



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

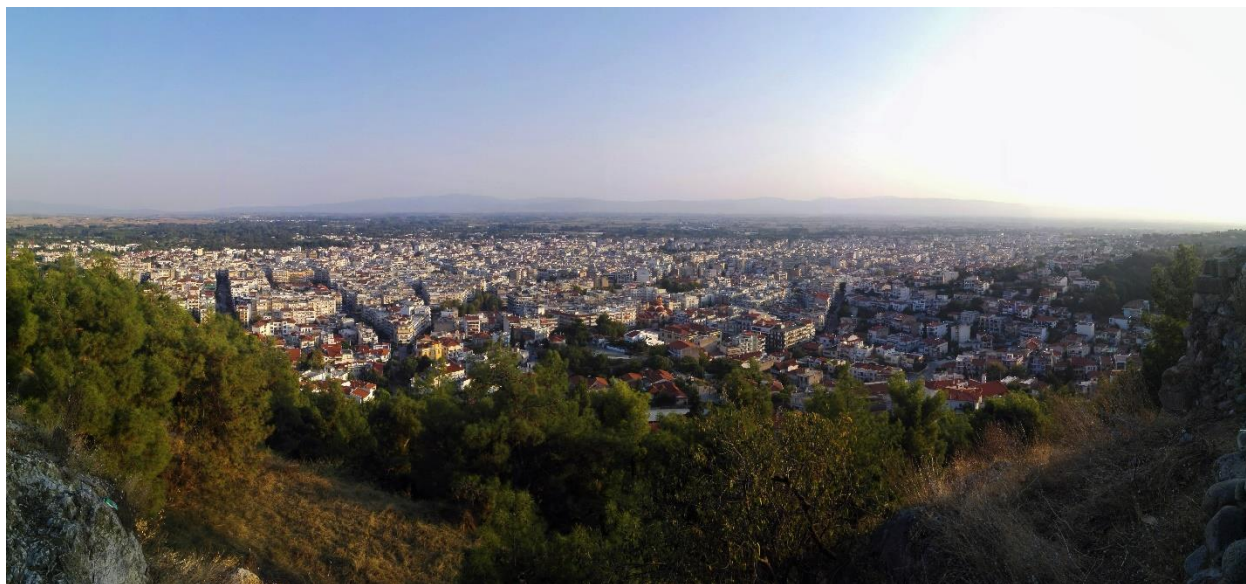


Διπλωματική Εργασία

«ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ»



ΠΑΤΣΟΥ ΚΥΡΙΑΚΟΥΛΑ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ

Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ, ΑΕΜ: 5221

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Θεσσαλονίκη 2019



ΠΑΤΣΟΥ ΚΥΡΙΑΚΟΥΛΑ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5221

Διπλωματική

***«ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ
ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ
ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ»***

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων Καθηγητής

ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Θεσσαλονίκη, 2019



© Πατσού Κυριακούλα Σπυριδούλα, Τμήμα Γεωλογίας, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ – Διπλωματική Εργασία

© Patsou Kyriakoula Spyridoula, School of Geology, Laboratory of Engineering Geology and Hydrogeology, 2019

HYDROLOGICAL INVESTIGATION OF THE AREA OF MUNICIPAL BOREHOLES OF SERRES – Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	11
2.1 Γενικά	11
2.2 Ανάγλυφο και χρήσεις γης	13
2.3 Περιβαλλοντικά προβλήματα	14
2.4 Υδρογραφικό δίκτυο	15
2.5 Υδρολογική λεκάνη	16
2.6 Κλίμα	18
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ	22
3.1 Γενικά	22
3.2 Γεωλογία της περιοχής.....	24
4. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	28
4.1 Γενικά	28
4.2 Υδρολιθολογία της περιοχής	30
4.3 Υδρευτικές γεωτρήσεις	31
5. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	38
5.1 Πληθυσμιακά δεδομένα	38
5.2 Πρόβλεψη πληθυσμού	40
5.3 Υδρευτικές ανάγκες	42
5.4 Πρόβλεψη υδρευτικών αναγκών	44
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	47
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	51
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	52



Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησής της, καθώς και για την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε.

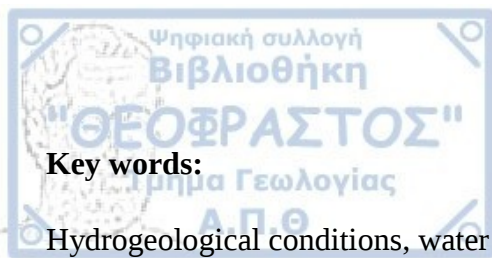
Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη και την βοήθειά τους σε όλο το χρονικό διάστημα το οποίο χρειάστηκα για να ολοκληρώσω την εργασία, και ιδιαιτέρως τον πατέρα μου χάρη στον οποίο πραγματοποίησα όλη την υπαίθρια άσκηση, η οποία ήταν απαραίτητη.



Υδρογεωλογικές συνθήκες, υδρευτικές ανάγκες, πηγές, υπόγειο νερό, υδροφορείς

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η έρευνα των υδρογεωλογικών συνθηκών και των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων της περιοχής των γεωτρήσεων ύδρευσης της πόλης των Σερρών. Η πόλη των Σερρών υδρεύεται από ένα σύνολο 12 γεωτρήσεων και μίας πηγής, αυτής του Αη-Γιάννη. Το υπόγειο υδατικό σύστημα της λεκάνης το οποίο εκμεταλλεύεται η περιοχή έρευνας είναι το GR1100010 Σύστημα Σερρών, το οποίο αναπτύσσεται στις νεογενείς-τεταρτογενείς αποθέσεις και δέχεται κατά προσέγγιση μέση ετήσια τροφοδοσία περίπου $330-340 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας διερευνήθηκαν οι γεωλογικές, οι υδρολιθολογικές, οι μορφολογικές και κλιματικές συνθήκες, καθώς τα περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής. Επιπλέον, με βάση τα ήδη υπάρχοντα πληθυσμιακά δεδομένα της πόλης εφαρμόστηκαν μέθοδοι με σκοπό την πρόβλεψη τόσο του πληθυσμού, όσο και των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων τα επόμενα χρόνια. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα αυτή συγκεντρώθηκαν από προηγούμενες έρευνες που έχουν διεξαχθεί στην περιοχή της λεκάνης των Σερρών, την προσωπική υπαίθρια άσκηση, καθώς και από την Δ.Ε.Υ.Α.Σ., την ΕΛΣΤΑΤ και την ΕΜΥ. Συμπερασματικά, παρατίθενται ορισμένες προτάσεις με σκοπό την ορθολογική και βιώσιμη χρήση του υπόγειου νερού για ύδρευση και την αποφυγή υπερεκμετάλλευσης και μόλυνσής αυτού.



Key words:
Hydrogeological conditions, water needs, springs, groundwater, aquifer systems

ABSTRACT

The subject of this study is the research of the hydrological conditions and the need in water supply of the town of Serres. The region of Serres is supplied with water from a total of twelve boreholes and the spring of Agios Ioannis. The water system of the hydrogeological basin, which is exploited by the study area, is GR1100010 System of Serres and is developed within Neogene-Quaternary deposits, with an intake of approximately $330-340 \times 10^6 \text{ m}^3$ of water per year. For the conduction of the present research, the geological, hydro lithological, morphological and climatic conditions, alongside with unfavourable environmental conditions, have been investigated. Moreover, based on the existing population data, statistical methods were applied, in order to predict the future population and their need in water supply in the coming years. Data used in this study were collected from previous papers concerning the area of Serres, and personal field investigation alongside with the contribution of DEYAS, ELTSAT, EMY. In conclusion, some proposals are presented for the rational and sustainable use of groundwater and the avoidance of its overexploitation and quality degradation.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την περιοχή των γεωτρήσεων της πόλης των Σερρών. Ο ομώνυμος νομός στον οποίο ανήκουν οι Σέρρες, βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία. Πρόκειται για μία μεγάλη πόλη, με αρκετό πληθυσμό, όχι όμως ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένη, αφού ένα μεγάλος μέρος του πληθυσμού του νομού επιλέγει να εγκατασταθεί στις κωμοπόλεις και στα χωριά που βρίσκονται περιφερειακά της πόλης.

Ο νομός Σερρών κατοικήθηκε από τα προϊστορικά χρόνια από διάφορους πληθυσμούς. Περίπου στα μέσα του 5^{ου} π.Χ. αιώνα Αθηναίοι άποικοι ίδρυσαν την σημαντικότερη πόλη της ευρύτερης περιοχής, την Αμφίπολη, κοντά στις εκβολές του ποταμού Στρυμόνα. Έπειτα από διάφορες κατακτήσεις φαίνεται να εγκαταστάθηκαν στον νομό Ρωμαίοι και μετανάστες από την Ελληνική Ανατολή και την Μικρά Ασία. Όλοι οι παραπάνω πληθυσμοί εκμεταλλεύτηκαν τα δάση, τα βοσκοτόπια, τις τεράστιες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και τα πλούσια μεταλλεία (χρυσού, αργύρου, χαλκού και σιδήρου) της περιοχής. Η γεωγραφική θέση του νομού, ήταν ιδιαίτερα προνομιούχα αφού ήλεγχε ένα σταυροδρόμι επικοινωνίας του Αιγαίου κόσμου (ακτές Στρυμονικού κόλπου) με τη Βαλκανική παραδουνάβια ενδοχώρα, όπως και την επικοινωνία μεταξύ Ανατολής και Δύσης, αφού η Εγνατία οδός διέσχιζε το νότιο τμήμα του νομού. Οι σημερινοί κάτοικοι του νομού είναι είτε γηγενείς Έλληνες είτε πρόσφυγες από την Ανατολική Θράκη, την Μικρά Ασία και τον Πόντο.

Η πόλη των Σερρών, βαριά τραυματισμένη από την πυρκαγιά του 1913, έχει κρατήσει ελάχιστα δείγματα από την τελευταία φάση του Οθωμανικού παρελθόντος της. Η καταστροφή αυτή σε συνδυασμό με την εγκατάσταση των προσφύγων μετά τη μικρασιατική καταστροφή αποτέλεσαν τις βασικές παραμέτρους που καθόρισαν την οικιστική μορφή της πόλης. Πολύ σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη της πόλης είναι το γεγονός ότι βρίσκεται πολύ κοντά σε έναν από τους σπουδαιότερους κόμβους εθνικών οδικών αρτηριών. Δυτικά της πόλης, στην περιοχή του Λευκώνα, πάνω στον άξονα Σερρών-Δράμας συμβάλλουν δύο βασικές εθνικές οδικές αρτηρίες, αυτές των Θεσσαλονίκης-Σερρών και Θεσσαλονίκης-Σιδηροκάστρου-Βουλγαρικών συνόρων.

Ο νομός Σερρών χαρακτηρίζεται από μία πολύπλοκη γεωμορφολογία, ενώ ιδιαίτερη σημασία έχει και η τεκτονική του. Αποτελεί μια λεκάνη η οποία περιφερειακά συγκροτείται από ένα σύνολο οροσειρών, ενώ κεντρικά αναπτύσσεται μια πεδιάδα, αυτή του Στρυμόνα. Πρόκειται

για τεκτονική λεκάνη της οποίας η διεύθυνση είναι ΒΒΔ-ΝΝΑ και συνδέεται με τη γνωστή «τεκτονική γραμμή του Στρυμόνα». Ειδικότερα, η πόλη των Σερρών και περιοχή έρευνας, βρίσκεται σε τέτοιο σημείο όπου διαθέτει χαρακτηριστικά τόσο πεδινής όσο και ορεινής περιοχής. Συγκεκριμένα, τοποθετείται κεντρικά και ανατολικά του νομού, στην περιφέρεια της πεδιάδας του Στρυμόνα, στους πρόποδες του Μενοίκιου Όρους.

Η λεκάνη των Σερρών είναι μία από τις κυριότερες Νεογενείς-Τεταρτογενείς λεκάνες του ελληνικού χώρου. Είναι μία εξαιρετικά εύφορη περιοχή, πράγμα το οποίο δεν μένει ανεκμετάλλευτο. Αντιθέτως, περίπου τα 2/5 της συνολικής έκτασης του νομού καταλαμβάνονται από γεωργικές εκτάσεις. Η πολύπλοκη γεωμορφολογία της λεκάνης, το γεωλογικό της υπόβαθρο, το ιδιαίτερο τεκτονικό της ενδιαφέρον, η αυξημένη γεωργική δραστηριότητα, ο μεγάλος πληθυσμός του νομού συγκριτικά με άλλους της Ελλάδας, καθώς επίσης και το υπόγειο υδατικό σύστημα της λεκάνης (GR1100010 Σύστημα Σερρών), το οποίο αναπτύσσεται στις νεογενείς-τεταρτογενείς αποθέσεις και δέχεται κατά προσέγγιση μέση ετήσια τροφοδοσία περίπου $330-340 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού, δημιουργούν ευλόγως την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής και των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η έρευνα των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής των γεωτρήσεων ύδρευσης της πόλης των Σερρών και των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων της εν λόγω περιοχής, για την διαπίστωση τυχόν ανεπάρκειας ή μη κάλυψης των αναγκών τους. Για την εκπόνηση της μελέτης αυτής συλλέχθηκαν στοιχεία από την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Σερρών (Δ.Ε.Υ.Α.Σ.), τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την λεκάνη των Σερρών και του ποταμού Στρυμόνα, την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ), καθώς επίσης και από την προσωπική υπαίθρια άσκηση που πραγματοποιήθηκε με σκοπό τον εντοπισμό των γεωτρήσεων και την παρατήρηση των γεωλογικών σχηματισμών σε θέσεις που αυτοί εμφανίζονται. Επιπλέον, για την συγγραφή της εργασίας αντλήθηκαν πληροφορίες και έννοιες από τα συγγράμματα του κ. Βουδούρη, ο οποίος είναι ο επιβλέπων καθηγητής της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Έτσι, συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα και αναπτύχθηκαν εκτενέστερα στα αντίστοιχα κεφάλαια. Αρχικά, αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά της πόλης, όπως είναι η



τοποθεσία, το ανάγλυφο και οι χρήσεις γης, τα περιβαλλοντικά προβλήματα, το υδρογραφικό δίκτυο και η υδρολογική λεκάνη, στην οποία ανήκει και το κλίμα. Έπειτα, παρουσιάζεται η γεωλογία της περιοχής, αλλά και της λεκάνης στην οποία αυτή ανήκει. Εν συνεχεία, αναπτύσσονται το κεφάλαιο με την υδρολιθολογία, τους υπόγειους υδροφορείς και τις υδρευτικές γεωτρήσεις και το κεφάλαιο με τα πληθυσμιακά δεδομένα της πόλης, τις προβλέψεις για την εξέλιξη του πληθυσμού για τα επόμενα έτη και τις παρούσες και προβλεπόμενες υδρευτικές ανάγκες των κατοίκων. Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας και προτάσεις για τα ζητήματα που προκύπτουν ή για την αντιμετώπιση πιθανόν προβλημάτων.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Γενικά

Ο νομός Σερρών ανήκει στους 51 νομούς της Ελλάδας και συνορεύει με αυτούς της Δράμας και της Καβάλας στα ανατολικά του, ενώ με τους νομούς Θεσσαλονίκης και Κιλκίς στα δυτικά. Στα βόρεια του νομού βρίσκονται τα σύνορα της χώρας με τη Βουλγαρία και τη Βόρεια Μακεδονία. Ο νομός Σερρών αποτελεί τον νομό με τα περισσότερα χωριά στην Ελλάδα, ενώ από το 2011 διαιρείται σε 7 Δήμους.

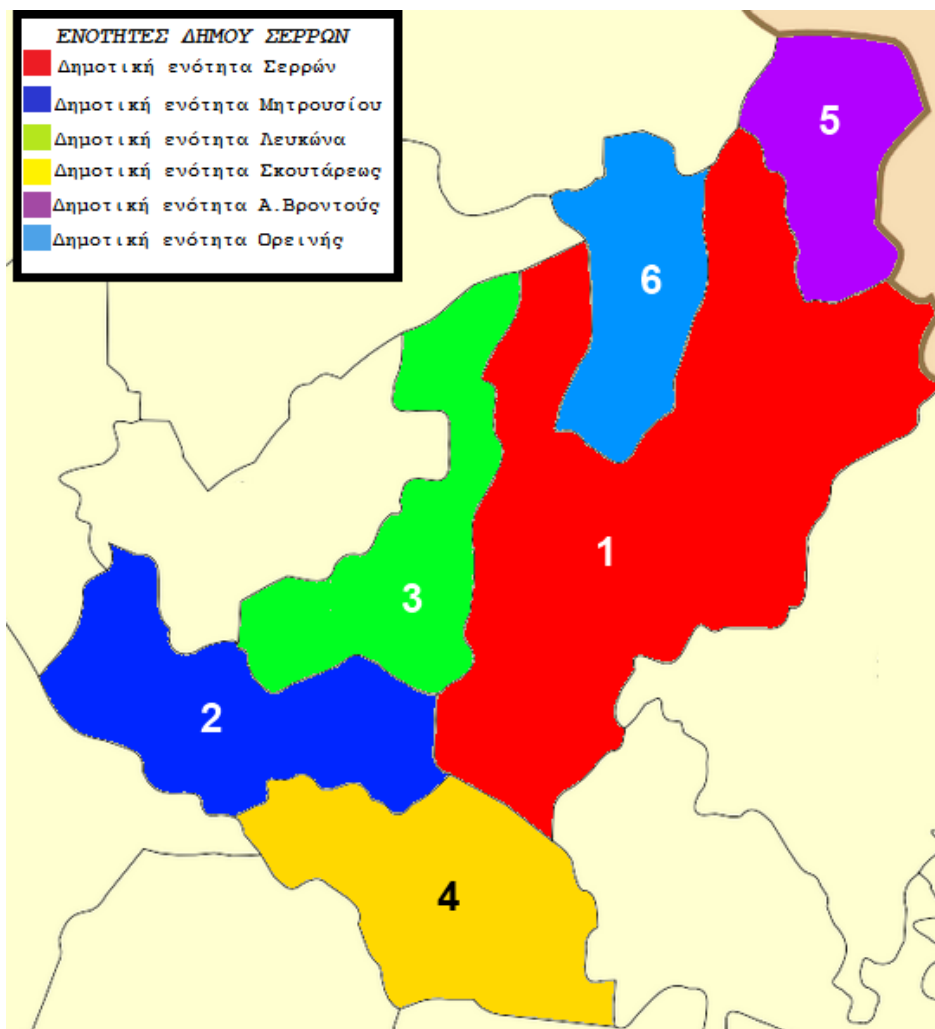


2.1.1 Θέση του Νομού σε σχέση με την Ελλάδα

Πιο συγκεκριμένα, η πόλη των Σερρών και πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού, η οποία αποτελεί και την περιοχή έρευνας, είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Μακεδονίας. Σύμφωνα με την απογραφή του πληθυσμού το 2011, ο πληθυσμός της πόλης ανέρχεται στους 58.287 κατοίκους. Βρίσκεται στο κέντρο του νομού και το ανάγλυφό της μεταβάλλεται έντονα από βόρεια προς νότια.

