



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας



ΧΑΤΖΗΝΑΟΥΜ ΘΕΟΔΩΡΑ
ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ
ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΡΡΗΓΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΧΩΡΙΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

‘ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ’

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ‘ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ’



Θεσσαλονίκη 2023



ΧΑΤΖΗΝΑΟΥΜ ΘΕΟΔΩΡΑ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ
ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΡΡΗΓΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΑΣΒΕΣΤΟΧΩΡΙΟΥ**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών
Σπουδών 'Εφαρμοσμένη Γεωλογία και Περιβάλλον',
Κατεύθυνση 'Τεχνική Γεωλογία και Περιβάλλον'
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 14/3/2023

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Βουδούρης Κωνσταντίνος, Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Κακλής Τριαντάφυλλος, ΕΔΙΠ, Τμήμα Γεωλογίας
Δρ. Μάττας Χρήστος, ΕΔΙΠ, Τμήμα Γεωλογίας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Βουδούρης Κωνσταντίνος, Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Καζάκης Νεραντζής, Εντεταλμένος Διδάσκων
Δρ. Κακλής Τριαντάφυλλος, ΕΔΙΠ, Τμήμα Γεωλογίας

© Θεοδώρα Χατζηναούμ, Γεωλόγος , 2023

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. Τομέας Γεωλογίας, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας &
Υδρογεωλογίας, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.



ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΣΤΑ
ΔΙΑΡΡΗΓΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΧΩΡΙΟΥ (ΕΛΛΑΔΑ)

– *Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία*

Το έργο παρέχεται υπό τους όρους Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0.

© Theodora Chatzinaoum, Geologist, 2023

School of Geology, Dept. of Geology, Laboratory of Engineering Geology &
Hydrogeology, 2023

Some rights reserved.

HYDROGEOLOGICAL BEHAVIOR OF THE FISSURED ROCKS AQUIFERS IN
ASVESTOCHORI AREA (GREECE) – *Master Thesis*

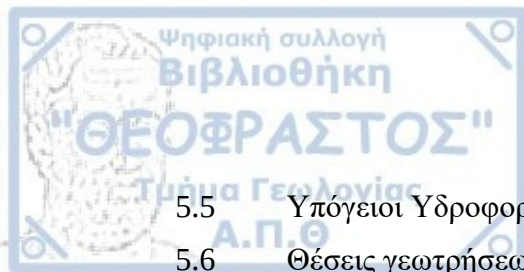
The work is provided under the terms of Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0.

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

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1	Σκοπός μεταπτυχιακής ερευνητικής εργασίας	11
1.2	Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν	12
2	ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ	13
2.1	Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής έρευνας	13
2.2	Μορφολογία	13
2.3	Υψόμετρο	14
2.4	Κλίση Αναγλύφου	15
2.4.1	Προσανατολισμός Επιφάνειας Εδάφους	16
2.5	Χρήσεις γης	16
2.6	Υδρογραφικό δίκτυο	18
2.7	Υδρογεωλογική λεκάνη	18
2.8	Κλιματικά χαρακτηριστικά	20
2.8.1	Θερμοκρασία και Βροχόπτωση	20
2.9	Πληθυσμιακά στοιχεία	21
2.10	Πηγές Ρύπανσης	22
2.11	Περιβαλλοντικά προβλήματα	22
3	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	23
3.1	Γεωτεκτονική θέση και παλαιογεωγραφία	23
3.2	Τεκτονική	24
3.3	Νεοτεκτονική	25
3.4	Σεισμικότητα	25
3.5	Λιθοστρωματογραφία	26
4	ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ	28
4.1	Βροχοβαθμίδα – Εξατμισοβαθμίδα – Κατανομή βροχόπτωση	28
4.2	Υδρολογικό Ισοζύγιο	30
5	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	31
5.1	Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά	31
5.2	Υδροφόρα συστήματα	31
5.3	Υδρολιθολογία - Υδροπερατότητα Σχηματισμών	32
5.4	Υδρολιθολογικές Ενότητες	33



5.5	Υπόγειοι Υδροφορείς της περιοχής μελέτης	34
5.6	Θέσεις γεωτρήσεων σε διαρρηγμένα πετρώματα	35
5.7	Εδαφικό κάλυμμα - Δοκιμές περατότητας.....	36
5.8	Υδρευτικές γεωτρήσεις και εδαφικά προφίλ	37
6	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	40
6.1	Υδρευτικές Υποδομές ΔΕΥΑ Χορτιάτη.....	40
6.2	Υδρευτικές ανάγκες	42
6.3	Πρόβλεψη υδατικών αναγκών	43
7	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.....	46
7.1	Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδροφορέων.....	46
8	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	47
8.1	Μέθοδος Τρωτότητας DRASTIC	48
8.2	Υδρογεωλογικοί Παράμετροι	49
8.3	Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα της μεθόδου DRASTIC	56
9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
10	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62
11	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	67
I.	Ιστορία του Ονόματος της ΔΚ Ασβεστοχωρίου	68
II.	Μορφολογία	69
III.	Βλάστηση.....	70
IV.	Υδρογραφικό δίκτυο.....	71
V.	Γεωλογική Χαρτογράφηση	72
VI.	Γεωτρήσεις ΔΚ Ασβεστοχωρίου	79
VII.	Δεξαμενές ΔΚ Ασβεστοχωρίου	82
VIII.	Παλαιά Λατομία	85
IX.	Χωματερές	88
X.	Λιθολογικές Τομές.....	89



Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών 'Εφαρμοσμένη Γεωλογία και Περιβάλλον', με κατεύθυνση 'Τεχνική Γεωλογία και Περιβάλλον' του τμήματος κατά το έτος 2023.

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου, κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο για την ανάθεση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, την εμπιστοσύνη προς το πρόσωπό μου, που δίχως αυτήν δεν θα μπορούσε να διεκπεραιωθεί η υπάρχουσα μεταπτυχιακή εργασία και την άριστη συνεργασία καθ' όλο το διάστημα ολοκλήρωσής της.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω ένα βαθύ ευχαριστώ στον Δρ. Υδρογεωλογίας κ. Καζάκη Νεραντζή για την βοήθεια που μου προσέφερε, την εμπιστοσύνη, την άριστη συνεργασία και επικοινωνία καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, καθώς και ότι μου επέτρεψε να χρησιμοποιήσω αποτελέσματα από τεχνική μελέτη της περιοχής όπου διεξήγαγε ο ίδιος, με σκοπό την πληρέστερη εικόνα και ορθότερη αποτύπωση των αποτελεσμάτων στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Ακόμη χρωστάω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κύριο Μπουτσιβάρη Χρήστο, Πολιτικός Μηχανικός – Τοπογράφος Μηχανικός Α.Π.Θ της ΔΕΥΑ, για την προθυμία και τη βοήθειά του, την άριστη συνεργασία που είχαμε και τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για την παροχή σημαντικών στοιχείων και επεξηγήσεων επί του θέματος.

Τέλος από καρδιάς θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, για την στήριξη και τη βοήθειά τους τόσο για όλο το χρονικό διάστημα που χρειάστηκα να ολοκληρώσω τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία αλλά και για όλα αυτά τα χρόνια της ζωής μου και των σπουδών μου, όπου πάντα υπήρξαν δίπλα μου και σε αυτούς οφείλω αυτή τη διαδρομή.





Λέξεις κλειδιά:

Υδρογεωλογική συμπεριφορά, υδρευτικές ανάγκες, υπόγειο νερό, διαρρηγμένα πετρώματα, τρωτότητα υδροφορέων, Μέθοδος DRASTIC

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η έρευνα των υδρογεωλογικών συνθηκών των διαρρηγμένων υδροφορέων και η μελέτη της επιδεκτικότητας των υπόγειων υδροφορέων στην ρύπανση, για την περιοχή του Ασβεστοχωρίου του Δήμου Πυλαίας Χορτιάτη.

Στη περιοχή εντοπίζονται διερρηγμένοι υδροφορείς κρυσταλλικών και ανθρακικών σχηματισμών. Όπου οι τελευταίοι είναι μεταμορφωμένοι και η υδροφορία εντοπίζεται σε ζώνες διάρρηξης. Το υπόγειο σύστημα του Ασβεστοχωρίου αναπτύσσεται σε τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις, καρστικά, μεταμορφωμένα και πλουτωνικά – μαγματικά πετρώματα. Αυτή η έντονη ετερογένεια που χαρακτηρίζει τους σχηματισμούς χρήζει συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή των υδρολογικών και υδρογεωλογικών συμπεριφορών.

Για την πληρέστερη αποτύπωση των χαρακτηριστικών της περιοχής στη παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, διερευνήθηκαν τα μορφολογικά της χαρακτηριστικά, οι χρήσεις γης, το υδρογραφικό δίκτυο, η υδρογεωλογική λεκάνη, τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά, η τεκτονική, η γεωλογία, η υδρογεωλογία τα περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής και οι πηγές ρύπανσης των υδροφορέων. Ακόμη, σύμφωνα με τα γνωστά πληθυσμιακά δεδομένα της περιοχής εφαρμόστηκαν μέθοδοι, που στόχο έχουν την εκτίμηση του πληθυσμού, αλλά και την πρόβλεψη των υδατικών αναγκών για τις επόμενες δεκαετίες. Επίσης γίνεται προσπάθεια κατασκευής του χάρτη τρωτότητας των υπόγειων υδάτων της περιοχής, σύμφωνα με τη μέθοδο DRASTIC.

Να αναφερθεί ότι τα δεδομένα της έρευνας που χρησιμοποιήθηκαν και παρατίθενται συλλέχθηκαν από προγενέστερες έρευνες που διεξάχθηκαν στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου, την προσωπική υπαίθρια άσκηση, καθώς και από υπηρεσίες, τη Δ.Ε.Υ.Α., την ΕΛΣΤΑΤ, το Υ.Π.Ε.Ν. και την ΕΜΥ.



Key words:

Hydrogeological behavior, water needs, groundwater, drilling supply, fissured aquifer, aquifer vulnerability, Drastic Method

ABSTRACT

The subject of this master's thesis study is the investigation of the hydrogeological conditions of the fissured aquifers and the study of the susceptibility of the underground aquifers to pollution for the region of Asvestochorio of the Municipality of Pylaia Hortiatis.

In the area, fissured aquifers of crystalline and carbonate formations are found. Carbonate formations are metamorphosed and aquifers are located in fracture zones. The underground system of Asvestochorio develops in quaternary alluvial deposits, in karstic, metamorphic and plutonic-magmatic rocks. This intense heterogeneity that characterizes the formations requires frequent monitoring and recording of hydrological and hydrogeological behaviors.

In order to more fully capture the characteristics of the area in this postgraduate work, the morphologically characteristics, land uses, hydrographic network, hydrogeological basin, climatic characteristics, tectonics, geology, hydrogeology, were investigated the environmental problems of the area and the sources of pollution of the aquifers.

Also, according to the known population data of the area, methods were applied, which aim to estimate the population, but also to predict the water needs of the inhabitants for the coming decades. An attempt is also being made to construct the groundwater vulnerability map of the area, according to the DRASTIC method.

It should be mentioned that the research data used and listed were collected from previous research carried out in the area of Asvestochori, personal outdoor exercise, as well as from services, Municipal Irrigation and Sewerage Company Of The Municipality Of Pylas – Hortiati, Greek statistical authority, Ministry of Environment and Energy and National Weather Service.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υδρογεωλογική συμπεριφορά των υδροφορέων που αναπτύσσονται στα διαρρηγμένα πετρώματα της περιοχής του Ασβεστοχωρίου. Το Ασβεστοχώρι εντάσσεται στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης και αποτελεί Δημοτική Κοινότητα του Δήμου Πυλαίας-Χορτιάτη. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια μεγάλη κωμόπολη, με ανοδική τάση πληθυσμού από το 1981 με 2.566 μόνιμους κατοίκους μέχρι και το 2021 με τον αντίστοιχο πληθυσμό να είναι 10.879. Βέβαια το εναρκτήριο αποτύπωμα ύπαρξης της περιοχής δεν αποτελείται από ορόσημο 40-ετίας αλλά πολύ παλαιότερα, συγκεκριμένα έπειτα από το πέρασμα της Οθωμανικής περιόδου στην Νεότερη εποχή, 15^{ος} αιώνας, όπου άρχισαν τα πρώιμα σημάδια εμφάνισης του υπάρχοντος οικιστικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής του Ασβεστοχωρίου. Το Ασβεστοχώρι ιδρύθηκε και πήρε το όνομα Νόβα Σέλ, το 1430 μ.Χ., όπου στη σλαβική γλώσσα σημαίνει το Νέο Χωριό, ύστερα από τον υποχρεωτικό αποικισμό του σουλτάνου Μουράτ Β'.

Στην αρχή, η μόνη και κυριότερη λειτουργία του χωριού ήταν η συντήρηση του δικτύου ύδρευσης που υδρευόταν από το υδραγωγείο του Χορτιάτη και εξυπηρετούσε μέχρι και τη Θεσσαλονίκη. Για την χρησιμότητα του χωριού στην υδροδότηση της περιοχής ονομάστηκε Σουκίοι δηλαδή το Χωριό του Νερού. Με στόχο την καλύτερη φύλαξη των υδραγωγείων υλοτομήθηκε η περιοχή και στο κέντρο αυτής ιδρύθηκε το πρώτο από τα πέντε φυλάκια ή αλλιώς και κούλιες.

Μια ακόμη δραστηριότητα των κατοίκων του χωριού που ήταν εξίσου επικερδής ήταν η εξόρυξη και η εκμετάλλευση του ασβέστη, αυτό το ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάπτυξη του χωριού τεκμηριώνεται από μαρτυρίες το 1680 – 1700 μ.Χ. Από αυτήν τη δραστηριότητα, αλλά και την πληθώρα ασβεστολιθικών πετρωμάτων όπου χαρακτηρίζουν την περιοχή, το όνομα του χωριού άλλαξε σε Κιρετσκιόι, το 1780 μ.Χ., που σημαίνει το Χωριό του Ασβέστη. Στηριζόμενοι στην επικράτηση του ονόματος ως αντιπροσωπευτικού της περιοχής, με το πέρασμα των χρόνων εξελληνίστηκε και διατηρήθηκε ως τις μέρες μας, ως Ασβεστοχώρι (Δημητριάδης, 2008).

Η ευρύτερη περιοχή του Ασβεστοχωρίου από υδρογεωλογικής άποψης, εμφανίζει υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας στους διερρηγμένους και καρστικούς υδροφορείς. Η εμφάνισή τους στην περιοχή αποτελεί μια αντιπροσωπευτική μικρό - εικόνα του Ελλαδικού χώρου, όπου το 25% αυτού χαρακτηρίζεται από διερρηγμένους υδροφορείς

και το 30% από καρστικούς. Ο Δήμος Πυλαίας – Χορτιάτη αξιοποιεί και τις υπόγειες και πηγαίες παροχές υδάτων από τους διερρηγμένους και καρστικούς υδροφορείς για την κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού, όσο αυτό είναι εφικτό διότι κατά τόπους σημειώνονται οριακές μέχρι και υψηλές συγκεντρώσεις χημικών στοιχείων (NO_3 , Mn, Fe, As, κ.λπ.) που χρήζουν έλεγχου. Γενικά στην περιοχή εμφανίζονται ποιοτικά προβλήματα στα ύδατα, έχοντας ως αποτέλεσμα τον σημαντικό περιορισμό νερού προς πόση κάτι το οποίο γίνεται έντονα διακριτό την καλοκαιρινή περίοδο που μειώνεται η στάθμη του υπόγειου νερού, σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες ανάγκες υδροδότησης της περιοχής. Έτσι, η εκμετάλλευση των καρστικών και διερρηγμένων υδροφορέων κατά την καλοκαιρινή περίοδο για μεγαλύτερες παροχές υδάτων, με την καλύτερη δυνατή ποιοτική απόδοση χρήζουν κατασκευή κατάλληλων δομών και πηγών εφάμιλλης ποιότητας που θα το επιτρέπουν.

Τέλος, χρήζει ανάγκης η προστασία των πηγών και των υδρογεωτρήσεων, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εκτίμησης της τρωτότητας στην εξωτερική ρύπανση. Ο λόγος που είναι σημαντικός παράγοντας, ο έλεγχος της ποιότητας των υδάτων είναι διότι συμβάλει στη βιωσιμότητα και την ασφαλή κάλυψη των υδατικών αναγκών της περιοχής αλλά και στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών που φέρουν τα υπόγεια ύδατα.

1.1 Σκοπός μεταπτυχιακής ερευνητικής εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών “Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία”, με κατεύθυνση στην “Τεχνική Γεωλογία και Περιβάλλον”, έχει ως αντικείμενο μελέτης τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά, την αξιολόγηση του υδατικού δυναμικού των διερρηγμένων πετρωμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για την τρωτότητα των υδροφορέων στη ΔΚ Ασβεστοχωρίου.

Σκοπός της εργασίας είναι η εφαρμογή της μεθόδου DRASTIC σε περιβάλλον GIS για την κατασκευή χάρτη τρωτότητας. Οι χάρτες τρωτότητας είναι σημαντικοί διότι με τη χρήση τους μπορεί να προβλεφθεί και να αποφευχθεί η ρύπανση του υπόγειου νερού, δίνοντας στους αρμόδιους φορείς τη δυνατότητα λήψης προστατευτικών μέτρων.

1.2 Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν

Στην περιοχή έρευνας τα διαθέσιμα στοιχεία και οι προγενέστερες μελέτες που αφορούν τους καρστικούς και διερρηγμένους υδροφορείς είναι περιορισμένες.

Η ιδιαιτερότητα της περιοχής έρευνας χρήζει υλοποίησης επιπρόσθετων εργασιών για τη συλλογή πρωτογενών δεδομένων, καθώς και μετρήσεων που θα παρέχουν πληθώρα γεωλογικών πληροφοριών στην περιοχή, κάτι το οποίο βελτιώνει την διαχείριση των υδατικών συνθηκών. Έτσι απαραίτητη κρίνεται η μελέτη των υδρογεωλογικών, υδροχημικών και γεωλογικών συνθηκών της περιοχής και η εκτίμηση της τρωτότητας των υπόγειων υδροφορέων.

Οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν αλλά και οι πληροφορίες που χρησιμοποιήθηκαν για την σύναξη της παρούσας εργασίας ήταν οι ακόλουθες:

- Συγκέντρωση και επεξεργασία υφιστάμενων μελετών και προ υπαρχόντων στοιχείων που σχετίζονται με τα γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής έρευνας.
- Ανασκόπηση ελληνικής - διεθνούς βιβλιογραφίας και βιβλιογραφική έρευνα για την περιοχή ενδιαφέροντος
- Υπαίθρια Γεωλογική Χαρτογράφηση
- Υπαίθρια απογραφή σημείων υδροληψίας
- Δημιουργία λιθολογικών τομών γεωτρήσεων
- Πρόβλεψη πληθυσμού
- Εκτίμηση υδατικών αναγκών
- Δημιουργία θεματικών χαρτών με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.
- Λήψη φωτογραφικού υλικού (Μορφολογία, Βλάστηση, Υδρογραφικό Δίκτυο, Πηγές Ρύπανσης)
- Συλλογή βιβλιογραφικών πηγών και αναζήτηση ελληνικών και διεθνών ερευνητικών άρθρων, με αναφορές στην εκτίμηση της τρωτότητας των υπόγειων υδροφορέων με την μέθοδο DRASTIC.
- Κατασκευή χάρτη τρωτότητας για την περιοχή

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

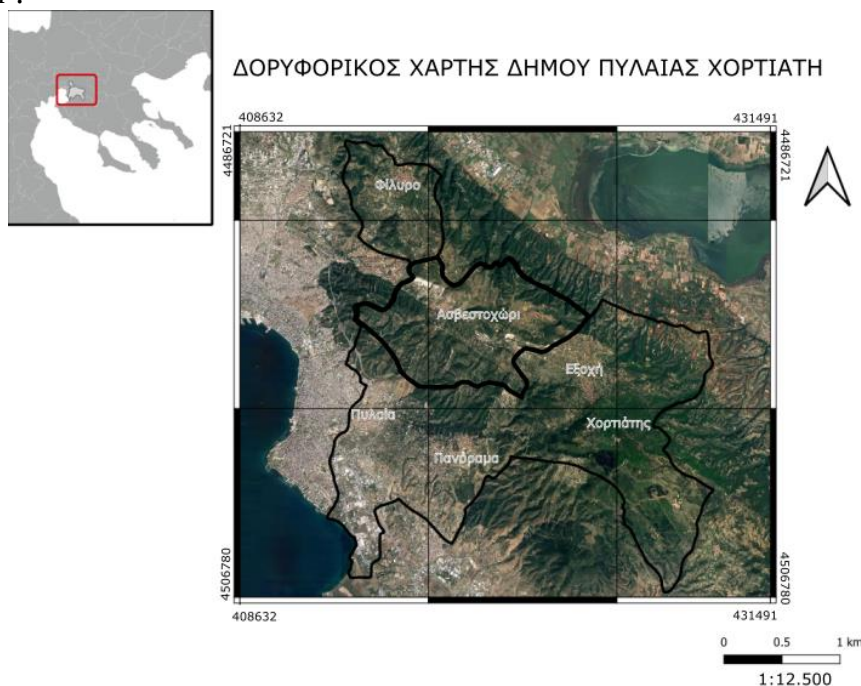
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής έρευνας

Η περιοχή έρευνας είναι η Δ.Κ. Ασβεστοχωρίου που υπάγεται στο βόρειο κομμάτι της Ελλάδας και ειδικότερα στην περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας – Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης, στο Δήμο Πυλαίας-Χορτιάτη. Ο Δήμος Πυλαίας- Χορτιάτη συναντάται ανατολικά ως προς στην πόλη της Θεσσαλονίκης, βόρεια ως προς την Θέρμη και νότια σε σχέση με τη λίμνη του Αγίου Βασιλείου - Κορώνειας, με έκταση μεγέθους 156,48 Km².

Οι δημοτικές ενότητες Πανοράματος, Πυλαίας και Χορτιάτη απαρτίζουν τον Δήμο Πυλαίας Χορτιάτη (

Σχήμα 2.1). Με βάση τη διοικητική του διαίρεση ως περιοχή οι Δημοτικές Κοινότητες που συναρτώνται μεταξύ τους είναι αυτές του Φιλύρου, Ασβεστοχωρίου, Χορτιάτη, Πανοράματος, Πυλαίας και η Τοπική Κοινότητα Εξοχής.

Το Ασβεστοχώρι βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Πυλαίας Χορτιάτη με έκταση 34,69 Km².



Σχήμα 2.1 Δορυφορικός χάρτης με τα όρια δήμου Πυλαίας-Χορτιάτη

2.2 Μορφολογία

Η μορφολογία της περιοχής μελέτης εξαρτάται από τη γεωλογία, τα τεκτονικά χαρακτηριστικά και τη διάβρωση που προοδευτικά εξομαλύνει το ανάγλυφο του

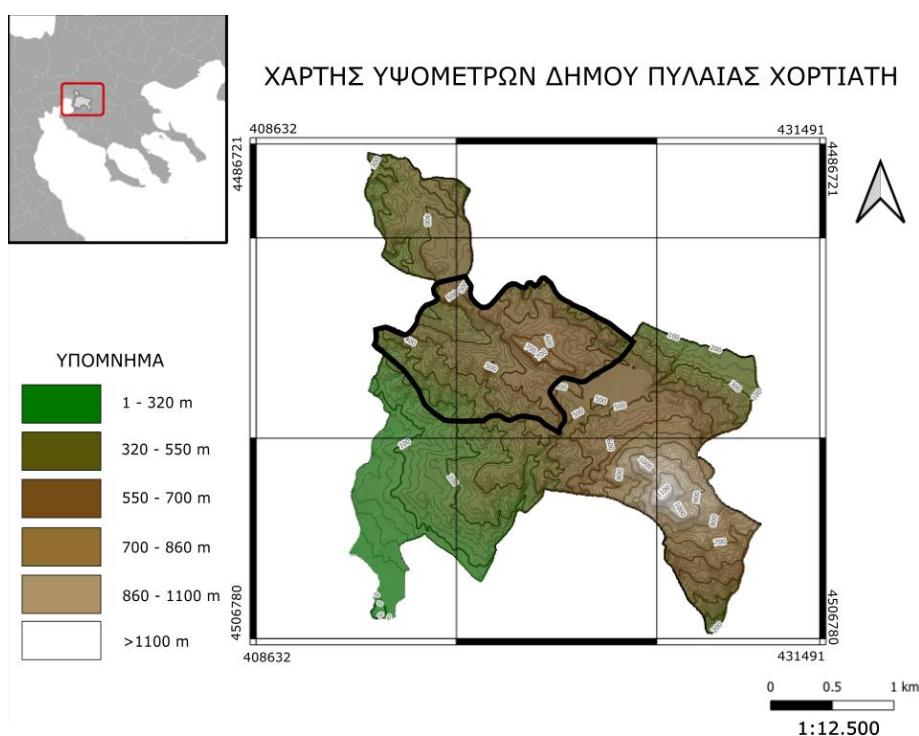
εδάφους. Συγκεκριμένα το Ασβεστοχώρι βρίσκεται στους πρόποδες του Χορτιάτη (1.201 m) με απόσταση 12 χλμ. προς τα ανατολικά από την Θεσσαλονίκη. Είναι ένα ημι/αστικό περιβάλλον και χαρακτηρίζεται από πεδινό μέχρι και λοφώδες ανάγλυφο με ήπιες κλίσεις.

2.3 Υψόμετρο

Το υψόμετρο του κατά μέσο όρο κυμαίνεται στα 358 μέτρα, με μέγιστο υψόμετρο στα 738 μέτρα. Στην ευρύτερη περιοχή τα μέσα υψόμετρα κυμαίνονται στις ίδιες και χαμηλότερες τιμές από ότι η περιοχή μελέτης, ενώ μόνο στην περιοχή του Χορτιάτη υπερβαίνουν κατά πολύ το μέγιστο υψόμετρο (

Σχήμα 2.2).

Πιο αναλυτικά στην βόρειο – ανατολική πλευρά του οικισμού τα υψόμετρα αυξάνονται με ομαλές μεταβάσεις κλίσεων (εκτός από το ύψωμα του προφήτη Ηλία) με μέσο υψόμετρο τα 460 μέτρα. Στην νότιο – νοτιοδυτική πλευρά της ευρύτερης περιοχής διατηρεί σταθερή αύξηση υψομέτρων με ομοιόμορφες κλίσεις, εκτός από τα βόρειο - δυτικά του οικισμού και εντός αυτού, που υπάρχει ελαφριά ανομοιομορφία. Η μεγαλύτερη έκταση της ΔΚ Ασβεστοχωρίου χαρακτηρίζεται από λοφώδες τύπο ανάγλυφου και εμφανίζει υψόμετρα μεταξύ 300 και 500 μέτρων (460 μέτρα), με εξαίρεση το ύψωμα που βρίσκεται το παρεκκλήσι του Προφήτη Ηλία στα 738 μέτρα και χαρακτηρίζεται ως ημιορεινό – ορεινό.



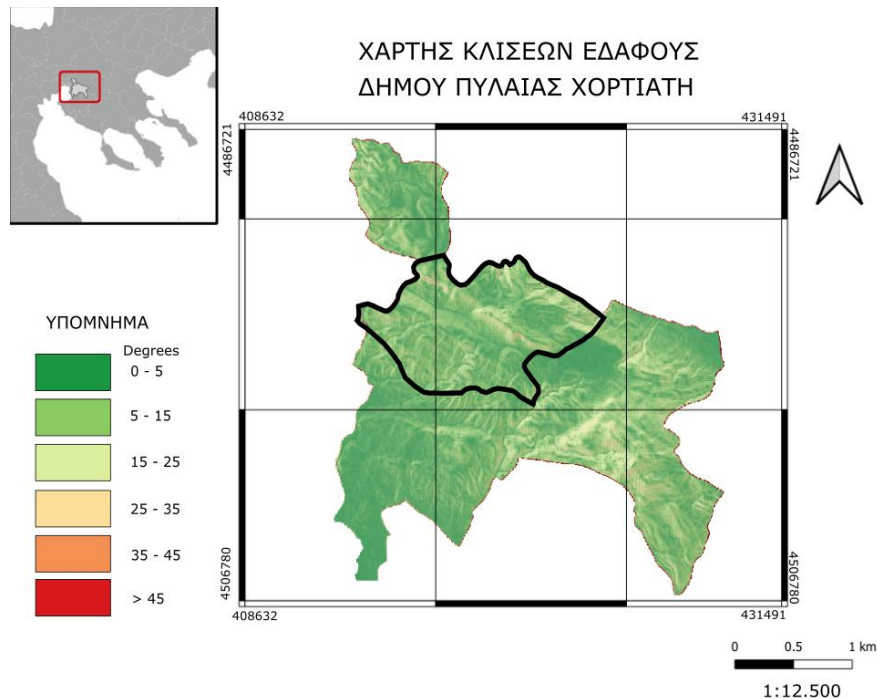
Σχήμα 2.2 Χάρτης υψομέτρων της ευρύτερης περιοχής μελέτης με τα όρια της ΔΚ Ασβεστοχωρίου.

2.4 Κλίση Αναγλύφου

Η κλίση του ανάγλυφου αποτελεί το πιο ευρέως διαδεδομένο τοπογραφικό μέγεθος και είναι μεγάλης σημασίας για γεωμορφολογικές έρευνες. Η κλίση ορίζεται ως η μέγιστη μεταβολή του υψομέτρου σε κάθε σημείο μιας επιφάνειας. Όσο η τιμή της κλίσης τείνει προς τις 0° ή 0% , τόσο πιο επίπεδο είναι το ανάγλυφο, ενώ όσο μεγαλώνει η τιμή της κλίσης τόσο πιο απότομο χαρακτηρίζεται.

Στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Πυλαίας-Χορτιάτη, σύμφωνα με τον χάρτη κλίσεων (Σχήμα 2.3) οι δεσπόζουσες κλίσεις ανάγλυφου είναι οι δύο πρώτες κλάσεις των 0-5 και 5-15 μοιρών. Στη συνέχεια ακολουθεί η κλάση των 15-25 μοιρών που εμφανίζεται κυρίως σε λοφοπλαγιές και αυλακώσεις, στη συνέχεια λιγότερο διακριτή κλάση είναι αυτή των 25-35 μοιρών όπου διακρίνεται σε απότομες χαράδρες. Οι κλίσεις υπολογίζονται σε μοίρες ή σε ποσοστό επί τοις εκατό (%).

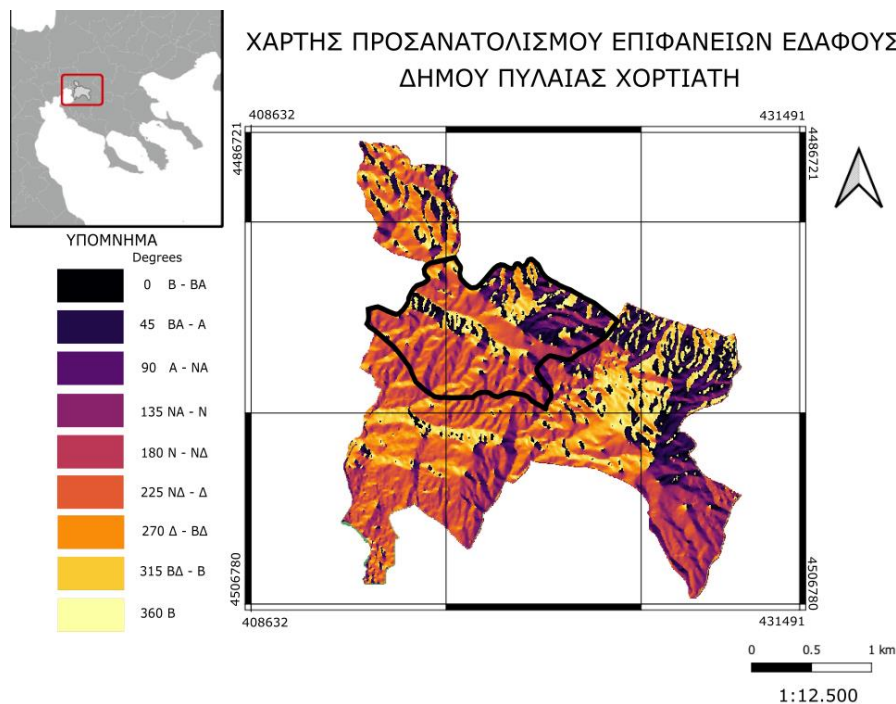
Κατά Demek (1972) η περιοχή χαρακτηρίζεται κυρίως από ελαφρώς έως ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Γίνεται εμφανή η διάβρωση του επιφανειακού εδαφικού καλύμματος, σημειώνονται αυλακώσεις διάβρωσης και παρατηρείται συχνά ερπυσμός εδάφους.



Σχήμα 2.3 Χάρτης κλίσεων εδάφους της ευρύτερης περιοχής μελέτης με τα όρια της ΔΚ Ασβεστοχωρίου.

2.4.1 Προσανατολισμός Επιφανειας Εδάφους

Με βάση τον χάρτη προσανατολισμού επιφανειών εδάφους του Σχήμα 2.4, η περιοχή έρευνας εμφανίζει B-BBA και NNA-NA κατεύθυνση ανάγλυφο προσανατολισμού. Η ευρύτερη περιοχή ακολουθεί αυτό το σύνολο εμφανίσεων, με τις βόρειες περιοχές να χαρακτηρίζονται από B-BBA προσανατολισμό, ενώ οι νότιες από NNA-NA. Η μόνη εξαίρεση αποτελεί το όρος Χορτιάτη με έντονη ΒΒΔ-B κατεύθυνση εδάφους.

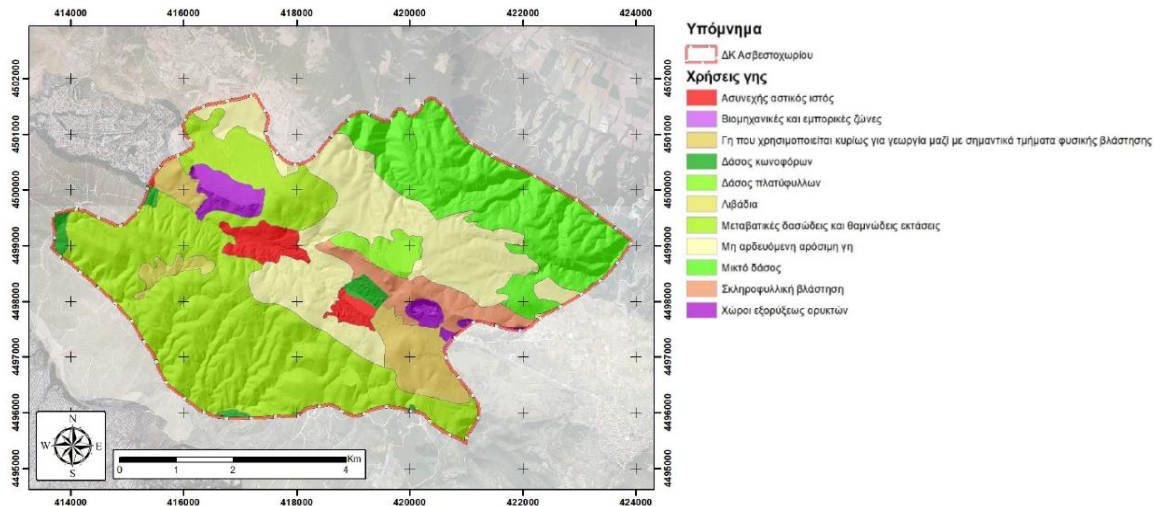


Σχήμα 2.4 Χάρτης προσανατολισμού επιφανειών εδάφους της ευρύτερης περιοχής μελέτης με τα όρια της ΔΚ Ασβεστοχωρίου.

2.5 Χρήσεις γης

Τόσο η περιοχή του Ασβεστοχωρίου όσο η ευρύτερη περιοχή μελέτης αλλά και οι πέριξ Κοινότητες του Δήμου Πυλαίας - Χορτιάτη δεν χαρακτηρίζονται από ενεργή δραστηριότητα των λατομείων. Οι λοιπές κοινότητες της ευρύτερης περιοχής έρευνας δραστηριοποιούνται στην καλλιέργεια ηλιανθων, βάμβακος, τριφυλλιών, σιτηρών και καρπών ελιάς. Εν αντιθέσει η περιοχή ενδιαφέροντος δεν καλλιεργείται, επειδή εκτείνεται εντός δασικών περιοχών υψηλής περιβαλλοντικής αξίας και διαμορφώνει

ιδανικό κλίμα στην περιοχή, αλλά και καθίστανται σημαντική για ολόκληρη την Ελλάδα (δάσος Σειχ Σου, Χορτιάτη, Κουρί), (Σχήμα 2.5).

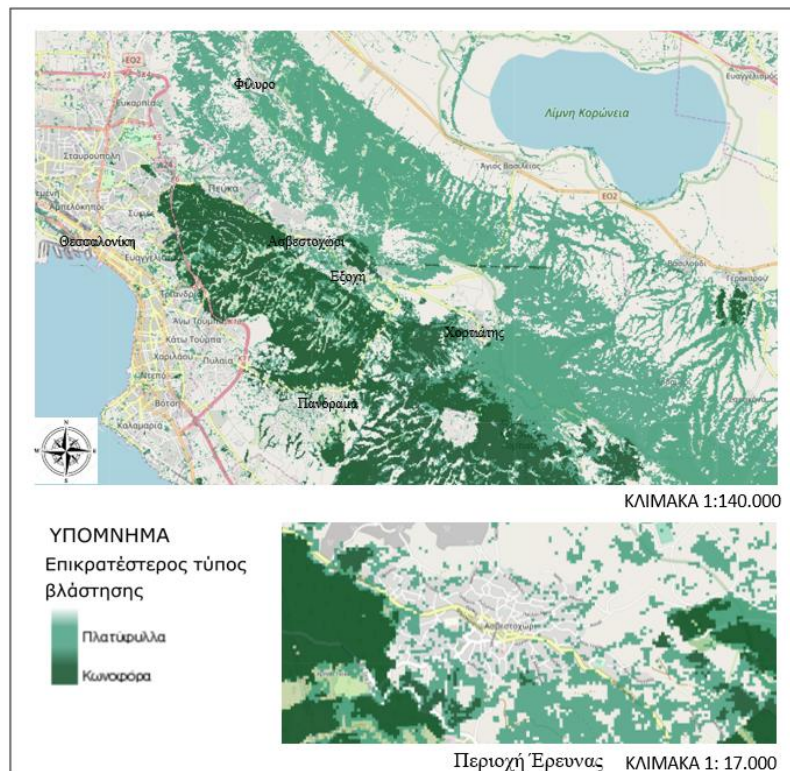


Σχήμα 2.5 Χρήσεις γης με βάση το Corine land cover 2018 (Kazakis et al., 2019).

