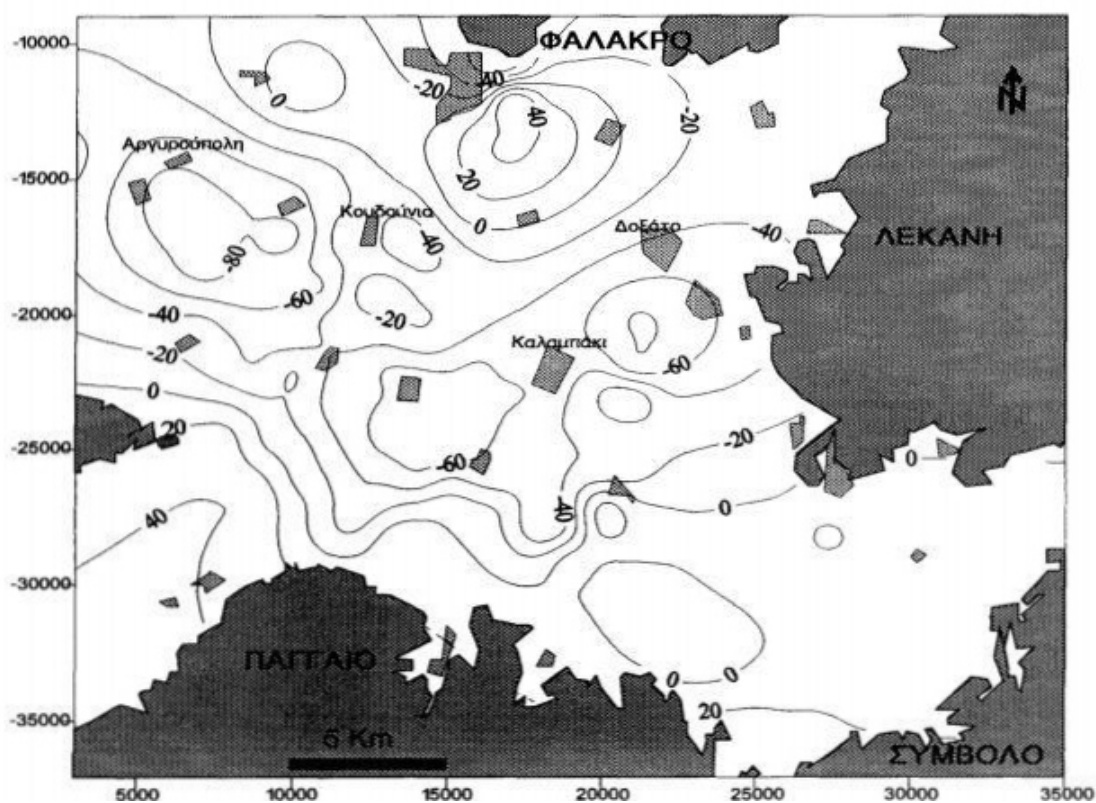
4.5 Υδρογεωλογικές συνθήκες των πετρωμάτων

Σαν υδροφορέα ονομάζουμε το πέτρωμα ή τον σχηματισμό πετρωμάτων που έχουν ένα σημαντικό ενεργό πορώδες και περιέχουν εκμεταλλεύσιμες ποσότητες υπόγειου νερού. Τέτοιοι υδροφόροι συναντώνται στην λεκάνη απορροής Δράμας στις υδρολιθολογικές ενότητες των χαλαρών πετρωμάτων (τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις) του πεδινού τμήματος της λεκάνης καθώς και στις ενότητες των μαρμάρων του κρυσταλλικού υποβάθρου. Στην συνέχεια περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των υδροφορέων που αναπτύσσονται στην λεκάνη απορροής της Δράμας.

4.5.1 Υδροφορία στις τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις

Η διακίνηση του υπόγειου νερού και η υδροαποθεματική ικανότητα του στους τεταρτογενείς σχηματισμούς, έχει σχέση με το αποθεματικό περιβάλλον στο οποίο δημιουργήθηκε η λεκάνη καθώς και με τις συνθήκες εμπλουτισμού του υδροφορέα.

Η παρουσία του τεταρτογενούς υδροφορέα οριοθετείται μετά την δημιουργία των λιγνιτικών στρωμάτων που κάλυψαν όλη σχεδόν την έκταση του πεδινού τμήματος της λεκάνης. Από την επεξεργασία κυρίως πυρήνων γεωτρήσεων προέκυψε ο προσδιορισμός του δαπέδου του υδροφόρου ο οποίος συμπίπτει με την οροφή της κύριας λιγνιτικής στοιβάδας. Το μέγιστο πάχος του υδροφόρου δεν ξεπερνά τα 130 m. Η παρακάτω εικόνα (4.1) απεικονίζει τις ισοϋψείς καμπύλες του στεγανού δαπέδου του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα (οι τιμές αναφέρονται σε απόλυτα υψόμετρα).



Εικόνα 4.1: Η εικόνα απεικονίζει τις ισοϋψείς καμπύλες του στεγανού δαπέδου του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα (οι τιμές αναφέρονται σε απόλυτα υψόμετρα). Πηγή : Πανίλας, Σ. (1998).

Η παρουσία της ασβεστολιθικής ιλύος, δηλαδή των λιμναίων ιζημάτων που υπόκεινται των λιγνιτικών στρωμάτων χαρακτηρίζονται ως αδιαπέρατοι σχηματισμοί και δεν παρουσιάζουν υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Σε

παραπλήσια ασβεστούχα ιζήματα δόθηκαν μέση τιμές των $T = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sec}$ και $S = 10^{-4}$ που χαρακτηρίζουν τους σχηματισμούς αυτούς ως αδιαπέρατους ή ως διασταλάζοντες.

Η υδροφορία στις τεταρτογενείς αποθέσεις αναπτύχθηκε υπό συνθήκες ενός ήρεμου γενικά περιβάλλοντος, για αυτό και τα ιζήματα χαρακτηρίζονται από λεπτομερή υλικά. Αυτά αποτελούνται από εναλλαγές αργίλων με άμμους.

Ο μικρότερος βαθμός συνίζησης της λεκάνης που παρατηρείται στα βόρεια περιθώρια σε σχέση με το νότιο τμήμα της, επέτρεψε τον σχηματισμό ερυθροστρωμάτων που αποτελούνται από άμμους και χονδρόκοκκους αργίλους. Τα πάχη αυτών δεν ξεπερνούν τα 60 m. Η επαφή των σχηματισμών αυτών στα ανάντη τμήματα με τα ανθρακικά πετρώματα δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα.

Έτσι αναπτύσσεται μια ζώνη που παρουσιάζει σημαντική υδροφορία στα βορειοδυτικά τμήματα της λεκάνης, από την περιοχή Μικρόκαμπου, Μεγαλόκαμπου, Σιταγρών, Αργυρούπολης έως Μυλοποτάμου και μια δεύτερη βορειοανατολικά από Άγιο Αθανάσιο έως τις Κρηνίδες.

Στα κατάντη τμήματα αυτής της ζώνης, αρχίζει η ανάπτυξη των λιμνοτελματικών ιζημάτων (ασβεστολιθικής ιλύς και λιγνιτικά στρώματα) τα οποία εμφανίζονται υπερυψωμένα σε σχέση με το κεντρικό βύθισμα της πεδιάδας. Η διαφορετική υδρολιθολογική συμπεριφορά των δυο παραπάνω σχηματισμών έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της υδροπερατότητας προς τα χαμηλά τμήματα της πεδιάδας, περιορίζοντας σημαντικά την υδροαποθεματική ικανότητα του τεταρτογενούς υδροφορέα.

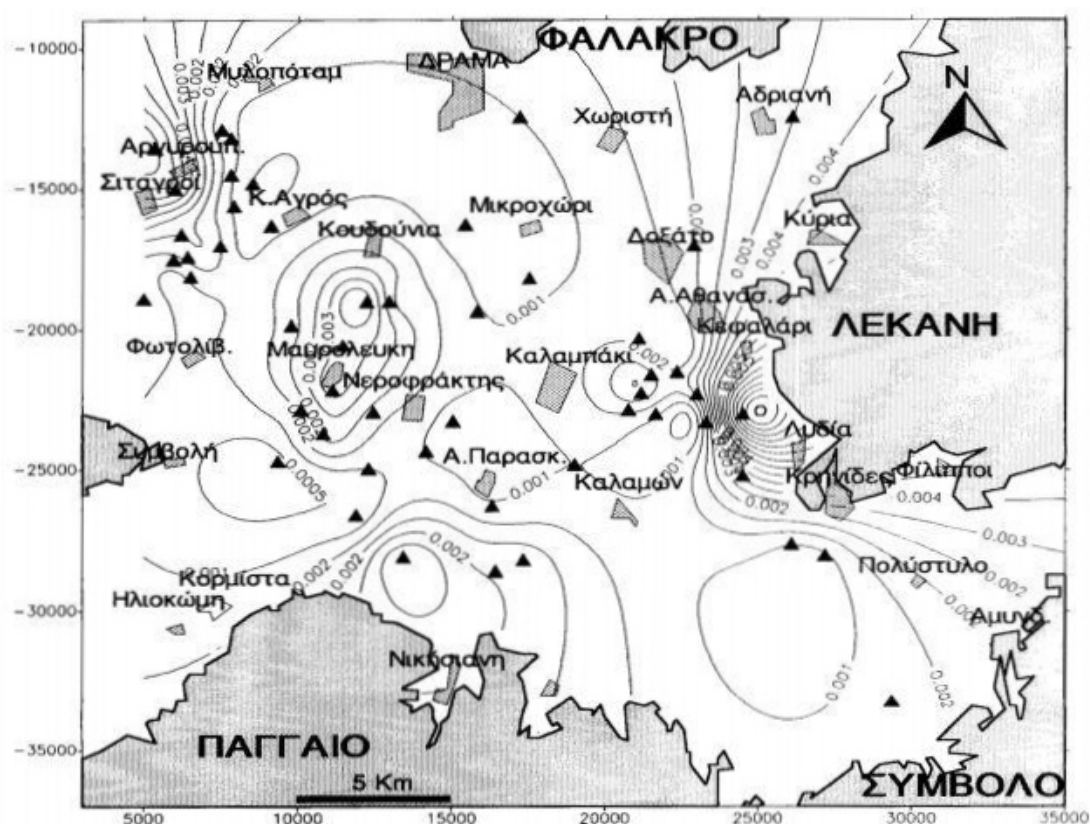
Στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας από δεδομένα πυρήνων γεωτρήσεων και κοκκομετρικών αναλύσεων παρατηρείται μια μειούμενη κοκκομετρική διαβάθμιση των γκριζοπράσινων υλικών τόσο κατά την οριζόντια όσο και την κατακόρυφη ανάπτυξη.

Τα υλικά αυτά αποτελούνται από άμμους μεσόκοκκους που μεταπίπτουν στα χαμηλότερα υψομετρικά τμήματα σε άμμους λεπτόκοκκους, ιλύες και τέλος σε χουμώδη υλικά και λιγνίτες. Κατά κανόνα οι μικρές αποδόσεις των γεωτρήσεων ($2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$) αποδίδονται στις μικρές υδροπερατότητες των υδροφόρων, και στο μικρό πάχος τους (80m).

Στο νοτιοανατολικό τμήμα της πεδιάδας τα κλαστικά υλικά εκλείπουν τελείως και αντικαθίστανται από τα οργανικά ιζήματα που αποτελούν το

τυρφολιγνιτικό κοίτασμα των Φιλιππών με συνολική έκταση που υπερβαίνει τα 55 km²περιορίζει ακόμη περισσότερο το υδροαποθεματικό δυναμικό της πεδιάδας. Οι Δούνας – Χριστοδούλου, (1964) εκτίμησαν την διαπερατότητα στα στρώματα της τύρφης, από στοιχεία αντλητικών δεδομένων σε 3,5*10⁻⁵cm/sec.

Η όλη υδρογεωλογική εξέλιξη αυτών των αποθέσεων δημιούργησαν συνθήκες ενός ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα. Από την επεξεργασία αντλητικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής συντάχθηκε ο χάρτης ίσης μεταβιβαστικότητας του τεταρτογενούς υδροφορέα εικόνα (4.2).



Εικόνα 4.2: Χάρτηςκαμπυλών ίσης μεταβιβαστικότητας του υδροφορέα της πεδιάδας Δράμας. Πηγή:Πανίλας, Σ. (1998).

Παρατηρείται ότι στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας μεταξύ της περιοχής Μαυρολεύκης και Κουδουνιών να εμφανίζονται υψηλές τιμές της μεταβιβαστικότητας που οφείλεται στην αύξηση της κοκκομετρίας των χαλαρών υλικών σε σχέση με το υπόλοιπο τμήμα της πεδιάδας.