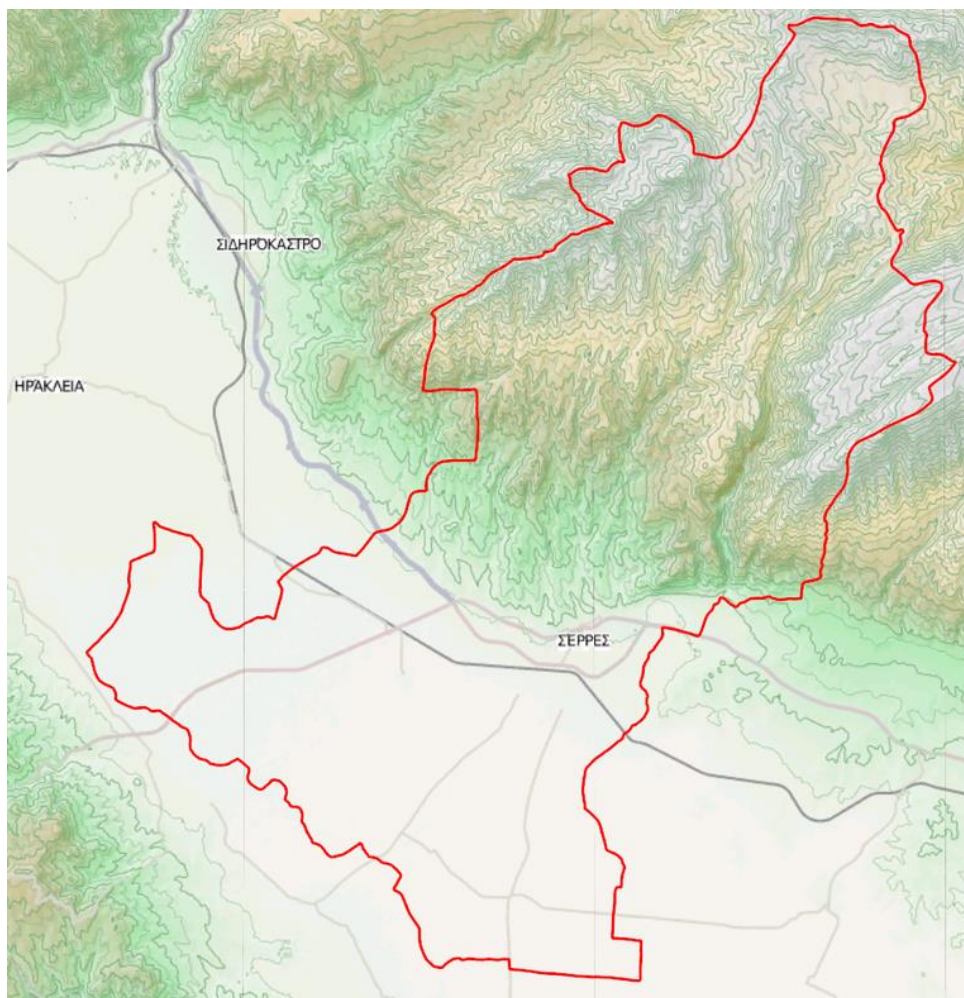
Η πόλη των Σερρών πέρα από πρωτεύουσα του νομού αποτελεί και την έδρα του Δήμου Σερρών. Από το 2011 με την εφαρμογή του προγράμματος «Καλλικράτης» οι 22 Δήμοι του

νομού συγχωνεύθηκαν και προέκυψαν 7, εκ των οποίων ο ένας είναι ο Δήμος Σερρών. Αυτός διαιρείται σε έξι δημοτικές ενότητες, οι οποίες είναι των Σερρών, του Μητρουσίου, του Λευκώνα, του Σκουτάρεως, της Άνω Βροντούς και της Ορεινής.



2.1.2 Δημοτικές ενότητες Δήμου Σερρών

Η πόλη των Σερρών είναι χτισμένη στους πρόποδες του Μενοικίου όρους και αποτελεί τμήμα της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα. Το υψόμετρό της από το επίπεδο της θάλασσας είναι 50 m. Παρατηρώντας τον τοπογραφικό χάρτη του Δήμου Σερρών στην εικόνα 2.1.3, γίνεται αντιληπτό πως η πόλη παρουσιάζει μια σημαντική αλλαγή στο ανάγλυφο από ΒΑ προς ΝΔ. Βορειοανατολικά της πόλης διακρίνεται μια πύκνωση των ισοϋψών, δηλαδή μεγάλη κλίση του εδάφους και έντονη υψομετρική διαφορά σε σχέση με το νοτιοδυτικό τμήμα όπου το ανάγλυφο γίνεται πεδινό. Από το βόρειο τμήμα της ξεκινούν πολυάριθμοι χείμαρροι, όπως αυτοί του Χριστού, του Λευκώνα, των Καμενικών και του Αη-Γιάννη, που καταλήγουν στον ποταμό Στρυμόνα, η πεδιάδα του οποίου εκτείνεται νότια της πόλης.



2.2.1 Τοπογραφικός χάρτης του Δήμου Σερρών

Ο νομός Σερρών ανήκει στους πιο πεδινούς νομούς της Ελλάδας, με το 48% της έκτασής του να χαρακτηρίζεται πεδινό-ημιορεινό. Αυτό αναμφίβολα έχει ευνοήσει την ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας σε μεγάλο βαθμό. Πιο συγκεκριμένα, οι γεωργικές εκτάσεις καταλαμβάνουν περίπου το 41% της συνολικής έκτασης του νομού, ενώ οι βοσκότοποι το 28,5%. Εξίσου μεγάλο ποσοστό αντιστοιχεί στα δάση, με αυτά να καλύπτουν το 20,7% της έκτασης του νομού. Αντίθετα, μόλις το 4,2% καλύπτεται από οικισμούς, ενώ σχεδόν ίδιο ποσοστό, 4,3%, καλύπτουν οι υδάτινες επιφάνειες του νομού.

Η χρήση γης της περιοχής μελέτης περιορίζεται στην οικιστική ανάπτυξη, αλλά και στην αναδόμηση του φυσικού τοπίου. Η πυρκαγιά του 1913 στην πόλη των Σερρών οδήγησε σε σημαντικές απώλειες. Έτσι η ανάπτυξη της πόλης ξεκίνησε από το παλαιότερο τμήμα που της είχε απομείνει και επεκτάθηκε προς τα νότια αυτού, όπου ευνοούνταν λόγω πιο ήπιου αναγλύφου. Καθοριστικό ρόλο στη δομή της πόλης έπαιξε ο λόφος του Κουλά στο βόρειο τμήμα, οι χείμαρροι της Αγίας Βαρβάρας στα δυτικά και των Αγίων Αναργύρων στα ανατολικά.

2.3 Περιβαλλοντικά προβλήματα

Είναι γνωστό πως τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα δημιουργούνται στις αστικές περιοχές της χώρας, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης των ανθρώπων στις πόλεις και της δραστηριότητάς τους σε αυτές. Ο νομός Σερρών δεν χαρακτηρίζεται από έντονη αστικοποίηση, όμως αντιμετωπίζει εξίσου σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Πιο συγκεκριμένα, τα πιο σπουδαία περιβαλλοντικά προβλήματα του νομού αφορούν την ρύπανση των υδάτων από την απόπλυση χημικών παρασκευασμάτων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, την ανεξέλεγκτη χρήση φυτοφαρμάκων, την έλλειψη ολοκληρωμένου αποχετευτικού συστήματος, την υπερβολική εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων από αυθαίρετες γεωτρήσεις, την υπερβόσκηση, κ.λπ.

Ειδικότερα, στην πόλη των Σερρών οι κυριότερες αιτίες περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι:

- η ελλιπής ενημέρωση των κατοίκων για ανακύκλωση, με αποτέλεσμα την αλόγιστη χρήση μη ανακυκλώσιμων προϊόντων

- η μη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, η οποία οδηγεί στη μόλυνση του εδάφους και των υδάτων, επιφανειακών και υπόγειων
- η έλλειψη αστικού πρασίνου, γεγονός που αποτρέπει την ανανέωση του οξυγόνου, την προστασία από ανέμους και βροχές, την απορρόφηση της σκόνης, την βελτίωση της αισθητικής του αστικού τοπίου, αλλά και την μείωση της ηχορύπανσης, η οποία αποτελεί εξίσου σημαντικό πρόβλημα της πόλης των Σερρών
- η ανυπαρξία χώρων στάθμευσης, η οποία έχει ως συνέπεια την κυκλοφοριακή συμφόρηση, την αύξηση της ηχορύπανσης, την δυσκολία διακίνησης των πεζών, καθώς και την έκλυση μεγαλύτερων ποσοστών καυσαερίων.

Γίνεται αντιληπτό πως η περιοχή μελέτης παρουσιάζει περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία δεν πρέπει να παραμεληθούν, διότι επηρεάζουν αρνητικά, σε μεγάλο βαθμό, το φυσικό περιβάλλον, τη ζωή και την υγεία των ανθρώπων.

2.4 Υδρογραφικό δίκτυο

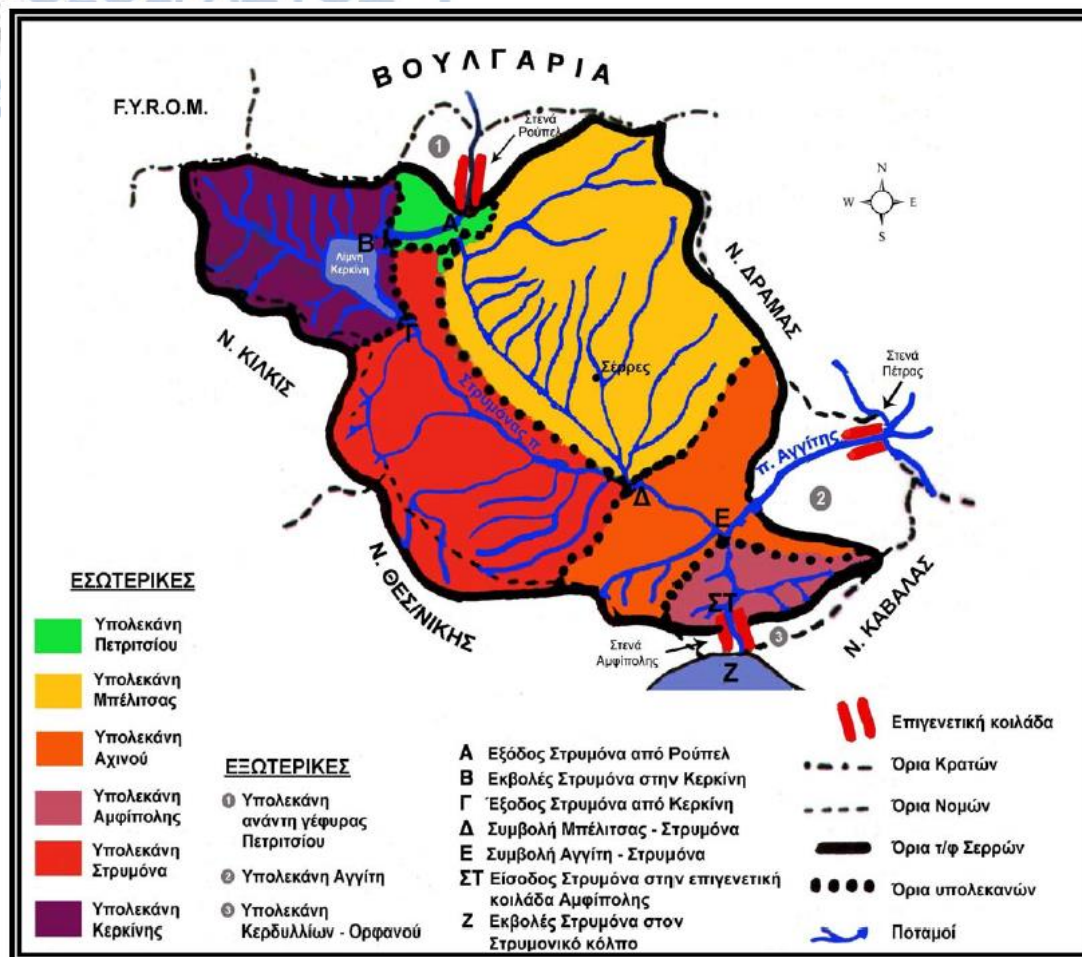
Με τον όρο «υδρογραφικό δίκτυο» εννοείται το μεταφορικό μέσο με το οποίο κινούνται το επιφανειακό νερό και τα ιζήματα μιας υδρολογικής λεκάνης. Ο νομός Σερρών διαθέτει ένα πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο, με τον Στρυμόνα να αποτελεί τον κεντρικό κλάδο αυτού, ενώ ταυτόχρονα την ταφρολεκάνη των Σερρών αποστραγγίζουν και οι εξής παραπόταμοι, χείμαρροι και ρέματα: ο Αγγίτης, ο Κρουσοβίτης, του Αγκίστρου, του Αη-Γιάννη, των Ποροΐων, του Ελαιώνα, των Αγίων Αναργύρων, της Βροντούς, ο Κερκινίτης, ο Κοπατσινός, των Θερμών και ο Εξοβίτης. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου που σχηματίζουν οι παραπάνω ποταμοί είναι δένδριτική.

Ο ποταμός Στρυμόνας έχει διεύθυνση Β-ΒΔ προς Ν-ΝΑ. Πηγάζει από το όρος Βιτάζα της Βουλγαρίας που βρίσκεται νοτιοδυτικά της Σόφιας, εισέρχεται στην Ελλάδα δυτικά του χωριού Προμαχώνας, διασχίζει μόνο τον νομό των Σερρών και εκβάλλει στον Στρυμονικό κόλπο, ο οποίος βρίσκεται ανατολικά του χωριού Ν.Κερδύλλια.

Την πόλη των Σερρών, η οποία αποτελεί και την περιοχή μελέτης, την διασχίζουν στα ανατολικά της τα ρέματα των Αγίων Αναργύρων και του Αγίου Ιωάννη.

Η ταφρολεκάνη των Σερρών αποτελεί τμήμα της συνολικής λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα, ο οποίος είναι και ο άξονας συμμετρίας της. Έπειτα από φυσικές διεργασίες, αλλά κυρίως από ανθρώπινες επεμβάσεις, η ταφρολεκάνη των Σερρών, στην οποία ανήκει η περιοχή έρευνας, διαιρείται στις εξής υπολεκάνες:

- **υπολεκάνη Πετритσίου**, η οποία βρίσκεται βόρεια της ταφρολεκάνης και αποστραγγίζει με τους χειμάρρους της το Α-ΝΑ τμήμα του όρους Κερκίνης και το δυτικό τμήμα του όρους Αγκίστρου. Οι χείμαρροι καταλήγουν στην τεχνητή κοίτη Βυρώνειας.
- **υπολεκάνη Κερκίνης**, της οποίας η τοποθεσία βρίσκεται Β-ΒΔ της ταφρολεκάνης. Οι χείμαρροί της αποστραγγίζουν το νότιο τμήμα του όρους Κερκίνης, το Β-ΒΑ και το ανατολικό τμήμα του Δυσώρου, ενώ καταλήγουν στην λίμνη Κερκίνης.
- **υπολεκάνη Μπέλιτσας**, η οποία καταλαμβάνει το Β-ΒΑ και ανατολικό τμήμα της ταφρολεκάνης των Σερρών. Η υπολεκάνη αυτή αποστραγγίζει το νότιο τμήμα του Αγκίστρου, το ΝΔ τμήμα του Ορβήλου, τα όρη της Βροντούς καθώς και το Δ-ΒΔ τμήμα του Μενοικίου. Όπως φαίνεται και στον χάρτη (2.5.1), στην υπολεκάνη Μπέλιτσας ανήκει η περιοχή μελέτης, δηλαδή η πόλη των Σερρών.
- **υπολεκάνη δυτικού Στρυμόνα**, η οποία περιλαμβάνει την δυτική περιοχή της ταφρολεκάνης, με τους χειμάρρους της να αποστραγγίζουν τα όρη του Μαυροβουνίου και του Βερτίσκου.
- **υπολεκάνη Αχινού**, με τοποθεσία Δ-ΝΔ και Α-ΝΑ της ταφρολεκάνης. Το Β-ΒΑ τμήμα του Κερδυλλίου όρους και το Δ-ΝΔ τμήμα του Μενοικίου αποστραγγίζονται από τους χειμάρρους της υπολεκάνης αυτής.
- **υπολεκάνη Αμφίπολης**, που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της ταφρολεκάνης των Σερρών και περιλαμβάνει τους χειμάρρους που αποστραγγίζουν το Δ-ΒΔ Παγγαίο καθώς και το ανατολικό τμήμα του Κερδυλλίου.



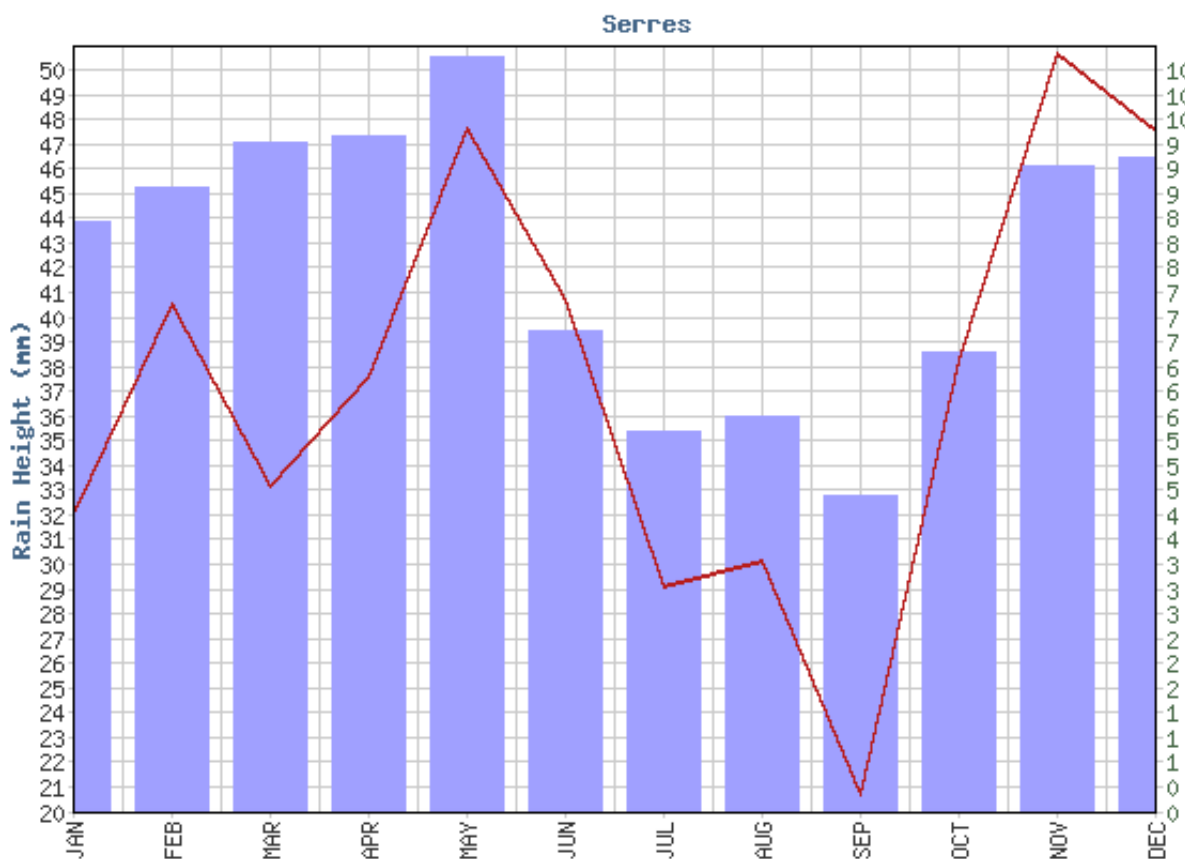
2.5.1 Υπολεκάνες της ταφρολεκάνης των Σερρών (Παπαφιλίππου, 1994).