Επίσης ως προς την βλάστηση, επειδή η ΔΚ Ασβεστοχωρίου χαρακτηρίζεται ως αστικό περιβάλλον και δεν εμφανίζεται έντονη βλάστηση ακριβώς εντός του οικισμού, σε μικρή απόσταση γύρω από αυτόν υπάρχουν πλατύφυλλα δέντρα (Πάρκο Κουρί), ενώ σε λίγο μεγαλύτερη απόσταση πέριξ αυτού κάνουν την εμφάνιση της πυκνή κωνοφόρα

βλάστηση
Σείχ Σου) (

Σχήμα



(Δάσος

2.6).

Σχήμα 2.6 Χάρτης Επικρατέστερου Τύπου Βλάστησης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Πηγή Υ.Π.Ε.Ν.).

2.6 Υδρογραφικό δίκτυο

Στην περιοχή έρευνας έχει αναπτυχθεί αξιοσημείωτο υδρογραφικό δίκτυο με κλάδους άνισης κατανομής, κάτι το οποίο οφείλεται στους μορφοτεκτονικούς παράγοντες της. Συγκεκριμένα αυτού του είδους η άνιση κατανομή οφείλεται στον χείμαρρο του Ασβεστοχωρίου ή αλλιώς Ξηροπόταμο, ο οποίος είναι παραπόταμος του Δενδροποτάμου (

Εικόνα 2.1 – Εικόνα 2.2).

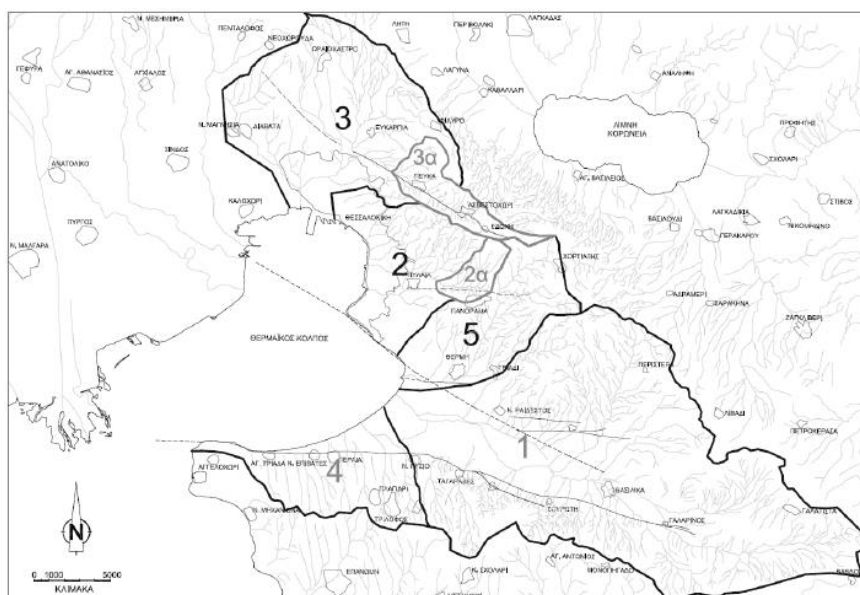
Ο Ξηροπόταμος διασχίζει σχετικά μεγάλη διαδρομή από το σημείο πηγής του μέχρι και την εκβολή του στη θάλασσα. Αρχικά τα νερά του αναβλύζουν από τις ορεινές πηγές της Εξοχής, στη συνέχεια διαρρέει εντός των Δημοτικών Κοινοτήτων Ασβεστοχωρίου, Πεύκων, Πολίχνης, Σταυρούπολης και στα λοιπά τμήματα του πολεοδομικού συγκροτήματος, όπου τέλος τα νερά του εκβάλλουν στον κόλπο του Θερμαϊκού, δίπλα στον Δενδροπόταμο.



Εικόνα 2.1 - Εικόνα 2.2 Φωτογραφίες τον Ξηροπόταμο (Από Χατζηναούμ Θεοδώρα).

2.7 Υδρογεωλογική λεκάνη

Στην υδρογεωλογική λεκάνη της περιοχής συλλέγονται όλα τα ύδατα των λεκανών απορροής από τη δυτική και τη βόρεια Θεσσαλονίκη, μέσω του Δενδροποτάμου. Η συγκέντρωση των υδάτων από το βόρειο τμήμα της Θεσσαλονίκης επιτυγχάνεται λόγω της δράσης του Ξηροπόταμου, όπου αυτός με τη σειρά του συγχωνεύεται στην κοίτη του Δεδροποτάμου. Ο Ξηροπόταμος ξεπερνάει τα 25 χιλιόμετρα μήκος εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος, η λεκάνη απορροής ανέρχεται σε 115 km², όπου μέρος αυτής αποτελούν οι ορεινές περιοχές με έκταση περίπου 35 km² (Σχήμα 2.7).



Σχήμα 2.7 Υδρολογικές λεκάνες της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης. (Vamvakaris, D.A., Papazachos, C.B., Savvaidis, P.D., Tziavos, I.N., Karagianni, E.E., Scordilis, E.M., Hatzidimitriou, P.M., 2003)

Παρακάτω θα γίνει μια προσπάθεια για ταξινόμηση της λεκάνης απορροής της περιοχής ενδιαφέροντος σύμφωνα με βιβλιογραφική πηγή Van de Bund et al. (2004), (Πίνακας 2.1). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ο τύπος της λεκάνης απορροής στον οποίο κατηγοριοποιείται ο Ξηροπόταμος είναι ο R-M2, με μεσαίο-χαμηλό υψόμετρο στα 460 μέτρα κατά μέσο όρο, με κλίσεις γύρω στις 10°, λεκάνη απορροής με ολική έκταση 115 km², εκ των οποίων τα 35 km² βρίσκονται σε ορεινές εκτάσεις. Το γεωλογικό υπόβαθρο χαρακτηρίζεται κυρίως από ασβεστιτικά υλικά αλλά και από πυριτικά, με αποτέλεσμα να υπάρχει μικτό γεωλογικό περιβάλλον. Τέλος το καθεστώς ροής του ποταμού είναι έντονα εποχιακό, διότι παρατηρείται έντονη μεταβολή στην παροχή του ποταμού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με εντονότερη αύξηση της ροής κατά τους εαρινούς μήνες.

Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά Μεσογειακών Τύπων Ποταμών (Van de Bund et al., 2004).

Τύπος	Χαρακτηρισμός Ποταμού	Λεκάνη απορροής	Υψόμετρο-Γεωμορφολογία	Γεωλογία υπόβαθρου	Καθεστώς Ροής ποταμού
R-M 1	Μικρός μεσαίο υψόμετρο	σε 10-100 km ²	200-800 m	Μικτή	Έντονα εποχικό
R-M 2	Μεσαίος χαμηλό υψόμετρο	σε 100-1000 km ²	<600 m	Μικτή	Έντονα εποχικό
R-M 3	Μεγάλος χαμηλό υψόμετρο	σε 1000-10000 km ²	<600 m	Μικτή	Έντονα εποχικό
R-M 4	Μικρός/μεσαίος σε μεσογειακού τύπου βουνό	10-1000 km ²	400-1500 m	Μη πυριτικό υπόβαθρο (μεικτή)	Εποχικό-μεταφορά ιζήματος
R-M 5	Μικρός/εποχικός	10-100 km ²	<300 m	Μικτή	Πρόσκαιρο

2.8 Κλιματικά χαρακτηριστικά

Το όρος Χορτιάτη επηρεάζει το κλίμα της περιοχής μελέτης. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δεσπόζουν άνεμοι νότιας κατεύθυνσης, ενώ τους χειμερινούς μήνες κυριαρχούν άνεμοι βόρειας – βορειοδυτικής κατεύθυνσης. Αυτή η σταθερή εποχιακή εναλλαγή των ανέμων διαμορφώνει ένα ιδιαίτερο μικρόκλιμα που χαρακτηρίζεται από μηδενική υγρασία ετησίως, με ψυχρούς χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Επίσης οι νότιες περιοχές της ΔΚ Ασβεστοχωρίου εμφανίζουν ηπιότερο κλίμα σε σχέση με τις βόρειες, λόγω του πλούσιου δασικού ανάγλυφου. Να σημειωθεί ότι η μέγιστη χρονική διάρκεια κατεύθυνσης του ανέμου τα τελευταία 30 χρόνια στην περιοχή μελέτης είναι προς τα ΒΔ. (meteoblue.gr).

2.8.1 Θερμοκρασία και Βροχόπτωση

Σύμφωνα με το κλιματικό διάγραμμα από την ιστοσελίδα meteoblue, παρατίθενται παρακάτω συγκεντρωτικά στοιχεία θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων σύμφωνα με 30-ετείς ωριαίες προσομοιώσεις κλιματικού μοντέλου στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου. Τα καιρικά προσομοιωμένα στοιχεία χαρακτηρίζονται από χωρική ανάλυση 30 Km και η αποτύπωση τοπικών καιρικών φαινομένων, δεν είναι δυνατή.

Πίνακας 2.2 Συγκεντρωτικά κλιματικά στοιχεία των τελευταίων 30 ετών. (Πηγή: meteoblue)

ΜΗΝΑΣ (ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 30 ΧΡΟΝΙΑ)	ΥΕΤΟΣ (mm)	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΗ (T°C)	ΖΕΣΤΕΣ ΗΜΕΡΕΣ (T°C)	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ (T°C)	ΨΥΧΡΕΣ ΝΥΧΤΕΣ (T°C)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	37	8	14	-1	-8
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	38	9	16	0	-7
ΜΑΡΤΙΟΣ	40	13	20	2	-5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	28	18	24	5	-3
ΜΑΪΟΣ	23	24	30	10	3
ΙΟΥΝΙΟΣ	11	29	35	13	6
ΙΟΥΛΙΟΣ	10	32	38	15	9
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	10	32	37	16	9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	14	27	33	12	4
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	32	20	28	8	-1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	42	13	21	4	-4
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	56	9	15	0	-7

Τα στοιχεία του Πίνακα 2.2 παρουσιάζουν αυξημένο υετό τους υγρούς μήνες του υδρολογικού έτους, δηλαδή Οκτώβριο με Μάρτιο και σημειώνουν μείωση τους ξηρούς μήνες, δηλαδή Απρίλιο με Σεπτέμβριο. Τα κλιματικά αποτελέσματα χαρακτηρίζονται ως αναμενόμενα και επιθυμητά για το εύκρατο μεσογειακό κλίμα της Ελλάδας και ειδικότερα της Θεσσαλονίκης, όπου έχει ζεστά ξηρά καλοκαίρια και δροσεροί υγροί χειμώνες.

2.9 Πληθυσμιακά στοιχεία

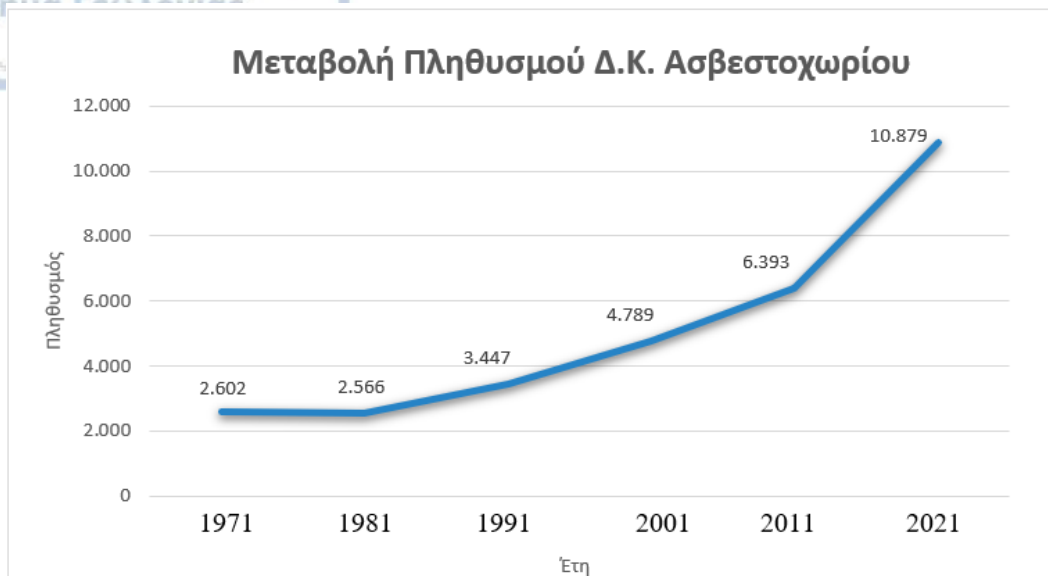
Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ Πίνακας 2.3 η Δημοτική Κοινότητα Ασβεστοχωρίου εμφανίζει αύξηση από το 1971 έως το 2011 κατά 3.791 κατοίκους (52,3%). Γενικά η περιοχή εμφανίζει σταθερή αύξηση του πληθυσμού ανά δεκαετία της τάξης των 30-40% για το διάστημα ετών 1981 – 2011 και εξακολουθεί να σημειώνει άνοδο αυτής της τάξης για την απογραφή 2021.

Πίνακας 2.3 Πληθυσμιακά στοιχεία της Δημοτικής Ενότητας Ασβεστοχωρίου και μεταβολές στον πληθυσμό (Πηγή ΕΣΥΕ).

Δημοτική ενότητα Ασβεστοχώρι Έτος	Πραγματικός πληθυσμός					Μεταβολή σε απόλυτα μεγέθη					Μεταβολή σε ποσοστό (%)				
	2011	2001	1991	1981	1971	1971- 1981	1981- 1991	1991- 2001	2001- 2011	1971- 2011	1971- 1981	1981- 1991	1991- 2001	2001- 2011	1971- 2011
Ασβεστοχώρι	6.393	4.789	3.447	2.566	2.602	-36	881	1.342	1.604	3.791	-1	34	39	33	59

Στο

Σχήμα 2.8 έχουν καταγραφεί τα ακριβή πληθυσμιακά αποτελέσματα των απογραφών για τον Δήμο Πυλαίας Χορτιάτη στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου των τελευταίων 50 χρόνων.



Σχήμα 2.8 Μεταβολή πληθυσμού για την περιοχή του Ασβεστοχωρίου για τα έτη 1971 - 2021 (Πηγή: ΕΣΥΕ).

Από την απογραφή του 2021 στην Κοινότητα του Ασβεστοχωρίου ο αριθμός μόνιμων κατοίκων ανέρχεται στα 10.879, δηλαδή εμφανίζει αύξηση περίπου 41,2%, σε σχέση με τον πληθυσμό του έτους 2011 και 76,1% αύξηση από την απογραφή του 1971.

2.10 Πηγές Ρύπανσης

Όπως σε κάθε περιοχή έτσι και στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου υπάρχουν πηγές ρύπανσης που συμβάλλουν στην υποβάθμιση τόσο του φυσικού όσο και του ανθρωπογενούς οικοσυστήματος. Οι πηγές ρύπανσης που εντοπίζονται στην περιοχή είναι τα βενζινάδικα, τα νεκροταφεία, οι χωματερές, οι κτηνοτροφικές μονάδες, τα χημικά / οικοδομικά υλικά και το νοσοκομείο. Σημαντικότερη και πιο επιβλαβής πιθανή πηγή μόλυνσης είναι το νοσοκομείο της περιοχής σε περίπτωση αντιοικολογικής διαχείρισης ιατρικών λυμάτων, καθώς και μία επιχείρηση με χημικά και οικοδομικά υλικά. Βέβαια οι συγκεκριμένες πηγές δεν σημειώνουν περιβαλλοντική ρύπανση προς το παρόν απλώς αποτελούν ενδεχόμενα σημεία εμφάνισης ρύπων.

Εν αντιθέσει στα παλιά εγκαταλειμμένα λατομεία, που αποτελούν πηγή μόλυνσης, απορρίπτονται μπάζα και σκουπίδια με αποτέλεσμα να λειτουργούν ως ανεξέλεγκτες χωματερές. Αυτή η αντισυμβατική χρήση και η μέχρι στιγμής δραστηριότητά τους μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα ανησυχητική, καθώς εντός των λατομείων

υπάρχουν παραγωγικές υδρογεωτρήσεις που τροφοδοτούν τους οικισμούς με πόσιμο νερό και υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης του υπόγειου νερού και κατ' επέκταση να αποβεί μοιραίο για τη δημόσια υγεία. Για αυτόν τον λόγο θα πρέπει η δράση αυτών των πηγών να είναι ορθολογική περιβαλλοντικά για την προστασία και την υγεία όλων και να μην λαμβάνονται απήφιστα κι από την πολιτεία αλλά και από τους κατοίκους της.

2.11 Περιβαλλοντικά προβλήματα

Σύμφωνα με τα παραπάνω πληθυσμιακά στοιχεία προκύπτει το συμπέρασμα ότι η περιοχή του Ασβεστοχωρίου παρουσιάζει τάσεις αστικοποίησης.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται από το φαινόμενο της αστικοποίησης υποβιβάζουν ποιοτικά το περιβάλλον αλλά και υποβαθμίζουν το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων που ζούνε σε αυτό. Παραδείγματος χάριν, τα συνηθέστερα προβλήματα της αστικοποίησης στην περιοχή είναι η διατάραξη των υδρολογικών δεδομένων της περιοχής, η μεταβολή των υδραυλικών και φυσικών χαρακτηριστικών του υδρορέματος, η υποβάθμιση του οικοσυστήματος, της βιοποικιλότητας και της ποιότητας των υδάτων.

3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.1 Γεωτεκτονική θέση και παλαιογεωγραφία

Η περιοχή Ασβεστοχωρίου γεωλογικά ανήκει στην Περιοδοπική ζώνη και ειδικότερα στην ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη, ένα μικρό τμήμα της εντάσσεται στη Σερβομακεδονική μάζα. Η Σερβομακεδονική μάζα εφίππευε την Περιοδοπική από το δυτικό τμήμα της, κάτι το οποίο είναι αποτέλεσμα τεκτονικών διεργασιών του Τριτογενούς (Μουντράκης, 1985). Με την αλπική παραμόρφωση να είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση ανάστροφων, κανονικών και οριζόντιας μετατόπισης ρηγμάτων, τα οποία είχαν δραστηριότητα μετά την τελική φάση του μετα-ορογενετικού εφέλκυσμού, δηλαδή με τη δραστηριοποίηση κανονικών ρηγμάτων ηλικίας Άνω - Μέσο Πλειστοκαίνου και την ταυτόχρονη δημιουργία τεκτονικών βυθισμάτων, τα οποία και πληρώθηκαν στη συνέχεια με ιζήματα Τεταρτογενούς ηλικίας.

Το πλάτος της Περιοδοπικής ζώνης είναι 10-20 km και εκτείνεται προς τη Σερβομακεδονική ζώνη στα δυτικά της, με διεύθυνση κίνησης προς τα ΒΔ-ΝΑ. Στη συνέχεια η Περιοδοπική ζώνη εκτείνεται και από την πλευρά των ελληνοβουλγαρικών συνόρων με κατεύθυνση προς τη λίμνη Κορώνεια, δηλαδή προς τα ΝΑ. Ακόμη εμφανίζεται στο κεντρικό τμήμα της Χαλκιδικής, στην χερσόνησο της Σιθωνίας, έπειτα

καμπυλώνει προς τα ΒΑ και στη συνέχεια με διεύθυνση προς τα ΝΔ-ΒΑ περνάει στην χερσόνησο Αθως, στο νησί της Σαμοθράκης και στην Αλεξανδρούπολη.