Η παρουσία αλλουβιακών ριπιδίων στα κράσπεδα της λεκάνης και ιδιαίτερα στο νότιο τμήμα της (Καλή Βρύση, Κορμίστα, Νικήσιανη), δημιουργούν μια σημαντική αλλά περιορισμένη σε έκταση υδροφορία λόγω της πλευρικής συρραφής με τους αδιαπέρατους σχηματισμούς της ασβεστολιθικής ιλύος.

Η πιο σημαντική υδροφορία θεωρείται αυτή που αναπτύσσεται πλησίον της Νικήσιανης και ο εμπλουτισμός των υπόγειων νερών προέρχεται από τις πλευρικές διηθήσεις των καρστικών νερών του Παγγαίου. Αρχικά δημιουργείται ένας ελεύθερος υδροφόρος με υψηλές ειδικές αποδόσεις ($15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$) προς τα περιθώρια. Στην συνέχεια η βύθιση του ριπιδίου προς το εσωτερικό τμήμα της πεδιάδας και υποκείμενα των αδιαπέρατων λιγνιτικών στρωμάτων δημιουργεί αρτεσιανές συνθήκες με μικρές ειδικές αποδόσεις ($1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$). Από την μακροσκοπική περιγραφή των πυρήνων των γεωτρήσεων, παρατηρείται μια φθίνουσα κοκκομετρική διαβάθμιση των υλικών από τα περιθώρια προς το εσωτερικό τμήμα της πεδιάδας.

Σημαντική επίσης υδροφορία με περιορισμένη ανάπτυξη σε εύρος, παρατηρείται ανάντη των πηγών Μυλοποτάμου και Δράμας μέχρι τα κράσπεδα των ανθρακικών πετρωμάτων. Από στοιχεία υδρογεωτρήσεων οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως 'μαργαικοί ασβεστόλιθοι' με έντονες ρωγματώσεις και με μεγάλες ειδικές παροχές ($1.200 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$).

Η δημιουργία των 'μαργαικών ασβεστόλιθων' λόγω έλλειψης μακροσκοπικών παρατηρήσεων δύσκολα μπορεί να ερμηνευτεί όσο αφορά τον πετρογραφικό και τον γενετικό χαρακτήρα. Δυο πιθανές ερμηνείες υπάρχουν:

Ως πρώτη εκδοχή θεωρείται ότι οι 'μαργαικοί σχιστόλιθοι' αποτελούν το ίδιο γενετικό προϊόν απόθεσης με την ασβεστολιθική ιλύ που κάλυψε όλη την πεδινή έκταση της Δράμας. Ως μόνη διαφορά μπορεί να θεωρηθεί η μικρή διαγέννεση που έχει υποστεί η ασβεστολιθική ιλύς, διατηρώντας έτσι το υψηλό ποσοστό υγρασίας (85%), την υδαρότητα, την πλαστική μορφή της και που την χαρακτηρίζει ως αδιαπέρατο σχηματισμό.

Αντίθετα ο 'μαργαικός ασβεστόλιθος' πρέπει να έχει υποστεί μεγαλύτερο βαθμό διαγέννεσης και σε συνδυασμό με τις τεκτονικές κινήσεις που έδρασαν πλησίον των κρασπέδων να δημιουργήσαν ένα δευτερογενές πορώδες όμοιο με αυτό των ανθρακικών πετρωμάτων.

Ως δεύτερη εκδοχή θεωρούμε ότι οι δύο αυτές επιμήκεις εμφανίσεις των 'μαργαικών ασβεστόλιθων' ανάντη του Μυλοποτάμου και της Δράμας, είναι συνδεδεμένες με τα συστήματα δημιουργίας των πηγών και με την ύπαρξη μιας προϋπάρχουσας λίμνηςόπου σχηματίστηκαν τα λιμναία ιζήματα κατά το Κατώτερο Πλειστόκαινο.

Παρατηρήθηκε βορειοδυτικά της Χωριστής, οι 'μαργαικοί ασβεστόλιθοι' να επικάθονται επί των μαρμάρων, με την ταυτόχρονη εμφάνιση τραβερτίνη και καταβόθρων πλησίον αυτών. Τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το σύστημα των πηγών της Δράμας πρέπει να βρισκόταν υψηλότερα από το σημερινό επίπεδο βάσης και να ταυτιζόταν με την στάθμη της προϋπάρχουσας λίμνης δηλαδή πριν από την ταπείνωση της με την διάνοιξη του Φαραγγιού της Πέτρας.

4.5.2 Υδροφορία στα βραχώδη μη ανθρακικά πετρώματα

Στους σχηματισμούς αυτούς (γνεύσιοι, γνευσιακοί σχιστόλιθοι και μαρμαρυγιοκοί σχιστόλιθοι) μπορούν να αναπτυχθούν μόνο μικρής έκτασης ανεξάρτητοι κρεμαστοί υδροφορείς, οι οποίοι περιορίζονται σε ζώνες έντονης αποσάθρωσης πάνω από το υγιές αδιαπέρατο υπόβαθρο καθώς και μέσα σε ρηξιγενείς ζώνες. Η υδραυλική επικοινωνία αυτών των ανεξάρτητων υδροφορέων μεταξύ τους αλλά και με τις υπόλοιπες υδρολιθολογικές ενότητες (καρστικός υδροφορέας στους ανθρακικούς σχηματισμούς, υδροφορείς στις τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις) της λεκάνης Δράμας μπορεί κατά πάσα πιθανότητα να αποκλεισθεί, ώστε οι συγκεκριμένοι υδροφορείς να συμπεριφέρονται σαν μικρά αυτόνομα συστήματα.

Ο εμπλουτισμός των υδροφορέων αυτών γίνεται κυρίως από την κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και δευτερευόντως από πλευρική διήθηση. Η εκφόρτιση των υδροφορέων συντελείται κυρίως υπό την μορφή μικρών πηγών επαφής, οι οποίες εμφανίζονται σε σημεία όπου η επαφή διαπερατών / μη διαπερατών πετρωμάτων φθάνει μέχρι την επιφάνεια.

4.5.3 Υδροφορία ανθρακικών πετρωμάτων (μάρμαρα)

Τα μάρμαρα αποτελούν στο σύνολο τους μια σημαντική υδρογεωλογική ενότητα η οποία συμβάλει άμεσα στην διαμόρφωση θετικών συνθηκών δημιουργίας των καρστικών υδροφοριών της περιοχής.

Η ανάπτυξη των υπόγειων υδροφοριών οφείλεται βασικά στην γενική υδροπερατότητα των πετρωμάτων σε συνδυασμό, με την γεωλογική και την στρωματογραφική δομή της περιοχής (Ροδοπικής μάζας), όπου υπάρχουν συχνές εναλλαγές των μαρμάρων με μη υδροπερατούς σχηματισμούς του μεταμορφωμένου συστήματος, της Ροδοπικής μάζας. Εκ του γεγονότος αυτού άλλωστε αναβλύζουν πηγές επαφής των μαρμάρων με τους υποκείμενους μη υδροπερατούς σχηματισμούς σε διάφορα επίπεδα και υψηλότερα πάνω από τις πεδιάδες, στους ορεινούς όγκους.

Η δυναμικότητα των καρστικών υδροφοριών προσδιορίζεται κατ' αρχάς από την μεγάλη έκταση και τον μεγάλο όγκο των μαρμάρων σ' όλο τον χώρο της λεκάνης.

Ιδιαίτερα αισθητή είναι η παρουσία των μαρμάρων στο ανατολικό τμήμα αυτή όπου οι ορεινοί κατά βάση όγκοι δομούνται κατά το πλείστο από αυτά (Ροδοπική μάζα), ανάλογες άλλωστε είναι και οι καρστικές υδροφορίες στην περιοχή.

Η υδροπερατότητα των μαρμάρων είναι πάρα πολύ μεγάλη και οφείλεται τόσο στον κερματισμό του πετρώματος όσο και στην καρστικοποίηση που έχουν υποστεί.

Τυπικά φαινόμενα 'Καρστ' παρατηρούνται σ' όλη σχεδόν την έκταση τους και ιδιαίτερα στους ορεινούς όγκους όπου οι βροχές και τα χιόνια έχουν αυξημένες τιμές. Ουβάλες, δολίνες, μικρές πόλγες και σπήλαια μαρτυρούν το σύνολο των καρστικών διεργασιών στην περιοχή. Γνωστά είναι τα σπήλαια της Αλιστράτης και Μααρά, ενώ χαρακτηριστική είναι η μορφή και διάταξη πλήθους μικρών δολίνων στην βόρεια πλευρά του Μενοικίου όρους (διάταξη σύμφωνα με μικρά και μεγάλα τα ρήγματα της περιοχής).

Η ανάπτυξη των επί μέρους καρστικών υδροφοριών συνήθως συνδέεται με την ανάβλυση αντίστοιχων πηγών σε διάφορα επίπεδα και υψόμετρα και καθορίζεται εκτός από τις γεωλογικές και στρωματογραφικές συνθήκες και από τις τοπικές συνθήκες σ' ότι αφορά, την τεκτονική, τα ρήγματα και την μορφολογία.

Στις ορεινές περιοχές όπου τα μάρμαρα αποκτούν μορφή συμπαγών όγκων τα νερά της κατείσδυσης οδηγούνται σε μεγάλα σχετικά βάθη προς τα επίπεδα των διαμορφωμένων υδροφοριών, στα κράσπεδα των πεδιάδων. Στις περισσότερες από τις ζώνες αυτές των μαρμάρων που βυθίζονται στα ιζήματα των πεδιάδων δημιουργούνται συνήθως συνθήκες υπερπλήρωσης των υπόγειων υδροφοριών. Το γεγονός αυτό φαίνεται κατ' αρχάς από τις κατά περίπτωση συνθήκες (στρωματογραφία, ρήγματα κ.α.) αλλά και επιβεβαιώνεται από την λεπτομερή επεξεργασία των στοιχείων των πηγών (παροχές, υπολογισμός αποθεμάτων κ.α.). Επίσης αυτό φάνηκε και από τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων που έχουν γίνει στις περιοχές αυτές.

Η πορεία και η κατεύθυνση της ροής των νερών προς τα κατάντη και προς την περιφέρεια των ορεινών όγκων καθορίζεται γενικά από την δομή του 'καρστ' το οποίο συνδέεται κατά περίπτωση, με τις τεκτονικές γραμμές μικρών ή μεγάλων ρηγμάτων, την θραύση των πετρωμάτων κ.α.

Από αυτούς τους παράγοντες όπως και από τις σχέσεις που παρατηρούνται με τις παρεμβολές μη υδροπερατών σχηματισμών καθορίζονται επίσης εν μέρει και οι αναβλύσεις των μεγάλων πηγών των κρασπέδων των πεδιάδων. Η δομή αυτή επηρεάζει και προσδιορίζει και τα όρια των υδρογεωλογικών λεκανών στους ορεινούς αυτούς όγκους τα οποία είναι δύσκολο να ορισθούν επακριβώς ειδικά, όταν η συνέχεια των μαρμάρων δεν διακόπτεται από παρεμβολές ή από διαστρώσεις μη υδροπερατών σχηματισμών στα όρια των υδρογεωλογικών λεκανών (Ορεινοί όγκοι Μενοίκιο, Φαλακρό).

Στον ευρύτερο όγκο του Φαλακρού παρατηρείται διαφοροποίηση του βαθμού καρστικοποίησης. Το ΝΔ τμήμα παρουσιάζεται περισσότερο καρστικοποιημένο σε σχέση με το Ανατολικό τμήμα, όπου η κυκλοφορία των νερών γίνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα λόγω της παρουσίας διαρρήξεων και αγωγών που προκαλούν την γρηγορότερη εκκένωση της υδροαποθεματικής ικανότητας του καρστικού συστήματος. Η πηγή του Μααρά είναι αποτέλεσμα αυτής της καρστικής διεργασίας. Αντίθετα το Ανατολικό τμήμα του Φαλακρού εμφανίζει μεγαλύτερη αναρρυθμιστική ικανότητα στην εκκένωση των υδατικών αποθεμάτων όπως αυτό εκδηλώνεται με τις πηγές του Μυλοποτάμου αλλά κυρίως με τις πηγές της Δράμας. Ο σχηματισμός των μαρμάρων παρουσιάζει μεγάλο βαθμό κατείσδυσης.