2.6 Κλίμα

Το κλίμα των Σερρών χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό, με το καλοκαίρι να είναι θερμό και ξηρό, ενώ ο χειμώνας ψυχρός και υγρός. Εξαιτίας της μεγάλης έκτασης του νομού και του πολύπλοκου αναγλύφου του, έχουν διαμορφωθεί τοπικά μικροκλίματα, λόγω των διαφορετικών κλιματικών χαρακτηριστικών που επικρατούν κατά τόπους. Πιο συγκεκριμένα, στο νότιο τμήμα της πόλης το κλίμα είναι πιο υγρό σε αντίθεση με το βόρειο τμήμα αυτής, όπου είναι ξηρότερο, εξαιτίας της επίδρασής του από την τάφρο της Μπέλιτσας και τον ποταμό Στρυμόνα.

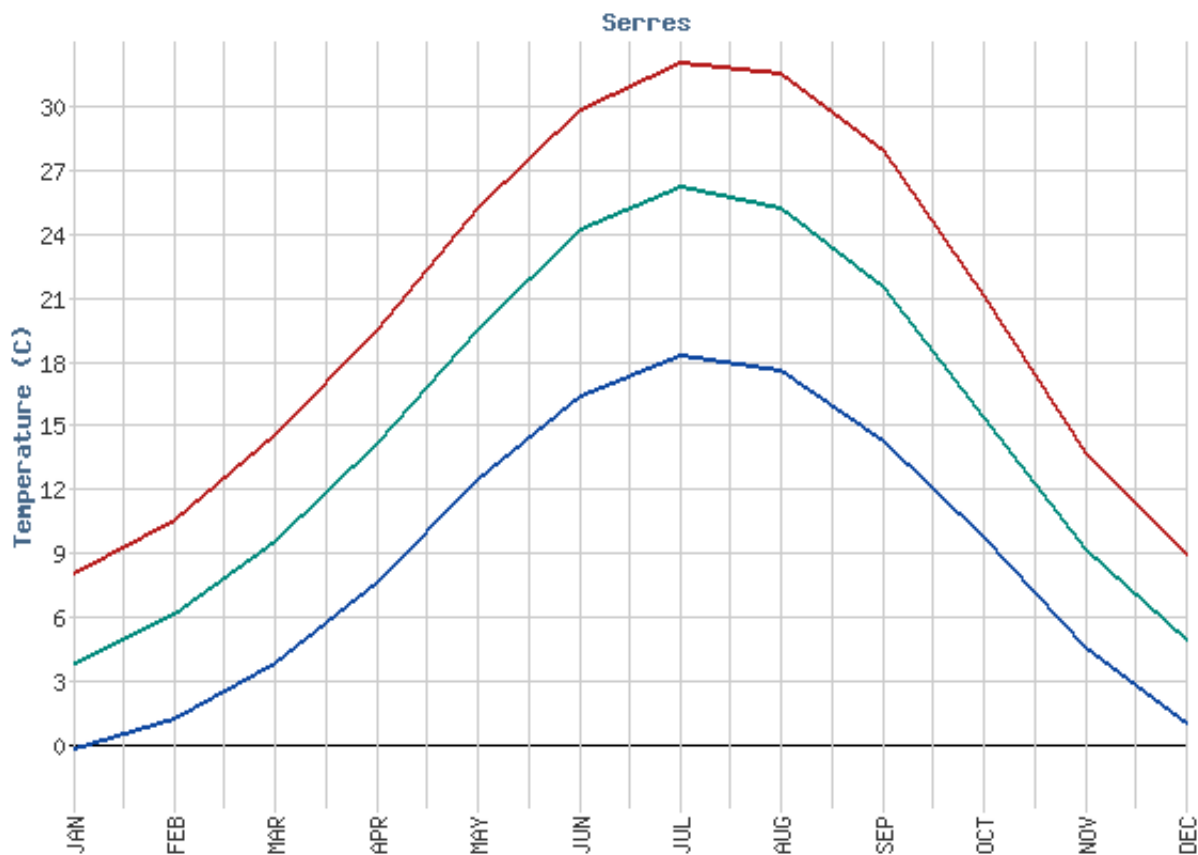
Η Ελληνική Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) διαθέτει έναν μετεωρολογικό σταθμό στις Σέρρες, ο οποίος βρίσκεται σχεδόν στο μέσο της ταφρολεκάνης (γεωγραφικό μήκος

41° 04' 35"/ γεωγραφικό πλάτος 23° 31' 45") και σε υψόμετρο 32,05 m. Με βάση τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα από την Ελληνική Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, τα οποία καλύπτουν την περίοδο 1971-1997, η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 448,5 mm (2.6.1) και η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,05 °C. Πιο αναλυτικά, η μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση παρατηρείται τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο, ενώ ο πιο ξηρός μήνας είναι ο Σεπτέμβριος. Επιπλέον, ο πιο ψυχρός μήνας είναι ο Ιανουάριος και ο πιο θερμός είναι ο μήνας Ιούλιος (2.6.2). Όσον αφορά τη σχετική υγρασία αυτή κυμαίνεται από 53,8% (Ιούνιος) μέχρι 80,2% (Δεκέμβριος) (2.6.3).



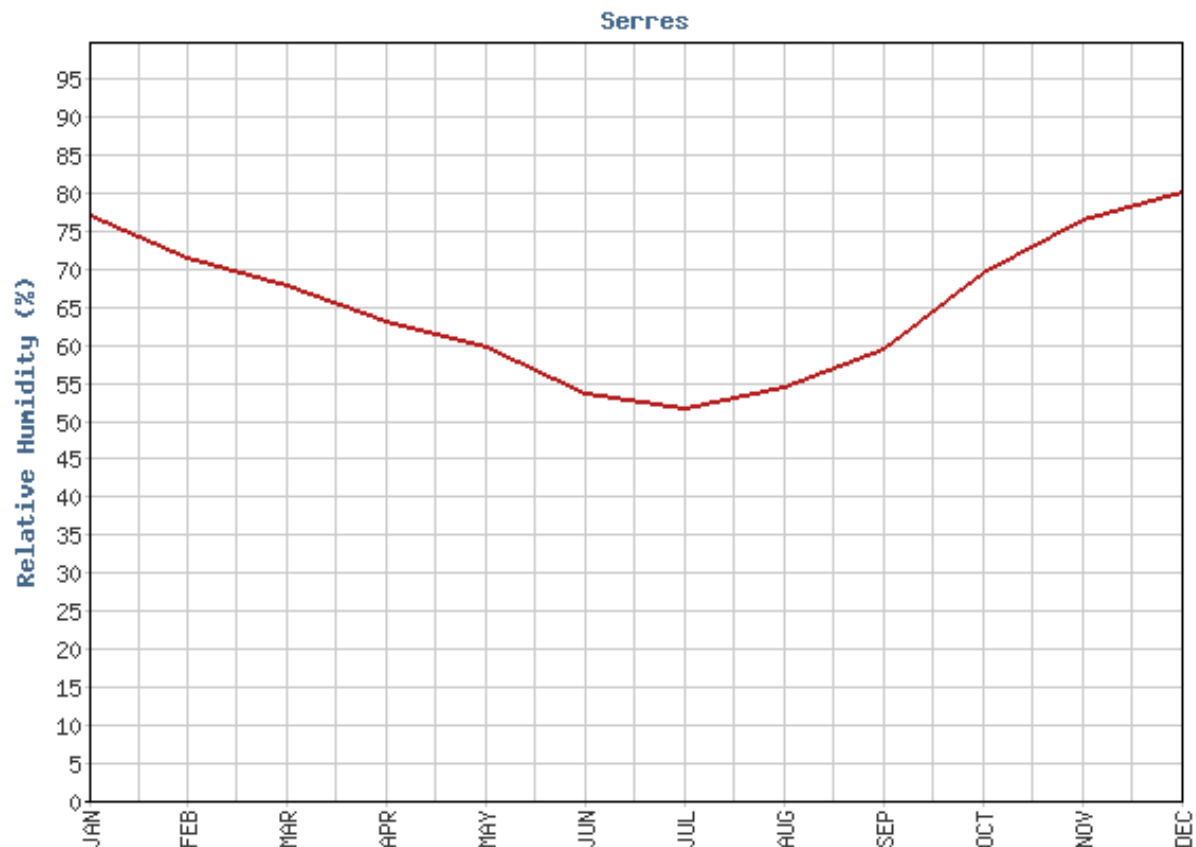
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση μηνιαία βροχόπτωση	32.1	40.6	33.2	37.6	47.7	40.7	29.1	30.2	20.7	38.3	50.7	47.6
Συνολικές ημέρες βροχής	8.2	8.7	9.3	9.4	10.5	6.7	5.3	5.5	4.4	6.4	9.0	9.1

2.6.1 Δεδομένα βροχόπτωσης από τον μετεωρολογικό σταθμό των Σερρών (περίοδος 1971-1997, ΕΜΥ)



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία	-0.1	1.3	3.9	7.7	12.5	16.5	18.4	17.7	14.3	9.8	4.6	1.1
Μέση μηνιαία θερμοκρασία	3.9	6.2	9.6	14.2	19.6	24.3	26.3	25.3	21.6	15.5	9.2	5.0
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία	8.1	10.6	14.6	19.6	25.3	29.9	32.1	31.6	28.0	21.2	13.7	9.0

2.6.2 Δεδομένα θερμοκρασιών από τον μετεωρολογικό σταθμό των Σερρών (περίοδος 1971-1997, EMY)



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση μηνιαία υγρασία	77.1	71.7	68.1	63.2	59.8	53.8	51.7	54.5	59.5	69.6	76.8	80.2

2.6.3 2 Δεδομένα υγρασίας από τον μετεωρολογικό σταθμό των Σερρών (περίοδος 1971-1997, EMY)

Η πόλη των Σερρών ανήκει σε μία από τις κυριότερες Νεογενείς-Τεταρτογενείς λεκάνες του Ελληνικού χώρου. Η λεκάνη Στρυμόνα-Σερρών είναι μία τεκτονική κοιλάδα με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, η οποία σχετίζεται με την «τεκτονική γραμμή Στρυμόνα». Αποτελεί το σημείο επαφής των δύο μαζών, της Ροδόπης που βρίσκεται ανατολικά της λεκάνης και της Σερβομακεδονικής στα δυτικά της, καλύπτοντας την επαφή αυτή με τις Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις.

Πιο συγκεκριμένα, το όριο μεταξύ των κρυσταλλοσχιστώδων μαζών, της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής, είναι η «τεκτονική γραμμή Στρυμόνα», η οποία έχει μήκος πολλών χιλιομέτρων, ακολουθεί την κοιλάδα του ποταμού Στρυμόνα και ταυτίζεται με το πιο ανατολικό ρήγμα της ζώνης Κραισιτίδων, αυτό του Πιρίν στη Βουλγαρία, του οποίου αποτελεί συνέχεια. Σήμερα υποστηρίζεται ότι η τεκτονική γραμμή του Στρυμόνα, καθώς και η αντίστοιχη λεκάνη του, που σχηματίστηκε εξαιτίας αυτής, είναι αποτέλεσμα εφελκυστικής τεκτονικής. Συγκεκριμένα, η εφελκυστική τεκτονική του Τριτογενούς εξελίχθηκε στο Μειόκαινο-Πλειόκαινο από ημιπλαστική σε θραυστιγενή με κίνηση προς ΝΔ, δημιουργώντας έτσι ζώνες διάτμησης και στη συνέχεια κανονικά ρήγματα μικρής και μεγάλης γωνίας κλίσης, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό της τεκτονικής γραμμής του Στρυμόνα και της ομώνυμης λεκάνης (Dinter & Royden 1993, Dinter 1998, Kiliyas & Mountrakis 1998, Kiliyas et al. 1999).

Όπως προαναφέρθηκε η λεκάνη Στρυμόνα-Σερρών έχει ηλικία σχηματισμού Μέσο-Άνω Μειοκαίνου. Το πάχος των ιζηματογενών αποθέσεων της είναι περίπου 3000m, ενώ είναι γνώστη για τα λιγνιτικά κοιτάσματα και το αξιόλογο γεωθερμικό της πεδίο.

Τα συστήματα των πετρωμάτων που αποτελούν την ταφρολεκάνη του Στρυμόνα είναι δύο, αυτό του υποβάθρου κι εκείνο των μεταλλικών αποθέσεων. Συγκεκριμένα τα συστήματα αυτά αποτελούνται από τους παρακάτω σχηματισμούς:

- **υπόβαθρο:** μεταμορφωμένα πετρώματα Παλαιοζωικής ηλικίας της μάζας της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής μάζας.

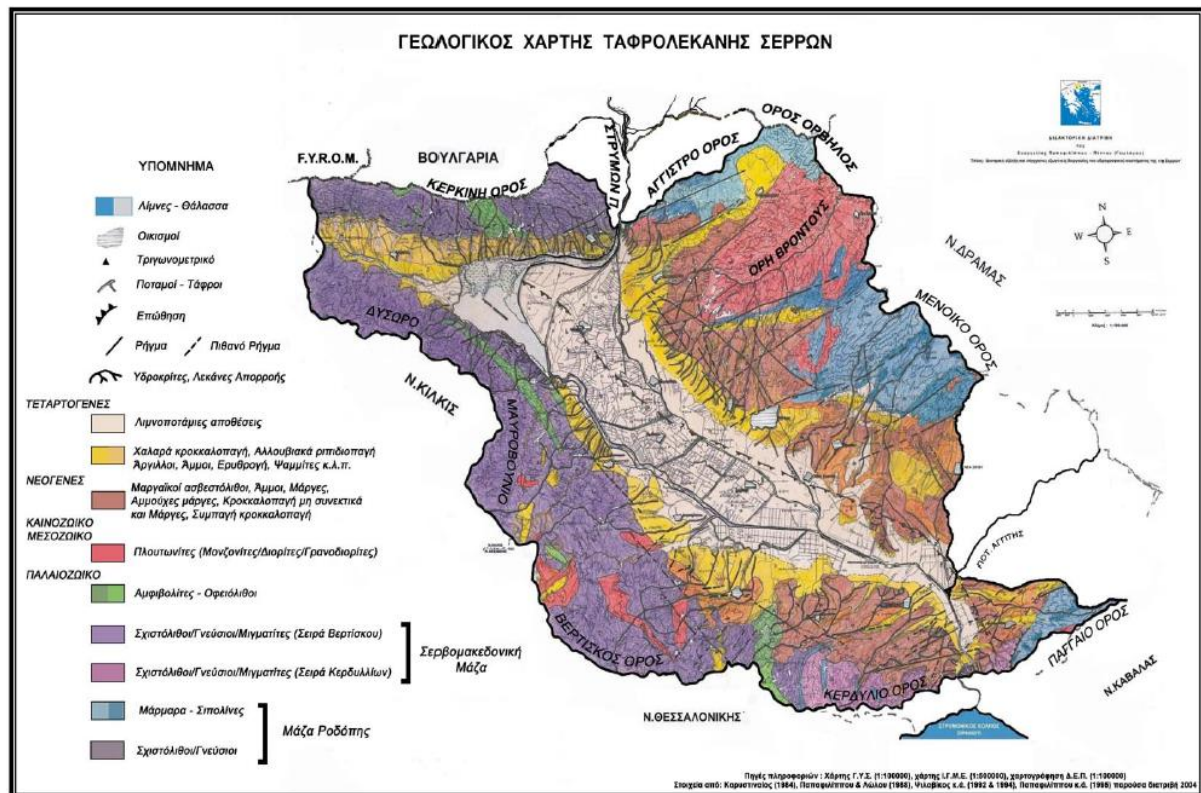
Η μάζα της Ροδόπης βρίσκεται ανατολικά της λεκάνης του Στρυμόνα, με κύρια λιθολογική σύσταση αυτή των κρυσταλλοσχιστώδων πετρωμάτων. Διαιρείται σε δύο

τεκτονικές ενότητες, την ανώτερη του Σιδηρόνερου που κατέχει το βόρειο τμήμα της μάζας και την κατώτερη του Παγγαίου που καταλαμβάνει τη δυτική-νοτιοδυτική Ροδόπη (Papanikolaou & Panagoulou 1981). Αν και στρωματογραφικά η ενότητα του Παγγαίου βρίσκεται σε κατώτερη θέση εντούτοις είναι η νεότερη σε σχέση με αυτή του Σιδηρόνερου.

Αντίστοιχα, και η Σερβομακεδονική μάζα συντελείται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα και διακρίνεται στις ενότητες α) Κερδυλλίων η οποία είναι η κατώτερη και αρχαιότερη και β) Βερτίσκου που είναι ανώτερη και νεότερη.

Μέσα και στις δύο μάζες έχουν διεισδύσει οι Καινοζωικής ηλικίας plutωνίτες.