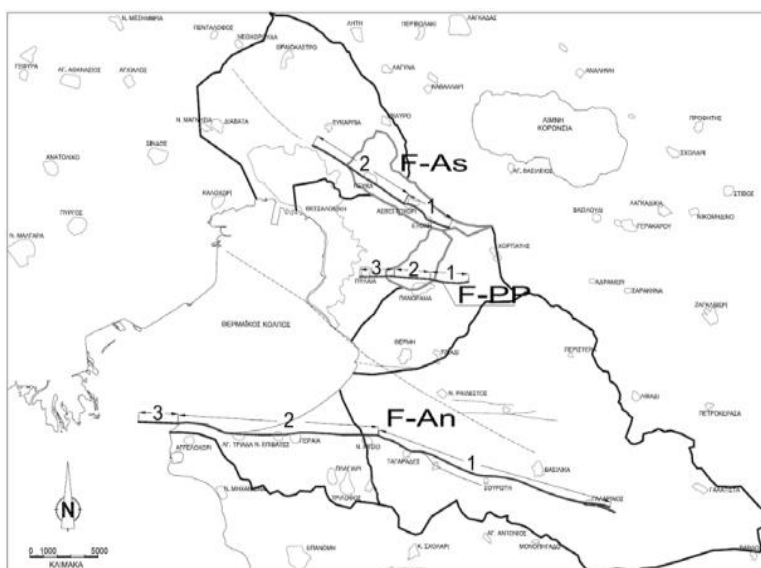
Σχήμα 3.1 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης με το διαχωρισμό του Ελληνικού ορογενούς σε γεωτεκτονικές ζώνες και υποδεικνυόμενη την περιοχή έρευνας. (Μουντράκης 1985)

Συγκεκριμένα οι ενότητες της Περιροδοπικής που εμφανίζονται στην περιοχή έρευνας είναι η Άσπρη Βρύση – Χορτιάτη (μαγματική σειρά) και η Μελισσοχωρίου – Χολομώντα (Σχήμα 3.1). Αναφορικά η ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη αποτελεί μια λωρίδα πάχους 4-8 km όπου βρίσκεται σε παραλληλία με την ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα. Η ενότητα έχει ως σημείο αφετηρίας τη βόρεια Θεσσαλονίκη, με διέλευση εντός του Χορτιάτη και με τελική εμφάνιση στον Ελλαδικό χώρο το άκρο του Αγίου Όρους, αφού προηγουμένως καμφθεί προς τα ΑΒΑ στο νότιο τμήμα της Σιθωνίας.

3.2 Τεκτονική

Τεκτονικά η περιοχή χαρακτηρίζεται από το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου οριζόντιας μετατόπισης, απόρροια των προαναφερθέντων κινήσεων του Άνω – Μέσου Πλειστοκαίνου. Το ρήγμα έχει αριστερόστροφη συνιστώσα και διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ κατεύθυνσης με μετάπτωση προς τα ΒΒΑ. Η παρουσία αυτής της τεκτονικής δομής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη σεισμικότητα και την επικινδυνότητα τόσο στην περιοχή του Νομού Θεσσαλονίκης όσο και στη Βόρεια Ελλάδα. Αυτή η αναμενόμενη σεισμική δραστηριότητα του ρήγματος οφείλεται στο ότι το ρήγμα έχει μήκος 10 km, με αυτό να διαιρείται σε δύο κλάδους των 3 και των 7 km. Πιο αναλυτικά ο κλάδος των 3 χιλιομέτρων έχει κλίση προς τα Α - ΝΑ, ενώ ο κλάδος 7 km έχει κλίση προς τα Δ-ΒΔ (

Σχήμα 3.2).



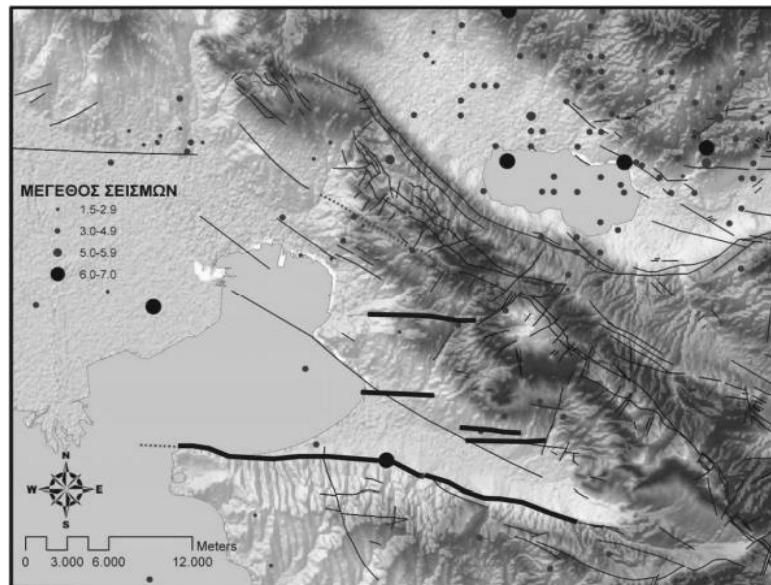
Σχήμα 3.2 Σημαντικότερα ρήγματα Νομού Θεσσαλονίκης, ρήγμα Ασβεστοχωρίου (F-As) χωρισμένο σε δυο κλάδους 1 και 2. (Papazachos, C., Soupios, P., Savaidis, A., Roumelioti, Z. 2000)

3.3 Νεοτεκτονική

Το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου ανήκει στα νεοτεκτονικά πιθανά ενεργά ρήγματα, κάτι το οποίο προέκυψε έπειτα από νεοτεκτονική μελέτη. Έτσι σύμφωνα με αυτό το στοιχείο είναι δυνατή η εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας, μέσω εφαρμογών, για την πόλη της Θεσσαλονίκης για μέση τιμή αναμενόμενου μέγεθους σεισμού 4,6 (Ms).

Στο Σχήμα 3.3 αποτυπώνονται τα σεισμικά επίκεντρα που καταγράφηκαν 200 αιώνα και συμβολίζονται με βούλες, όπου ανάλογα το μέγεθος τους υποδηλώνουν μεγαλύτερο μέγεθος σεισμού. Στη συνέχεια με παχιές έντονες καμπύλες συμβολίζονται

τα ενεργά ρήγματα, ενώ με διακεκομμένες γραμμές τα πιθανά ενεργά ρήγματα όπου και ανήκει το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου. Παρακάτω παρατίθεται ο νεοτεκτονικός χάρτης της περιοχής (τα δεδομένα ανήκουν στον κατάλογο του Εργαστηρίου Γεωφυσικής Α.Π.Θ.).



Σχήμα 3.3 Σεισμικά επίκεντρα του προηγούμενου αιώνα, ενεργά και πιθανά ρήγματα. (Tranos, M.D., Papadimitriou, E.E., and Kilias, A.A., 2003)

3.4 Σεισμικότητα

Η περιοχή έρευνας σύμφωνα με τον Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (NEAK) του 2000 και όπως αυτός τροποποιήθηκε με την με αρ. Δ17α/57/1/ΦΝ275 (ΦΕΚ Β' 781/18-6-2003), ανήκει στην Ζώνη Ι (από τις τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας που είναι διαιρεμένος ο Ελλαδικός χώρος) με τη χαμηλότερη σεισμική επικινδυνότητα. (πηγή: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, 2004).

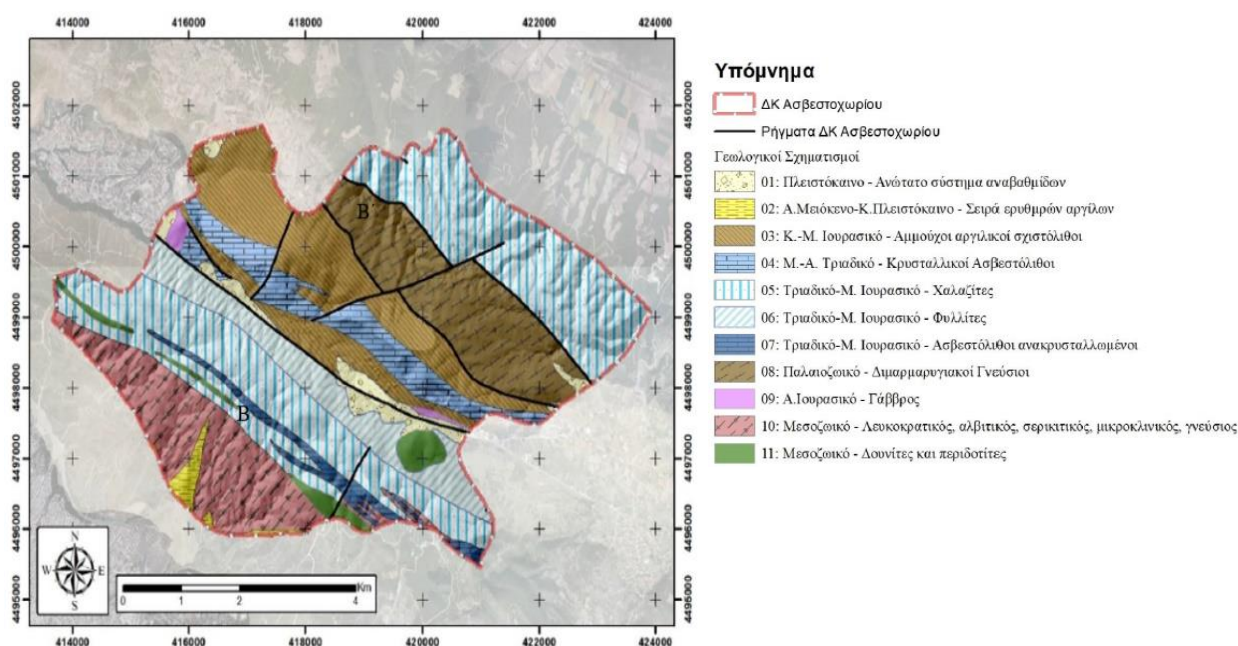
3.5 Λιθοστρωματογραφία

Η περιοχή του Ασβεστοχωρίου από γεωλογικής άποψης έχει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της εμφάνισης και της εναλλαγής μεταμορφωμένων σχηματισμών.

Η ενότητα της Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη έχει ως ανώτερος γεωλογικός όριο ιζήματα βαθιάς θάλασσας αποτελούμενα από αργιλικούς σχιστόλιθους, φυλλίτες, χαλαζιακούς σχιστόλιθους, χαλαζίτες, όπου βρίσκονται σε εναλλαγή με ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, γνευσίους κ.α. της «Μαγματικής σειράς Χορτιάτη». Στη «Μαγματική σειρά Χορτιάτη» εμφανίζονται μεταγάββροι που προέκυψαν από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών πετρωμάτων.

Η ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα χαρακτηρίζεται αρχικά από έναν ανώτερο σχηματισμό φλύσχη με τουρβιδιτικές εναλλαγές μετα-ιζημάτων, στη συνέχεια εμφανίζεται σχηματισμός χαλαζιτών και ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων και στη βάση της ενότητας υπάρχουν σχηματισμοί ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων και μαρμάρων.

Το κατ' αντιστοιχία τμήμα της Σερβομακεδονικής μάζας στην περιοχή είναι η Ενότητα Βερτίσκου, όπου απαρτίζεται από διμαργαρυγικούς γενεύσιους σε μορφή φλεβών ή / και κοιτών.

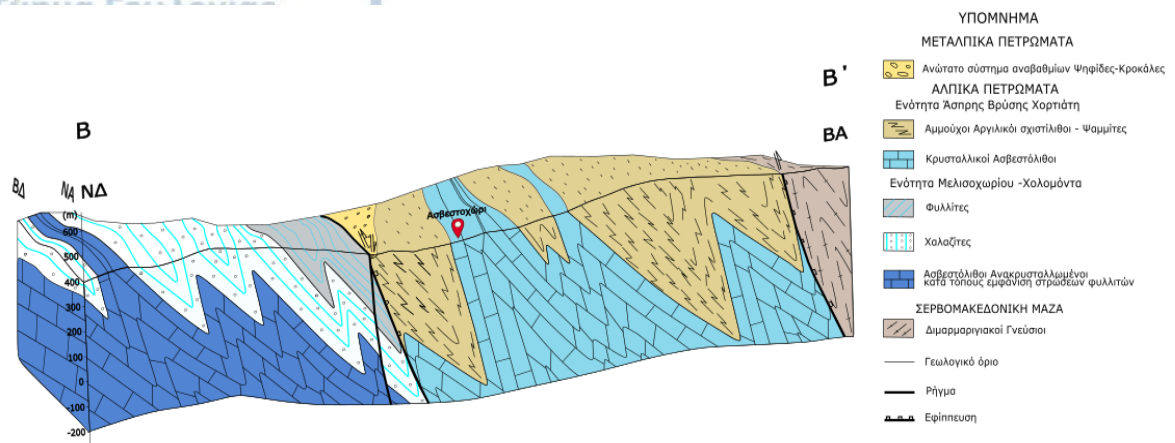


Σχήμα 3.4 Γεωλογικός χάρτης του Ασβεστοχωρίου (φύλλα ΙΓΜΕ 1:50.000 Θέρμης και Θεσσαλονίκης) (Kazakis et al., 2019).

Με βάση τη γεωλογία της περιοχής στο

Σχήμα 3.4, τα ρήγματά της ακολουθούν μια ΔΝΔ-ΑΒΑ ως ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνση, με κανονική ως πλαγιοκανονική συνιστώσα κίνησης, μεταπτωτικού χαρακτήρα.

Τα συγκεκριμένα ρήγματα μετατοπίζουν γεωλογικά όρια και δομές, όπου ανήκουν σε μια πρώιμη συμπίεστική φάση της περιοχής έρευνας, κάτι το οποίο φαίνεται αναλυτικότερα στην κάτοψη της τρισδιάστατης τομής Β-Β', στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5 Τρισδιάστατη Γεωλογική τομή B-B', όπου η θέση της υποδεικνύεται στον γεωλογικό χάρτη.

4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Για την αξιολόγηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής κρίθηκε αναγκαίο η χρήση δεδομένων από τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής και αυτό λόγω της διαφοράς υψομέτρου και απόστασης που υπάρχει μεταξύ των σταθμών, αλλά και της απουσίας μετεωρολογικού σταθμού στο Ασβεστοχώρι. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί βρίσκονται στη Μίκρα, Κάτω Πυλαία και Χορτιάτη (

Εικόνα 4.1, Πίνακας 4.1).

Γενικά θα ήταν δόκιμο να χρησιμοποιηθούν δύο μετεωρολογικοί σταθμοί στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου όπως και στην κορυφή του όρους Χορτιάτη, με την ύπαρξη και αυτών των σταθμών είναι δυνατή η εκτίμηση των αποθεμάτων του υπόγειου νερού ετησίως αλλά και η ορθή κατανομή των κλιματικών δεδομένων της περιοχής.

Να αναφερθεί εκ των προτέρων ότι η υδρολογία της περιοχής δεν έχει κάποιον καθορισμένο τρόπο ανάπτυξης, αντιθέτως σχηματίζεται ακανόνιστα, από γεωμετρικά στοιχεία όπου είναι δύσκολα στον καθορισμό τους. Με αποτέλεσμα τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα να εμφανίζουν έντονη μεταβλητότητα.

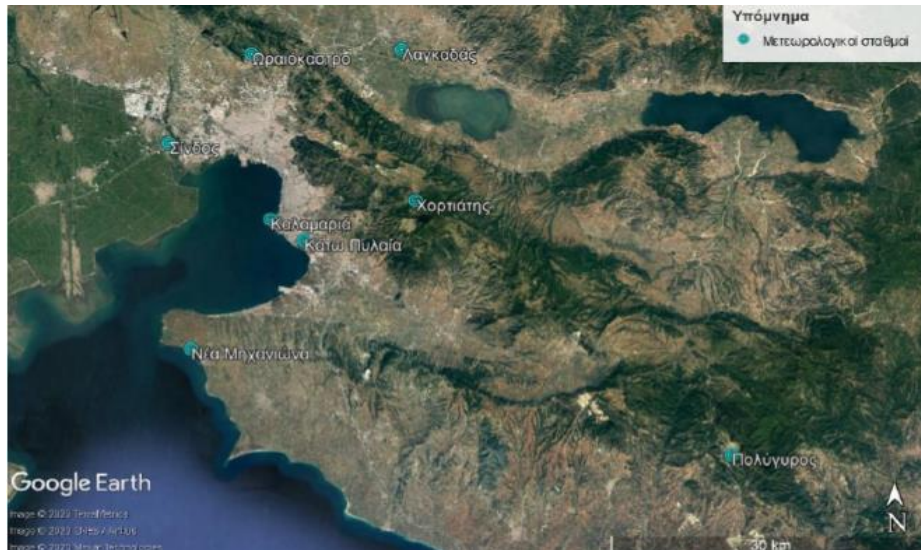
4.1 Βροχοβαθμίδα – Εξατμισοβαθμίδα – Κατανομή βροχόπτωσης

Η εμφάνιση, η συχνότητα και η ένταση των βροχοπτώσεων σε μία περιοχή εξαρτώνται από τη θέση έκθεσής της σε σχέση με το υψόμετρο, τον προσανατολισμό, τη μορφολογία καθώς επίσης και την κλίση του εδάφους.

Έτσι με βάση τα βροχομετρικά στοιχεία και το ύψος των σταθμών προέκυψε ότι η μέση αύξηση της βροχόπτωσης (βροχοβαθμίδα) είναι της τάξης των 20,07 mm ανά 100m υψομέτρου, με συντελεστή συσχέτισης 93%, (Σχήμα 4.1). Τα αποτελέσματα θεωρούνται αξιόπιστα λόγω του μεγάλου συντελεστή συσχέτισης, υποδηλώνοντας ότι το 93% της μεταβολής του συνολικού ύψους βροχόπτωσης οφείλεται στη μεταβολή του υψομέτρου της περιοχής.

Συμπληρωματικά υπολογίστηκε και η σχέση μεταβολής του συντελεστή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σε συνάρτηση με το υψόμετρο, στο

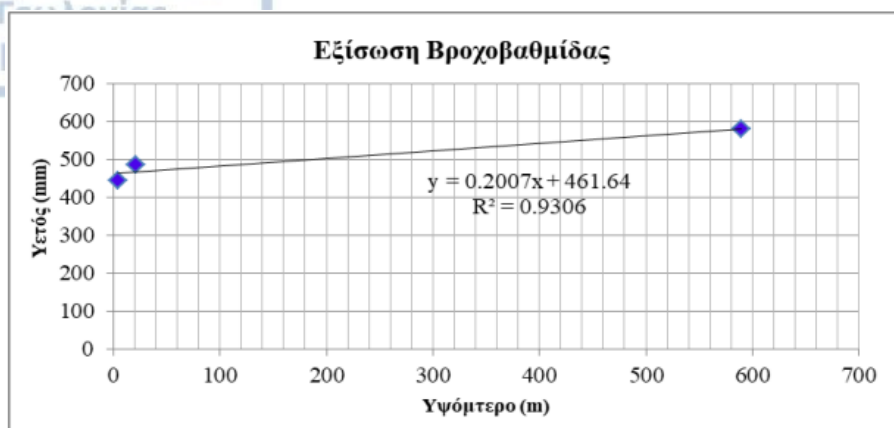
Σχήμα 4.2. Έτσι εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι η μέση μείωση της εξατμισοδιαπνοής είναι της τάξης των 2,5 % ανά 100 m υψομέτρου. Με αντίστοιχο συντελεστή συσχέτισης 85%, $R^2 = 0,85$.