Γενικά τα νερά των οποιονδήποτε κατεισδύσεων και διηθήσεων στην μάζα των μαρμάρων των ορεινών και ημιορεινών ζωνών της περιοχής οδηγούνται σε βάθος και τροφοδοτούν κατ' αρχήν στους επικρεμάμενους ορίζοντες και στην συνέχεια τις διαμορφωμένες κατά περιοχή της λεκάνης υπόγειες καρστικές υδροφορίες.

Αυτά τα υπόγεια νερά τροφοδοτούν στην συνέχεια, τις πηγές και επιπλέον τις κατά περίπτωση υπόγειες υδροφορίες των προσχώσεων και των κοκκωδών σχηματισμών των πεδιάδων, Δράμας και Νευροκοπίου.

Σημειώνω επίσης ότι μερικές από τις πηγές (υψηλής και χαμηλής ζώνης) αποτελούν την βασική ή και την μοναδική εκδήλωση της αντίστοιχης καρστικής υδροφορίας μικρής ή μεγάλης δυναμικότητας.

4.6 Το πιεζομετρικό καθεστώς

4.6.1 Πιεζομετρία στις τεταρτογενείς αποθέσεις

Είναι γνωστό ότι η μελέτη της μορφολογίας της πιεζομετρικής επιφάνειας επιτρέπει την διάγνωση των συνθηκών της υπόγειας ροής, του τύπου του υδροφόρου, των υδραυλικών χαρακτηριστικών του αλλά και την μεταβολή του όγκου των υπόγειων νερών και την αναπλήρωση των αποθεμάτων τους. Οι εικόνες απεικονίζουν Πιεζομετρικούς χάρτες των Τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης Δράμας.

Από την χάραξη των ισοδυναμικών καμπύλων και από το σχήμα της πιεζομετρικής επιφάνειας φαίνεται ότι ο υδροφόρος της πεδιάδας Δράμας παρουσιάζει μια ακτινωτή μορφή με συγκλίνουσες και αποκλίνουσες γραμμές ροής και με αποστάσεις των ισοδυναμικών καμπύλων να μεταβάλλονται κατά την διεύθυνση ροής. Πιο συγκεκριμένα:

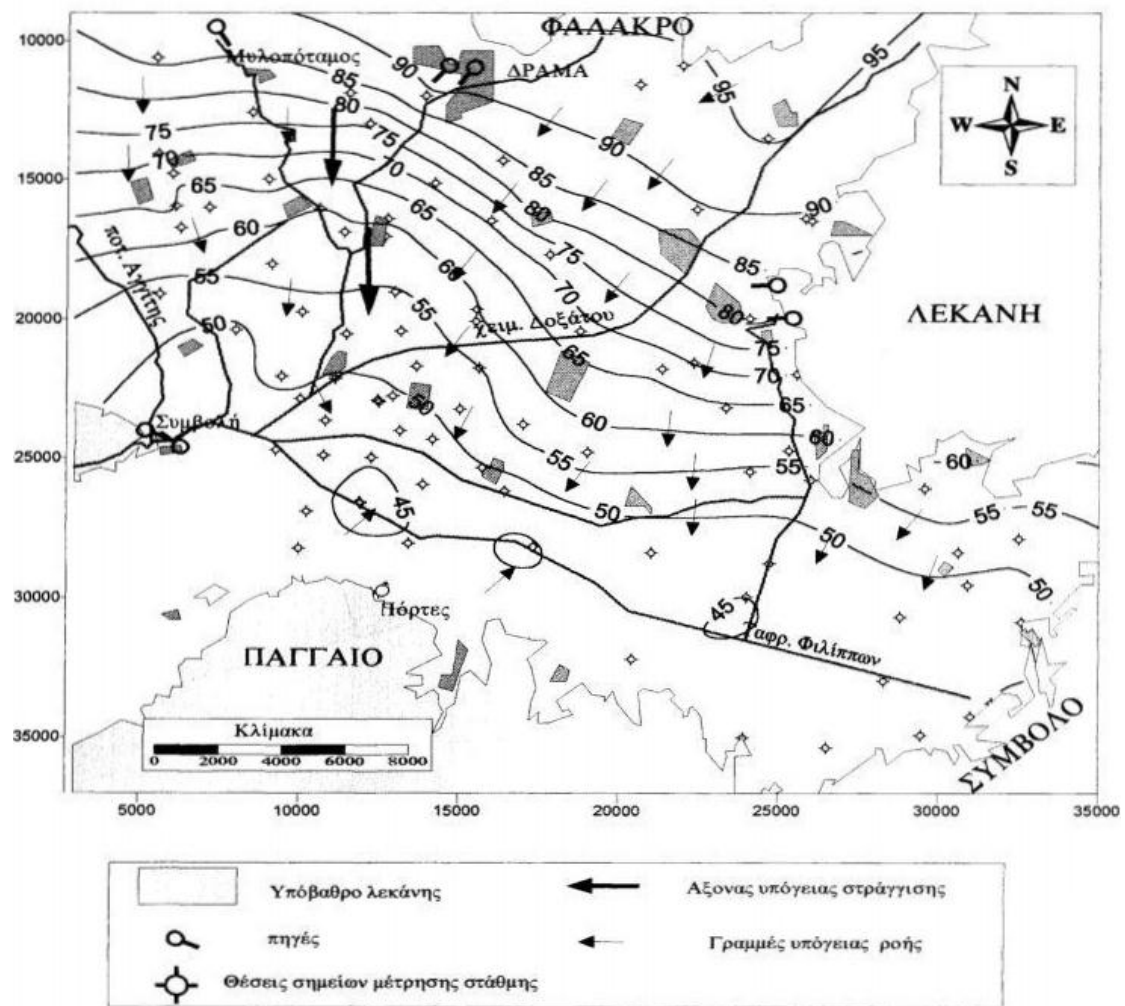
Στο βορειοδυτικό τμήμα της πεδιάδας, οι αποστάσεις των ισοδυναμικών καμπύλων είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές του βόρειου και βορειανατολικού τμήματος της λεκάνης. Προς τα χαμηλότερα τμήματα της πεδιάδας παρατηρείται αύξηση των αποστάσεων των ισοδυναμικών καμπυλών.

Από την περιοχή Κουδουνιών έως Μαυρολεύκη αλλά και ακόμη χαμηλότερα οι ισοδυναμικές γραμμές δημιουργούν ένα σύγκλινο που υποδηλώνουν έναν άξονα υπόγειας αποστράγγισης.

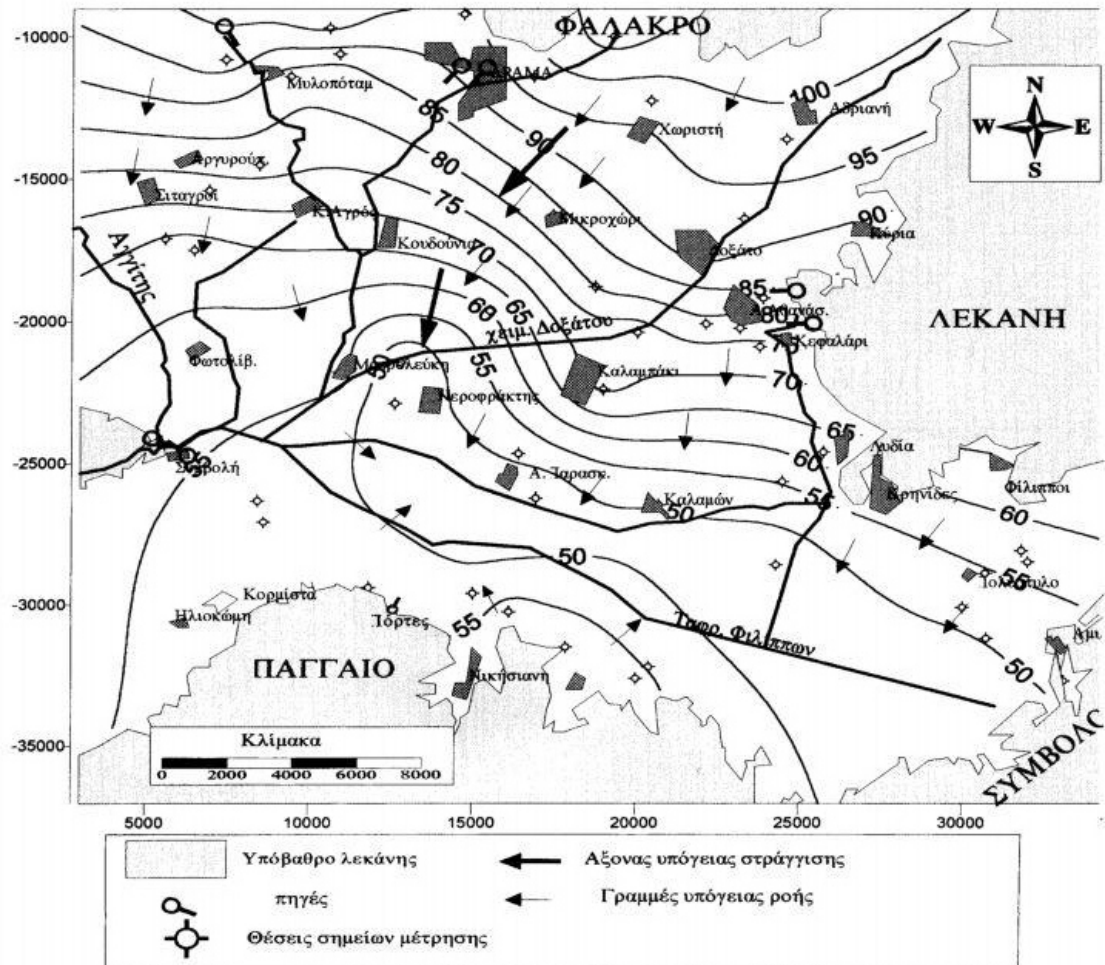
Στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης από την Δράμα μέχρι την Χωριστή παρατηρείται αύξηση των αποστάσεων των ισοδυναμικών καμπύλων με προσανατολισμό του κοίλου μέρους προς ανάντη και με υδραυλική κλίση 2.5% ενώ στην συνέχεια παρατηρείται μείωση των αποστάσεων με αντίστοιχη αύξηση της υδραυλικής κλίσης (Χωριστή έως Μικροχώρι). Αυτή η διάταξη των ισοπιεζομετρικών καμπυλών βρίσκεται σε συμφωνία με τις περιγραφόμενες υδρολιθολογικές συνθήκες της περιοχής όπου η τροφοδοσία του καρστικού υδροφόρου εμπλουτίζει αυτούς τους σχηματισμούς που παρουσιάζουν καλή υδροπερατότητα. Στην συνέχεια η αλλαγή της λιθολογίας με την παρουσία των εν γένει λεπτομερών υλικών στα κατάντη τμήματα της Δράμας – Χωριστής δημιουργούν μια μείωση της μοναδιαίας παροχής και αύξηση της υδραυλικής κλίσης.

Στα χαμηλά τμήματα της πεδινής ζώνης και συγκεκριμένα στην περιοχή όπου φιλοξενείται το λιγνιτικό κοίτασμα (Μαυρολεύκη – Νεροφράκτης) ο υδροφόρος παρουσιάζει συγκλίνουσες γραμμές ροής είναι κάθετος στην αποστραγγιστική τάφρο των Φιλιππών που δηλώνει ότι ο υδροφόρος στραγγίζει σ' αυτήν. Από την δομή της πιεζομετρικής επιφάνειας μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο υδροφορέας των τεταρτογενών αποθέσεων παρουσιάζει χαρακτηριστικά ενός κλειστού τύπου λεκάνης και ως μοναδική περιοχή υπόγειας και επιφανειακής εκροής να παρατηρείται στο νότιο τμήμα της που συντελείται από τον ποταμό Αγγίτη.

Συγκρίνοντας τις δυο εικόνες (4.3 – 4.4), οι οποίες αναπαριστούν ισοπιεζομετρικούς χάρτες, παρατηρείτε ότι η μεγαλύτερη ταπείνωση της στάθμης του υδροφόρου κατά 9 m παρουσιάζεται στα περιθώρια, ενώ προς τα χαμηλά υψόμετρα της πεδιάδας η πτώση της στάθμης ανέρχεται στα 3-4 m. Η πτώση της στάθμης για την χρονική διάρκεια 14 ετών (Σεπτέμβριος 1993 – Σεπτέμβριος 1979) οφείλεται στο πλήθος των γεωτρήσεων που έχουν ανορυχτεί για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, αλλά κυρίως στην παρατεταμένη ξηρασία που παρατηρήθηκε τα τελευταία έτη.



Εικόνα 4.3: Πιεζομετρικός χάρτης των τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης Δράμας, Σεπτέμβριος (1993). Πηγή : Πανίλας, Σ. (1998).