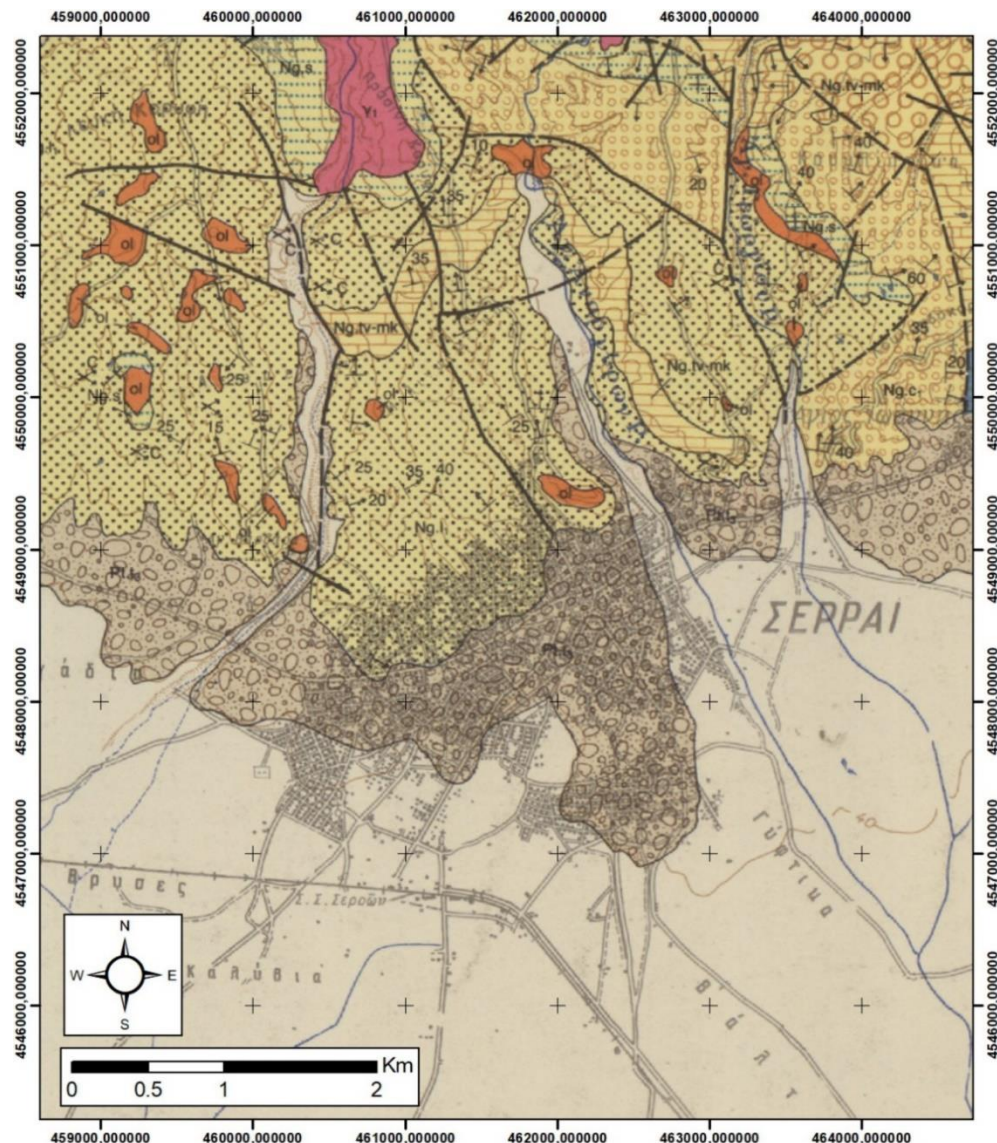
- **Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα:** αποτελούνται από τα βαθύτερα προς τα ανώτερα στρώματα από κροκαλοπαγή βύθισης με ενδιαστρώσεις ψαμμιτών χερσαίας φάσης, θαλάσσια ιζήματα κυρίως ασβεστιτικών ψαμμιτών με ενδιαστρώσεις λατυποπαγών και αργιλικών ιζημάτων που περιέχουν απολιθώματα ελασματοβραγχίων, ψαμμίτες και αργίλους μέσα στα οποία υπάρχουν λιγνιτικά στρώματα, και τέλος χερσαία κροκαλολατυποπαγή και ερυθροστρώματα.



3.1.1 Γεωλογικός χάρτης ταφρολεκάνης Σερρών (Παπαφίλιππου, 1994)

3.2 Γεωλογία της περιοχής

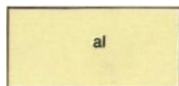
Η περιοχή έρευνας αφορά την πόλη των Σερρών, καθώς και μέρος των προαστίων της. Η γεωλογία της παρουσιάζεται στον χάρτη 3.2.1 και στο υπόμνημα 3.2.2. Σύμφωνα με τον χάρτη, το γεωλογικό υπόβαθρο της πόλης είναι παρόμοιο με αυτό της συνολικής λεκάνης του Στρυμόνα. Στα βαθύτερα στρώματα υπάρχουν τα μεταμορφωμένα πετρώματα της μάζας της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής, μέσα στα οποία διείσδυσαν τα εκρηξιγενή πλουτωνικά πετρώματα, ενώ στα ανώτερα στρώματα βρίσκονται τοποθετημένα τα μεταλλικά ιζήματα.



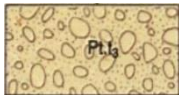
3.2.1 Γεωλογικός χάρτης της πόλης και των προαστίων των Σερρών

(απόσπασμα χάρτη ΙΓΜΕ)

Τεταρτογενές

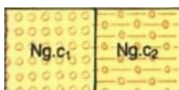


Προσχώσεις κοιλάδων: αμμούχοι άργιλοι, άργιλοι, ιλύς, άμμοι, κατά θέσεις με χαλίκια.



Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων: άμμοι, καστανοκόκκινοι πηλοί, ερυθρογή κατά τόπους με κροκάλες και χαλίκια μαρμάρων και άλλων κρυσταλλοσχηστώδων πετρωμάτων. Ύψος από τις κοίτες των ρεμάτων μέχρι 5m.

Νεογενές

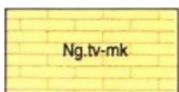


Λιμνοχερσαίοι σχηματισμοί Μικρού Στρογγυλού: (Ng.c1) αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, συνήθως με καλή ταξινόμηση των υλικών, ιλύτες, πηλίτες, άμμους, αργιλούχους άμμους, ερυθρογή και χαλίκια.



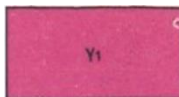
Ανώτερα λεπτομερή λιγνιτοφόρα στρώματα (της βάσης του Νεογενούς), λιμναίας φάσης: (Ng.l1): στρώματα αργιλικά, αμμόδη ή αργιλοαμμώδη, ψαμμίτες, ιλύτες, πηλίτες με καλή ταξινόμηση των υλικών, με ανθρακομιγείς και λιγνιτικές ενστρώσεις και χαρακτηριστικούς ορίζοντες από σκουροκόκκινους πηλούς. Στα ανώτερα στρώματα μικρές παρεμβολές από μάργες. Συνιζηματογενείς ολισθόλιθοι και ολισθοστρώματα από τα κρυσταλλοσχηστώδη πετρώματα και το γρανοδιорίτη (ol). **(Ng.l2):** άμμοι, άργιλοι, αργιλούχοι άμμοι, σκούροι ερυθροπηλοί, ερυθρογή και ασβεστιτικά συγκρίματα, με ευκρινή στρώση και καλή διαβάθμιση.

Μέγιστο πάχος των σχηματισμών Ng.l1 και Ng.l2 περίπου 1000m.



Λιμνοχειμάριος σχηματισμός Σκάλας: εναλλαγές και πλευρικές μεταβάσεις μεταξύ μαργαϊκών και τραβερτινοειδών ασβεστολίθων. Οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι έχουν χρώμα υπολευκό μέχρι κιτρινωπό με χαρακτηριστικές ενδιάμεσες λεπτές αργιλοαμμώδεις και λιγνιτικές ενστρώσεις, πάχους μέχρι 0,1m. Αποτυπώματα απολιθωμάτων Planorbis sp. Οι τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι είναι συμπαγείς, χρώματος γκρίζου μέχρι ανοικτού καφέ, και περιέχουν χαρακτηριστικά κρυσταλλικά, ασβεστιτικά συγκρίματα και λεπτούς σωληνοειδείς σχηματισμούς. Μέγιστο πάχος 80m.

Εκρηξιγενή πλουτώνεια πετρώματα



Νησίδες γρανοδιорίτη-γρανίτη που περιβάλλονται από ιζήματα Νεογενούς: παρουσιάζουν αδροκρυσταλλικό ιστό και υφή ακανόνιστη. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ο έντονος τεκτονισμός και κατακερματισμός με λεπτότατα φλεβίδια ασβεστίτη. Κύρια ορυκτά: K-ούχοι άστριοι (μικροκλινής), όξινα πλαγιόκλαστα έντονα σερικιτιωμένα, χαλαζίας, βιοτίτης, συχνά χλωριτιωμένος. Δευτερεύοντα ορυκτά: αλλανίτης, απατίτης, τιτανίτης, επίδοτο, ρουτίλιο και αδιαφανή.

3.2.2 Υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη 3.2.1



3.2.3 Εμφάνιση γρανιτικών ολισθολίθων (συντεταγμένες x: $41^{\circ} 6' 55,32''$, y: $23^{\circ} 32' 8,93''$, ύψος: 288m)



3.2.4 Κίτρινη άργιλος με άμμο (συντεταγμένες x: $41^{\circ} 7' 3.95''$, y: $23^{\circ} 32' 22.02''$, ύψος: 276m)



3.2.5 Αργιλοαμμώδεις αποθέσεις (συντεταγμένες $x: 41^{\circ} 8' 27.50''$, $y: 23^{\circ} 32' 10.82''$, ύψος: 381m)

Η υδρολιθολογία μιας περιοχής αναφέρεται στα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν οι γεωλογικοί σχηματισμοί, σε σχέση με την κίνηση του υπόγειου νερού. Τα χαρακτηριστικά αυτά (πορώδες, περατότητα, ετερογένεια, ισοτροπία, κ.λπ.) προκύπτουν με βάση τον τρόπο δημιουργίας των γεωλογικών σχηματισμών και της εξέλιξής τους.

Στην Υδρογεωλογία η πιο σημαντική ιδιότητα των γεωλογικών σχηματισμών είναι το πορώδες, διότι από αυτό εξαρτάται η κίνηση και η αποθήκευση του υπόγειου νερού. Το πορώδες ή ολικό πορώδες (n) είναι ένα μέτρο των διακένων που υπάρχουν σε ένα πέτρωμα ή έδαφος και ορίζεται με το λόγο του συνολικού όγκου των διακένων (V_K) προς τον συνολικό όγκο του πετρώματος/εδάφους ($V_{ολ}$) (Βουδούρης, 2013). Διακρίνεται σε πρωτογενές πορώδες, το οποίο προέρχεται από τα διάκενα που δημιουργούνται κατά τον σχηματισμό του πετρώματος και σε δευτερογενές πορώδες, που αντιπροσωπεύει τα διάκενα που προκύπτουν λόγω τεκτονισμού, αποσάθρωσης, διάλυσης, δράσης του έμβιου κόσμου κ.λπ. Εξίσου σημαντική παράμετρος, που αφορά μόνο τον γεωλογικό σχηματισμό και όχι το ρευστό, είναι η περατότητά του. Αυτή περιγράφει την ευκολία ή δυσκολία με την οποία κινείται το ρευστό μέσα στο πέτρωμα και εξαρτάται από το σχήμα, το μέγεθος και τη διάταξη των κόκκων του γεωλογικού σχηματισμού. Επιπλέον, μεγίστης σημασίας ιδιότητες είναι η ομοιογένεια και η ισοτροπία των πετρωμάτων ή εδαφών. Ένας σχηματισμός είναι ομοιογενής όταν μια ανυσματική του παράμετρος έχει την ίδια τιμή σε παράλληλες διευθύνσεις και ισότροπο όταν έχει την ίδια τιμή σε όλες τις διευθύνσεις. Στη φύση όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι ετερογενείς και ανισότροποι.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί ανάλογα με τη δυνατότητά τους να επιτρέπουν στο νερό να διεισδύει μέσα σε αυτούς και να κινείται διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) τους υδροπερατούς και β) τους αδιαπέρατους. Πιο αναλυτικά, οι υδροπερατοί σχηματισμοί είναι αυτοί που επιτρέπουν τη διείσδυση και την κυκλοφορία του νερού στο εσωτερικό τους και χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: α) τους μικροπερατούς, οι οποίοι είναι τα χαλαρά υλικά ή συνεκτικά πετρώματα που η περατότητά τους προκύπτει από το πρωτογενές πορώδες και β) τους μακροπερατούς των οποίων η περατότητα οφείλεται στο δευτερογενές πορώδες. Αντίθετα, αδιαπέρατοι ονομάζονται οι σχηματισμοί πολύ χαμηλής περατότητας, που δεν αφήνουν τα

ρευστά να εισέλθουν και να κινηθούν στο εσωτερικό τους και ταυτόχρονα αποτελούν το άνω ή κάτω όριο ενός υδροφόρου στρώματος (Βουδούρης, 2013).

Υδροφορέας είναι ένας κορεσμένος με νερό γεωλογικός σχηματισμός, ικανός να τροφοδοτήσει με αξιοσημείωτες ποσότητες νερού γεωτρήσεις και πηγές. Ουσιαστικά πρόκειται για έναν αγωγό, που αποθηκεύει και μεταβιβάζει νερό, ο οποίος αποτελείται από τον περατό σχηματισμό, το ακόρεστο τμήμα αυτού και το αποθηκευμένο νερό. Το όριο μεταξύ του υδροφόρου στρώματος και του ακόρεστου τμήματός του ονομάζεται υδροφόρος ορίζοντας ή υδροστατική στάθμη. Οι πιο σημαντικοί τύποι υπόγειων υδροφορέων είναι οι εξής:

- **ελεύθεροι ή φρεάτιοι:** αυτοί διαθέτουν ένα στεγανό στρώμα για δάπεδο και μία οροφή στην οποία δεν υπάρχει αδιαπέρατο γεωλογικό υλικό. Η υδροστατική στάθμη συμπίπτει με την άνω επιφάνεια της κορεσμένης ζώνης.
- **υπό πίεση:** αποτελούνται από αδιαπέρατους γεωλογικούς σχηματισμούς, τόσο στο δάπεδο όσο και στην οροφή, ενώ το νερό βρίσκεται εγκλωβισμένο ανάμεσά τους. Στους υδροφορείς αυτούς, η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, γι' αυτό η πιεζομετρική επιφάνεια βρίσκεται υψηλότερα από την βάση της οροφής. Άξιο αναφοράς, στους υπό πίεση υδροφορείς, είναι το φαινόμενο του αρτεσιανισμού. Κατά το φαινόμενο αυτό έχουμε ροή νερού από το έδαφος με τη μορφή πίδακα, εξαιτίας της πιεζομετρικής επιφάνειας που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.
- **ημιεγκλωβισμένοι:** είναι υδροφορείς ανάλογοι με τους υπό πίεση, όμως εδώ η οροφή τους αποτελείται από ημιπερατό στρώμα, με μικρή υδροπερατότητα.
- **ημιελεύθεροι:** στην περίπτωση αυτή το υπερκείμενο στρώμα έχει μεγάλη υδροπερατότητα, όχι όμως μεγαλύτερη από του υδροφορέα.

Γενικά οι υδροφορείς διακρίνονται σε τρεις υποκατηγορίες με βάση την петρογραφία:

α) στους πορώδεις υδροφορείς, οι οποίοι δημιουργούνται σε κοκκώδεις σχηματισμούς και το νερό συγκρατείται στους πόρους, β) στους καρστικούς υδροφορείς που σχηματίζονται στα ανθρακικά πετρώματα εξαιτίας του δευτερογενούς πορώδους, και γ) στους υδροφορείς που αναπτύσσονται στις ρηξιγενείς ζώνες των διαρρηγμένων πετρωμάτων.

4.2 Υδρολιθολογία της περιοχής

Σύμφωνα με τη γεωλογία της περιοχής μελέτης, οι σχηματισμοί που συναντώνται σε αυτή και διαμορφώνουν ανάλογα το υπόγειο υδατικό σύστημά της, διακρίνονται σε τρεις υδρολιθολογικές ενότητες, οι οποίες είναι: I) η ενότητα των εκρηξιγενών πλουτώνειων πετρωμάτων, II) η ενότητα των Νεογενών αποθέσεων, και III) η ενότητα των Τεταρτογενών αποθέσεων.

I) Ενότητα εκρηξιγενών πλουτώνειων πετρωμάτων

Στην ενότητα αυτή ανήκουν οι μικρές εμφανίσεις, υπό μορφή νησίδων, γρανίτη και γρανοδιορίτη που παρατηρούνται Β- ΒΑ της πόλης. Τα πλουτωνικά αυτά πετρώματα, τα οποία περιβάλλονται από ιζήματα του Νεογενούς, χαρακτηρίζονται από έντονο τεκτονισμό. Τα υγιή πλουτωνικά πετρώματα παρουσιάζουν πολύ μικρό πρωτογενές πορώδες και περατότητα, όμως οι συγκεκριμένοι γρανοδιορίτες και γρανίτες έχουν αναπτύξει δευτερογενές πορώδες εξαιτίας του τεκτονισμού και κατακερματισμού τους. Οι διακλάσεις και οι ρωγμές των πλουτωνικών αυτών διεισδύσεων επιτρέπουν τον σχηματισμό ζωνών υπόγειας υδροφορίας, που τροφοδοτούν πηγές.

II) Ενότητα Νεογενών αποθέσεων

Οι Νεογενείς αποθέσεις στην περιοχή μελέτης αποτελούνται, από τα βαθύτερα προς τα ανώτερα στρώματα, από μαργαϊκούς και τραβερτινοειδείς ασβεστολίθους, εναλλαγές από αργίλους, άμμους, ψαμμίτες, πηλίτες, ιλύτες, λιγνιτικά στρώματα, πηλούς, καθώς και ολισθολίθους από τα πετρώματα του υποβάθρου, ενώ στα ανώτερα στρώματα που αποτελούν το υπόβαθρο των Τεταρτογενών ιζημάτων παρατηρούνται και κροκαλοπαγή, ερυθρογή και χαλίκια.

Οι αδρόκοκοι, χαλαροί σχηματισμοί όπως χαλίκια και άμμοι έχουν υψηλή υδροπερατότητα. Ομοίως, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, που συμπεριφέρονται όπως οι καρστικοί, αναπτύσσουν σημαντική υδροφορία. Σε αντίθεση με τους παραπάνω σχηματισμούς, τα πηλινικά πετρώματα, οι ψαμμίτες, αν δεν έχουν δευτερογενές πορώδες, δεν μπορούν να σχηματίσουν ζώνες υδροφορίας, διότι δεν ανήκουν στους υδροπερατούς γεωλογικούς σχηματισμούς.

Λόγω της ανάμειξης υλικών διαφορετικής κοκκομετρίας και εν συνεχεία διαφορετικών υδραυλικών χαρακτηριστικών, οι Νεογενείς αποθέσεις της περιοχής μελέτης δεν επιτρέπουν τη δημιουργία σημαντικών ζωνών υδροφορίας, αλλά τον σχηματισμό περιορισμένων και μικρού δυναμικού υπόγειων υδροφορέων.

III) Ενότητα Τετατογενών αποθέσεων

Τα πιο αδρόκοκκα Τεταρτογενή υλικά αποτέθηκαν περιφερειακά της ταφρολεκάνης των Σερρών, ενώ κεντρικά της λεκάνης οι αποθέσεις περιλαμβάνουν άμμους, πηλούς, ερυθρογή, κροκάλες και χαλίκια από πετρώματα του υποβάθρου, ενώ ιλύς και άργιλος εμφανίζονται στα ανώτερα στρώματα. Χάρη στη φύση των Τεταρτογενών αποθέσεων, που αποτελούνται από πιο αδρομερή υλικά αναπτύσσονται ζώνες υπόγειας υδροφορίας, οι οποίες μαζί με τους υδροφορείς των Νεογενών αποθέσεων, εκμεταλλεύονται από ένα σύνολο υδρευτικών και αρδευτικών υδρογεωτρήσεων.