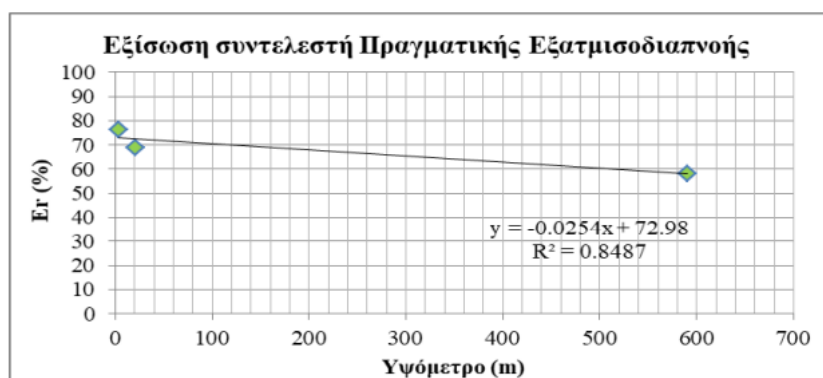
Εικόνα 4.1 Δορυφορική φωτογραφία με την απεικόνιση της θέσης των μετεωρολογικών σταθμών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης .

Πίνακας 4.1 Μετεωρολογικοί σταθμοί στην ευρύτερη περιοχή του όρους Χορτιάτη για τα υδρολογικά έτη 2008-2011.

Μετεωρολογικοί Σταθμοί	Υψόμετρο (m)	Μέσο Ύψος Υετού Υδρολογικού Έτους (mm)	Μέση Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή Υδρολογικού Έτους (mm)
Μίκρα	4	444,4	339,2
Κάτω Πυλαία	21	484,4	332,2
Χορτιάτης	590	579,5	330,2



Σχήμα 4.1 Διάγραμμα βροχοβαθμίδας για την περίοδο 2008-2011, (Kazakis et al., 2019).



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα εξατμισοδιαπνοής για την περίοδο 2008-2011, (Kazakis et al., 2019).

4.2 Υδρολογικό Ισοζύγιο

Σύμφωνα με προγενέστερη μελέτη στην περιοχή, από μοντελοποίηση στοιχείων σε γλώσσα προγραμματισμού R, έδειξε ότι ο μέσος όρος που υπολογίστηκε για τον συντελεστή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής είναι 72,5% του ετήσιου όγκου ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και ο μέσος όρος για την ολική απορροή είναι 27,5% του συνολικού ετήσιου όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Γνωρίζοντας ότι δεν υπάρχει κάποιος εγκατεστημένος μετεωρολογικός σταθμός για τη συλλογή δεδομένων και εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου, θεωρήθηκε δόκιμο να χρησιμοποιηθεί η βροχοβαθμίδα και η εξίσωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ως μέσο για την σχετική απεικόνιση του υδρολογικού προφίλ της περιοχής του Ασβεστοχωρίου. Έτσι με βάση τη χωρική κατανομή για την περιοχή του Ασβεστοχωρίου, προκύπτει ότι η συνολική ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται

στα 550 mm και η ολική εξατμισοδιαπνοή στα 339,1 mm (61,7%) και ως απόρροια αυτών η ολική ετήσια απορροή στα 210,9 mm (38,3%) (

Πίνακας 4.2).

Τελικά προκύπτει ότι ο συνολικός όγκος των κατακρημνισμάτων είναι $20,4 \times 10^6$ m³, που στη συνέχεια αν διαιρεθεί με την έκταση της περιοχής, προκύπτει ότι η ετήσια συνολική βροχύπτωση είναι 550 χιλιοστά και αντιστοίχως για την πραγματική εξατμισοδιαπνοή και την ολική απορροή.

Πίνακας 4.2 Υδρολογικό ισοζύγιο ΔΚ Ασβεστοχωρίου, (Kazakis et al., 2019).

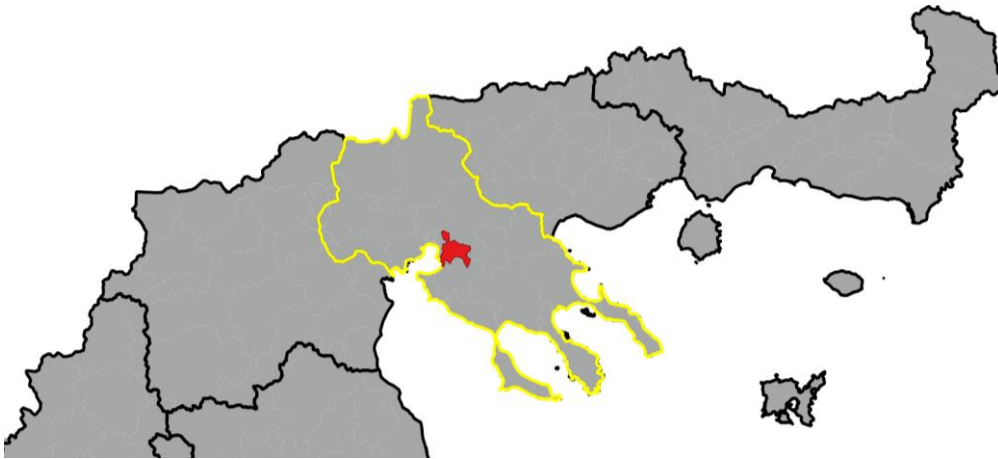
Παράμετρος	%	mm	m ³
Κατακρημνίσματα	100	550	20.410.486
Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή	61,7	339,1	12.584.173
Ολική Απορροή	38,3	210,9	7.826.313

5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

5.1 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

Το Ασβεστοχώρι ανήκει στο 10ο υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδας (GR10), ενώ υπάγεται στο υπόγειο υδατικό σύστημα του Χολομώντα – Ωραιοκάστρου (GR1000190), (Σχήμα 5.1). Το υπόγειο σύστημα έχει ως όρια το υποσύστημα Θέρμης – Ρυσίου και Κορώνειας.

Η οικολογική και χημική κατάσταση του συστήματος μπορεί χαρακτηριστεί καλή, αλλά ο ακριβής προσδιορισμός της ποιότητας των υπόγειων νερών είναι αναγκαίος.



Σχήμα 5.1 Με κίτρινο περίγραμμα συμβολίζεται το υδατικό διαμέρισμα (GR10) όπου υπάγεται ο Δήμος Πυλαία – Χορτιάτη.

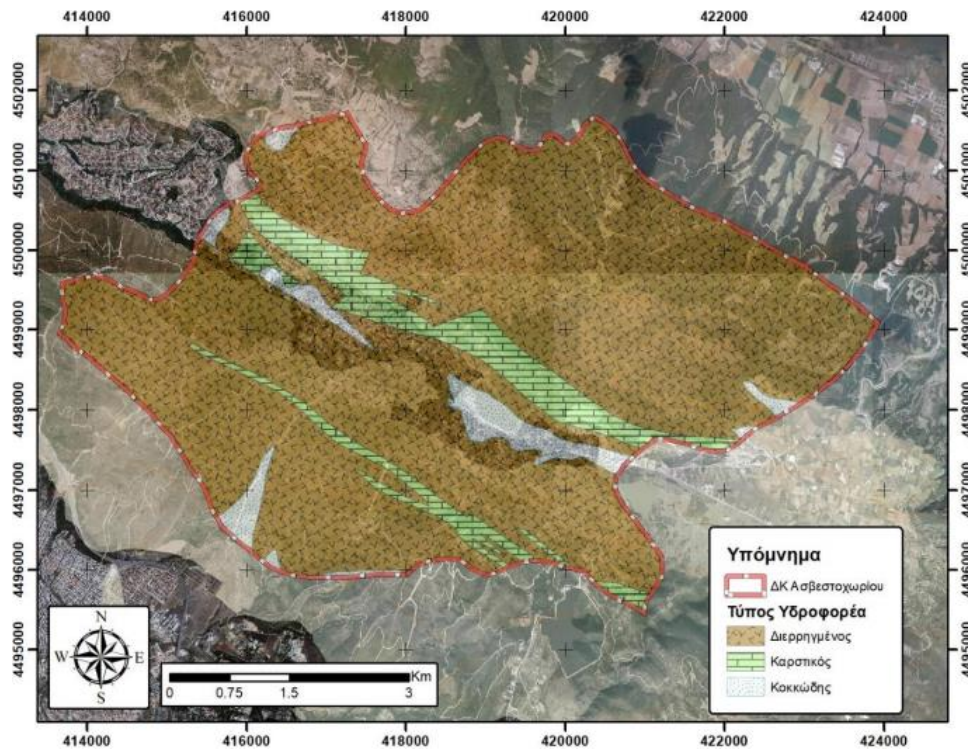
5.2 Υδροφόρα συστήματα

Στην περιοχή έρευνας εμφανίζονται όλα τα είδη υπόγειων υδροφορέων με την μεγαλύτερη έκταση να καταλαμβάνουν οι διερρηγμένοι υδροφορείς με 32 km², με την υδροφορία τους να αναπτύσσεται επιλεκτικά στις ζώνες διάρρηξης (Σχήμα 5.2). Στη συνέχεια οι καρστικοί υδροφορείς έχουν έκταση μόλις το 1/10 περίπου σε σχέση με τους διερρηγμένους με 3,5 km², αλλά εμφανίζουν τη μεγαλύτερη δυναμική σχέση με όλους τους άλλους σχηματισμούς. Τη μικρότερη εμφάνιση έχουν οι κοκκώδεις υδροφορείς.

Σε σύγκριση με τον γεωλογικό χάρτη και τον χάρτη των υπόγειων υδροφορέων προκύπτουν τα εξής χαρακτηριστικά για τους υδροφορείς της περιοχής:

- Πορώδεις υδροφορείς μικρής έκτασης: Μειοκαινικά – Πλειστοκαινικά μεταλπικά πετρώματα ως ελεύθεροι ή υπό πίεση υδροφορείς.

- Καρστικοί υδροφορείς σχετικά μικρής έκτασης: Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστολίθοι Μέσω - Άνω Τριαδικού
- Διαρρηγμένων υδροφορείς μεγάλης έκτασης: Μεσοζωϊκά και Παλαιοζωϊκά πετρώματα.



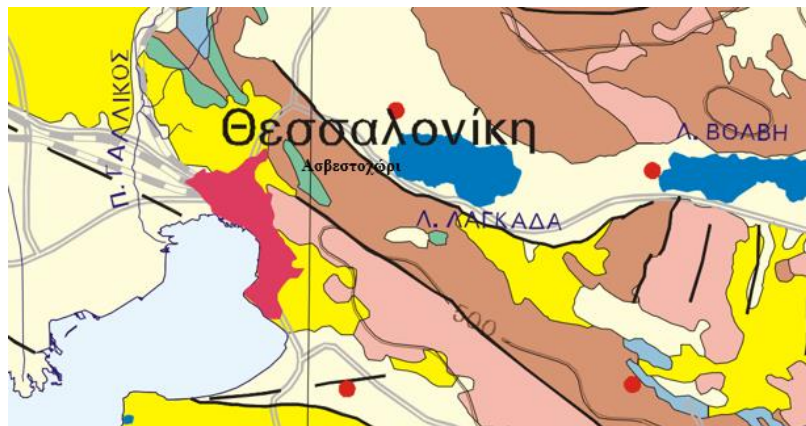
Σχήμα 5.2 Υπόγειου Υδροφορείς της περιοχής έρευνας (Kazakis et al., 2019).

5.3 Υδρολιθολογία - Υδροπερατότητα Σχηματισμών

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των υδροφορέων είναι η υδροπερατότητα που τους χαρακτηρίζει. Οι περατοί σχηματισμοί στην περιοχή μελέτης είναι οι Μειοκαινικές – Πλειστοκαινικές αποθέσεις κροκάλων και ψηφίδων (ανώτατο σύστημα αναβαθμίδων) και τα καρστικοποιημένα ανθρακικά πετρώματα, ενώ αδιαπέρατοι σχηματισμοί είναι τα υγρή κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, όπως γενεύσιοι περιδοτίτες και γενικά συμπαγείς σχηματισμοί του υποβάθρου.

Όπως φαίνεται και από τμήμα του υδρολιθολογικού χάρτη της Ελλάδας (

Σχήμα 5.3) η περιοχή του Ασβεστοχωρίου, χαρακτηρίζεται από περατούς καρστικούς σχηματισμούς, ασβεστολιθικών πετρωμάτων και από αδιαπέρατους σχηματισμούς μεταμορφωμένων πετρωμάτων.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ



- Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα περιορισμένης ανάπτυξης, κυμαίνουσας υδροπερατότητας.

Περιλαμβάνονται οι ακόλουθοι ανθρακικοί σχηματισμοί των διαφόρων γεωτεκτονικών ζωνών, σεφρών, μαζών και ενότητων που εναλλάσσονται με ημιπερατούς ή αδιαπέρατους σχηματισμούς.

- Ασβεστόλιθοι πλακώδεις με εναλλαγές πυριτιολίθων και σχιστολίθων του Κατώτερου Κρητιδικού - Ανώτερου Ιουραϊκού των ζωνών Παζών και Ιονίου
- Ασβεστόλιθοι πλακώδεις με εναλλαγές πυριτιολίθων και σχιστολίθων του Κατώτερου Κρητιδικού - Ανώτερου Ιουραϊκού της ημιμεταμορφωμένης σειράς Πελοποννήσου - Κρήτης
- Ασβεστόλιθοι λεπτοπλακώδεις με εναλλαγές πηλινών, ραδιολαριτών, κερατολίθων και φλόσχης του Μεσοζωϊκού της ζώνης της Πίνδου. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι διατεταγμένοι υπό μορφή επιδιπλών λεπίσσεων.
- Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα με εναλλαγές σχιστολίθων, πυριτιολίθων, πηλινών, ψαμμιτών και φυλλινών του Μεσοζωϊκού των ζωνών Αζίου και Περιβοδικής.
- Μάρμαρα και σιπολίτες με εναλλαγές γνευσίων και σχιστολίθων των μαζών Ροδόης, Σερβομακεδονικής, Πελαγονικής και Κυκλάδων.

Οι παραπάνω ανθρακικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν μέτρια καρστικοποίηση λόγω της χημικής διάβρωσής τους, που περιορίζεται εξαιτίας των εναλλαγών με ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ροή του υπόγειου νερού να ελέγχεται από τις παρεμβολές των αδιαπέρατων σχηματισμών (φλόσχης, σχιστολίθους, κερατολίθους) και από τις μεγάλες τεκτονικές γραμμές (επιπεδώσεις, λεπίσσεις).

Χαρακτηριστικό των περιοχών με ανάπτυξη αυτού του τύπου καρστικών σχηματισμών είναι η ανάπτυξη επιμικτών υδροσφαιρών με εμφάνιση πολλών πηγών, κυρίως επαφής σε διαφορετικά υψόμετρα και η ανάπτυξη υπό πίεση υδροφορέων λόγω της τεκτονικής δομής τους, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στην κίνηση του υπόγειου νερού.

ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ



- Μεταμορφωμένα πετρώματα

Είναι γενικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί με μικρή έως πολύ μικρή υδροπερατότητα. Περιλαμβάνουν:

- Τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση του Ιουραϊκού με κερατολίθους, ψαμμίτες, πηλίτες, διαβάσεις και φακούς οφιολίθων της Πελαγονικής ζώνης
- Τους Ιουραϊκούς φυλλίτες, μάρμαρες και κερατολίθους των ζωνών Αζίου και Περιβοδικής.
- Τα μεταμορφωμένα πετρώματα των ζωνών Ροδόης, Σερβομακεδονικής, Πελαγονικής και ενότητας Κυκλάδων, που αποτελούνται από γνεύσιους, σχιστολίθους, αμφιβολίτες και σιπολίτες.
- Τις προαλπικές σειρές, που αποτελούνται :
 - * Από τη φυλλιτική σειρά και τα στρώματα Τυρού στην Πελοπόννησο και Κρήτη.
 - * Ασβεστόλιθους, γραουβίτες, σχιστολίθους, ηρασιτίτες, χαλαζίτες και κροκαλοπαγή του Περμοτρί-αδικού, κυρίως στα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου, τη Βόρεια Εύβοια και Θεσσαλία.
 - * Τα στρώματα σχιστολίθων, φυλλινών, γραουβίτη και κροκαλοπαγών, όπως επίσης και τα κλαστικά πετρώματα με παρεμβολές διαβασικών και ηφαιστειακών τόφων, του Παλαιοζωϊκού, κυρίως στα νη-σια του Ανατολικού Αιγαίου, την Εύβοια και Μαγνησία.

Στους ανωτέρω αδιαπέρατους σχηματισμούς παρεμβάλλονται τοπικά ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, όπου συχνά αναπτύσσονται καρστικοί υδροφορείς.

Σχήμα 5.3 Τμήμα του υδρολιθολογικού χάρτη της Ελλάδας.

5.4 Υδρολιθολογικές Ενότητες

Με βάση τη γεωλογία της περιοχής του Ασβεστοχωρίου και γενικότερα της ευρύτερης περιοχής, οι σχηματισμοί που εμφανίζονται και καθορίζουν το υπόγειο υδατικό σύστημα, κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις υδρολιθολογικές ενότητες :

I) Ενότητα των Τεταρτογενών αλλουβιακών αποθέσεων.

II) Ενότητα των καρστικών πετρωμάτων.

III) Ενότητα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων.

IV) Ενότητα των πλουτωνικών – μαγματικών πετρωμάτων.

5.5 Υπόγειοι Υδροφορείς της περιοχής μελέτης

Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφεί αναλυτικά η εμφάνιση του κάθε υδροφορέα στην περιοχή μελέτης.

Πορώδεις ή κοκκώδεις υδροφορείς (Porous aquifers): Κάνουν την εμφάνιση τους εντός των νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών που ανήκουν στα σχετικά χαμηλά υψόμετρα της περιοχής. Έχουν μικρό πάχος περίπου 5-10 μέτρα, εμφανίζουν έντονη ανισοτροπία ως προς την λιθολογία τους σε σχέση με τα άλλα πετρώματα της περιοχής και ως προς τα υδραυλικά τους χαρακτηριστικά. Αποτελούνται από ερυθρές αργίλους, ψηφίδες και πηλώδης κροκάλες. Η δημιουργία τους αποδίδεται στην πλευρική τροφοδοσία από τους καρστικούς και τους διερρηγμένους υδροφορείς της περιοχής. Οι πορώδεις υδροφορείς μπορούν να εμφανιστούν είτε ως ελεύθεροι είτε ως υπό πίεση υδροφορείς.

Ελεύθεροι υδροφορείς (Unconfined aquifers): Έχουν μικρή έκταση, εντοπίζονται στο ΔΝΔ τμήμα της περιοχής έρευνας, αλλά και κατά μήκος στην εμφάνιση ρήγματος με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ στο κεντρικό τμήμα της περιοχής. Η περιοχή έρευνας έχει πολλά πηγάδια σε μεταλλικά ιζήματα σε βάθη 6-8 μέτρα, όπου κυρίως παλαιότερα τα χρησιμοποιούσαν οι κάτοικοι.