Εικόνα 4.4: Πιεζομετρικός χάρτης των τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης Δράμας, Σεπτέμβριος(1979). Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

4.6.2 Μεταβολή της στάθμης σε ετήσιο και υπερετήσιο κύκλο

Από τα στοιχεία των σταθμημετρήσεων καταγράφεται η μεταβολή στάθμης του νερού σε ετήσιο και υπερετήσιο κύκλο από το (1988 – 1994).

Η μεταβολή της στάθμης του νερού αναφέρεται στο καρστικό σύστημα και στην πεδινή έκταση της λεκάνης.

➤ Στα ανθρακικά πετρώματα

Οι ελάχιστες γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στα ανθρακικά πετρώματα αντλούνται συνεχώς για τις ανάγκες ύδρευσης των κοινοτήτων, που δεν επιτρέπουν έτσι την παρακολούθηση της στάθμης του καρστικού υδροφόρου.

Από δεδομένα της στάθμης του υδροφόρου σε μια μόνο γεώτρηση Βορειανατολικά της Καλλιφύτου για την χρονική περίοδο (1984 – 1996) προκύπτουν τα εξής :

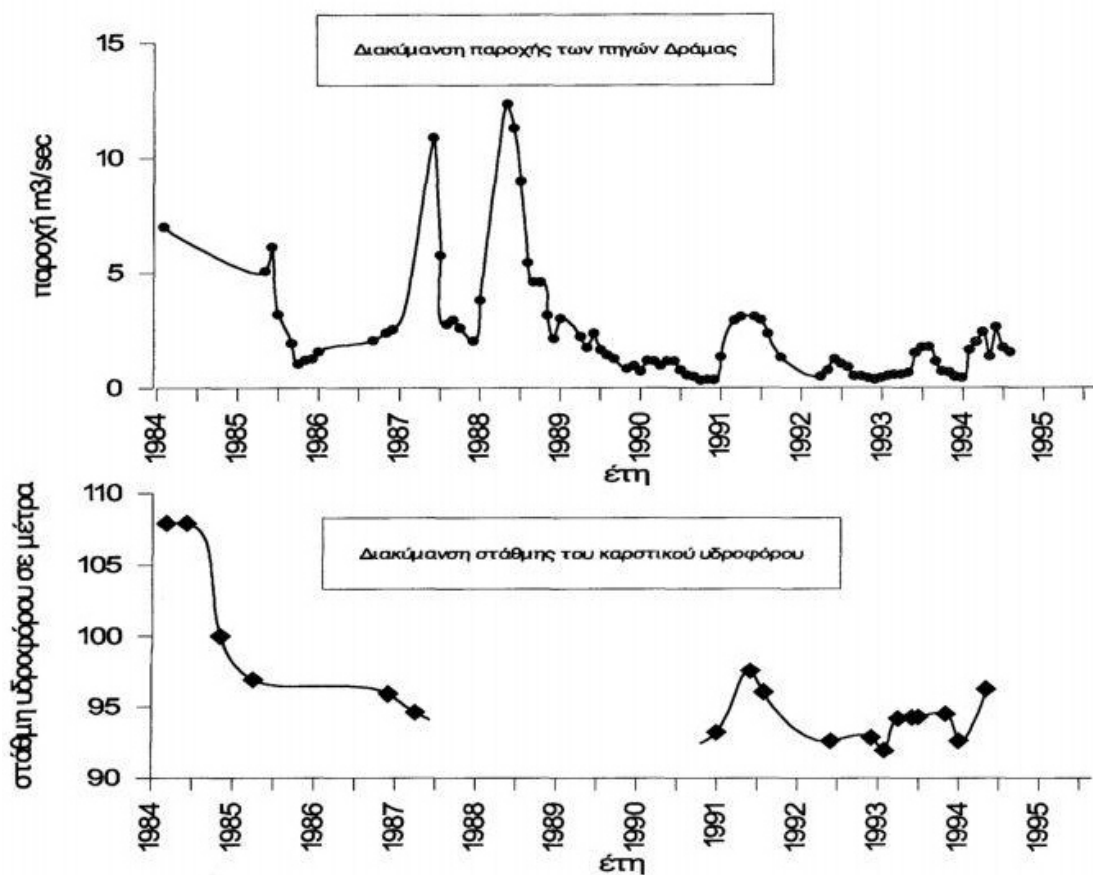
Από το 1984 έως το 1996 παρατηρείται συνεχής πτώση της στάθμης του υδροφόρου κατά 18,38 m.

Η μέγιστη πτώση στάθμης του καρστικού υδροφορέα 89,9 m(σε απόλυτο υψόμετρο) αντιστοιχεί με το απόλυτο υψόμετρο των πηγών της Δράμας 93 mκαι με την ελάχιστη παροχή των 0,36 m³/sec.

Παρατηρείται ότι υπάρχει άμεση εξάρτηση της καρστικής υδροφορίας με την εκδήλωση των πηγών της Δράμας. Από την συσχέτιση των τιμών της στάθμης του καρστικού υδροφόρου και της παροχής των πηγών, η ευθεία που προκύπτει από την εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης δίνει ένα υψηλό βαθμό συσχέτισης (r=0.91)

$$\text{Στάθμη υδροφόρου} = 1,95 * \text{παροχή πηγής} + 91,8$$

Η παρατηρούμενη συνεχώς ταπείνωση της στάθμης του καρστικού συστήματος έχει άμεση σχέση με τον βαθμό κατείσδυσης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αφού μέσα στα ανθρακικά πετρώματα δεν υπάρχουν γεωτρήσεις που να διαταράσσουν τον υδροφόρο.



➤ Στο πεδινό τμήμα

Η περίοδος που καθορίζει το υδρολογικό έτος στο πεδινό τμήμα παρουσιάζει δυο διαφορετικές τιμές. Η περίοδος χαμηλής στάθμης παρατηρείται τον μήνα Οκτώβριο για την περιοχή που βρίσκεται προς τα περιθώρια της λεκάνης, ενώ τον ίδιο μήνα η στάθμη συνεχίζει να υποβιβάζεται στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας και να λαμβάνει την μέγιστη πτώση στάθμης τον μήνα Νοέμβριο. Παρατηρείται δηλαδή μια υστέρηση της υπόγειας τροφοδοσίας κατά έναν μήνα περίπου προς τα χαμηλότερα τοπογραφικά τμήματα της.

Από τις μηνιαίες μετρήσεις της στάθμης του υδροφόρου στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας παρατηρείται η υψηλή στάθμη νερού τον Απρίλιο.

Συσχετίζοντας τις μηνιαίες τιμές της διακύμανσης στάθμης με αυτές των μηνιαίων βροχοπτώσεων, παρατηρείται ότι ο εμπλουτισμός του υδροφόρου έχει άμεση σχέση με τον χρόνο, το ύψος και την διάρκεια των βροχοπτώσεων. Το ύψος διακύμανσης της στάθμης του υδροφόρου στο υδρολογικό έτος (ελάχιστη και μέγιστη τιμή) δεν παραμένει σταθερό αλλά παρουσιάζει τάση συνεχούς μείωσης από την έναρξη των σταθμημετρήσεων της χρονικής περιόδου 1990 έως το 1994. Η σημαντικότερη πτώση στάθμης παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (1992 – 1993) και έχει σχέση τόσο με τον έντονο ρυθμό των αντλήσεων όσο και με τον χαμηλότερο υετό που σημειώνεται.

4.7 Το πηγαίο σύστημα

Στην περιμετρική ζώνη της πεδιάδας και με μέσο υψόμετρο 100 m περίπου αναβλύζουν πηγές με σημαντικές παροχές οι οποίες εκδηλώνονται σε τρία κυρίως μέτωπα. Πρόκειται για καρστικές πηγές υπερπλήρωσης των 'μαργαικών ασβεστόλιθων' με πρωτογενή είτε με δευτερογενή εκδήλωση δια μέσου κορρημάτων.

Στον πίνακα (4.1) δίνονται οι μέσες πολυετήσιες μηνιαίες τιμές των παροχών των κυριότερων καρστικών πηγών της λεκάνης Δράμας καθώς και οι μέσες τιμές των παροχών για την περίοδο (1988 – 1992).

Πίνακας 4.1: Μηνιαίες και ετήσιες παροχές των πηγών της λεκάνης Δράμας.

Πηγές	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο. (m ³ /sec)	Μ.Ο. (88-92)
Δράμας	5,7	6,7	6,95	6,86	6,72	5,86	4,96	4,13	3,54	3,16	3,22	4,22	5,16	2,03
Μυλοπόταμος	1,6	2	2,07	2,2	2,18	1,84	1,49	1,19	0,94	0,78	0,79	1	1,5	0,52
Μααράς	9,5	9,7	12,2	9	7,21	4,96	3,14	2,11	1,63	1,4	3,55	5,78	5,84	2,3
Βοιράνη	4	4,3	4,15	4,26	4,12	3,97	3,6	3,19	3,09	2,95	3,22	3,59	3,7	2,11
Πόρτες	0,7	1,5	1,16	1,69	1,52	1,15	0,85	0,56	0,39	0,24	0,24	0,36	0,9	0,00
Ψαθάδικα	0,9	0,9	0,99	1,02	0,92	0,87	0,81	0,71	0,64	0,67	0,65	0,69	0,81	0,64
Συμβολή	2,4	2,7	2,7	2,8	2,46	2,22	1,98	1,85	1,98	1,61	1,53	1,9	2,15	0,59
Μ.Ο.	24,1	28,7	29,1	26,1	23,5	19,7	15,9	13,1	11,6	10,5	12,9	17,2		
Μ.Ο. (88-92)	9,21	11,5	14,5	12,8	11,8	9,39	7,07	5,81	5,27	4,62	5,09	6,29		

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

Εικόνα 4.5: Ετήσιες τιμές των παροχών των πηγών της λεκάνης Δράμας.
Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

Παρατηρείται μια σημαντική μείωση των παροχών κατά την πενταετία (1988-1992) σε σχέση με τις μέσες πολυετήσιες τιμές όπως δίνεται στον πίνακα και που οφείλεται αποκλειστικά στην μείωση των κατακρημνισμάτων καθ' όσον οι αντλήσεις από γεωτρήσεις στα ανάντη τμήματα της λεκάνης ήταν περιορισμένες για την παραπάνω περίοδο.

Αναλύοντας τα σπουδαιότερα και τα πιο αντιπροσωπευτικά συστήματα των πηγών μπορούμε να τα ταξινομήσουμε σε σχέση με τις ζώνες τροφοδοσίας τους ως εξής :

- Πηγές του Βόρειου μετώπου που περιλαμβάνουν τις πηγές Δράμας, πηγές Μυλοποτάμου, πηγές Μασρά (Αγγίτη).
- Πηγές του Νοτιοδυτικού μετώπου που περιλαμβάνουν τις πηγές Γαλάζια νερά και τις πηγές Ψαθάδικα.
- Πηγές του Ανατολικού μετώπου που περιλαμβάνουν τις πηγές Δικελητάς – Κρηνίδων και τις πηγές Κεφαλαρίου – Βοιράνης.

4.7.1 Πηγές του βόρειου μετώπου

Οι πηγές του Βόρειου μετώπου προέρχονται από την εκκένωση των υπόγειων νερών των ανθρακικών πετρωμάτων του Φαλακρού και εκδηλώνονται στα χαμηλά υψόμετρα της πεδιάδας. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι οι πηγές Μααρά (υψόμετρο 122 m), οι πηγές Μυλοποτάμου (υψόμετρο 95,49 m) και οι πηγές της Δράμας (υψόμετρο 94,7 m).

Συσχετίζοντας τις ετήσιες παροχές των πηγών Μααρά, Μυλοποτάμου και Δράμας οι τρεις πηγές αποτελούν τρία ανεξάρτητα συστήματα που παρουσιάζουν μόνο μια εποχιακή εξάρτηση μεταξύ τους (Αγγίτης, Μυλοπόταμος) και (Δράμας, Μυλοπόταμος).

Η εκδήλωση των πηγών της Δράμας γίνεται σε ένα περισσότερο ομοιογενές σύστημα το οποίο πρέπει να προέρχεται είτε από μια πιο αργή εκκένωση μιας εκτεταμένης αποθήκης υπόγειου νερού είτε από μια πιο καλή ανάμειξη μεταξύ των νερών την βροχής που κατεισδύουν στα ανθρακικά πετρώματα και των υπόγειων νερών παλαιότερων περιόδων.

Οι τιμές του τρίτιου για τις πηγές Μααρά και Μυλοποτάμου δείχνουν ότι ο επηρεασμός της τροφοδοσίας τους είναι περισσότερο άμεσος από τα νερά της κατείσδυσης των ανθρακικών πετρωμάτων και η κυκλοφορία των καρστικών νερών μέσα στο Ν.Δ. Φαλακρό γίνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα λόγω της μεγαλύτερης καρστικοποίησης του τμήματος αυτού σε σχέση με το Ν.Α. Φαλακρό.