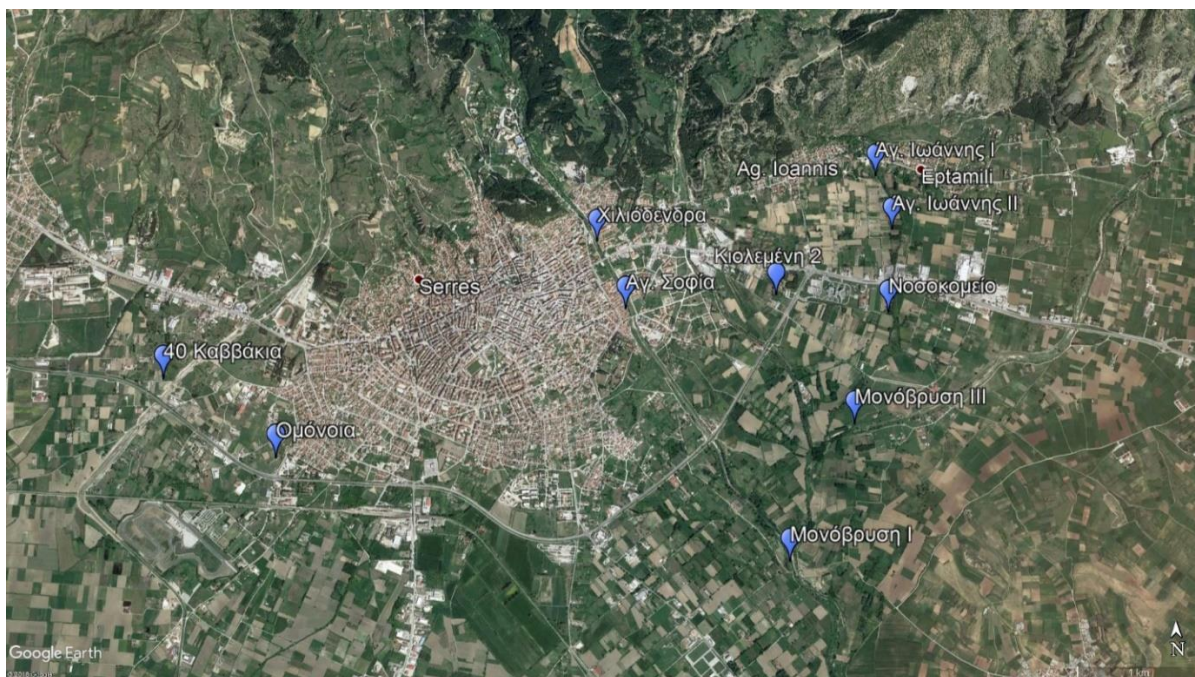
Μελετώντας τη θέση της περιοχής μελέτης, η οποία βρίσκεται κοντά στην περιφέρεια της λεκάνης των Σερρών, την γεωλογία της, τις λιθολογικές στήλες των γεωτρήσεων, καθώς και τις υδροστατικές στάθμες των υπόγειων υδροφορέων γίνεται αντιληπτό πως οι γεωλογικοί σχηματισμοί που την συγκροτούν είναι κατά κύριο λόγο οι υδροπερατοί σχηματισμοί των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων.

4.3 Υδρευτικές γεωτρήσεις

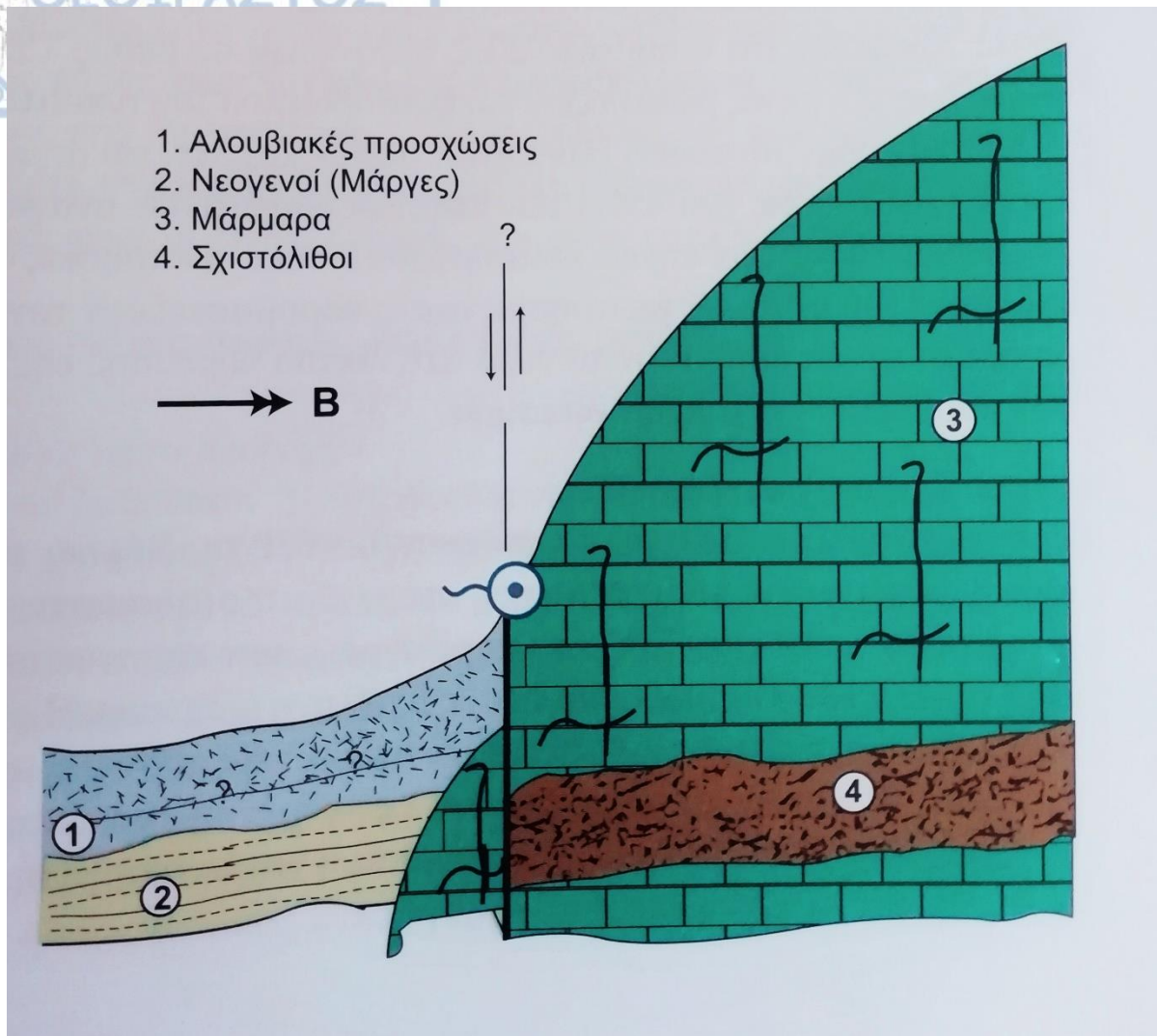
Οι κάτοικοι της πόλης των Σερρών καλύπτουν τις υδρευτικές τους ανάγκες από ένα σύνολο υδρευτικών γεωτρήσεων, καθώς και από την πηγή του Αη-Γιάννη, των οποίων οι τομές παρατίθενται παρακάτω, ενώ ένα μέρος αυτών στο Παράρτημα σελ.48.

Οι γεωτρήσεις είναι 13 εκ των οποίων η μία έχει τεθεί εκτός λειτουργίας. Οι περισσότερες βρίσκονται περιφερειακά της πόλης, ενώ οι δύο (Χιλιόδενδρα, Αγία Σοφία) είναι τοποθετημένες μέσα στο οικοδομικό συγκρότημα, κοντά στο ρέμα του Αη-Γιάννη. Επιπλέον, η γεώτρηση «Ομόνοια» τίθεται εποχιακά σε λειτουργία, όταν αυξάνονται οι υδρευτικές ανάγκες των κατοίκων.

Το 90% των υδρευτικών αναγκών καλύπτεται από τις γεωτρήσεις, ενώ το 10% το καλύπτει η πηγή του Αη-Γιάννη. Συγκεκριμένα, η τελευταία τροφοδοτεί με νερό τις περιοχές του Αγίου Ιωάννη, της Ηλιούπολης, καθώς και το Τμήμα Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ). Πρόκειται για μία από τις τέσσερις κύριες πηγές του Αη-Γιάννη, οι οποίες εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα των μαρμάρων του Μενοίκιου όρους.



4.3.1 Θέσεις των υδρευτικών γεωτρήσεων της πόλης των Σερρών (Google Earth)



4.3.2 Γεωλογική τομή της πηγής Αη-Γιάννη Σερρών (Κνιθάκης, 1983), (Βουδούρης, 2015)



4.3.3 Γεώτρηση Μονόβρυση Ι

Όπως προαναφέρθηκε, η πόλη των Σερρών βρίσκεται ανατολικά και στην περιφέρεια της ομώνυμης λεκάνης στην οποία ανήκει. Επομένως οι γεωλογικοί σχηματισμοί, που συγκροτούν το υπέδαφος της πόλης και στους οποίους έχουν πραγματοποιηθεί οι εν λόγω γεωτρήσεις, αναμένεται να είναι οι αδρόκοκκοι και χαλαροί του Τεταρτογενούς και οι ανώτεροι του Νεογενούς. Πράγματι, από τις παρακάτω λιθολογικές στήλες, οι γεωτρήσεις έχουν ανορυχθεί κατά κύριο λόγο μέσα στις Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις, οι οποίες έχουν καλύψει το υπόβαθρο της μάζας της Ροδόπης.

Η υδροστατική στάθμη των υπόγειων υδροφορέων μεταβάλλεται από γεώτρηση σε γεώτρηση. Αυτή που βρίσκεται σε μεγαλύτερο βάθος είναι στην γεώτρηση «Κιολεμένη 2» στα 27m, καθώς και στην γεώτρηση «Χιλιόδενρα» στα 20 m βάθος. Αντιθέτως, οι υδροστατικές στάθμες των υδροφορέων που εκμεταλλεύονται οι γεωτρήσεις «Άγιος Ιωάννης Ι» και «Μονόβρυση Ι» είναι μόλις στα 1,5 m και 3 m βάθος, αντίστοιχα. Στις υπόλοιπες ο υδροφόρος ορίζοντας συναντάται σε βάθη που κυμαίνονται από 5,7 m (Νοσοκομείο) μέχρι 12m (Ομόνοια).

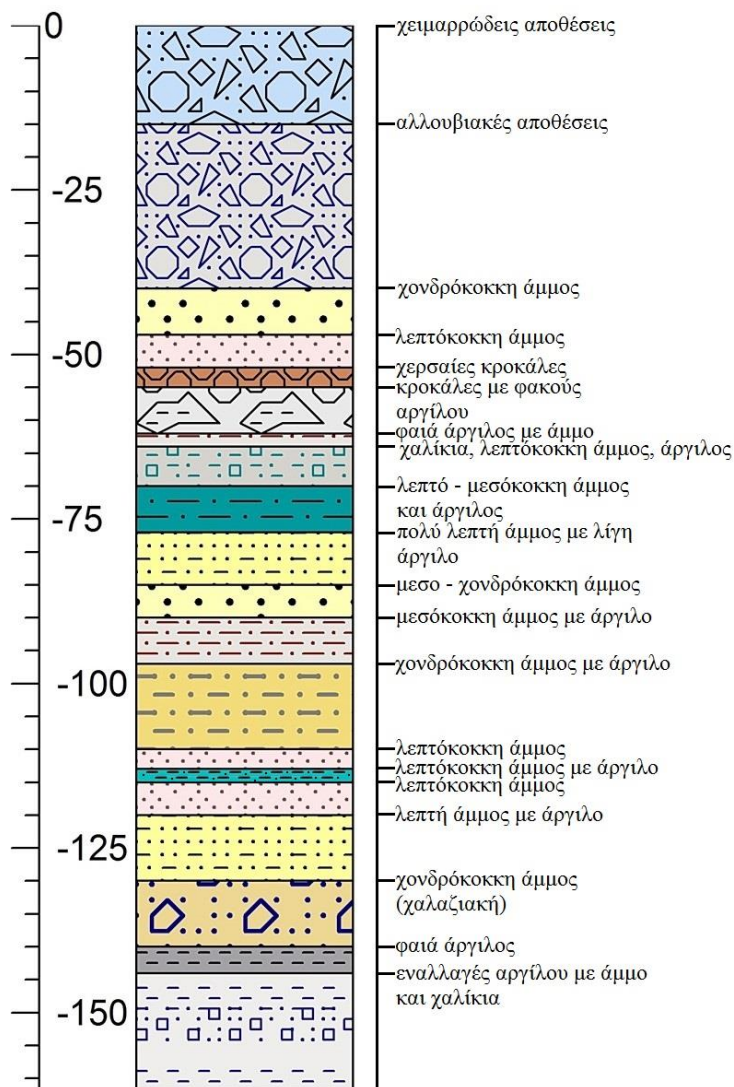
Γεώτρηση: 40 Καββάκια

Συντεταγμένες: 41° 05' 3,06"
23° 30' 58,56"

Υδροστατική στάθμη: 9 m

Στάθμη αντλήσεως: 30 m

Παροχή: $Q = 80 \text{ m}^3/\text{h}$



4.3.3 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης 40 Καββάκια

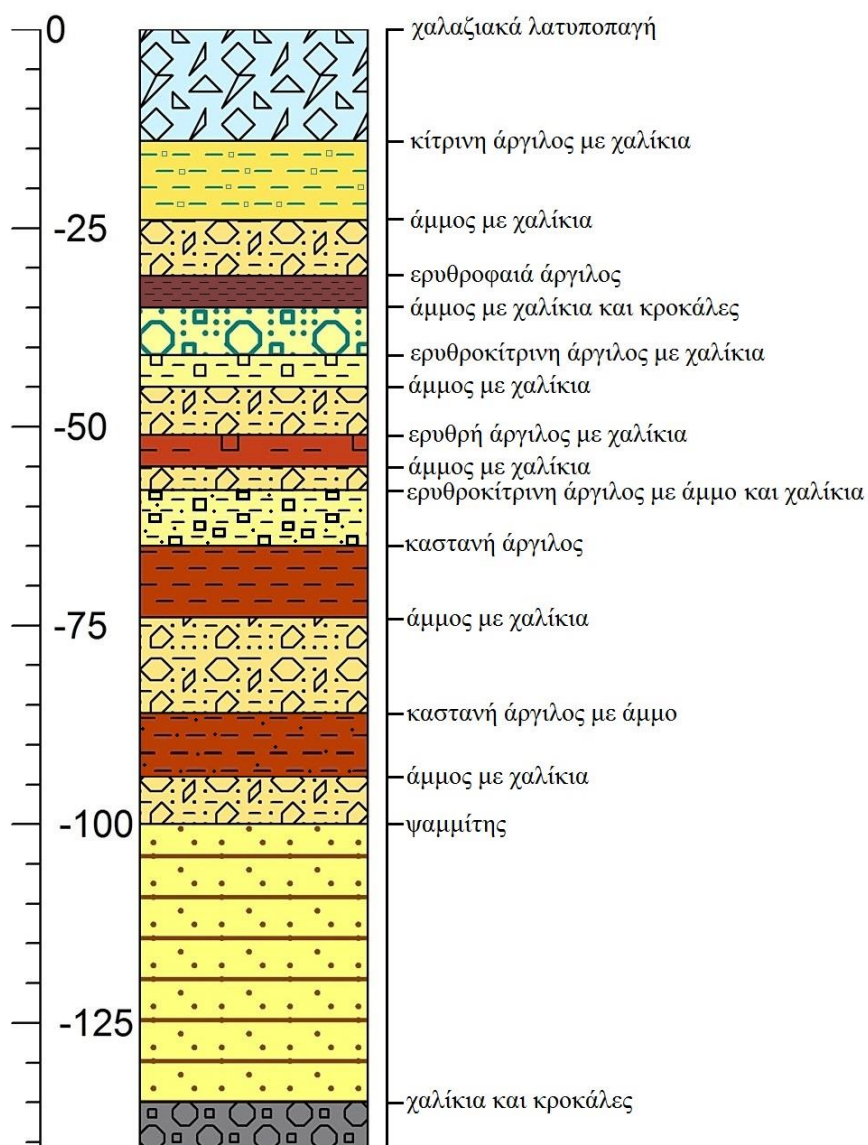
Γεώτρηση: Χιλιόδενδρα

Συντεταγμένες: 41° 05' 39,24"
23° 33' 30"

Υδροστατική στάθμη: 20 m

Στάθμη αντλήσεως: 40 m

Παροχή: $Q = 110 \text{ m}^3/\text{h}$



4.3.4 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Χιλιόδενδρα

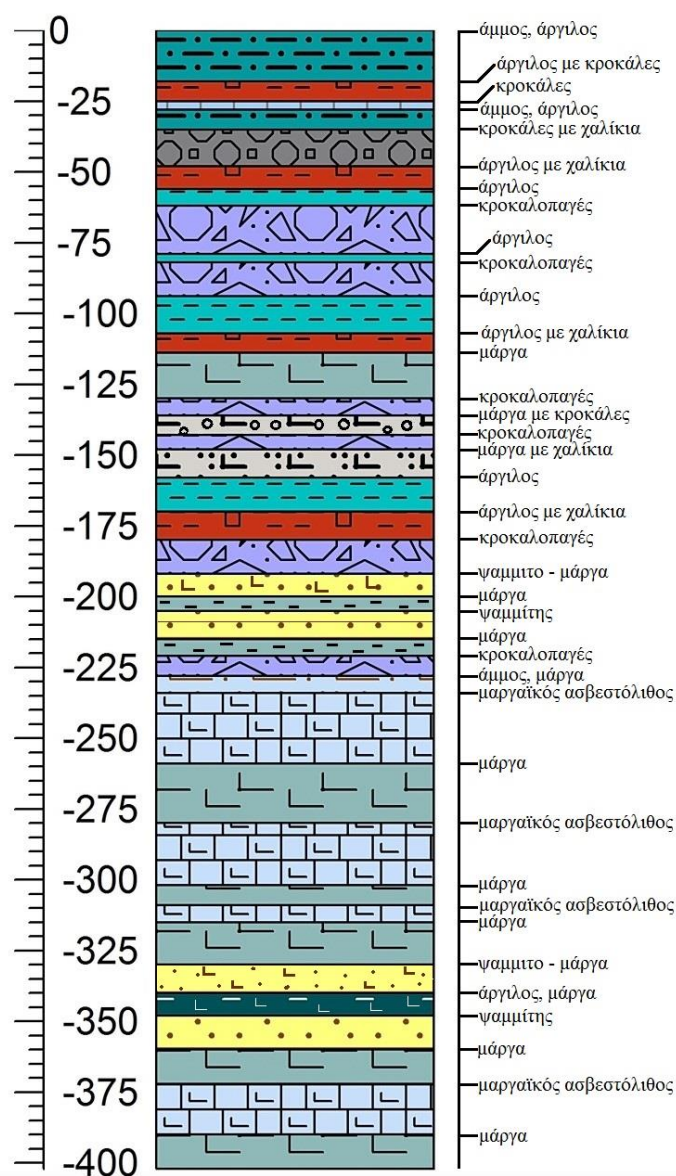
Γεώτρηση: Νοσοκομείο

Συντεταγμένες: 41° 05' 17,82"
23° 35' 17,88"