Υπό πίεση-Αρτεσιανός (Confined aquifers): Η μεγαλύτερη εμφάνιση των πορώδων υδροφορέων γίνεται ως υπό πίεση – αρτεσιανοί αλλά και ως ημιελεύθεροι. Αυτοί οι υπό πίεση υδροφορείς οφείλονται στους αργιλοπηλώδης σχηματισμούς που υπέρκεινται στρωματογραφικά τους πτυχωμένους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους της ενότητας Άσπρης Βρύσης, όπου σε ένα βαθμό έχουν υποστεί καρτικοποίηση αλλά κατά τόπους είναι υγιείς με αποτέλεσμα να έχουν μερική υδροπερατότητα. Επίσης και οι γαββρικές εμφανίσεις συμβάλουν στη δημιουργία των αρτεσιανών, λόγω της χαμηλής του περατότητας. Γενικότερα γίνεται αντιληπτή η ύπαρξη των υπό πίεση υδροφορέων, από την εμφάνιση πηγών. Συγκεκριμένα στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου υπάρχουν δύο πηγές, η πηγή Τυφεκέ στον δρόμο για Εξοχή και η πηγή Αργυρώ.

Καρστικοί υδροφορείς (Karst aquifers): Έχουν σχετικά μικρή εμφάνιση και

εντοπίζονται πάνω σε ζώνες ρηγμάτων κατεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ με διεύθυνση υδροφορέων ΒΒΑ – ΝΝΔ. Εντοπίζονται εκατέρωθεν του κεντρικού ρήγματος του Ασβεστοχωρίου, σε ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους και σε ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους με ενστρώσεις φυλλιτών Μέσω – Άνω Τριαδικού. Το καρστικό σύστημα αν και καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση από το πορώδες, δεν αποτελεί πολύ μεγάλη εδαφική έκταση στην περιοχή, όμως υπάρχουν μερικές υδρευτικές γεωτρήσεις σε αυτό που είναι σημαντικές στην υδατική κάλυψη αναγκών από τα υπόγεια ύδατα.

Υδροφορείς των διερρηγμένων σκληρών πετρωμάτων (Hard fissured rocks aquifers): Λαμβάνουν την μεγαλύτερη εδαφική έκταση και αποτελούν το μεγαλύτερο υδροφόρο σύστημα στην περιοχή. Εμφανίζονται σε Μεσοζωικούς και Παλαιοζωικούς σχηματισμούς, φυλλιτών, γάββρων, γνευσίων και σχιστολίθων. Με την ύπαρξή τους εμπλουτίζουν τους πορώδεις υδροφορείς της περιοχής. Κάποιες γεωτρήσεις βρίσκονται σε περιοχές διαρρηγμένων υδροφόρων συστημάτων και η κάλυψη των αναγκών γίνεται και από αυτό τον τύπο πετρωμάτων.

5.6 Θέσεις γεωτρήσεων σε διαρρηγμένα πετρώματα

Στους υδροφορείς διαρρηγμένων πετρωμάτων η υδροφορία συναντάται στις ζώνες ρωγμάτωσης και διάρρηξής τους. Για να εκμεταλλευτούν αυτά τα υπόγεια υδατικά αποθέματα, θα πρέπει να ανορυχθούν γεωτρήσεις ή να κατασκευαστούν πηγάδια. Η αποσάθρωση και ο τεκτονισμός των υδροφορέων παίζουν καθοριστικό ρόλο στην απόδοση των παροχών τους. Πιο συγκεκριμένα οι γεωτρήσεις όπου βρίσκονται εγγύτερα σε ρήγματα παρέχουν μεγαλύτερη ποσότητα νερού.

Γενικότερα αυτό που ισχύει για τις γεωτρήσεις των διαρρηγμένων πετρωμάτων είναι ότι έχουν ελάχιστη απόδοση παροχής, με τιμές που κυμαίνονται από 5 m³/h μέχρι 40 m³/h, βέβαια σε κάποιες περιπτώσεις διαρρηγμένων υδροφορέων οι γεωτρήσεις τους έχουν διοχετεύσει παροχές μεγαλύτερων τιμών όπως από 50 m³/h έως και 100 m³/h.

Λόγω της μειωμένης υδροφορίας των ρηξιγενών σχηματισμών με το βάθος, όπως η μείωση του δευτερογενούς πορώδους και της υδραυλικής αγωγιμότητας, δεν θα πρέπει το βάθος των γεωτρήσεων να ξεπερνούν τα 180 μέτρα, διότι δεν είναι αποδοτικές.

Σύμφωνα με μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι υδροφόροι μεταμορφωμένων πετρωμάτων παρουσιάζουν μείωση στην παροχή των γεωτρήσεων τους με το πέρασμα του χρόνου, κάτι το οποίο οφείλεται στην μικρή αποθηκευτικότητα και στην σχετικά

μέτρια μεταβιβαστικότητα που τους χαρακτηρίζει (Καλλέργης, 2001). Επίσης ένα ακόμη φαινόμενο που παρατηρείται λόγω αυτών των χαρακτηριστικών είναι η έντονη εποχιακή διακύμανση στη στάθμη των υπόγειων υδάτων των υδροφορέων.

Για την ορθή τοποθέτηση γεωτρήσεων σε περιοχή διαρρηγμένων πετρωμάτων προαπαιτείτε μελέτη των πιθανών θέσεων ανόρυξης με τεκτονική ανάλυση και γεωλογική χαρτογράφηση, τηλεπισκόπηση και με γεωφυσικές μεθόδους, σκοπός αυτών είναι ο προσδιορισμός των ζωνών διάρρηξης. Γεωτρήσεις όπου εμφανίζονται σε κοντινή απόσταση ή και μέσα σε φαράγγια έχουν μεγάλες παροχές, διότι αυτές οι περιοχές αποτελούν υδροπερατές ζώνες. Ακόμη, οι θέσεις σε κορυφές βουνών ή λόφων εμφανίζουν μικρότερη παροχή από θέσεις μέσα σε εδαφικές κοιλάδες ή επίπεδες κοιλάδες (Καλλέργης, 2001). Επίσης το δίκτυο ρωγμών και ρηγμάτων του υδροφόρου τις περισσότερες φορές πληρώνεται με δευτερογενή υλικά (άργιλο, ασβεστίτη, μυλωνίτη, χαλαζίτη), κάτι που ελαττώνει σημαντικά την παροχή και κατά περιπτώσεις τη μηδενίζει κιόλας.

Η ύπαρξη πηγαδιών σε ζώνες αποσάθρωσης συνίσταται για χρήση υδρομάστευσης. Τα πηγάδια για να επικοινωνούν με το υγιές πέτρωμα θα πρέπει να διατρύουν πλήρως τη ζώνη αποσάθρωσης, για να πραγματοποιηθεί αυτό το βάθος τους χρήζει κύμανσης μεταξύ 10 με 12 μέτρων. Αυτό το είδος πηγαδιών έχει αξιοποιήσει την υδροφορία αντίστοιχων πετρωμάτων σε όλη την Ελλάδα.

5.7 Εδαφικό κάλυμμα - Δοκιμές περατότητας

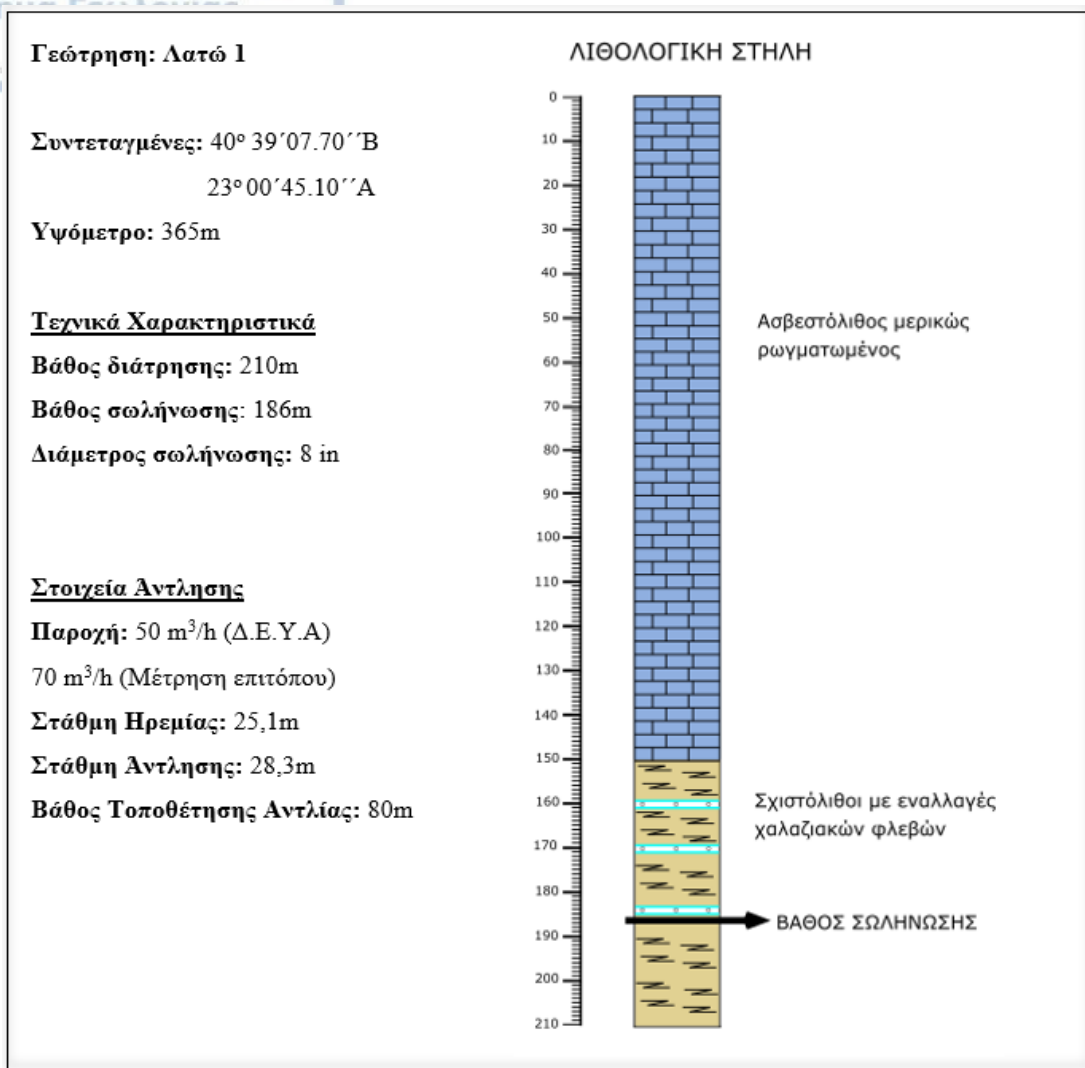
Το πάχος του εδαφικού καλύμματος αποτελεί απαραίτητη και σημαντική πληροφορία για την αξιολόγηση της επιδεκτικότητας του υδροφορέα σε ρύπους. Από δοκιμές περατότητας που πραγματοποιήθηκαν στο εδαφικό κάλυμμα, προέκυψε ότι οι τιμές περατότητας βρίσκονται μεταξύ 5×10^{-5} έως 2×10^{-8} m/s, δηλαδή τα εδάφη θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως λίγο υδροπερατά λόγω του φάσματος των τιμών που δίνουν. Στα μέρη όπου υπήρχε καρστικός υδροφορέας το εδαφικό κάλυμμα είναι σημαντικά λεπτότερο με τιμή μέχρι 1 μέτρο, ενώ κατά πλείστων δεν εμφανιζόταν καθόλου, κυρίως στις λατομικές περιοχές του μέρους. Στους διερρηγμένους υδροφορείς το πάχος του εδαφικού καλύμματος κυμαίνεται μεταξύ 1 έως 5 μέτρων. Στους κοκκώδεις υδροφορείς το πάχος του εδαφικού μανδύα ξεπερνάει τα 5 μέτρα.

5.8 Υδρευτικές γεωτρήσεις και εδαφικά προφίλ

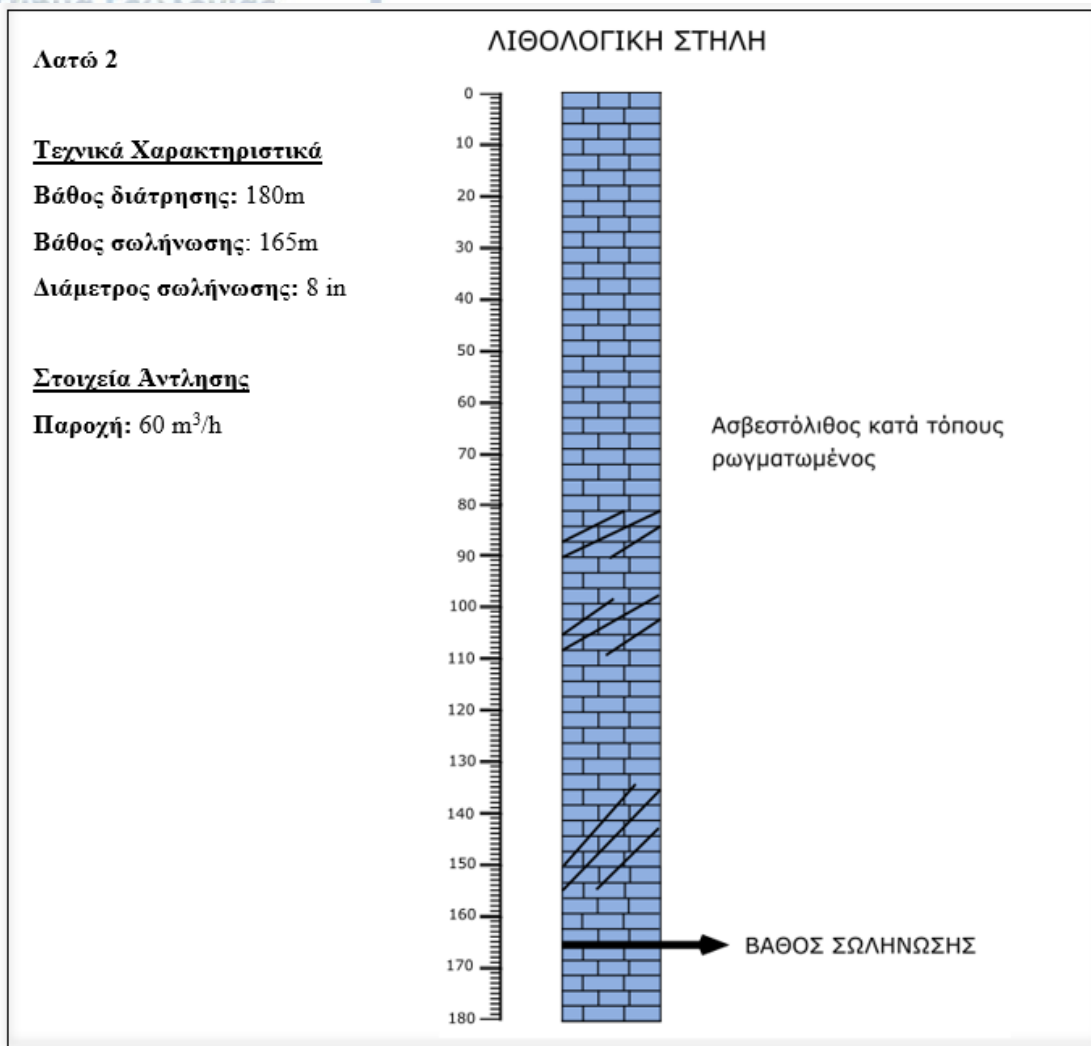
Οι υδρευτικές ανάγκες των κατοίκων της περιοχής Ασβεστοχωρίου καλύπτονται κατά το ήμισυ από την Δ.Ε.Υ.Α και πιο συγκεκριμένα από την παροχή υδάτων του Αλιάκμονα, ενώ το υπόλοιπο σύνολο των κατοίκων εξυπηρετείτε από υδρευτικές γεωτρήσεων, καθώς και από δεξαμενές και πηγές. Αυτός ο τρόπος υδροδότησης ισχύει για τις ευρύτερες δημοτικές ενότητες της περιοχής.

Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά δύο υδρευτικές γεωτρήσεις, στη θέση Λατώ. Η γεωλογία και των δύο γεωτρήσεων συνίστανται κυρίως από ανακρυσταλλωμένους ρωγματομένους ασβεστόλιθους κατά τόπους έγγυς σε ρηξιγενείς ζώνες που ανήκουν στην Ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη, (Σχήμα 5.4, Σχήμα 5.5). Σύμφωνα με ερευνητικό έργο που έλαβε χώρα στην περιοχή ενδιαφέροντος επιβεβαιώνεται η ύπαρξη ρηξιγενών επιφανειών στη θέση Λατώ στην τοποθεσία των παλιών λατομείων. Αυτές οι ρηξιγενείς ζώνες, έχουν ως κύρια διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΒΑ. Επίσης, καθορίστηκε η ρηξιγενής ζώνη όπου οφείλεται η υπόγεια υδροφορία στη γεώτρηση Λατώ, με πιθανότερη εμφάνιση στα 80 με 100 μέτρα στην λιθολογική στήλη Λατώ 2 (Σχήμα 5.5).

Ο λόγος εμφάνισης των ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων της Ενότητας Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη σε τόσο μεγάλη έκταση, είναι το πάχος του σχηματισμού, που διακρίνεται τόσο από την γεωλογική χαρτογράφηση όσο και από τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής. Με βάση το ερευνητικό έργο στην περιοχή ενδιαφέροντος, οι εντοπιζόμενες ρηξιγενείς επιφάνειες παρουσιάζουν μια αριστερόστροφη κίνηση με πλαγιοκανονική συνιστώσα. Επίσης στην γεώτρηση Λατώ 1 εμφανίζονται και αργιλικοί σχιστόλιθοι στο βάθος των 150 μέτρων, δηλώνοντας την ορθότητα της γεωλογικής χαρτογράφησης ως προς την αναστροφή των γεωλογικών σχηματισμών αλλά και την αναμενόμενη εμφάνιση τουρβιδιτών (φιλλιτών/μεταψαμμιτών) λόγω αυτής της αναστραμμένης διαδοχής. Ο τουρβιδίτης αποτελεί σχηματισμό μείζονος σημασίας από υδρογεωλογική άποψη, αφού είναι αδιαπέρατος και δημιουργεί χαρακτηριστικά στεγανού υδροφορέα ακόμη και σε καρστικό περιορίζοντας τις διαφυγές.



Σχήμα 5.4 Λιθολογικό προφίλ στη θέση Λατώ 1.