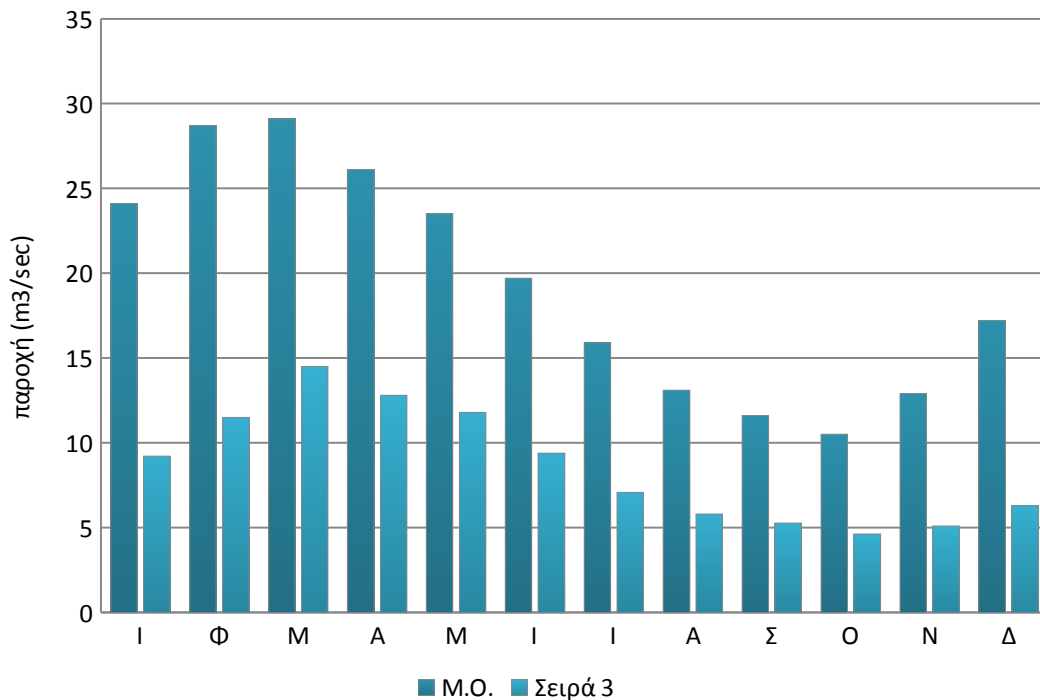
Πιστεύουμε ότι οι συνθήκες τροφοδοσίας των πηγών κυρίως του Βορειοανατολικού μετώπου και ο μηχανισμός λειτουργίας τους θεωρείται ακόμη ασαφής παρά τις επιμέρους εργασίες που έχουν γίνει ιδίως στον καθαρισμό των ορίων της λεκάνης τροφοδοσίας τους. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά για κάθε σύστημα ξεχωριστά.

➤ Οι πηγές Δράμας

Οι πηγές της Δράμας αποτελούν ένα μέτωπο αναβλύσεων με κύριες εμφανίσεις τις πηγές της Αγίας Βαρβάρας και τις πηγές Κήπου. Πρόκειται για πηγές υπερπλήρωσης των μαργαικών ασβεστόλιθων. Ο βασικός φορέας διακίνησης είναι η εκτεταμένη ανθρακική φάση των μαρμάρων και η τροφοδοσία του νερού δια μέσου των μαργαικών ασβεστόλιθων που δίνουν τις πηγές Δράμας. Μετρήσεις των πηγών αυτών εκτελεί η Υ.Ε.Β. και το Ι.Γ.Μ.Ε. Οι μετρήσεις της Υ.Ε.Β. γίνονται κυρίως κατά την αρδευτική περίοδο. Το Ι.Γ.Μ.Ε. πραγματοποιεί συστηματικές μηνιαίες μετρήσεις τα στοιχεία των οποίων δεν δίνονται προς τρίτους μέχρι την ολοκλήρωση της μελέτης που πρόκειται να πραγματοποιήσει.

Οι πηγές της Δράμας παρουσίασαν τις ελάχιστες τιμές παροχών κατά τα τελευταία έτη (1988 – 1991). Αυτά συσχετίζονται με τις μικρότερες τιμές βροχοπτώσεων που έχουν παρατηρηθεί τουλάχιστον από το 1930. Η μέση τιμή βροχοπτώσεων των ετών (1988 – 1990) είναι 509 mmσε σχέση με τις μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις όλων των ετών που είναι 624,4 mm.

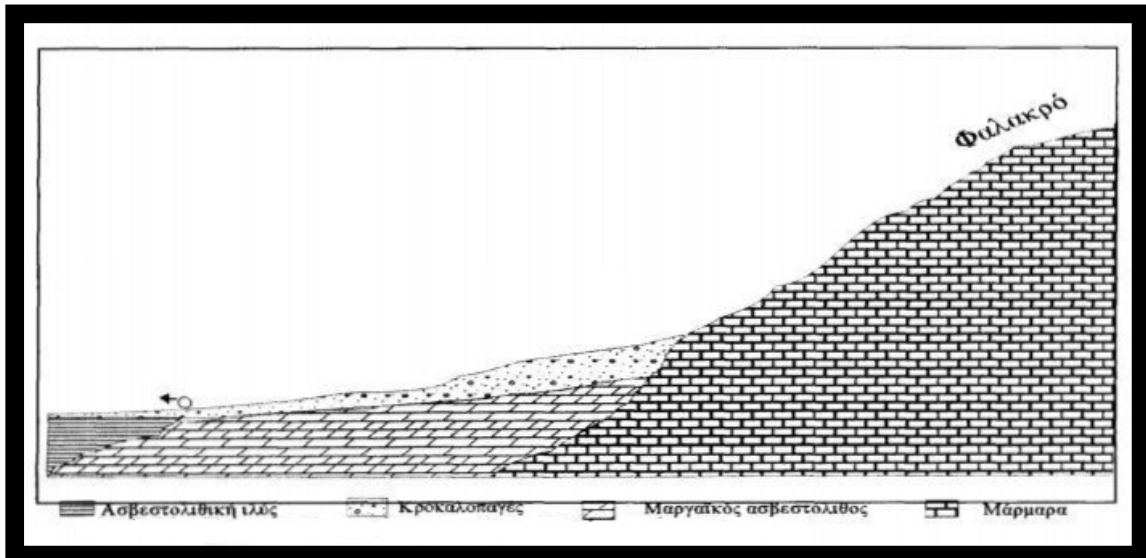
Στην μελέτη που πραγματοποιήθηκε από την ΔΕΒ (Πετράς Μυστρίδης) για το ισοζύγιο των πηγών Δράμας, υπολογίστηκε ότι για την υδρολογική επιφάνεια των πηγών $221 \cdot 10^6 \text{m}^3$ και με μέσο υψόμετρο της φαινόμενης λεκάνης τροφοδοσίας 598 m το συντελεστή διήθησης 45% των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων υπολογίστηκε ότι το νερό κατείσδυσης στην τοπογραφική λεκάνη απορροής είναι $70,5 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Συγκρινόμενες με τις συντηρητικές τιμές των παροχών των πηγών Δράμας $116 \cdot 10^6 \text{m}^3$ παρατηρείται ότι ο όγκος των πηγών είναι περίπου διπλάσιος του υπολογισθέντος όγκου των $70,5 \cdot 10^6 \text{m}^3$ από την φαινόμενη λεκάνη των $221 \cdot 10^6 \text{m}^3$ και που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα όρια της φαινόμενης τοπογραφικής επιφάνειας τροφοδοσίας καταλαμβάνουν μεγαλύτερη έκταση από την προαναφερόμενη πιο βόρεια προς την λεκάνη του Νέστου.



Εικόνα 4.6: Συγκριτικές τιμές των πηγών της Δράμας (πολυετήσιες και της περιόδου 1988 - 1992). Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

➤ *Οι πηγές Μυλοποτάμου (Κεφαλόβρυσο)*

Η πηγή βρίσκεται 1 kmΒορειοδυτικά του χωρίου Μυλοπόταμος και έχει υψόμετρο περίπου 95 m. Πρόκειται για αναβλύσεις σε ένα μεγάλο μέτωπο. Οι πηγές Μυλοποτάμου όπως και αυτές της Δράμας τροφοδοτούνται από τα υπόγεια νερά των μαρμάρων του Φαλακρού όγκου αλλά και πιθανόν του ευρύτερου ανθρακικού χώρου της λεκάνης του Νέστου. Η εικόνα (4.7) απεικονίζει την γεωλογική τομή των πηγών Μυλοπόταμου.



Εικόνα 4.7: Σχηματική γεωλογική τομή των πηγών Μυοπόταμου.

Πηγή: Πανίλας, Σ. (1998).

➤ Πηγές Μααρά (Αγγίτη)

Οι πηγές του Μααρά είναι από τις μεγαλύτερες καρστικές πηγές της Ελλάδος. Η πηγή βρίσκεται 35 km ΔΒΔ της πόλης Δράμας στους πρόποδες του Φαλακρού σε 127 μυσόμετρο. Το νερό των πηγών προέρχεται από τις καταβόθρες του Οχυρού της λεκάνης του Νευροκοπίου σε υψόμετρο 545 μόπου δια μέσου υπόγειου αγωγού εκφορτώνεται στις πηγές του Μααρά. Η οριζόντια απόσταση από τις καταβόθρες μέχρι τις πηγές είναι περίπου 9 km.

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει και το ομώνυμο σπήλαιο που έχει δημιουργηθεί, και το οποίο δεν έχει ακόμη εξερευνηθεί και αξιοποιηθεί.

Έχει εκτιμηθεί ότι η υδρολογική λεκάνη των πηγών εκτιμάτε σε 84 km² περίπου. Ο συντελεστής διήθησης συγκρινόμενος με παραπλήσιες περιοχές της Ελλάδος δεν πρέπει να ξεπερνά το 45% των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων. Έτσι για μια μέση τιμή των βροχοπτώσεων στην λεκάνη του Νευροκοπίου 910 mm και με 45% του συντελεστή διήθησης εκτιμήθηκε ότι στην έκταση των 84 km² ετήσια παροχή των πηγών είναι 34*10⁶m³ εάν θεωρηθεί η υδρολογική λεκάνη μεγαλύτερη κατά 24 km² (Σύνολο 108 km²).

Οι μέσες ετήσιες τιμές των πηγών του Μααρά για τα έτη (1950 – 1960) έδωσαν 150 * 10⁶m³ δηλαδή 3 – 4 φορές περισσότερο από τις

υπολογισθείσες τιμές. Βάσει αυτών οι παραπάνω μελετητές θεωρούν ότι οι παροχές των πηγών του Μααρά εκτός από την προέλευση τους δια μέσου των υπόγειων αγωγών, προέρχονται πιθανόν πέρα από τα όρια της φαινόμενης λεκάνης.

4.7.2 Πηγές του Νοτιοδυτικού μετώπου

➤ Πηγές Συμβολής (Γαλάζια νερά και Ψαθάδικα)

Οι πηγές Συμβολής ευρίσκονται σε υψόμετρο περίπου 60 m πάνω από την κοινότητα Συμβολής. Πρόκειται για πηγές υπερπλήρωσης του ανθρακικού υδροφορέα, που τα φερόμενα καρστικά νερά από το ορεινό συγκρότημα του Παγγαίου αναστομούνται στο μέτωπο επαφής των μαρμάρων και των πλειο-κλειστοκαινικών αργίλο-μαργαϊκών ιζημάτων.

Πρόκειται για δυο μεγάλες καρστικές πηγές με ξεχωριστή ιδιότητα η κάθε μια τους. Οι συνθήκες τροφοδοσίας και ο μηχανισμός λειτουργίας των πηγών παραμένει ακόμη ασαφής. Η μικρή μεταξύ τους απόσταση, οι διαφορετικές διακυμάνσεις των παροχών, ο διαφορετικός χημισμός των νερών αλλά και η μικρή επιφανειακή έκταση των μαρμάρων του Μενοικίου (13km²) δεν δικαιολογεί τις σημαντικές αυτές παροχές των πηγών. Αν συμπεριληφθούν και οι παροχές των καρστικών πηγών που αναβλύζουν κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Αγγίτη, σημαίνει ότι ένα πολύ μεγάλο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Μενοικίου άγνωστης μέχρι τώρα επιφάνειας εκφορτίζεται στην περιοχή αυτή.