Υδροστατική στάθμη: 5.7 m

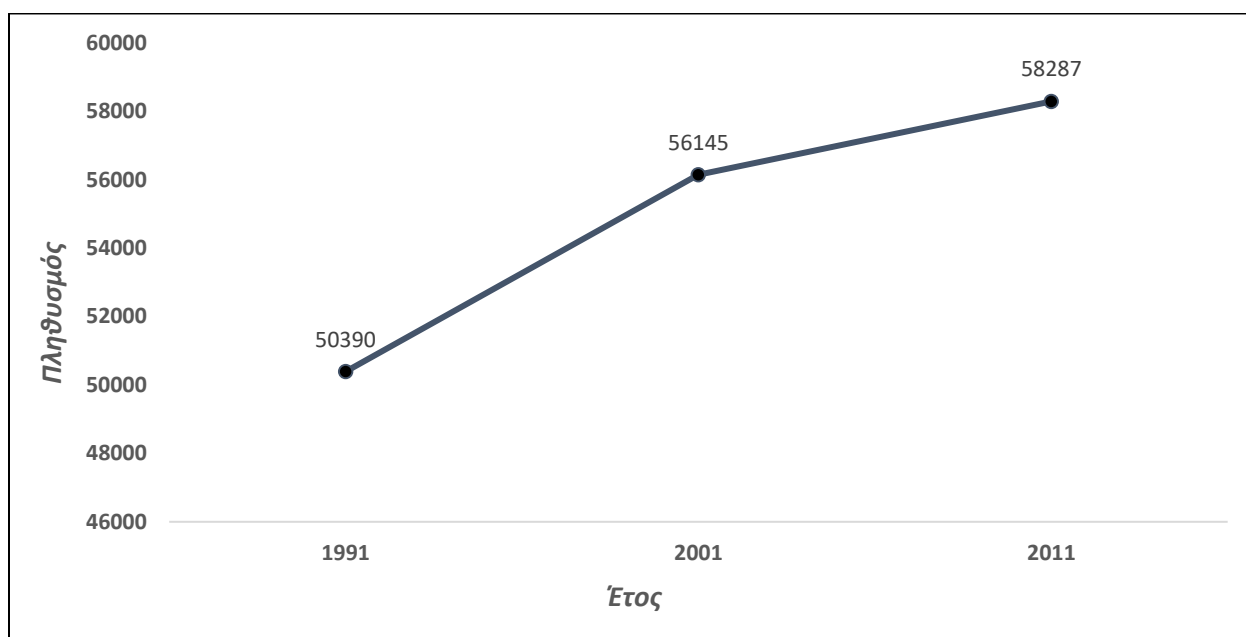
Στάθμη αντλήσεως: 94 m

Παροχή: Q = 120 m³/h (προτεινόμενη Q = 100 m³/h)



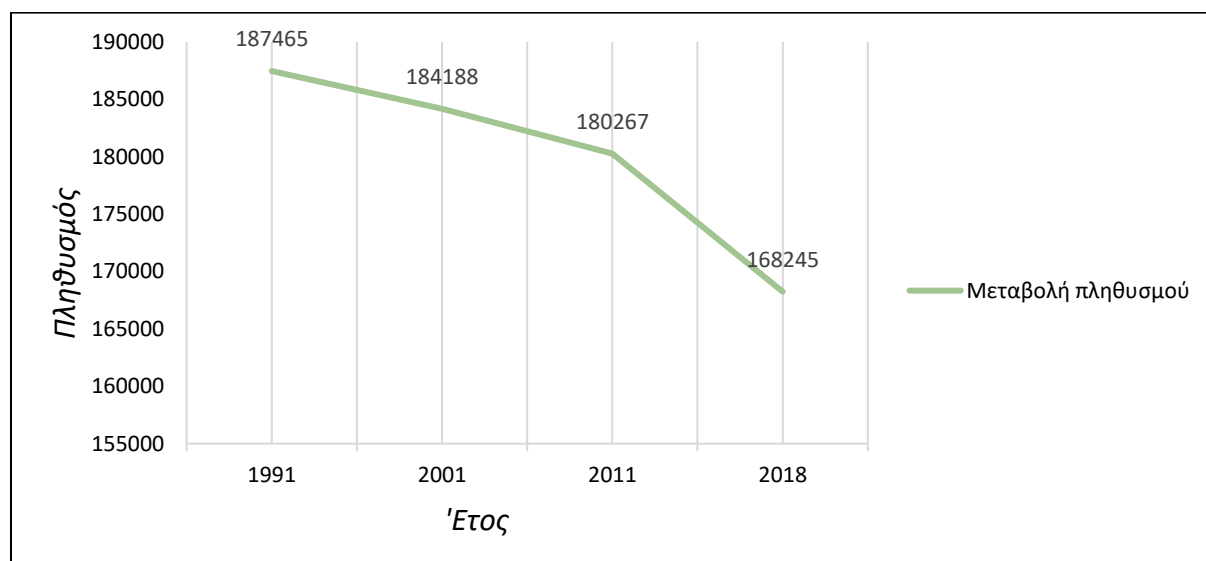
4.3.5 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Νοσοκομείο

Σύμφωνα με την απογραφή του πληθυσμού το 2011, η πόλη των Σερρών βρίσκεται δέκατη στη σειρά των πόλεων με τον μεγαλύτερο πληθυσμό. Το 2011 η Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ) κατέγραψε 58.287 κατοίκους στην πόλη του νομού Σερρών. Παρατηρώντας την εξέλιξη του πληθυσμού τα τελευταία 30 χρόνια στο διάγραμμα 5.1.1 γίνεται εμφανές πως από το 1991 μέχρι το 2001 ο πληθυσμός σημείωσε πολύ μεγαλύτερη αύξηση συγκριτικά με τα έτη από το 2001 έως το 2011. Την πρώτη δεκαετία (1991 – 2001) ο πληθυσμός της πόλης αυξήθηκε κατά 11,4% φτάνοντας από τους 50.390 στους 56.145 κατοίκους, ενώ την δεύτερη δεκαετία (2001 – 2011) αυξήθηκε μόλις 3,8%.

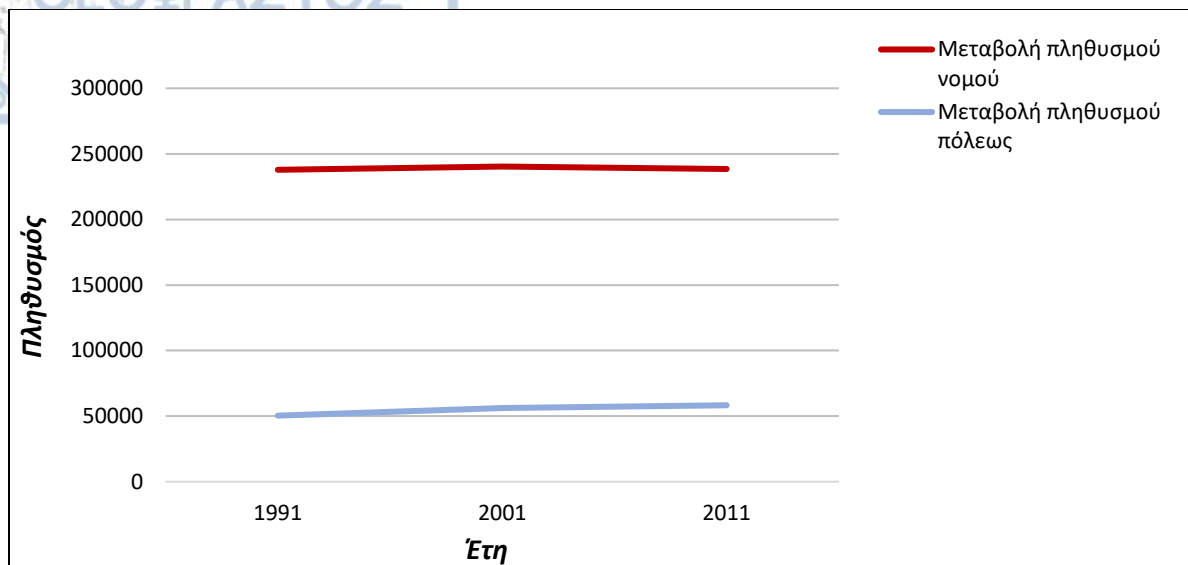


5.1.1 Εξέλιξη του πληθυσμού της πόλης των Σερρών σύμφωνα με τις απογραφές της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας τα έτη 1991, 2001, 2011

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες της ΕΛΣΤΑΤ παρατηρήθηκε ραγδαία μείωση του πληθυσμού της Ελλάδας, κατά 3,44% μεταξύ του 2011 και του 2018. Πιο συγκεκριμένα, το σύνολο του πληθυσμού της χώρας την 1^η Ιανουαρίου του 2011 αντιστοιχεί σε 11.123.392 κατοίκους, ενώ την 1^η Ιανουαρίου του 2018 μειώθηκαν στους 10.741.165. Ειδικότερα, ο νομός Σερρών, στον οποίο εντάσσεται η περιοχή μελέτης, κατέγραψε το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης του πληθυσμού σε όλη την χώρα, μετά την Ευρυτανία, με αυτό να φτάνει το 6,7%. Έτσι, από τους 180.267 κατοίκους (1/1/2011) ο πληθυσμός περιορίστηκε στους 168.245 (1/1/2018).



5.1.2 Μεταβολή του πληθυσμού των Σερρών από το 1991 έως το 2018 (δεδομένα ΕΛΣΤΑΤ)



5.1.3 Σύγκριση της μεταβολής του πληθυσμού ολόκληρου του νομού Σερρών με αυτήν του πληθυσμού της πόλης

Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.1.3 και συγκρίνοντας τις δύο μεταβολές μεταξύ τους είναι εμφανές το γεγονός ότι ενώ ο πληθυσμός του νομού μειώνεται, ο πληθυσμός της πόλης αυξάνεται. Αν και ο πληθυσμός της πόλης σημείωσε μικρότερο ποσοστό αύξησης από το 2001 έως το 2011 σε σχέση με την περίοδο 1991-2001, όπως προαναφέρθηκε, αυτός διατήρησε την αυξητική του τάση σε αντίθεση με τον συνολικό πληθυσμό του νομού που διαρκώς μειώνεται από το 1991.

5.2 Πρόβλεψη πληθυσμού

Για την πρόβλεψη του πληθυσμού του έτους 2021 και του 2031 εφαρμόστηκαν δύο μέθοδοι, η γραμμική ή αριθμητική και η γεωμετρική, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των απογραφών του 1991, 2001 και 2011. Πιο αναλυτικά, οι τύποι των δύο μεθόδων είναι οι εξής:

- **γραμμική μέθοδος:** $\Pi_m = [(t_m - t_2) / (t_2 - t_1)](\Pi_2 - \Pi_1) + \Pi_2$
- **γεωμετρική μέθοδος:** $\log \Pi_m = [(t_m - t_2) / (t_2 - t_1)](\log \frac{\Pi_2}{\Pi_1}) + \log \Pi_2$

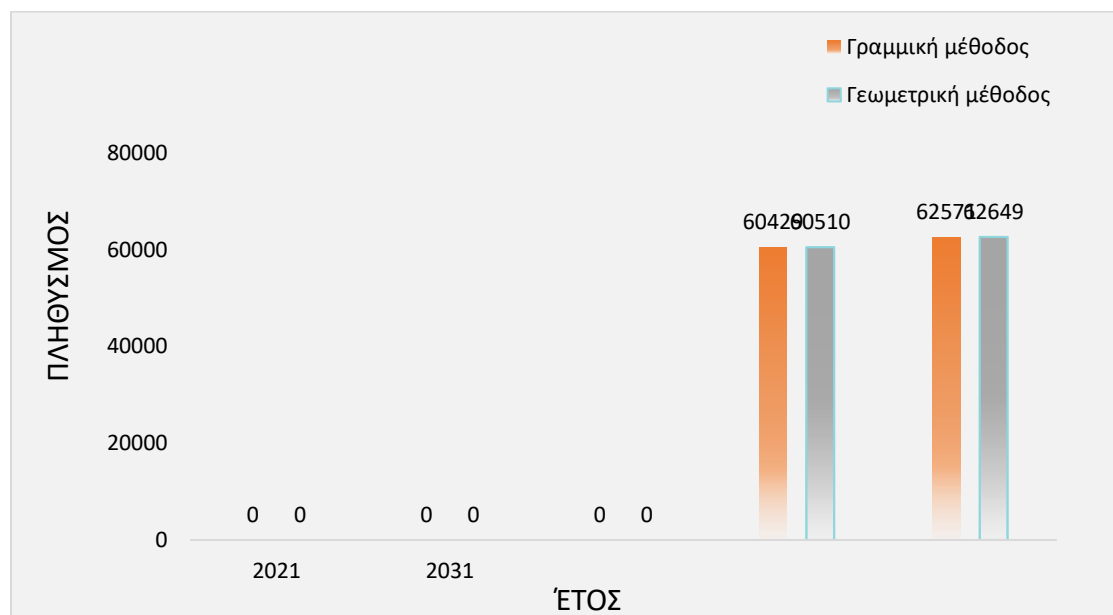
όπου: Π_m και t_m , ο προβλεπόμενος πληθυσμός και το αντίστοιχο έτος

Π_1 και Π_2 , οι πληθυσμοί της πόλης τα έτη t_1 και t_2 αντίστοιχα.

Με βάση τους παραπάνω τύπους τα αποτελέσματα που προκύπτουν, για την εξέλιξη του πληθυσμού τα επόμενα χρόνια, αναγράφονται στον πίνακα 5.2.1.

5.2.1 Αποτελέσματα πρόβλεψης πληθυσμού της πόλης των Σερρών για τα έτη 2021 και 2031 με εφαρμογή της γραμμικής και γεωμετρικής μεθόδου

	Έτος	Πληθυσμός
	1991	50.390
	2001	56.145
	2011	58.287
Γραμμική μέθοδος	2021	60.429
	2031	62.571
Γεωμετρική μέθοδος	2021	60.510
	2031	62.649



5.2.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων γραμμικής και γεωμετρικής μεθόδου

Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους πρόβλεψης του πληθυσμού παρατηρείται μία μικρή διαφορά στα αποτελέσματα τους, καθώς οι πληθυσμοί που προκύπτουν από την γεωμετρική μέθοδο για τα έτη 2021 και 2031 είναι ελαφρώς μεγαλύτεροι από αυτούς της γραμμικής.

Η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Σερρών (Δ.Ε.Υ.Α.Σ.) χρησιμοποιεί ως δεδομένο για τον πληθυσμό και την πρόβλεψη αυτού τον αριθμό που προκύπτει με βάση τα υδρόμετρα που διαθέτει. Επομένως, για το 2011 ο πληθυσμός ήταν 90.000 κάτοικοι, ενώ οι προβλέψεις για την εξέλιξή του παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2.3.

5.2.3 Πρόβλεψη του πληθυσμού σύμφωνα με την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Σερρών (Δ.Ε.Υ.Α.Σ.)

Έτος	Πληθυσμός
2011	90.000
2017	95.537
2037	116.574

5.3 Υδρευτικές ανάγκες

Στη σύγχρονη εποχή, τον πρωταρχικό ρόλο για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών κατέχει το υπόγειο νερό. Οι υδρευτικές ανάγκες αφορούν τις ποσότητες νερού που απαιτούνται για πόση και οικιακή χρήση των κατοίκων μιας ορισμένης περιοχής. Σε παγκόσμιο επίπεδο οι ανάγκες αυτές καλύπτονται κατά 65% από το υπόγειο νερό. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 70% του πληθυσμού εκμεταλλεύεται τα υπόγεια ύδατα για να καλύψει τις υδρευτικές του ανάγκες, ενώ στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 63% (Βουδούρης, 2015).

Η εκτίμηση των αναγκών ύδρευσης μιας περιοχής στηρίζεται στον πληθυσμό της. Με βάση την Κοινή Υπουργική Απόφαση ορίστηκε η μέση ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο στα 100-250lit. Επιπλέον, για την εκτίμηση των υδρευτικών αναγκών καθοριστικό ρόλο παίζουν:

- η διαθεσιμότητα του υδροφορέα της περιοχής σε νερό
- η εποχή, η οποία επηρεάζει την ποσότητα του υπόγειου νερού



- η πιθανή τουριστική ανάπτυξη της περιοχής, με την οποία αυξάνεται η κατανάλωση του νερού
- οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις ξεπερνούν το 40% (Βουδούρης, 2015).

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4.3, η πόλη των Σερρών υδρεύεται από ένα σύνολο γεωτρήσεων και την πηγή του Αη-Γιάννη. Οι γεωτρήσεις που λειτουργούν είναι 12 εκ των οποίων η μία λειτουργεί εποχιακά. Η πηγή του Αη-Γιάννη καλύπτει το 10% των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων των περιοχών που τροφοδοτεί με νερό (Άγιος Ιωάννης, ΤΕΦΑΑ, Ηλιούπολη). Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε $2.400 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ νερού, αφού η παροχή της πηγής είναι $100 \text{ m}^3/\text{ώρα}$. Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού (90%) το καλύπτουν οι γεωτρήσεις των οποίων η συνολική παροχή είναι $23.328 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, ενώ όταν τίθεται σε λειτουργία και η γεώτρηση «Ομόνοια» η παροχή φτάνει τα $24.408 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$. Επομένως, η συνολική ετήσια παροχή των γεωτρήσεων και της πηγής είναι $9.390.720 \text{ m}^3$, ενώ η μέγιστη παροχή (όταν τίθεται σε λειτουργία και η γεώτρηση «Ομόνοια») φτάνει τα $9.784.920 \text{ m}^3/\text{έτος}$.

Σύμφωνα με την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Σερρών (Δ.Ε.Υ.Α.Σ.) η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο είναι $0,2 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$. Για τον υπολογισμό των υδρευτικών αναγκών πολλαπλασιάζεται ο πληθυσμός της πόλης με την μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο. Επομένως, λαμβάνοντας ως δεδομένο τον πληθυσμό της απογραφής του 2011 ισχύει ότι οι ημερήσιες υδρευτικές ανάγκες είναι: $58.287 \text{ άτομα} \cdot 0,2 \text{ m}^3/\text{άτομο}$, δηλαδή $11.657,4 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$. Οι απώλειες δικτύου στην προκειμένη περίπτωση ανέρχονται σε ποσοστό 20%. Επιπλέον, την θερινή περίοδο οι υδρευτικές ανάγκες αυξάνονται εξαιτίας των καιρικών συνθηκών, αλλά και του τουρισμού (συντελεστής αιχμής θερινής περιόδου 1,5).

5.3.1 Υδρευτικές ανάγκες της πόλης των Σερρών σύμφωνα με τον πληθυσμό της απογραφής του 2011

Ημερήσιες υδρευτικές ανάγκες	$Y_{\eta\mu} = \Pi \cdot V$	11.657,4 m ³ /ημέρα
Απώλειες δικτύου (20%)	$Y_{\alpha} = Y_{\eta\mu} + Y_{\eta\mu} \cdot 0,2$	13.988,88 m ³ /ημέρα
Υδρευτικές ανάγκες θερινής περιόδου (90 ημέρες) (συντελεστής αιχμής 1,5)	$Y_{\theta} = Y_{\alpha} \cdot 1,5 \cdot 90$	1.888.498,8 m ³ /90ημέρες
Υδρευτικές ανάγκες χειμερινής περιόδου (275 ημέρες)	$Y_{\chi} = Y_{\alpha} \cdot 275$	3.846.942 m ³ /275ημέρες
Ετήσιες υδρευτικές ανάγκες	$Y_{\Sigma} = Y_{\chi} + Y_{\theta}$	5.735.440,8 m ³ /έτος

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.3.1, οι ετήσιες υδρευτικές ανάγκες των κατοίκων καλύπτονται από τις ποσότητες νερού που παρέχονται από το δίκτυο ύδρευσης της πόλης. Σύμφωνα όμως με τα δεδομένα της Δ.Ε.Υ.Α.Σ., όπου ο πληθυσμός είναι 90.000 κάτοικοι για το έτος 2011 (με βάση τα υδρόμετρα) και οι υπολογιζόμενες υδρευτικές ανάγκες είναι 9.225.000 m³/έτος, είναι εμφανές πως με μία αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού στο μέλλον, αυτές δεν θα μπορούν να καλυφθούν με την παρούσα μέγιστη ετήσια παροχή των γεωτρήσεων και της πηγής, η οποία όπως προαναφέρθηκε είναι 9.784.920 m³/έτος.