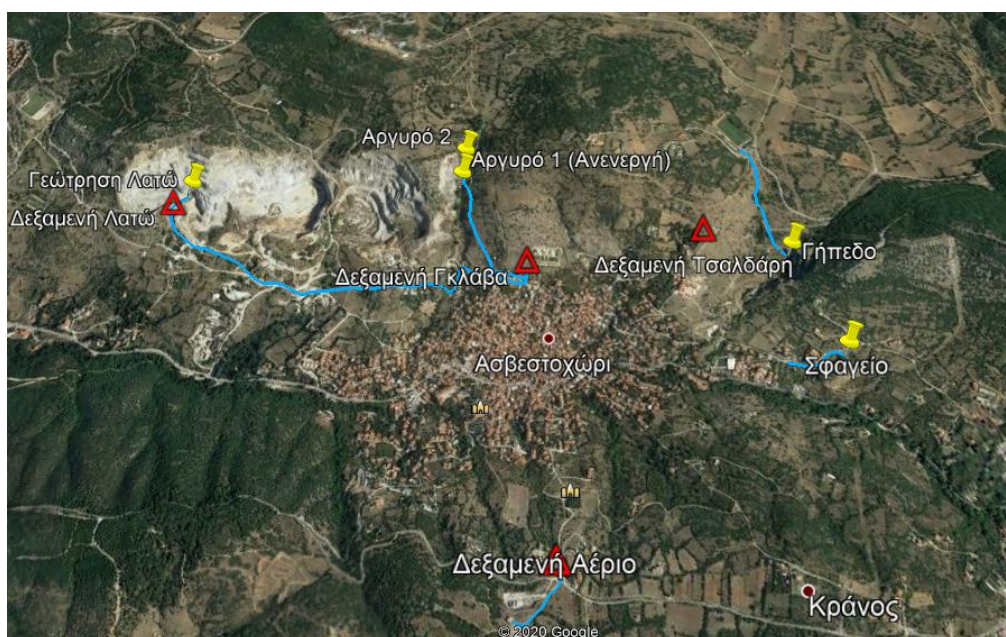


Σχήμα 5.5 Λιθολογικό προφίλ στη θέση Λατώ 2.

6 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

6.1 Υδρευτικές Υποδομές ΔΕΥΑ Χορτιάτη

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες από τις υδρευτικές υποδομές με τα χαρακτηριστικά τους στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου (Πίνακας 6.1, Πίνακας 6.3, Πίνακας 6.4) και στη συνέχεια στον Πίνακας 6.2 αναφέρεται το υδροφόρο σύστημα στο οποίο αναπτύσσονται. Στη δορυφορική Εικόνα 6.1 υποδεικνύεται η θέση τους στην περιοχή.



Εικόνα 6.1 Οι δεξαμενές και αγωγοί μεταφοράς νερού της Δημοτικής/Τοπικής Κοινότητας Ασβεστοχωρίου Δήμου Πυλαίας-Χορτιάτη.

Οι γεωτρήσεις «Αργυρό», «Αργυρό 2» και «Λατώ», έχουν κατασκευαστεί σε λατομικές εκτάσεις και αναπτύσσονται σε καρστικούς τύπους υδροφορέων. Η γεώτρηση «Γήπεδο» χρησιμοποιείται για άρδευση, για την κάλυψη των αναγκών του γηπέδου. Η δεξαμενή «Αέριο» υδροδοτείται από τη γεώτρηση «Σφαγείο». Η γεώτρηση «Σφαγείο» δεν αποδίδει στον επιθυμητό βαθμό και κρίθηκε ότι υπολειτουργεί, στην συνέχεια αντικαταστάθηκε με νέα, διότι είναι από της γεωτρήσεις όπου είναι απευθείας συνδεδεμένη με το δίκτυο και λειτουργεί ενισχυτικά για κοντινές κατοικίες. Οι γεωτρήσεις «Σφαγείο» και «Γήπεδο» αναπτύσσονται σε διερρηγμένα συστήματα υδροφορέων (Πίνακας 6.2). Η γεώτρηση με την μεγαλύτερη παροχή που σημειώνεται κατά την λειτουργία της είναι η Λατώ ($50 \text{ m}^3/\text{h}$), με συνολική δυναμική του συστήματος να φτάνει τα $140 \text{ m}^3/\text{h}$.

Πίνακας 6.1 Χαρακτηριστικά Γεωτρήσεων της ΔΚ Ασβεστοχωρίου.

A/A	Περιοχή	Βάθος	Φ	Σ.Η.	Σ.Α.	Q	Ποιότητα	Έτος Λειτουργίας	Ώρες Λειτουργίας
1	ΛΑΤΩ	186	8	25,10	28,30	50	Πόσιμο	1999	24
2	ΑΡΓΥΡΟ 1	245	8	37,2	54,4	30	Πόσιμο	1998	-
3	ΑΡΓΥΡΟ 2	192	8	96,7	110	45	Πόσιμο	-	24
4	ΣΦΑΓΕΙΟ	75	6	35	62	5	Πόσιμο	1994	12
5	ΓΗΠΕΔΟ	300	6	171	192	10	Πόσιμο	1998	10

Πίνακας 6.2 Γεώτρηση ανά τύπο υδροφορέα στην περιοχή ενδιαφέροντος (Kazakis et al., 2019).

A/A	Περιοχή	Τύπος Υδροφορέα
1	ΛΑΤΩ	Καρστικός
2	ΑΡΓΥΡΟ 1	Καρστικός
3	ΑΡΓΥΡΟ 2	Καρστικός
4	ΣΦΑΓΕΙΟ	Διερρηγμένος
5	ΓΗΠΕΔΟ	Διερρηγμένος

Πίνακας 6.3 Δεξαμενές της Δημοτικής Κοινότητας Ασβεστοχωρίου.

1	2	3	4	5	6
α/α	Περιοχή	Αγροτ.	x	y	CC
1	ΓΚΛΑΒΑ	190180304008	417509	4499444	500
2	ΑΕΡΙΟ	190181206133	417226	4498392	500
3	ΤΣΑΛΔΑΡΗ	190181404164	418105	4499258	200

Πίνακας 6.4 Αγωγοί Μεταφοράς νερού της Δημοτικής Κοινότητας Ασβεστοχωρίου.

1	2	3	4	5	6	7
α/α	Από	Έως	Μήκος	Φ	Υλικό	Πίεση
1	Υ/Γ Λατώ	Δεξ. Λατώ και Γκλάβα	1820	100, 110	AM, PVC, PE	16
2	Υ/Γ Αργυρώ2	Δεξ. Γκλάβα	725	110	PE	16
3	ΕΥΑΘ	Δεξ. Αέριο	250	110	PE	16
4	Υ/Γ Γήπεδο	ΓΗΠΕΔΟ	600	63	PE	16

Σύμφωνα με τα δεδομένα για το μήκος των αγωγών στην περιοχή μελέτης (Πίνακας 6.4) προκύπτει το συμπέρασμα ότι το συνολικό μήκος αγωγών μεταφοράς της ΔΚ Ασβεστοχωρίου είναι 3.395 μέτρα.

6.2 Υδρευτικές ανάγκες

Στη συνέχεια θα παρατεθούν οι υδατικές ανάγκες της ΔΚ Ασβεστοχωρίου σύμφωνα με τα υδατικά δεδομένα της Δ.Ε.Υ.Α. Με βάση τη μέση ημερήσια κατανάλωση της κοινότητας εξάχθηκε η εκτίμηση των υδρευτικών αναγκών αυτής ανά άτομο, όπου για τη χειμερινή περίοδο είναι τα 200 λίτρα ενώ για την θερινή περίοδο είναι 250 λίτρα, δηλαδή αυξημένη κατά 50 λίτρα απ' ότι η χειμερινή. Ακόμη για τον υπολογισμό των υδρευτικών αναγκών δεν θα μπορούσαν να παραληφθούν τα στοιχεία της Δ.Ε.Υ.Α. για τον ισοδύναμο πληθυσμό που κυμαίνεται στους 7.200 κατοίκους, αν και τα πληθυσμιακά στοιχεία της ΔΚ Ασβεστοχωρίου σύμφωνα με την απογραφή του 2011 υπολογίζουν τον μόνιμο πληθυσμό στους 6.393 κατοίκους. Με βάση τα ανωτέρω κατά την χειμερινή περίοδο οι ετήσιες ανάγκες εκτιμώνται στα 350.400 m^3 ($1.440 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$), ενώ οι αντίστοιχες ανάγκες για τη θερινή περίοδο στα 219.000 m^3 ($1.800 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$).

Το ετήσιο σύνολο με βάση τις εκτιμώμενες ανάγκες αγγίζει τα 569.400 m^3 , εν αντιθέσει σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Δ.Ε.Υ.Α. οι ετήσιες ανάγκες κυμαίνονται σε $1.095.000 \text{ m}^3$. Αυτή η διαφορά των εκτιμήσεων οφείλεται στις απώλειες του υδρευτικού δικτύου, που εκτιμώνται στο 40% απωλειών των συνολικών αναγκών και στη χρήση νερού για ανάγκες του Νοσοκομείου, της Βιομηχανίας κτλ. Έτσι με βάση τις ετήσιες ανάγκες που προκύπτουν από τα στοιχεία της Δ.Ε.Υ.Α. η μέση ημερήσια κατανάλωση της περιοχής είναι στα $3.000 \text{ m}^3/\text{μέρα}$, ενώ η αντίστοιχη μέση εκμεταλλεύσιμη παροχή ημερησίως από τις υδρογεωτρήσεις ανέρχεται στα $2080 \text{ m}^3/\text{μέρα}$. Αυτή η διαφορά για πλήρη κάλυψη υδρευτικών αναγκών παρέχεται από την Ε.Υ.Α.Θ. με μία ποσότητα των $1000 \text{ m}^3/\text{μέρα}$. Η Ε.Υ.Α.Θ. έπειτα από υπολογισμό των υδατικών αναγκών της περιοχής, παρέχει με πόσιμο νερό την ΔΚ Ασβεστοχωρίου με $1000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, δηλαδή επικουρική υδροδότηση της τάξεως των $365.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$ ετησίως. Η λοιπή ποσότητα υδάτων για την ικανοποίηση των αναγκών καλύπτονται από γεωτρήσεις και δεξαμενές της περιοχής. Κατά την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού σημειώνεται έλλειψη. Μια λύση για την εξολοκλήρου κάλυψη των υδρευτικών αναγκών από τις γεωτρήσεις για αυτοεξυπηρετούμενη δυνατότητα υδροδότησης είναι η αξιοποίηση γεώτρησης καθώς μπορεί να παρέχει έως και $1200 \text{ m}^3/\text{μέρα}$ ανάλογα την περιοχή.

6.3 Πρόβλεψη υδατικών αναγκών

Για την πρόβλεψη των υδατικών αναγκών, τόσο υδρευτικών όσο και αρδευτικών, πρέπει να προηγηθεί η πρόβλεψη του πληθυσμού της περιοχής για τα ζητούμενα έτη εκτίμησης των υδατικών αναγκών. Για τις προβλέψεις του πληθυσμού της περιοχής για τα έτη 2021 και 2031 εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι όπως η γραμμική ή αριθμητική, η γεωμετρική μέθοδος ή μέθοδος του ανατοκισμού και ο νόμος του Malthus όπου στηρίχθηκαν σε παλαιότερες πληθυσμιακές απογραφές ετών από το έτος 1971 μέχρι 2021.

Οι τύποι των μεθόδων:

- **Γραμμική μέθοδος:** $\Pi_m = [(t_m - t_2) / (t_2 - t_1)](\Pi_2 - \Pi_1) + \Pi_2$
- **Γεωμετρική μέθοδος:** $\log \Pi_m = [(t_m - t_2) / (t_2 - t_1)](\log \frac{\Pi_2}{\Pi_1}) + \log \Pi_2$
- **Μέθοδος του Ανατοκισμού:** $\Pi_m = \Pi_2 (1 + \varepsilon)^t$, $\varepsilon = (\Pi_2 / \Pi_1)^{1/\Delta t} - 1$
- **Νόμος του Malthus :** $\Pi_m = \Pi_2 * e^{(k * t)}$, $k = [(1/(t_2 - t_1)) * \ln (\Pi_2 / \Pi_1)]$

όπου:

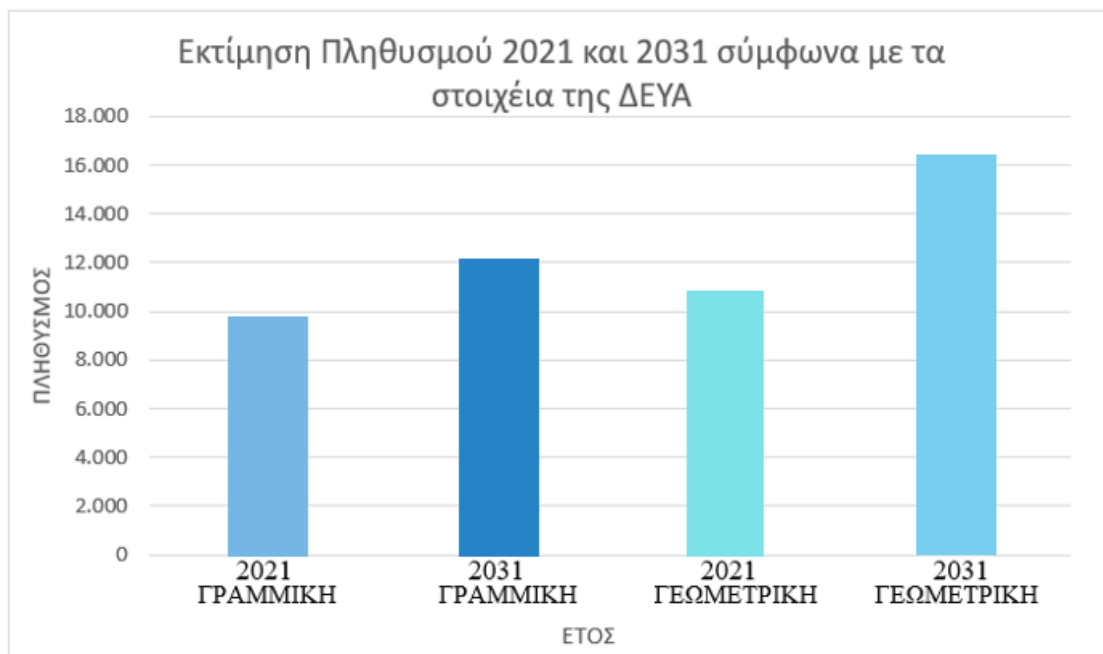
- Π_m : ο προβλεπόμενος πληθυσμός και
- t_m : το αντίστοιχο έτος
- Π_1, Π_2 , οι πληθυσμοί της πόλης τα έτη t_1, t_2 αντίστοιχα
- t : η χρονική διαφορά μεταξύ της τελευταίας απογραφής και του προβλεπόμενου έτους
- Δt : η χρονική διαφορά μεταξύ των απογραφών
- k : σταθερά του νόμου του Malthus

Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για την εκτίμηση των υδατικών αναγκών για την περιοχή του Ασβεστοχωρίου είναι τα πληθυσμιακά στοιχεία του ισοδύναμου μόνιμου πληθυσμού από την υπολογισμό των ρολογιών ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α., διότι αποτυπώνουν πιο ορθά τις πραγματικές ανάγκες της περιοχής σε σχέση με τα πληθυσμιακά στοιχεία από την απογραφή του 2011, βρισκόμενα εγγύτερα στην πραγματική πληθυσμιακή τιμή για το έτος 2021.

Δεδομένα σύμφωνα με τη ΔΕΥΑ

Πίνακας 6.5 Πληθυσμιακά δεδομένα με βάση τον μόνιμο πληθυσμό από τα στοιχεία της ΔΕΥΑ και εκτίμηση πληθυσμού για τα έτη 2021 και 2031.

	ΕΤΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
	1971	2.602
	1981	2.566
	1991	3.447
	2001	4.789
Μόνιμος Πληθυσμός ΔΕΥΑ	2011	7.200
Γραμμική Μέθοδος	2021	9.611
	2031	12.022
Γεωμετρική Μέθοδος	2021	10.825
	2031	16.275
Μέθοδος ανατοκισμού	2021	10.825
	2031	16.275
Νόμος Malthus	2021	10.825
	2031	16.275



Σχήμα 6.1 Διάγραμμα αποτελεσμάτων υπολογισμού πληθυσμού για τα έτη 2021 και 2031 σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΕΥΑ.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων (Πίνακας 6.5, Σχήμα 6.1), από την επεξεργασία των δεδομένων της Δ.Ε.Υ.Α., προκύπτει ότι η μέθοδος που βρίσκεται εγγύτερα στην εκτίμηση του πληθυσμού που προέκυψε το 2021, με 10.879 κατοίκους, είναι η γεωμετρική μέθοδος. Όπου υπάρχει μία απόκλιση της τάξης του 0,5% μεταξύ της απογραφής του 2021, 10.879 κατοίκους, και της επεξεργασίας των στοιχείων της Δ.Ε.Υ.Α. δηλαδή 10.825 κατοίκων. Έτσι το ποσοστό μπορεί να θεωρηθεί στατιστικά σημαντικό, διότι έχει τιμή μικρότερη του 5% και το πληθυσμιακό αποτέλεσμα εκφράζει σχεδόν πλήρως την εκτιμώμενη τιμή του πληθυσμού, κάτι που αποτελεί μια πολύ καλή έκφραση της πραγματικότητας, θεωρώντας την μέθοδο αξιόπιστη.

Με βάση τη γεωμετρική μέθοδο, γίνεται εκτίμηση των υδατικών αναγκών της περιοχής για το έτος 2021 και το έτος 2031, (Πίνακας 6.6).

Πίνακας 6.6 Πρόβλεψη υδατικών αναγκών με βάση τον πληθυσμό της εκτίμησης και τα δεδομένα της Δ.Ε.Υ.Α σύμφωνα με τη γεωμετρική μέθοδο για τα έτη 2021 και 2031.

Έτος	2021	2031
Πληθυσμός (γεωμετρική μέθοδος)	10.825	16.275
Ημερήσιες υδατικές ανάγκες+Απώλειες Δικτύου	4.510 m ³ /ημέρα	6.781 m ³ /ημέρα
Ετήσιες υδατικές ανάγκες	1.646.302 m ³ /έτος	2.475.156 m ³ /έτος

7 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Η γνώση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων αποτελεί μείζονος σημασίας για την χρήση του σε μία περιοχή, καθιστώντας σημαντική την ανάλυση της ποιότητας νερού. Με την μέθοδο αυτή μπορεί να γίνει ο προσδιορισμός της προέλευσης, να καθοριστεί η δυνατότητα και η καταλληλότητα για ύδρευση και άρδευση, όπως και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας του. Στην εργασία αυτή έχουν συμπεριληφθεί συμπεράσματα προγενέστερης μελέτης στην περιοχή για χημικές αναλύσεις δειγμάτων όπου λήφθηκαν από την περιοχή του Ασβεστοχωρίου τον Σεπτέμβριο του 2019, δηλαδή κατά την ξηρή περίοδο.

7.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδροφορέων

Στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου σημειώθηκε η εμφάνιση κάποιων χημικών στοιχείων όπως μαγγανίου, αρσενικού, σιδήρου και χρωμίου, τα οποία υπερέβαιναν το όριο δυνατής ανθρώπινης κατανάλωσης (ποσιμότητα). Ακόμη σημειώθηκε η παρουσία νιτρικών σε δείγματα νερού χωρίς όμως να υπάρχει υπέρβαση του ορίου ποσιμότητας. Στους καρστικούς σχηματισμούς εμφανίζονται νιτρικά ιόντα με ενδεχόμενη πηγή προέλευσης τα αστικά λύματα από βόθρους της περιοχής, τα οποία επίσης δεν ξεπερνούν τα όρια ποσιμότητας. Συγκεκριμένα οι υπερβάσεις των συγκεντρώσεων σιδήρου και μαγγανίου εμφανίζονται εντός διερρηγμένων υδροφορέων και συγκεκριμένα σε αργιλικούς σχιστόλιθους, ενώ υπερβάσεις αρσενικού και χρωμίου σημειώνονται πάλι σε αργιλικούς σχιστόλιθους σε διερρηγμένο υδροφορέα.