➤ Πηγές Πόρτες

Η πηγή Πόρτες ευρίσκεται κατάντη και ΒΔ της κοινότητας Νικήσιανης σε υψόμετρο +50 m. Είναι πηγή υπερπλήρωσης των μαρμάρων του ορεινού όγκου του Παγγαίου. Η πηγή είναι διαλείπουσα (ασυνεχής ροής). Η χρήση της παραμένει ανεκμετάλλευτη.

4.7.3 Πηγές του Ανατολικού μετώπου

Οι κυριότερες πηγές που εμφανίζονται στις ανατολικές παρυφές της λεκάνης Δράμας είναι δυο και η διακίνηση των υπόγειων νερών προέρχεται από τα ανθρακικά πετρώματα της Λεκάνης. Αυτές είναι:

➤ *Πηγές Δικέλητας – Κρηνίδων*

Οι πηγές εμφανίζονται ΝΑ της κοινότητας Κρηνίδες. Πρόκειται για πηγές υπερπλήρωσης των μαρμάρων που αναβλύζουν μέσα από μικρό πάχος κροκαλοπαγών. Χαρακτηρίζονται ως πηγές επαφής με τα αδιαπέρατα λιμναία ιζήματα της πεδιάδας Δράμας.

➤ *Πηγές Βοιράνης – Κεφαλαρίου*

Θεωρούνται από τις μεγαλύτερες πηγές της λεκάνης Δράμας. Πρόκειται για ένα μέτωπο πηγών υπερπλήρωσης των ανθρακικών πετρωμάτων που αναβλύζουν μέσα από κώνους κορρημάτων σε υψόμετρο περίπου 60 m. Οι πηγές Κεφαλαρίου υδροδοτείται ένα μεγάλο μέρος του δήμου Καβάλας. Οι πηγές Κεφαλαρίου παρουσίασαν την μικρότερη μείωση των παροχών (26%) για την ξηρή περίοδο (1988 – 1992) σε σχέση με τις υπόλοιπες πηγές της λεκάνης Δράμας που είχαν μείωση μέχρι και 60%.

4.7.4 Νερό ύδρευσης Νομού Δράμας

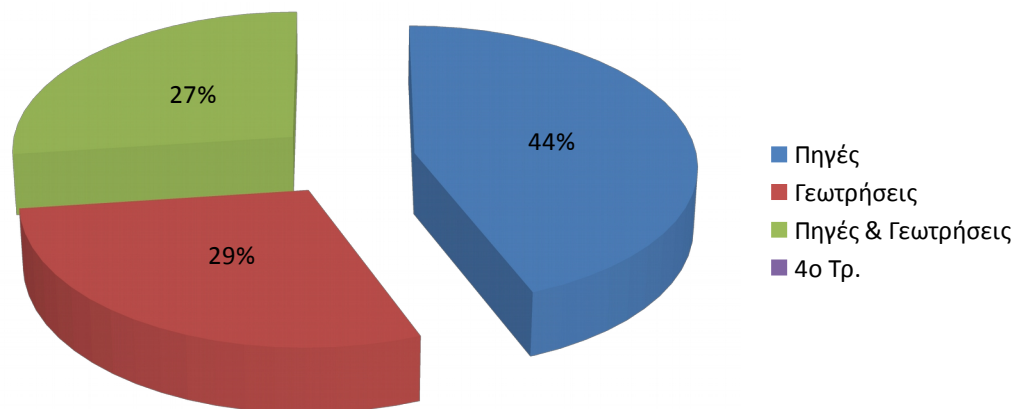
Ο Νομός Δράμας με βάση τις γεωλογικές και γεωμορφολογικές συνθήκες παρουσιάζει ένα ιδιόμορφο καθεστώς, όσο αφορά τον εντοπισμό και ανάπτυξη των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων. Από πλευράς μορφολογίας φιλοξενεί ένα ορεινό ανάγλυφο το οποίο στο μεγαλύτερο ποσοστό δομείται από καρστικά μάρμαρα. Αυτό έχει σαν συνέπεια οι μεγάλες ποσότητες νερού που δέχονται να εκφορτίζονται στα χαμηλότερα υψόμετρα. Η υπόλοιπη έκταση της ορεινής ζώνης δομείται συνήθως από στεγανά πετρώματα τα οποία φιλοξενούν υδροφόρα μόνο στο επιφανειακό αποσαθρωμένο ή ρωγματωμένο κάλυμμα. Έτσι η ορεινή ζώνη στο σύνολο της βρίσκεται σε «δυσμένεια» όσο αφορά την παρουσία υπόγειων νερών, αντίθετα τα επιφανειακά νερά βρίσκονται σε επάρκεια, αλλά η μορφολογία και το είδος του γεωλογικού υλικού δεν επιτρέπουν, στις περισσότερες περιπτώσεις την κατασκευή αποθηκευτικών χώρων (φραγμάτων).

Οι περιοχές με ημιορεινό έως λοφώδες ανάγλυφο παρουσιάζουν αφενός ευνοϊκή μορφολογία για την ανάπτυξη υδροφορέων αλλά όμως η γεωλογική σύσταση δεν προσφέρεται για φιλοξενία υπόγειων νερών. Το πεδινό τμήμα όπως έχει ήδη περιγραφεί, αφενός δέχεται την εκφόρτιση μεγάλων ποσοτήτων καρστικών νερών αφετέρου τα ίδια τα στρώματα στο πεδινό τμήμα φιλοξενούν σημαντικά υδροφόρα τα οποία ικανοποιούν πολλές υδατικές ανάγκες. Πρόκειται για έναν αριθμό πηγών με μεγάλες παροχές που εκδηλώνονται σε τρία μέτωπα. Πρόκειται για καρστικές πηγές επαφής, υπερπλήρωσης, με πρωτογενή καρστική εκδήλωση, είτε με δευτερογενή εκδήλωση δια μέσου κορημάτων. Από τα μέτωπα αυτά ενδιαφέρον για την εδώ έρευνα παρουσιάζει τα βόρειο μέτωπο με τις πηγές Δράμας, Μυλοποτάμου, Μασρά το ανατολικό μέτωπο με τις πηγές Κεφαλαρίου και Βοιράνης και το δυτικό με τις πηγές Καλλιθέας.

Με βάση τα προηγούμενα οι υδρευτικές ανάγκες του νομού ικανοποιούνται σήμερα από έναν μεγάλο αριθμό πηγών κατανεμημένο σε όλο τον νομό και από ένα αριθμό γεωτρήσεων που εντοπίζονται στο πεδινό και ημιορεινό ανάγλυφο του νομού. Αναλυτικά το 44% των δημοτικών διαμερισμάτων ικανοποιούνται από έναν αριθμό πηγών (περίπου 75 πηγές ποικίλου δυναμικού).

Το 27% των διαμερισμάτων υδρεύεται από γεωτρήσεις (περίπου 29 γεωτρήσεις) και το 29% υδρεύεται από πηγές και ενισχύεται και η ύδρευση

από γεωτρήσεις που είναι κατανεμημένες στο ανάπτυγμα των διαμερισμάτων και οι οποίες ικανοποιούν και αρδευτικές ανάγκες.



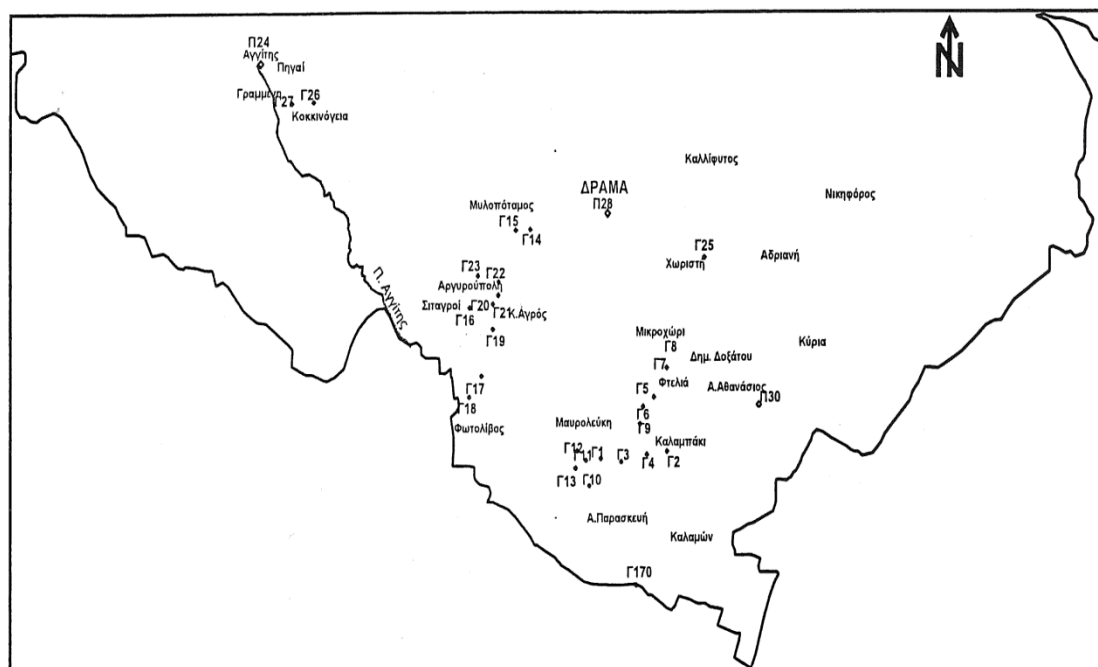
Εικόνα 4.8: Η ποσοστιαία κάλυψη των υδρευτικών αναγκών του Νομού Δράμας. Πηγή: (Ανάλυση Υδατικών Πόρων του Νομού Δράμας Ι.Γ.Μ.Ε.).

4.8 Υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών

Τα νερά του ορεινού όγκου της λεκάνης Δράμας που εμφανίζονται κυρίως υπό μορφή πηγών του αποσαθρωμένου μανδύα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, παρουσιάζουν πολύ μικρό εύρος διακύμανσης τόσο των ανιόντων όσο και των κατιόντων. Γενικά παρατηρείται κυριαρχία των αλκαλικών γαιών έναντι των αλκαλίων και των ασθενών οξέων έναντι των ισχυρών οξέων.

Για την μελέτη της υδροχημείας των υπόγειων νερών ελήφθησαν δείγματα νερού του υδροφορέα των τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης Δράμας κατά την περίοδο χαμηλής στάθμης (Σεπτέμβριος 2003). Τα δείγματα ελήφθησαν από 27 βαθιές γεωτρήσεις και από τις 3 καρστικές πηγές που αναβλύζουν στην περίμετρο της λεκάνης.

Οι εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν στο Εδαφολογικό Εργαστήριο Δράμας. Συνολικά μετρήθηκαν 15 φυσικοχημικές παράμετροι του νερού. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται στον πίνακα (4.2) και οι θέσεις των γεωτρήσεων στην παρακάτω εικόνα (4.9).



Εικόνα 4.9:Θέσεις των γεωτρήσεων.

Πηγή: (Ανάλυση Υδατικών Πόρων του Νομού Δράμας Ι.Γ.Μ.Ε.).

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των υπόγειων νερών.

Πηγή: (Ανάλυση Υδατικών Πόρων του Νομού Δράμας Ι.Γ.Μ.Ε.).