5.4 Πρόβλεψη υδρευτικών αναγκών

Για την έγκαιρη πρόληψη και αποτροπή πιθανών ανεπιθύμητων καταστάσεων, όπως εξάντληση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων, υπεράντληση, καθιζήσεις, ανεπάρκεια κάλυψης των υδρευτικών αναγκών κ.λπ., είναι ωφέλιμο να γίνει πρόβλεψη των μελλοντικών υδρευτικών αναγκών. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που προέκυψαν από την γραμμική και την γεωμετρική μέθοδο για την πρόβλεψη του πληθυσμού το 2021 και το 2031 υπολογίστηκαν οι μελλοντικές ανάγκες για τα αντίστοιχα έτη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 5.4.1 και 5.4.2.

5.4.1 Πρόβλεψη υδρευτικών αναγκών με βάση τους πληθυσμούς της γραμμικής μεθόδου για τα έτη 2021 και 2031

Έτος	2021	2031
Πληθυσμός (γραμμική μέθοδος)	60.429	62.571
Ημερήσιες υδρευτικές ανάγκες	12.085,8 m ³ /ημέρα	12.514,2 m ³ /ημέρα
Απώλειες δικτύου (20%)	14.502,96 m ³ /ημέρα	15.017,04 m ³ /ημέρα
Υδρευτικές ανάγκες θερινής περιόδου (90 ημέρες) (συντελεστής αιχμής 1,5)	1.957.899,6 m ³ /90ημέρες	2.027.300,4 m ³ /90ημέρες
Υδρευτικές ανάγκες χειμερινής περιόδου (275 ημέρες)	3.988.314 m ³ /275ημέρες	4.129.686 m ³ /275ημέρες
Ετήσιες υδρευτικές ανάγκες	5.946.213,6 m³/έτος	6.156.986,4 m³/έτος

5.4.2 Πρόβλεψη υδρευτικών αναγκών με βάση τους πληθυσμούς της γεωμετρικής μεθόδου για τα έτη 2021 και 2031

Έτος	2021	2031
Πληθυσμός (γεωμετρική μέθοδος)	60.510	62.649
Ημερήσιες υδρευτικές ανάγκες	12.102 m ³ /ημέρα	12.529,8 m ³ /ημέρα
Απώλειες δικτύου (20%)	14.522,4 m ³ /ημέρα	15.035,76 m ³ /ημέρα
Υδρευτικές ανάγκες θερινής περιόδου (90 ημέρες) (συντελεστής αιχμής 1,5)	1.960.529 m ³ /90ημέρες	2.029.827,6 m ³ /90ημέρες
Υδρευτικές ανάγκες χειμερινής περιόδου (275 ημέρες)	3.993.660 m ³ /275ημέρες	4.134.834 m ³ /275ημέρες
Ετήσιες υδρευτικές ανάγκες	5.954.189 m³/έτος	6.164.661,6 m³/έτος

Μελετώντας τους παραπάνω πίνακες και συγκρίνοντας τις ετήσιες υδρευτικές ανάγκες που προκύπτουν με την συνολική ετήσια παροχή που προσφέρει το δίκτυο των γεωτρήσεων και της πηγής στους κατοίκους, γίνεται σαφές πως ούτε στο παρόν αλλά ούτε και στα επόμενα χρόνια (έως το 2031 για το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι εκτιμήσεις στην παρούσα μελέτη) θα υπάρξει ανάγκη για μεγαλύτερη παροχή νερού. Οι κάτοικοι της πόλης χρειάζονται και μεταχειρίζονται περίπου το 58,6% της παροχής του δικτύου αυτού. Στο μέλλον φαίνεται πως τα ποσοστά κατανάλωσης νερού για ύδρευση, για τα έτη 2021 και 2031 θα φτάσουν το 60,8% και το 62,9%, αντίστοιχα.

Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να διευκρινισθεί πως τα ποσοστά αυτά προκύπτουν με βάση τα αποτελέσματα της γραμμικής πρόβλεψης του πληθυσμού, τις παρούσες συνθήκες του δικτύου ύδρευσης, όσον αφορά την παροχή, τις απώλειες δικτύου, τον αριθμό γεωτρήσεων, καθώς επίσης και με την προϋπόθεση της ομαλής εξέλιξης του πληθυσμού.

Στην περίπτωση που θεωρηθούν ως δεδομένα οι πληθυσμοί και οι υδρευτικές ανάγκες που λαμβάνει υπόψη η Δ.Ε.Υ.Α.Σ., τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 5.4.3, παρατηρείται πως ήδη από το 2017 οι παρεχόμενες ποσότητες νερού δεν είναι αρκετές για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών, πράγμα που σημαίνει πως θα πρέπει να αυξηθεί η συνολική ετήσια παροχή των γεωτρήσεων.

5.4.3 Δεδομένα της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Άρδευσης Σερρών (ο πληθυσμός που χρησιμοποιείται από την υπηρεσία είναι υπολογισμένος με βάση τα υδρόμετρα).

Έτος	2011	2017	2037
Πληθυσμός (κάτοικοι)	90.000	95.537	116.574
Ετήσιες υδρευτικές ανάγκες (m ³ /έτος)	9.225.000	9.792.542,5	11.948.835

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Έπειτα από την παραπάνω υδρογεωλογική έρευνα και την μελέτη των διαφόρων παραμέτρων που συγκροτούν και επηρεάζουν τις υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής των γεωτρήσεων ύδρευσης της πόλης των Σερρών προκύπτουν ορισμένα βασικά συμπεράσματα που παρουσιάζονται παρακάτω.

Η πόλη των Σερρών **γεωμορφολογικά** χαρακτηρίζεται πεδινή έως ημιορεινή με το απόλυτο υψόμετρό της από το επίπεδο της θάλασσας να φτάνει τα 50 m. Βόρεια και βορειοανατολικά της πόλης υπάρχει ο λόφος του Κουλά, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται αύξηση της κλίσης του εδάφους, αφού η πόλη τοποθετείται στους πρόποδες του Μενοίκιου όρους. Νοτιότερα η μορφολογία της περιοχής γίνεται ομαλή και πεδινή, καθώς βρίσκεται πλησιέστερα στη λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα.

Ως προς τις **χρήσεις γης**, η περιοχή μελέτης υφίσταται μόνο οικιστική ανάπτυξη, ενώ η ανάπτυξη του φυσικού τοπίου εντός της πόλης είναι ελλιπής. Παρά το γεγονός ότι σαν νομός διαθέτει τεράστιες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και ένα υψηλό ποσοστό δασικών περιοχών, στο επίπεδο της πόλης δεν υπάρχει αρκετό «πράσινο», πράγμα που έμμεσα αποτελεί **περιβαλλοντικό πρόβλημα**, διότι δεν ανανεώνεται το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και επιπλέον δυσκολεύει την κατείσδυση του νερού της βροχής ώστε να ανανεώνονται οι υπόγειοι υδροφορείς.

Το **υδρογραφικό δίκτυο** της λεκάνης των Σερρών αποτελεί τόσο φυσικό όσο και ανθρωπογενές σύστημα. Υπάρχουν πολυάριθμοι κλάδοι ρεμάτων και χειμάρρων εκ των οποίων δύο διασχίζουν και την πόλη. Αυτοί βρίσκονται στα ανατολικά της και είναι το ρέμα των Αγίων Αναργύρων και το ρέμα του Αη-Γιάννη. Και τα δύο αυτά ρέματα καταλήγουν νότια-νοτιοανατολικά της πόλης στον κύριο κλάδο που είναι ο Στρυμόνας. Η **υδρολογική λεκάνη** στην οποία ανήκει η περιοχή έρευνας είναι η υπολεκάνη της Μπέλιτσας, η οποία αποστραγγίζει μέρος του Αγκίστρου, του Ορβήλου, των ορέων της Βροντούς καθώς και του Μενοικίου.

Το **κλίμα** των Σερρών εντάσσεται στο ηπειρωτικό. Το καλοκαίρι είναι αρκετά θερμό και ξηρό, ενώ ο χειμώνας ιδιαίτερα ψυχρός και υγρός, πράγμα που βοηθάει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων. Εξαιτίας της πολύπλοκης μορφολογίας της πόλης, η οποία όπως προαναφέρθηκε είναι ημιορεινή στα βόρεια και πεδινή στα νότια τμήματά της,

έχουν διαμορφωθεί μικροκλίματα που είναι ξηρότερα και πιο υγρά, αντίστοιχα στην κάθε περιοχή.

Από **γεωλογικής** απόψεως, η περιοχή έρευνας ανήκει στη λεκάνη των Σερρών, η οποία είναι ένα τεκτονικό βύθισμα μεταξύ των ζωνών της Σερβομακεδονικής στα δυτικά και της μάζας της Ροδόπης στα ανατολικά, όπου η πρώτη επιπτεύει την δεύτερη από ΒΔ προς ΝΑ. Ειδικότερα, η πόλη βρίσκεται στην περιφέρεια της ταφρολεκάνης, εκεί όπου αρχίζει να αυξάνεται το υψόμετρο. Στα βαθύτερα στρώματα της περιοχής βρίσκονται τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου της μάζας της Ροδόπης κυρίως, αφού βρίσκεται ανατολικά της τεκτονικής γραμμής που οριοθετεί τις δύο μάζες, και τα κρυσταλλοσχιστώδη της Σερβομακεδονικής μάζας. Μέσα σε αυτά έχουν διεισδύσει τα εκρηξιγενή πλουτωνικά πετρώματα, τα οποία εμφανίζονται υπό μορφή νησίδων Β-ΒΔ της πόλης. Όλα τα παραπάνω καλύπτονται από τις Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις, μέσα στις οποίες αναπτύσσονται οι υπόγειες υδροφορίες.

Το κύριο υπόγειο υδατικό σύστημα των Σερρών είναι το GR1100010, το οποίο όπως αναφέρθηκε αναπτύσσεται εντός των Νεογενών-Τεταρτογενών αποθέσεων. Οι κύριες **υδρολιθολογικές** ενότητες που διακρίνονται είναι των εκρηξιγενών πλουτωνικών πετρωμάτων, των Νεογενών ιζημάτων και των Τεταρτογενών ιζημάτων. Συνοπτικά, η υδρολιθολογία της πόλης συντίθεται από: γρανίτη, γρανοδιוריτή, μαργαϊκούς και τραβερτινοειδείς ασβεστολίθους, αργίλους, άμμους, ψαμμίτες, πηλίτες, ιλύτες, λιγνιτικά στρώματα, πηλούς, ερυθρογή και κροκάλες-χαλίκια-ολισθολίθους από πετρώματα του υποβάθρου.

Η **υδροδότηση** της πόλης γίνεται από ένα σύνολο 12 γεωτρήσεων και την πηγή του Αγίου Ιωάννη. Το 90% καλύπτεται από τις γεωτρήσεις, ενώ το υπόλοιπο 10% από την πηγή η οποία εξυπηρετεί τις υδρευτικές ανάγκες των κατοίκων τριών περιοχών, του Αγίου Ιωάννη, την Ηλιούπολη και τα ΤΕΦΑΑ. Η συνολική ετήσια παροχή των γεωτρήσεων και της πηγής είναι $9.784.920 \text{ m}^3$.

Αναφορικά με τον **πληθυσμό** της πόλης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του πληθυσμού του 2011, η οποία πραγματοποιήθηκε από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, αυτός ανέρχεται στα 58.287 άτομα. Η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Σερρών λαμβάνει ως δεδομένο για τον πληθυσμό τον αριθμό που προκύπτει αν πολλαπλασιαστούν οι συνδέσεις που υπάρχουν στο δίκτυο ύδρευσης (υδρόμετρα) με το 3, το οποίο αντιπροσωπεύει κατά μέσο όρο τα άτομα που χρησιμοποιούν την κάθε σύνδεση. Έτσι, για το 2011 ο πληθυσμός

της πόλης για την Δ.Ε.Υ.Α.Σ. αντιστοιχεί σε 90.000 κατοίκους. Για την πρόβλεψη του πληθυσμού του 2021 και του 2031 εφαρμόστηκε η γραμμική και η γεωμετρική μέθοδος. Τα συμπεράσματα που λήφθηκαν από τις δύο παραπάνω μεθόδους, χρησιμοποιώντας τους πληθυσμούς του 2001, 2011 από τις απογραφές της ΕΛΣΤΑΤ, παρουσιάζουν μια ομαλή αύξηση για τα επόμενα χρόνια. Αντιθέτως, η καταμέτρηση των κατοίκων της πόλης το 2017 με βάση την Δ.Ε.Υ.Α.Σ. δείχνει μεγαλύτερη αύξηση συγκριτικά με τις προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν. Παρ' όλ' αυτά, οι απογραφές της ΕΛΣΤΑΤ που γίνονται ετησίως αποδεικνύουν πως από το 2011 έως το 2018 ο πληθυσμός του νομού Σερρών κατέγραψε ραγδαία μείωση κατά 6,7%. Η μείωση αυτή παρατηρήθηκε κυρίως στα χωριά και στις κωμοπόλεις του νομού, επομένως δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα ο πληθυσμός της περιοχής έρευνας. Αυτό συμβαίνει, διότι δεν παρατηρείται έντονη αστικοποίηση στον νομό αφού το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων επιλέγει τα χωριά και τις κωμοπόλεις για εγκατάσταση.

Οι υδρευτικές ανάγκες για το 2011 αντιστοιχούν σε 5.735.440,8 m³/έτος, ενώ λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα της Δ.Ε.Υ.Α.Σ. υπολογίζονται στα 9.225.000 m³/έτος. Οι μέγιστες (γεωμετρική μέθοδος) προβλεπόμενες υδρευτικές ανάγκες των κατοίκων της περιοχής έρευνας για τα έτη 2021 και 2031 υπολογίστηκαν στα 5.954.189 m³/έτος και 6.164.661,6 m³/έτος, αντίστοιχα. Τα νούμερα αυτά δεν ξεπερνούν την ετήσια παροχή των γεωτρήσεων και της πηγής. Αντιθέτως, αν ληφθεί ως δεδομένο ο πληθυσμός που χρησιμοποιεί η Δ.Ε.Υ.Α.Σ., παρατηρείται πως ήδη από το 2017, οι υδρευτικές ανάγκες έχουν ξεπεράσει την ετήσια συνολική παροχή του δικτύου, φτάνοντας τα 9.792.542,5 m³/έτος, ενώ η πρόβλεψη που έχει κάνει η υπηρεσία για το 2037 δείχνει πως οι υδρευτικές ανάγκες θα αγγίξουν τα 11.948.835 m³/έτος.

Στην περίπτωση που ισχύουν τα δεδομένα της Δ.Ε.Υ.Α.Σ. και οι υδρευτικές ανάγκες ξεπερνούν τη συνολική ετήσια παροχή του δικτύου των γεωτρήσεων και της πηγής, πρέπει άμεσα να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπιση της ανεπάρκειας κάλυψης των αναγκών των κατοίκων. Αυτό μπορεί να συμβεί με την κατασκευή και διάνοιξη νέων υδρευτικών γεωτρήσεων είτε εντός των ορίων της πόλης είτε στην περιφέρεια αυτής, ώστε να μην συμπίπτουν οι ακτίνες επίδρασης μεταξύ τους. Όμως, είναι σημαντικό οι νέες γεωτρήσεις, όπως και οι παλιές, σε ορισμένες από τις οποίες παρατηρείται μεγαλύτερη παροχή από την προτεινόμενη (Κιολεμένη 2, Νοσοκομείο) να μην φέρουν αρνητικά αποτελέσματα στους υπόγειους υδροφορείς, όπως εξάντληση των αποθεμάτων από την υπεράντλησή τους. Μία τέτοια συνέπεια μπορεί κατ'



επέκταση να οδηγήσει σε καθίζηση των εδαφών, κάτι που μπορεί να αποβεί επικίνδυνο τόσο για τα κτίσματα όσο και για τους ανθρώπους που κατοικούν στο αστικό περιβάλλον.

Η παράθεση προτάσεων για μία πιο ορθολογική και βιώσιμη χρήση του υπόγειου νερού για ύδρευση και την αποφυγή μόλυνσής του, εφόσον είναι γνωστό πως εκτός των ορίων της πόλης τα εδάφη καλλιεργούνται και γίνεται χρήση φυτοφαρμάκων, αλλά και η εκτενέστερη μελέτη των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής των γεωτρήσεων ύδρευσης της πόλης των Σερρών θα ήταν πιο εφικτά αν δεν υπήρχαν περιορισμοί στις διαθέσιμες πληροφορίες όπως, υδραυλικές παράμετροι των υπόγειων υδροφορέων (υδραυλική αγωγιμότητα, υδραυλική κλίση, συντελεστής αποθηκευτικότητας, πάχος του υδροφορέα), το υδρολογικό ισοζύγιο, καθώς και η ποιότητα των υπόγειων νερών.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✚ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΣΠΥΡΙΔΗΣ Α. - ΚΟΥΤΑΛΟΥ Β. Ο.Ε. - "ΥΕΤΟΣ", ΠΕΡΛΕΡΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΛΙΟΝΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΛΕΒΟΓΙΑΝΝΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, «ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ) ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ - ΘΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ»
- ✚ Βουδούρης Κ. (2013): Τεχνική Υδρογεωλογία. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ.202
- ✚ Βουδούρης Κ. (2013): Τεχνική Υδρογεωλογία. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ.221
- ✚ Βουδούρης Κ. (2015): Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 287-289
- ✚ Βουδούρης Κ. (2015): Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 481 σχ.17.14
- ✚ Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Σερρών (Δ.Ε.Υ.Α.Σ.)
- ✚ Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία: «ΦΕΚ αποτελεσμάτων ΜΟΝΙΜΟΥ πληθυσμού»
- ✚ Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία: «Υπολογιζόμενος Πληθυσμός την 1η Ιανουαρίου. Σύνολο Χώρας, Διοικητικές Περιφέρειες και Νομοί (2002 - 2018)»
- ✚ ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
- ✚ Καρακολίδου Μαρία: «Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Μελέτη περίπτωσης Δήμου Σερρών», 2012, σελ. 48-51
- ✚ Παπαφιλίππου-Πέννου Ευαγγελία Χ. : «Δυναμική εξέλιξη και σύγχρονες εξωγενείς διεργασίες του υδρογραφικού συστήματος της ταφρολεκάνης των Σερρών». «Dynamic evolution and recent exogenic processes of (Strymon) network in Serres graben (North Greece) », 2004
- ✚ Dinter & Royden 1993, Dinter 1998, Kiliass & Mountrakis 1998, Kiliass et al. 1999: ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ Μ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, «ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ». UNIVERSITY STUDIO PRESS, Θεσσαλονίκη, 2010, σελ. 58
- ✚ Papanikolaou & Panagopoulos 1981: ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ Μ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, «ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ». UNIVERSITY STUDIO PRESS, Θεσσαλονίκη, 2010, σελ.36