Κωδικός	T (°C)	pH	E.C (μS/cm)	CO ₃ ²⁻ (ppm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺	Mn ²⁺	H.T
Γ1	25	7.4	962	30	87	31	99	0.7	748	22.1	30	0	0.01	0.1	345
Γ2	20.1	7.3	729	12	116	10	16	5	275	33.6	63.8	14.4	0.17	0	331
Γ3	21.3	7.5	862	9	146	15	13	0.6	299	45	63.8	22.9	0.16	0.1	427
Γ4	20.2	7.1	1339	12	187	21	41	21	397	56.6	106.4	64.8	0.19	0.1	554
Γ5	20.1	7.2	649	12	87	12	30	1.5	305	0	26.6	5.7	0.01	0	267
Γ6	20.4	7.2	758	6	104	12	40	1.7	299	11.2	62.1	8.9	0.01	0	309
Γ7	20	7.3	812	6	107	14	55	1.5	354	13.6	53.2	8.9	0	0	325
Γ8	20.2	7.4	668	9	83	14	39	1.8	317	8.2	35.5	3.4	0	0	265
Γ9	20.3	7.2	807	9	119	13	39	1.3	393	13.6	17.7	13.6	0	0	351
Γ10	15.2	7.8	1605	15	40.5	51	228	0.8	534	123.4	186.2	2.5	0.08	0.2	310
Γ11	15.3	7.5	949	0	60	29	96	0.7	427	28.3	70.9	0.1	0.25	0.1	269
Γ12	16.4	7.6	1136	0	32	28	192	0.2	641	26.7	35.5	0.1	0.24	0.1	195
Γ13	16.1	7.5	2011	0	57	59	300	8.2	625	282	44.3	17	0.2	0.3	384
Γ14	16.5	7.6	687	0	59	27	10	4.1	259	38.1	17.8	21.9	0.18	0	258
Γ15	16.1	7.5	802	0	76	33	8.5	0.2	305	49.2	26.6	26.7	0.11	0	325
Γ16	17.2	7.7	505	0	37	25	8	0.3	270	20.4	17.8	4.7	0.14	0	195
Γ17	17.7	7.6	576	0	42	31	10	1	281	26.5	8.9	5.1	0.16	0	232
Γ18	14.5	7.5	649	0	42	38	19	0.4	366	27.9	26.6	6.8	0.19	0	261
Γ19	13.9	7.6	572	0	42	31	8.4	0.4	295	32.7	8.9	8.5	0.11	0	232
Γ20	15.2	7.6	600	0	39	37	10	0.4	300	29.8	17.8	7.6	0.11	0	249
Γ21	15.3	7.6	644	30	38	41	14	0.4	263	27.2	17.8	10.3	0.09	0	263
Γ22	16	7.8	534	7.5	47	30	29	0.7	290	34.1	8.9	0.8	0.07	0.1	178
Γ23	15.7	7.5	700	7.5	62	35	6.1	0.2	259	39.8	17.8	23.5	0.07	0	299
Π24	20.1	7.7	371	7.5	55	7	4.1	0.8	181	5.3	8.9	1.3	0	0	166
Γ25	15.9	7.5	420	0	63	8	4.7	0.4	244	0	8.9	0.1	0	0	190
Γ26	17.2	7.3	504	0	84	7	4.5	0.3	266	0	13.3	1	0	0	239
Γ27	17.3	7.5	597	0	74	14	21	0.8	266	7.4	31	1.7	0	0	242
ΠΓ28	12.7	7.5	421	0	68	5.3	3.6	1	244	6.7	8.9	1.9	0	0	192
Π30	24.8	7.5	415	15	68	12.5	4.5	0.8	415	24	49.6	1.2	0	0	273
Γ170	25.5	7.7	648	27	85	31	60	2.1	632	18.4	13.1	0.3	0.14	0	340

Από την στατική επεξεργασία των υδροχημικών δεδομένων πίνακας (4.3) και από το ιστόγραμμα συχνοτήτων στα κύρια στοιχεία του υπόγειου νερού εικόνα (4.10) παρουσιάζεται μια μεγάλη διακύμανση μεταξύ των

μεγίστων και ελαχίστων τιμών των χημικών παραμέτρων του νερού, κυρίως των τιμών της αγωγιμότητας, των οξυανθρακικών, του Na + και Fe²⁺

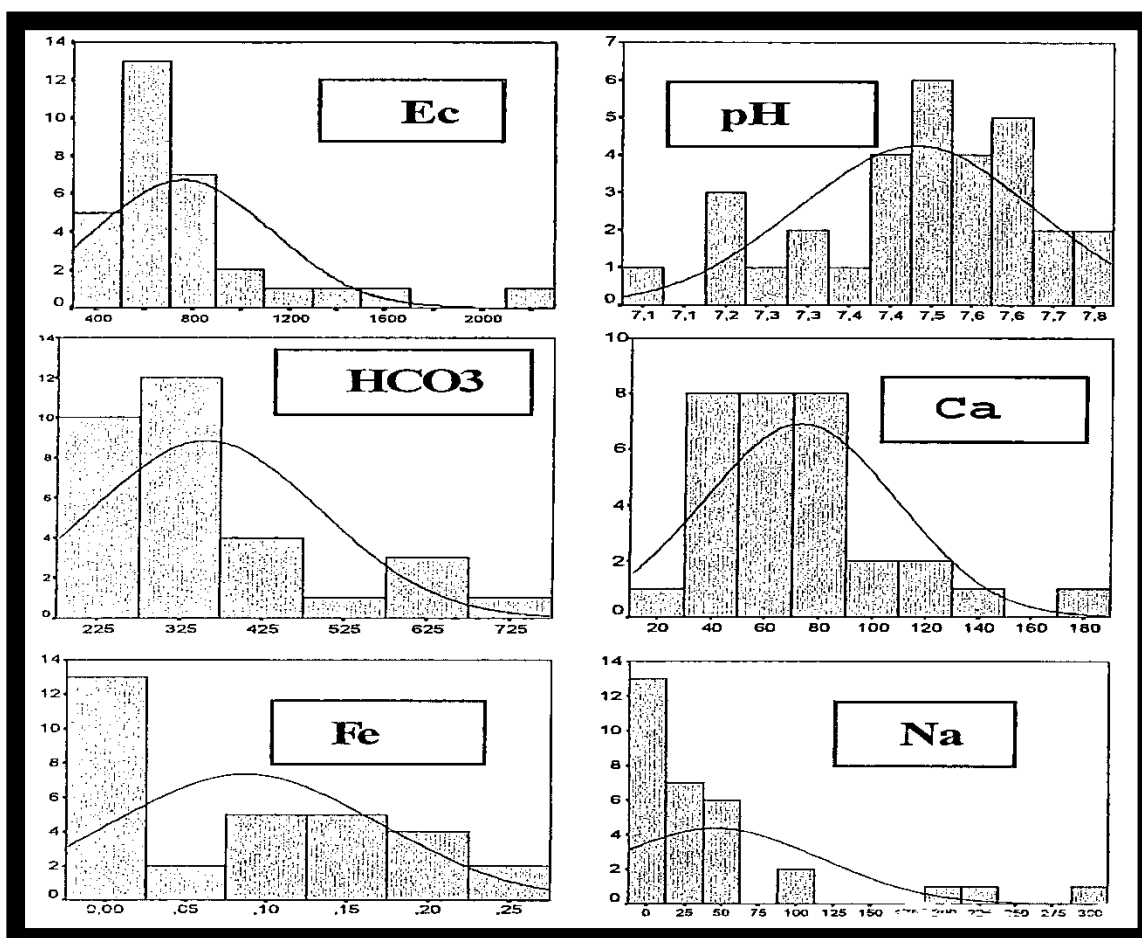
Με βάση τις συγκεντρώσεις των στοιχείων και εξετάζοντας τις % σε μερπεριεκτικότητες των κατιόντων Ca, Mg, Na και των ανιόντων HCO₃, Cl,

SO₄, τους ιοντικούς λόγους καθώς επίσης την αγωγιμότητα και σκληρότητα, διαπιστώνουμε δυο βασικές ομάδες νερών. Την ομάδα των νερών που αντιπροσωπεύουν το σύστημα των πηγών και των υπόγειων νερών στα υψηλότερα τμήματα της πεδιάδας και την ομάδα των υπόγειων νερών στα χαμηλά τμήματα της πεδιάδας.

Πίνακας 4.3: Στατιστικά δεδομένα των υδροχημικών δεδομένων.

	Ελάχιστ η	Μέγιστη	Μ.Ο.	Διάμεσος	Τ. Απόκλ.
T ⁰ C	12,7	25,5	18,07	17,2	3,241
Ph	7,07	7,77	7,47	7,51	0,18
E.C (μS/cm)	2,11	1605	697,4	649	295,2
CO ₃ ⁻² (ppm)	0	30	7,15	6	8,871
Ca ²⁺	32	187	73,55	62,5	34,81
Mg ²⁺	5,3	59	24,06	26	13,42
Na ⁺	3,6	300	47,11	17,5	70,24
K ⁺	0,2	21	1,977	0,8	3,903
HCO ₃ ⁻	181	748	358,3	299,6	137,8
SO ₄ ⁻	0	282	35,05	26,59	51,34
Cl ⁻	8,85	186,2	36,6	26,6	36,18
NO ₃ ⁻	0,005	64,81	9,52	5,38	12,88
Fe ²⁺	0	0,25	0,09	0,085	0,082
Mn ²⁺	0	0,31	0,042	0	0,075
H.T	166,2	553,6	282,1	265,8	80,14

Πηγή : Ανάλυση Υδατικών Πόρων του Νομού Δράμας (Ι.Γ.Μ.Ε.).



Εικόνα 4.10: Ιστόγραμμα συχνοτήτων στα κύρια στοιχεία των υπόγειων νερών.
Πηγή: Ανάλυση Υδατικών Πόρων του Νομού Δράμας (Ι.Γ.Μ.Ε.).

Από την στατική επεξεργασία των φυσικοχημικών παραμέτρων πίνακας (4.3) παρατηρείται ότι στην πλειονότητα τα δείγματα παρουσιάζουν φυσιολογικές διακυμάνσεις με εξαιρέσεις τα δείγματα που αντιπροσωπεύουν σημεία νερού που ελήφθησαν από γεωτρήσεις στα χαμηλότερα τμήματα της πεδιάδας.

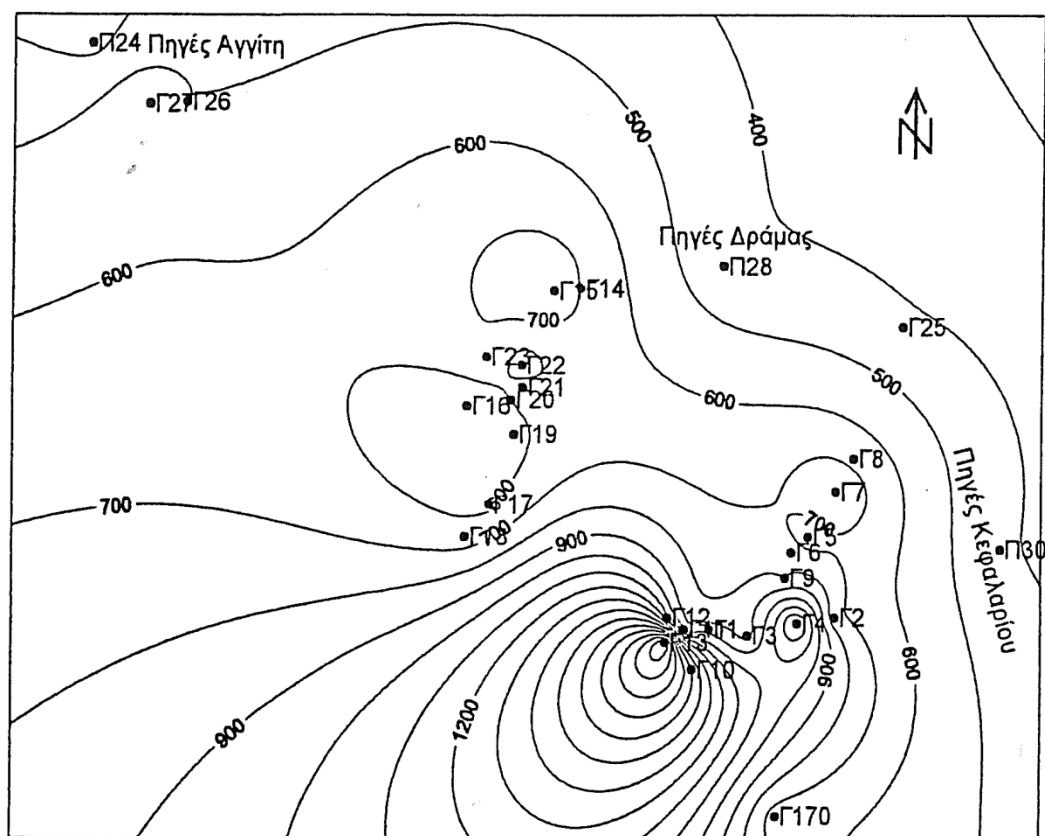
Διαπιστώνεται ότι τα τρία δείγματα των πηγών (Π24, Π28, Π30) που αντιπροσωπεύουν το καρστικό της Λεκάνης Δράμας παρουσιάζουν τις ίδιες ιοντικές σχέσεις (ιοντικός τύπος Ca-HCO₃).

Οι υψηλότερες ιοντικές συγκεντρώσεις που παρουσιάζονται στην Π30 (Πηγές Κεφαλαρίου) δείχνει ότι το καρστικό σύστημα της Λεκάνης εκκενώνεται πιο αργά σε σχέση με τα άλλα δυο καρστικά συστήματα (Π24 Πηγές Αγγίτη –

Νευροκοπίου), (πηγές Δράμας Π28 λεκάνη Φαλακρού). Ο ίδιος ιοντικός τύπος αντιπροσωπεύει και τις γεωτρήσεις στα υψηλότερα τμήματα της πεδιάδας.

Οι τιμές του pH κυμαίνονται από 7.02 έως 7.7 που χαρακτηρίζουν τα νερά από ουδέτερα έως βασικά με τις χαμηλότερες τιμές να λαμβάνουν τα δείγματα στα χαμηλότερα τμήματα της πεδιάδας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C) εικόνα (4.11) παρουσιάζει επίσης χαμηλές τιμές (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) στο πηγαίο σύστημα με τάση αύξησης προς το κεντρικό τμήμα (700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) και ακόμη μεγαλύτερες προς τα χαμηλά τμήματα της πεδιάδας (2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Στην πλειονότητα τους οι τιμές μαρτυρούν ότι τα νερά ανανεώνονται σχετικά γρήγορα σε αντίθεση με το χαμηλό τμήμα της πεδιάδας όπου η ανανέωση των υπόγειων νερών συντελείται με αργούς ρυθμούς.



Εικόνα 4.11: Χάρτης χωρικής κατανομής Αγωγιμότητας.

Πηγή: Ανάλυση Υδατικών Πόρων του Νομού Δράμας (Ι.Γ.Μ.Ε.).

Η πρώτη ομάδα που αντιπροσωπεύει τις πηγές και τα υπόγεια νερά στα υψηλότερα τοπογραφικά τμήματα της πεδιάδας χαρακτηρίζει τα νερά ως ασβεστούχα οξυανθρακικά. Αντίθετα πέντε δείγματα νερού που επικεντρώνονται στα χαμηλά τμήματα της πεδιάδας (περιοχή Νεροφράκτη) χαρακτηρίζονται ως νατριούχα οξυανθρακικά (ιοντικός τύπος Na-HCO_3). Πρόκειται για τον ελεύθερο υδροφόρο που μεταπίπτει σε υπό πίεση στο τμήμα αυτό της περιοχής λόγω της παρουσίας υπερκείμενων λιγνιτικών στρωμάτων. Έτσι η επικράτηση του Na^+ σε σχέση με το Ca^{2+} στην περιοχή αυτή οφείλεται στην αργή κυκλοφορία του υπόγειου νερού και στο μεγάλο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος, έτσι που να επιτρέπει το φαινόμενο της κατιοανταλλαγής του με το ασβέστιο.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του Fe που παρατηρούνται στα χαμηλότερα τμήματα της πεδιάδας συνδέονται με τον υπό πίεση υδροφόρο και την δράση των σιδηροβακτηρίων από την επίδραση των λιγνιτικών στρωμάτων μέσα σε ένα αναγωγικό περιβάλλον.

Ο ιοντικός λόγος $\text{Ca+Mg} / \text{Na+K}$ δίνει τη δυνατότητα να ελέγξουμε κατά το πόσο υπάρχει συνεχής τροφοδοσία των υπόγειων νερών. Ο ιοντικός λόγος λαμβάνει τιμές πολύ μεγαλύτερες του 1 στο δυτικό και κεντρικό τμήμα της πεδιάδας, που δηλώνει την ύπαρξη συνεχούς τροφοδοσίας και ανανέωσης των υπόγειων νερών. Αντίθετα στα χαμηλά τμήματα (περιοχή Νεροφράκτη) ο ιοντικός λόγος λαμβάνει τιμές μικρότερες του 1 (0.47 έως 0.67) που δηλώνει ότι ο υδροφόρος χαρακτηρίζεται από έλλειψη συνεχούς τροφοδοσίας.

Σύμφωνα με την κατάταξη αρδευτικού νερού κατά Wilcox τα περισσότερα δείγματα ανήκουν στη κατηγορία C2S1 δηλαδή αντιπροσωπεύουν νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλά με κάποια προφύλαξη. Τα δείγματα των νερών που αντιπροσωπεύουν τον υπό πίεση υδροφόρο στο χαμηλό τμήμα της πεδιάδας ανήκουν στην κατηγορία C3S1, νερά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν με κάποια προφύλαξη σε μη αποστραγγιζόμενα εδάφη. Προγενέστερες εργασίες έδειξαν ότι τα νερά σύμφωνα με τον δείκτη Ryznar παρουσιάζουν έντονη διαβρωτική ικανότητα.

4.9 Συμπεράσματα

Η λεκάνη της Δράμας αποτελεί τεκτονικό βύθισμα με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ. Η γεωλογική δομή της περιοχής μας κυριαρχείται από κρυσταλλικά πετρώματα της μάζας Ροδόπης, τα οποία αποτελούνται κυρίως από μάρμαρα με διεισδύσεις γρανιτικών και γρανοδιοριτικών σωμάτων.

Κατά το Άνω Πλειόκαινο η ενιαία λεκάνη Σερρών – Δράμας μετά την απόθεση των ποταμοχερσαίων ιζημάτων στρώματα ‘Τερπνής’ αποκόπτεται σε δυο λεκάνες με διαφορετικό αποθετικό περιβάλλον. Ποταμοχερσαία ιζήματα δημιουργούνται στη λεκάνη Σερρών και λιμνοτελματικά ιζήματα στη λεκάνη της Δράμας.

Από τα στρωματογραφικά δεδομένα της περιοχής τα λιμνοτελματικά ιζήματα της λεκάνης Δράμας διαχωρίζονται σε δυο σειρές. Η κατώτερη σειρά αντιπροσωπεύεται από λευκά ασβεστούχα ιζήματα (ασβεστολιθική ιλύς) με σημαντικά πάχη (Κάτω – Μέσο Πλειστόκαινο) και η ανώτερη σειρά από ανόργανα και οργανικά ιζήματα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του Μέσο – Άνω Πλειστόκαινο.

Από την ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων της περιοχής μελέτης προκύπτει μια πτωτική πορεία των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης. Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην πεδιάδα ανέρχεται σε 595.6 mm για την περίοδο 1966–1991.

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή για την περίοδο (1966–1991) υπολογίστηκε σε 462 mm, που αντιπροσωπεύει το 77.6% της ετήσιας βροχόπτωσης, ενώ το ποσοστό της απορροής και της κατείσδυσης αντιπροσωπεύει το 22.4% της βροχόπτωσης.

Από την υδρογεωλογική έρευνα στις τεταρτογενείς αποθέσεις της πεδιάδας, εντοπίστηκε ένας εκτεταμένος ελεύθερος υδροφορέας που αναπτύσσεται υπερκείμενα των αδιαπέρατων λιμνοτελματικών ιζημάτων. Ο υδροφορέας χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα υλικά και με μέγιστο πάχος τα 120 μέτρα.

Από τα γεωλογικά και υδρολιθολογικά δεδομένα της περιοχής διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει σχέση μεταξύ της υδροφορίας των ανθρακικών πετρωμάτων που δομούν τους ορεινούς όγκους της λεκάνης, με τους χαλαρούς σχηματισμούς της πεδιάδας. Οι καρστικές πηγές που αναβλύζουν στην περίμετρο της λεκάνης είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής υδρολιθολογικής συμπεριφοράς των δυο παραπάνω σχηματισμών.

Από την κατάρτιση του ισοζυγίου εισροών- εκροών του υδροφορέα των τεταρτογενών αποθέσεων, επιφάνειας 571 km², για την περίοδο (1988–1992) προκύπτει ότι:

- Ο μέσος ετήσιος όγκος νερού από τη βροχόπτωση ανέρχεται σε 276x10⁶m³.
- Τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα στις Τεταρτογενείς αποθέσεις 17x10⁶m³.
- Ηκατανάλωση νερού από πηγές για υδρευτικές ανάγκες 14x10⁶m³.
- Ηπραγματική εξατμισοδιαπνοή ανέρχεται σε 236x10⁶m³.
- Οι απολήψεις από τα επιφανειακά νερά ανέρχεται σε 91x10⁶m³.
- Οι αντλήσεις των υπόγειων νερών για τις ανάγκες άρδευσης και ύδρευσης σε 41x10⁶m³.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της **Δ.Ε.Υ.Α.Δ.** (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Δράμας), το νερό που καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες ικανοποιεί απόλυτα τις προδιαγραφές που ορίζονται για το πόσιμο νερό.

Τέλος, επιβάλλεται η συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των νερών (πηγαίων, επιφανειακών και υπόγειων), καθώς και μέτρα προστασίας από τη ρύπανση, όπως αποφυγή ανεξέλεγκτης διάθεσης λυμάτων στα υδρορεύματα και κατασκευή μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, κατασκευή χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κνιθάκης Ε. (1983):<Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδας υδρολογική λεκάνη Στρυμόνα Ι.Γ.Μ.Ε. υδρολογικές και υδρογεωλογικές έρευνες.

Λαζαρίδου Μ. – Κ. Παπαδόπουλος (2001):<Υδρογεωλογική έρευνα ανθρακικών πετρωμάτων ορέων Μενοικίου και Αγκίστρου> Ι.Γ.Μ.Ε. Θεσσαλονίκη.

Λουλούδης Γ., Δημητρακόπουλος Δ.:<Εκτίμηση των πιθανών επιδράσεων της εκμετάλλευσης των λιγνιτών Δράμας στους υδατικούς πόρους.

Μελιδώνης (1969) και Μπρουσούλης (1991):<Νεογενείς αποθέσεις λεκάνης Δράμας>

Πανίλας Σ., (1998):<Υδρογεωλογικά προβλήματα κατά την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων με την μέθοδο της ανοικτής εκσκαφής. Η περίπτωση του λιγνιτικού κοιτάσματος Δράμας> Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών 1998.

Πανίλας Σ., Καλλέργης Γ., (1997):<Υδρογεωλογικές συνθήκες της πεδιάδας Δράμας> 4 υδρογεωλογικό συνέδριο Θεσσαλονίκη (1997).

Πανίλας Σ., Καλλέργης (1997):<Διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και υδροχημείας των υπόγειων νερών στο λιγνιτικό πεδίο Δράμας>4 υδρογεωλογικό συνέδριο Θεσσαλονίκη (1997).

Πανίλας Σ., Διαμαντής Ι., Πεταλάς Χ. (1992):<Διερεύνηση υδρογεωλογικών και υδροχημικών χαρακτηριστικών στα υπόγεια νερά του Ν. Δράμας> 5 υδρογεωλογικό συνέδριο Θεσσαλονίκη (1992).

Πανίλας Σ., Πετράς Α., (1993):<Γενική υδρογεωλογική θεώρηση της πεδιάδας Δράμας Κ. Νευροκοπίου> Υδρογεωλογικό συνέδριο Θεσσαλονίκη.

Παπαδόπουλος Π. Γεωλόγος (2001): <Μελέτη επιλογής 3 θέσεων χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων> Ξάνθη, Σεπτέμβριος (2001).

Παπαδόπουλος Κ. (2001): <Υδρογεωλογική έρευνα κυριότερων καρστικών πηγών λεκάνης Αγγίτη> Αθήνα, Φεβρουάριος (1993).

Πετράς Αν. Γεωλόγος, Μυστρίδης Ε. Γεωλόγος(1991):<Υδρογεωλογική μελέτη πηγών Δράμας> Δράμα Νοέμβριος (1991).

Ρωμαΐδης Γ. (2009): <Αστική και περιαστική γεωλογία Δήμου Δράμας> Ι.Γ.Μ.Ε. (2009).

Χατζηπαναγής Ιωάννης (1991): <Η γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής του όρους Φαλακρού>Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών (1991).

Χατζηπαναγής Κ. (1999): <Τα μαγγανιούχα κοιτάσματα του Νομού Δράμας. Η μεταλλευτική έρευνα για την αύξηση των αποθεμάτων του λειτουργούντος μεταλλείου μαγγανίου Δράμας κατά την τετραετία (1995 – 1998)> Ξάνθη, Απρίλιος (1999).

Ψιλοβίκος Α., Βαβλιάκης Ε., Σωτηριάδης Λ., (1986):<Η επιγενετική κοιλάδα του ποταμού Αγγίτη σε σχέση με την εξέλιξη των λεκανών Σερρών και Δράμας> Γεωλογικές και γεωφυσικές μελέτες Ι.Γ.Μ.Ε.

Υδροέρευνα (1984): Οριστική υδρογεωλογική μελέτη πεδιάδας Δράμας τεναγών Φίλιππων.

Νομαρχιακό διαμέρισμα Δράμας Διεύθυνση εγγείων βελτιώσεων: <Υποβολή πινάκων υφισταμένης κατάστασης χρήσεων των υδατικών πόρων και προοπτικής ανάπτυξης τους κατά την υδρολογική λεκάνη του Νομού Δράμας> <Διερεύνηση διάρκειας διαθέσιμων ποσοτήτων νερού ύδρευσης δήμων και κοινοτήτων Νομού Δράμας> Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθη (2001).

Ιστοσελίδες:

www.drama.gr

www.geo.auth.gr

www.ekt.gr