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



3.2.6 Εμφανίσεις γρανιτικών πετρωμάτων βόρεια της πόλης

Κεφάλαιο 4

Γεώτρηση: Ομόνοια

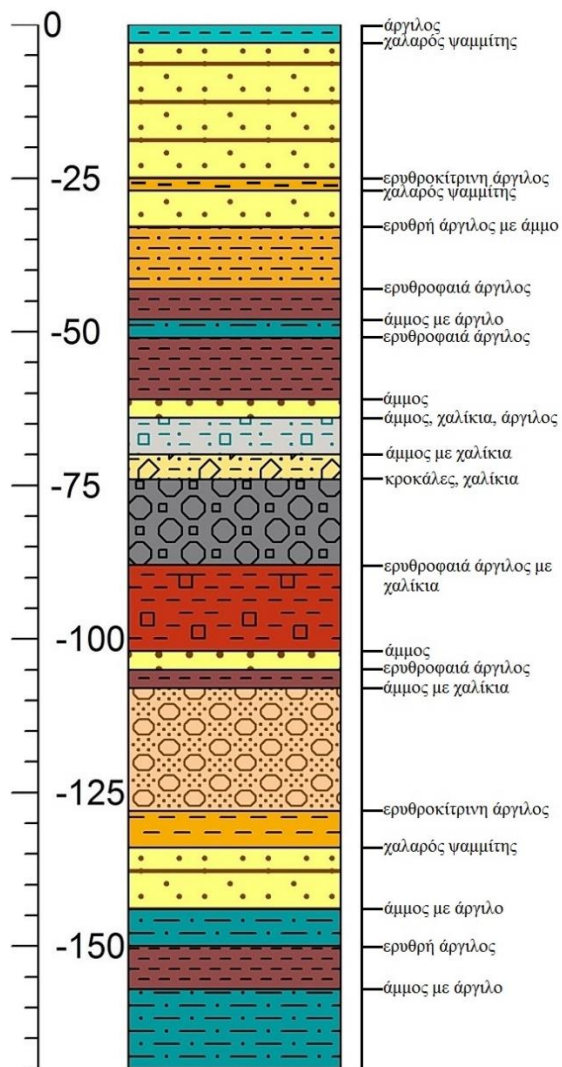
Συντεταγμένες: 41° 04' 40,92"
23° 31' 38,76"

Υδροστατική στάθμη: 12 m

Στάθμη αντλήσεως: 40 m

Παροχή: Q = 45 m³/h

***Σημείωση: εποχιακά ανενεργή**



4.3.6 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Ομόνοια

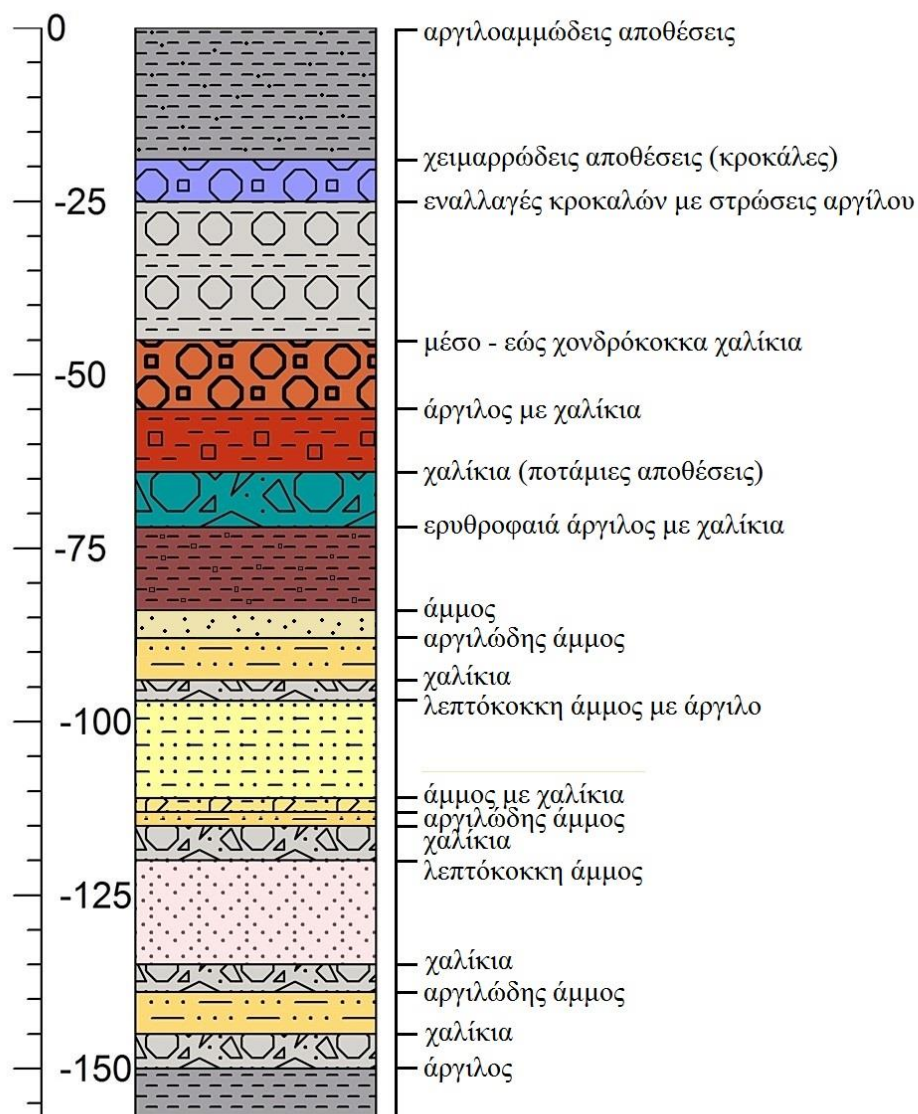
Γεώτρηση: Αγία Σοφία

Συντεταγμένες: 41° 05' 19,32"
23° 33' 40,8"

Υδροστατική στάθμη: 9 m

Στάθμη αντλήσεως: 40 m

Παροχή: Q = 100 m³/h



4.3.7 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Αγία Σοφία

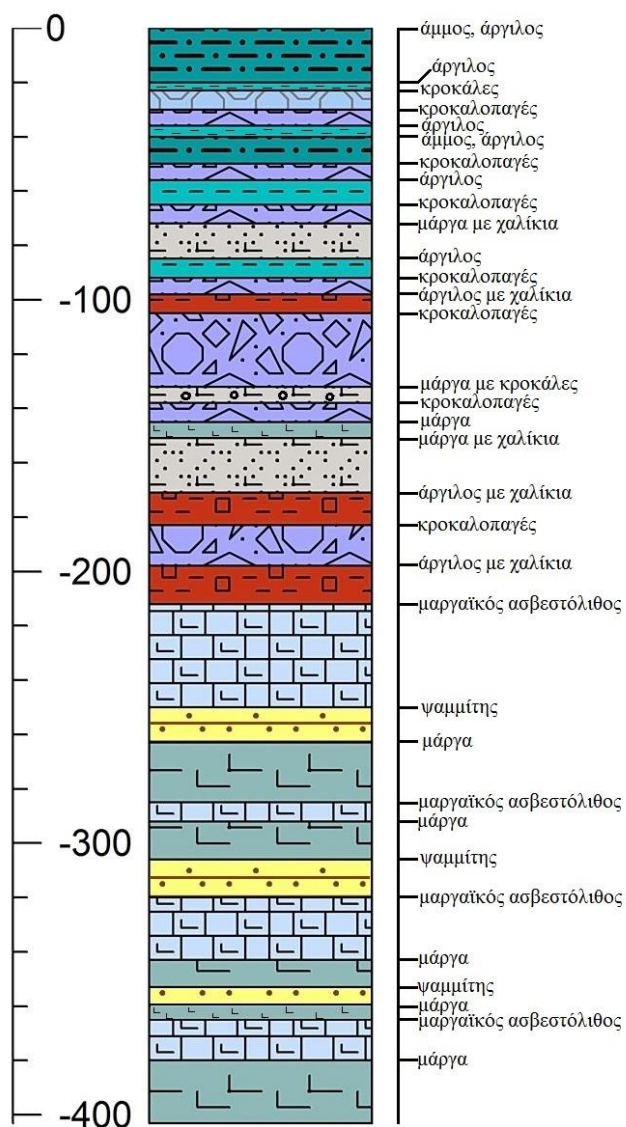
Γεώτρηση: Κιολεμένη 2

Συντεταγμένες: 41° 05' 24,96"
23° 34' 37,56"

Υδροστατική στάθμη: 27 m

Στάθμη αντλήσεως: 85 m

Παροχή: Q = 130 m³/h (προτεινόμενη Q = 100 m³/h)



4.3.8 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Κιολεμένη 2

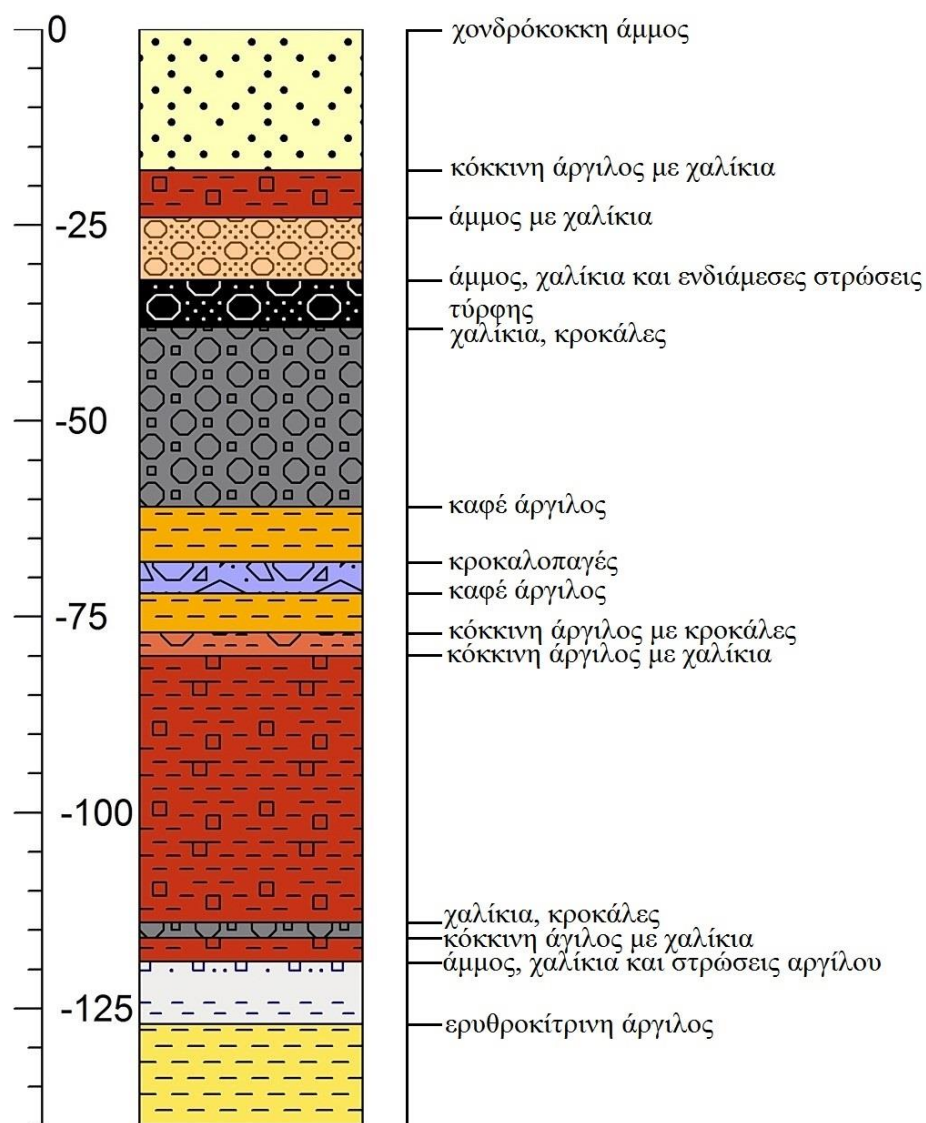
Γεώτρηση: Μονόβρυση Ι

Συντεταγμένες: 41° 04' 11,16"
23° 34' 39,24"

Υδροστατική στάθμη: 3m

Στάθμη αντλήσεως: 22m

Παροχή: $Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$



4.3.9 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Μονόβρυση Ι

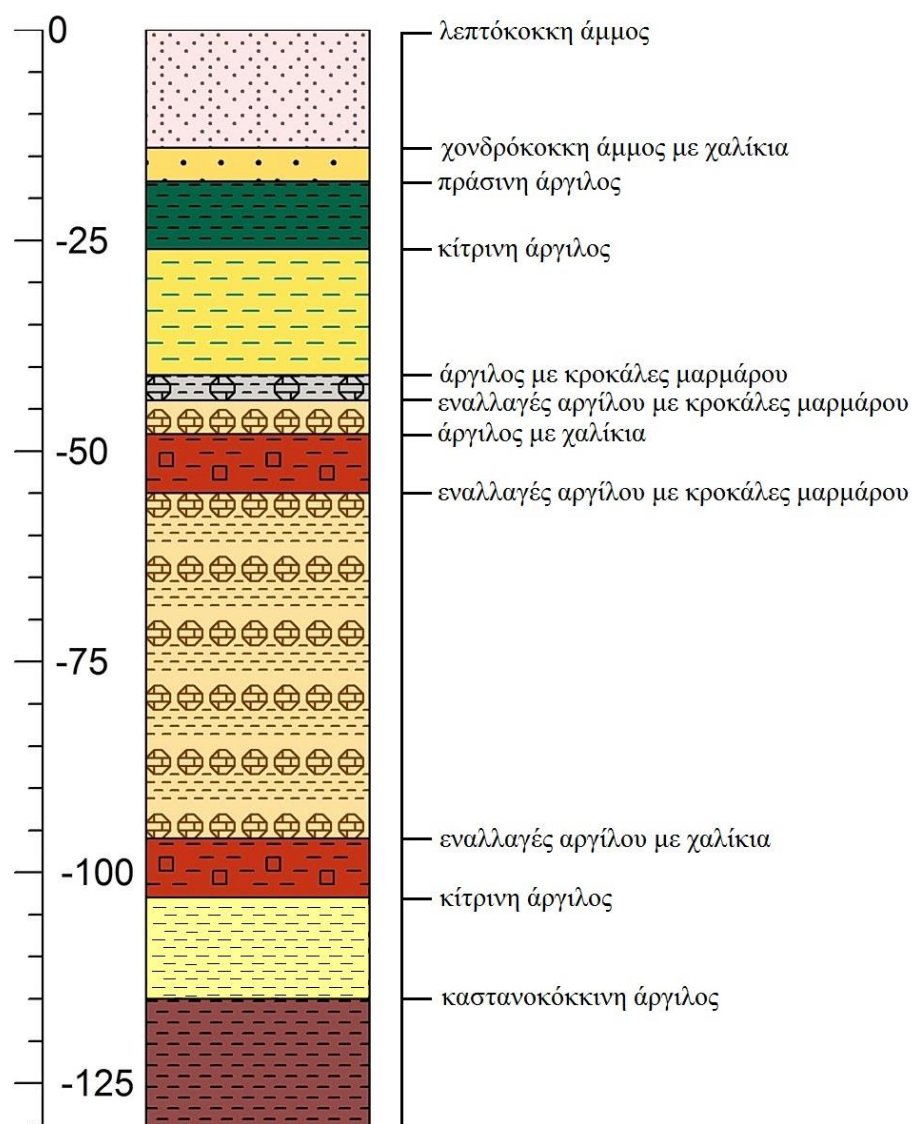
Γεώτρηση: Μονόβρυση III

Συντεταγμένες: 41° 04' 47,82"
23° 35' 4,2"

Υδροστατική στάθμη: 11 m

Στάθμη αντλήσεως: 26,5 m

Παροχή: $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$



4.3.10 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Μονόβρυση III

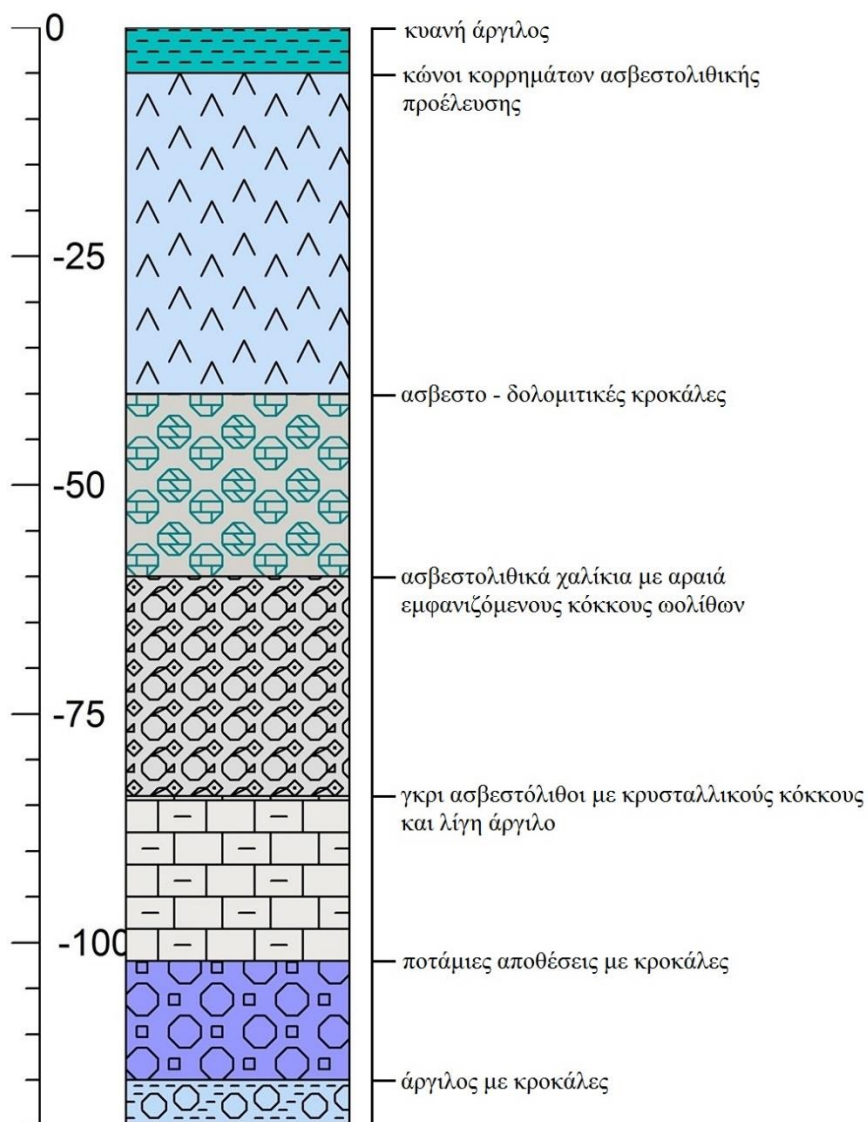
Γεώτρηση: Άγιος Ιωάννης Ι

Συντεταγμένες: 41° 05' 56,52"
23° 35' 16,92"

Υδροστατική στάθμη: 0.5 m (σήμερα 1.5 m)

Στάθμη αντλήσεως: 30 m (σήμερα 40 m)

Παροχή: $Q = 220 \text{ m}^3/\text{h}$



4.3.11 Λιθολογική στήλη της γεώτρησης Άγιος Ιωάννης Ι