Από την συγκέντρωση όλων των παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι διερρηγμένοι υδροφορείς παρουσιάζουν έντονη υδροχημική ανισοτροπία, ακόμη και εντός του ίδιου του γεωλογικού σχηματισμού. Έτσι ορθότερο είναι να διασφαλιστεί ως προτεραιότητα η χρήση του νερού και η υδροδότηση στους κατοίκους από τους καρστικούς υδροφορείς.

Επίσης το υπόγειο νερό είναι απαλλαγμένο από μικροβιολογική μόλυνση αποικιών και μικροσωματιδίων αλλά και από ραδιενέργεια.

Τα υπόγεια ύδατα είναι επιρρεπή σε μόλυνση από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και η αποκατάστασή τους είναι ιδιαίτερα δύσκολη και δαπανηρή. Επίσης η ρύπανση των υπόγειων υδάτων συνδέεται με τεχνητή υποβάθμιση της ποιότητάς τους, κατά την παρουσία τους στους υδροφόρους. Η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων, δεν εμφανίζει δυσκολία στη ανίχνευσή της, κάτι το οποίο χαρακτηρίζει την υπόγεια όπου για τον εντοπισμό της ρύπανσης, ενδέχεται να διαρκεί χρόνια μέχρι και δεκαετίες η μελέτη των υπόγειων υδροφορέων. Τα στραγγίσματα διεισδύουν στα υπόγεια ύδατα με αποτέλεσμα να υποβαθμίζουν την ποιότητα των υπόγειων υδάτων, έτσι μια περιοχή καθίσταται αρκετά ευάλωτη στη ρύπανση λόγω της παρουσίας φορτίο ρυπαντών, όπως εντατική γεωργική δραστηριότητα, η διάθεση στερεών αποβλήτων και η δράση των βιομηχανιών.

Ως τρωτότητα ορίζεται η ευαισθησία της ποιότητας των υπογείων υδάτων σε ένα δεχόμενο φορτίο ρύπων, η οποία χαρακτηρίζεται από τα εγγενή χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα (Lobo-Ferreira 1999). Βέβαια υπάρχουν κι άλλες έννοιες της τρωτότητας όπως ρυπαντική επιδεκτικότητα ή ευαλωσιμότητα, όπου αποτυπώνουν με σαφήνεια την έννοια του όρου, δηλαδή την ευαισθησία των υδροφορέων έναντι των ρύπων. Η έννοια της τρωτότητας εισήχθη για πρώτη φορά από τον Margat το 1968 στη Γαλλία, που στόχο είχε την έκφραση του βαθμού προστασίας που παρέχει το φυσικό περιβάλλον απέναντι στη ρύπανση των υπόγειων υδάτων (Βουδούρης, 2009).

Η έννοια της τρωτότητας των υπόγειων υδροφορέων στη ρύπανση χωρίς την ύπαρξη ρυπαντών, δηλαδή την απουσία της ανθρώπινης παρέμβασης, δεν συνάδει καθώς ο σκοπός της εκτίμησης της τρωτότητας αποβλέπει στην προστασία των υπόγειων υδάτων για τη χρήση αυτών, από τον ίδιο τον άνθρωπο.

8.1 Μέθοδος Τρωτότητας DRASTIC

Για την εκτίμηση της τρωτότητας στους υδροφορείς εμφανίστηκε αρχικά η μέθοδος DRASTIC (Aller et al. 1987), η οποία αποτελεί μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους βαθμονόμησης, με στόχο την αξιολόγηση του δυναμικού ρύπανσης των υπόγειων υδάτων σε κάθε υδρογεωλογικό περιβάλλον (Bhuvaneshwaran & Ganesh, 2019), έτσι με βάση αυτή οι γεωλόγοι - υδρογεωλόγοι μπορούσαν να εκτιμήσουν σε όλο το φάσμα υδροφορέων την τρωτότητά τους. Η συγκεκριμένη μέθοδος ανήκει στις μεθόδους βαθμονόμησης και δεικτών και αν και πρόκειται για μια μέθοδο που βασίζεται σε υποκειμενική βαθμονόμηση και αντιστοίχιση των παραμέτρων με αριθμητικές τιμές, μπορεί να δώσει έγκυρα αποτελέσματα, να αντιπροσωπεύσει κατά προσέγγιση την τρωτότητα των υδροφορέων και να αντικατοπτρίζει σε αρκετά καλό βαθμό τον κύριο μηχανισμό των υπόγειων οδών ρύπανσης (Yang & Wang, 2010). Αποτελεί την πιο ευρέως εφαρμοζόμενη μέθοδο στη διεθνή βιβλιογραφία για την εκτίμηση της τρωτότητας των υπόγειων υδάτων (Worrall & Kolpin, 2004; Babiker et al., 2005), λόγω του ότι λαμβάνει υπόψη μεγάλο αριθμό παραγόντων αλλά δίνει και την δυνατότητα στον ερευνητή να συμπεριλάβει και άλλους παράγοντες στην εκτίμηση της τρωτότητας ή να παραλείψει κάποιους σε περίπτωση ελλειπών ή μη έγκυρων δεδομένων. Εφαρμόζεται για την εκτίμηση του κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων υδάτων με βάση υδρογεωλογικές παραμέτρους σε όλα τα είδη υδροφορέων με ευρεία χρήση κυρίως στους πορώδεις υδροφορείς. Η μέθοδος DRASTIC είναι απλή και εύκολη στη χρήση της για την αξιολόγηση της επιδεκτικότητας των υπόγειων υδροφορέων στη ρύπανση (Aller et al., 1987).

Για την εφαρμογή της μεθόδου DRASTIC λαμβάνονται υπόψη κάποιες παραδοχές για την σωστή θεώρηση των δεδομένων και την ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Al-Zabet, 2002; Βουδούρης, 2009):

- Κάθε ρύπος κάνει την εισαγωγή του από την επιφάνεια του εδάφους.
- Ο ρύπος εισχωρεί στο υπόγειο νερό μέσω του νερού της βροχόπτωσης, το οποίο κατεισδύει.
- Ο ρύπος έχει την ίδια ταχύτητα με αυτή του νερού.
- Η έκταση στην οποία δύναται να εφαρμοστεί η μέθοδος δεν μπορεί να είναι μικρότερη από $0,4 \text{ km}^2$.

Οι κυριότεροι λόγοι που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος, είναι η ευρεία χρήση της στη διεθνή βιβλιογραφία, η ακρίβεια στην εκτίμηση της τρωτότητας, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της, η ορθή προσέγγιση των υδρογεωλογικών συνθηκών με βάση την περιγραφή τους, ο πολυπαραγοντικός χαρακτήρας στην εκτίμηση της τρωτότητας και τα ελάχιστα ποσοστά σφάλματος που ενδέχεται να εμφανιστούν.

Η μέθοδος DRASTIC ονομάστηκε έτσι διότι κάθε γράμμα της αποτελεί ένα από τα επτά ακρωνύμια των υδρογεωλογικών παραμέτρων – παραγόντων που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση της τρωτότητας των υδροφορέων.

8.2 Υδρογεωλογικοί Παράμετροι

- **Depth to groundwater** - Βάθος υπόγειου νερού
- **Recharge rate** - Ενεργή κατείσδυση
- **Aquifer media** - Υλικό υδροφορέα
- **Soil media** - Εδαφικό υλικό
- **Topography** - Κλίση ανάγλυφου
- **Impact of the vadose zone** - Επίδραση της ακόρεστης ζώνης
- **hydraulic Conductivity of the aquifer** - Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας υδροφορέα.

Όλοι οι ανωτέρω παράμετροι αντικαθίστανται στην παρακάτω σχέση ως γραμμικός συνδυασμός από τον οποίο προκύπτει η αξιολόγηση της τρωτότητας.

$$DI = (Dr * Dw) + (Rr * Rw) + (Ar * Aw) + (Sr * Sw) + (Tr * Tw) + (Ir * Iw) + (Cr * Cw)$$

r: Η τιμή της παραμέτρου για την περιοχή μελέτης, λαμβάνει τιμές από 1 μέχρι 10.

w: Το βάρος σημαντικότητας κάθε παραμέτρου, λαμβάνει τιμές από 1 μέχρι 5.

Ο δείκτης DRASTIC (Drastic Index ή DI) σε μια περιοχή, εξάγεται από τον πολλαπλασιασμό της αντίστοιχης βαθμονόμησης κάθε παραμέτρου της περιοχής, με ένα συγκεκριμένο συντελεστή βαρύτητας που εξαρτάται από τις υδρογεωλογικές συνθήκες. Να τονιστεί ότι η σημασία των παραμέτρων και των συντελεστών βαρύτητας στις διαδικασίες ρύπανσης των υπόγειων υδάτων διαφέρει. Οι παράμετροι (r) που συμμετέχουν βαθμολογούνται σε κλίμακα από 1 (ελάχιστο δυναμικό ρύπανσης) έως 10 (μέγιστο δυναμικό ρύπανσης). Κάθε ένας από τους συντελεστές βαρύτητας (w) πολλαπλασιάζεται με τις τιμές των παραμέτρων, με τιμές από 1 (λιγότερο σημαντικός

παράγοντας βαρύτητας) έως 5 (σημαντικότερος παράγοντας βαρύτητας) και επηρεάζουν τον χαρακτηρισμό κάθε παραμέτρου ως σημαντική σε σχέση με τις υπόλοιπες (Aller et al. 1987). Στον παρακάτω Πίνακας 8.1 δίνονται οι τιμές παραμέτρων βαρύτητας. Η πρώτη στήλη είναι για την γενική μέθοδο (Typical DRASTIC), που εφαρμόζεται στους οικιακούς και βιομηχανικούς ρύπους ενώ η δεύτερη στήλη είναι η ειδική μέθοδος (Pesticide DRASTIC) και χρησιμοποιείται σε αρδευόμενες περιοχές όταν σε αυτές πραγματοποιείται χρήση φυτοφαρμάκων.

Πίνακας 8.1 Τιμές παραμέτρων βαρύτητας για την τυπική και ειδική μέθοδο DRASTIC.

Παράμετρος	*Βαρύτητα (γενική)	Βαρύτητα (Ειδική)
D Βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού	5	5
R Ενεργή κατείσδυση	4	4
A Υλικό υδροφορέα	3	3
S Έδαφος	2	5
T Κλίση αναγλύφου	1	3
I Επίδραση της ακόρεστης ζώνης	5	3
C Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας	3	2

Πίνακας 8.2 Αριθμητική και χρωματική κατηγοριοποίηση της τρωτότητας για την τυπική μέθοδο DRASTIC (Aller et al., 1987).

Τιμή Δείκτη DRASTIC	Χρωματική Διαβάθμιση	Τρωτότητα
>200		Πολύ Υψηλή
180-199		Υψηλή
160-179		
140-159		
120-139		Ενδιάμεση
100-119		Χαμηλή
80-99		
>79		

Από τον Πίνακα 8.2 προκύπτει ότι η υψηλότερη αριθμητική τιμή του δείκτη DRASTIC (DI), δηλώνει και την μεγαλύτερη τρωτότητα που εμφανίζει ο υδροφορέας, κατά συνέπεια να είναι πιο ευάλωτος στα ρυπαντικά φορτία.

Ακολουθεί η βαθμονόμηση παραγόντων για κάθε χαρακτηριστικό που χρειάζεται για τον προσδιορισμό της τρωτότητας στη μέθοδο DRASTIC, αλλά και για τις λοιπές μεθόδους που ακολουθούν. Στους παρακάτω πίνακες γίνεται ποσοτικοποίηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των παραγόντων με σκοπό την εισαγωγή τους σε εξισώσεις εκτίμησης τρωτότητας (Πίνακας 8.3, Πίνακας 8.4, Πίνακας 8.5, Πίνακας 8.6, Πίνακας 8.7, Πίνακας 8.8, Πίνακας 8.9, Πίνακας 8.10).

Βαθμονόμηση Παραγόντων

Πίνακας 8.3 Βάθος στάθμης υπόγειου νερού – D (Depth to water), (Aller et al. 1987).

Βάθος Στάθμης Υπόγειου Νερού (m)	
Κλάσεις	Βαθμονόμηση
0-1,5	10
1,5-4,6	9
4,6-9,1	7
9,1-15,2	5
15,2-22,8	3
22,8-30,4	2
>30,4	1

Πίνακας 8.4 Ενεργή κατείσδυση - Εμπλουτισμός - R (Net Recharge), (Aller et al. 1987).

Ενεργή Κατείσδυση - Εμπλουτισμός (mm/year)	
Κλάσεις	Βαθμονόμηση
0-50,8	1
50,8-101,6	3
101,6-177,8	7
177,8-254	8
>254	9

Πίνακας 8.5 Συντελεστές κατείσδυσης για τους λιθολογικούς σχηματισμούς της περιοχής (από Σούλιο 1986, με τροποποιήσεις).

Πέτρωμα/Σχηματισμός	Συντελεστής Κατείσδυσης	Πέτρωμα/Σχηματισμός	Συντελεστής Κατείσδυσης
Αλλουβιακές αποθέσεις	0,2	Επιδιοτικοί-ακτινολιθικοί σχιστόλιθοι	0,07
Προσχώσεις κοιλάδων	0,2	Αργίλικοι σχιστόλιθοι	0,04
Παράκτιες αποθέσεις	0,2	Μάρμαρα	0,3
Πλευρικά κορήματα	0,15	Χαλαζίτες	0,05
Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων	0,15	Φυλλίτες	0,06
Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων	0,15	Γρανодиρίτης	0,1
Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων	0,2	Διοψιδικοί κερατίτες	0,1
Ριπίδια προσχώσεων	0,15	Επιγενέσιοι	0,07
Τραβερτίνης	0,2	Διορίτης και χαλαζιακός διορίτης	0,08
Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά	0,22	Γάββροι	0,08
Σειρά ερυθρών αργίλων	0,12	Πυροξενίτες	0,08
Βασική σειρά κροκαλοπαγών	0,2	Δουνίτες	0,08
Στρώματα Πρινοχωρίου	0,4	Περιδοτίτες	0,08
Ασβεστόλιθοι	0,55		

Πίνακας 8.6 Υλικό – Χαρακτηριστικά υδροφορέα - A (Aquifer media),(Aller et al. 1987).

Χαρακτηριστικά Υδροφορέα	
Σχηματισμός	Βαθμονόμηση
Άργιλοι	1
Μαζώδης Άργιλοι	2
Μεταμορφωμένα - Γνευσιακά Πετρώματα	3
Ιλουόχοι Άργιλοι	3
Αποσαθρωμένα Μεταμορφωμένα - Γνευσιακά Πετρώματα	4
Άμμοι-Χαλίκια-Άργιλοι	4
Άμμοι-Χαλίκια	5
Λεπτοστρωματώδης Ψαμμιτικοί Ασβεστόλιθοι-Σχιστόλιθοι	6
Μαζώδης Ψαμμίτες	6
Χαλίκια-Κροκάλες	7
Μαζώδης Ασβεστόλιθοι	6
Άμμοι-Χαλίκια-Κροκάλες	8
Βασάλτες	9
Καρστικοί Ασβεστόλιθοι	10

Πίνακας 8.7 Έδαφος - S (Soil), (Aller et al. 1987).

Χαρακτηριστικά Εδάφους	
Σχηματισμός	Βαθμονόμηση
Μη διογκούμενη άργιλος με ή χωρίς συσσωματώματα	1
Φυτικά - Οργανικά Υλικά	2
Αργιλώδης Πηλός	3
Ιλυωδης Πηλός	4
Πηλός	5
Αμμώδης Πηλός	6
Διογκούμενη Άργιλος ή/και Άργιλος με συσσωματώματα	7
Τύρφη	8
Άμμος	9
Χαλίκια	10

Πίνακας 8.8 Κλίση ανάγλυφου - T (Topography), (Aller et al. 1987).

Κλίση Αναγλύφου - Τοπογραφία (%)		
Κλάσεις (%)	Κλάσεις (Μοίρες)	Βαθμονόμηση
0-2	0-1,15	10
2-6	1,15-3,43	9
6-12	3,43-6,84	5
12-18	6,84-10,2	3
>18	>10,2	1

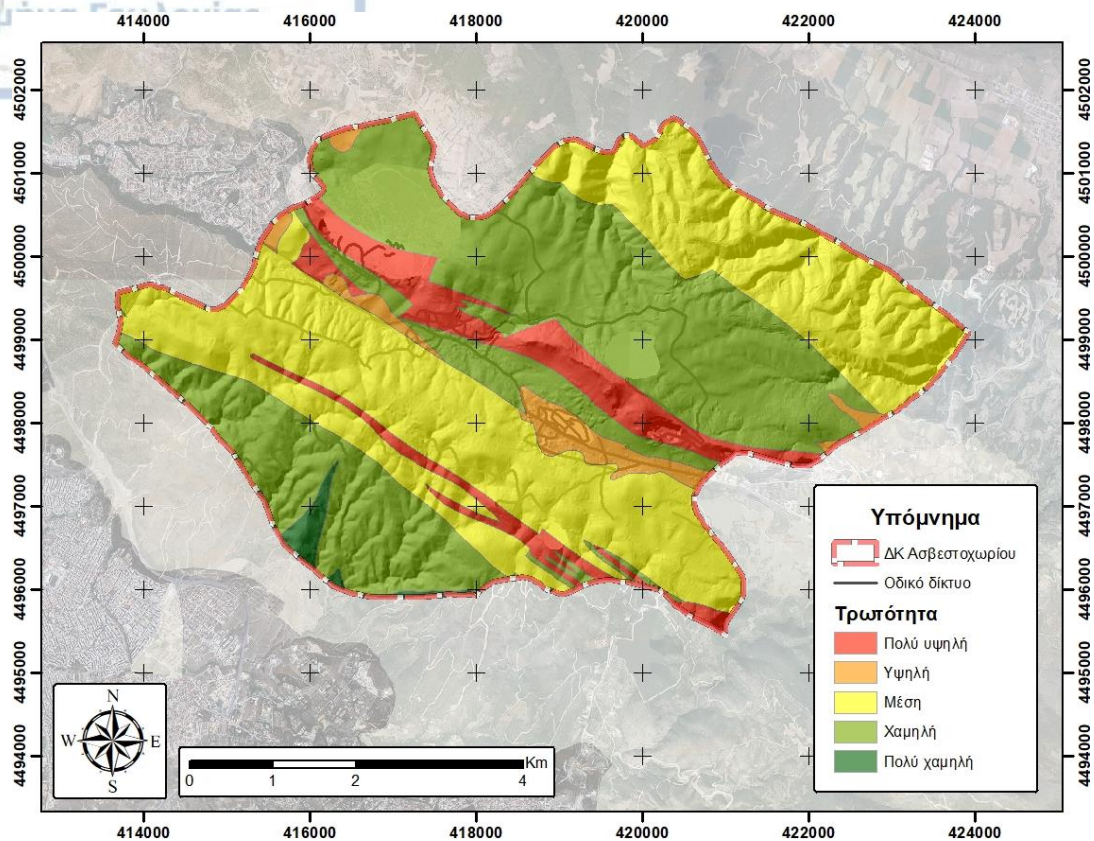
Πίνακας 8.9 Επίδραση της ακόρεστης ζώνης - I (Impact of vadose zone), (Aller et al. 1987).

Χαρακτηριστικά Υδροφορέα	
Σχηματισμός	Βαθμονόμηση
Ιλύς/Άργιλος	1
Σχιστή Άργιλος	3
Μεταμορφωμένα - Γνευσιακά Πετρώματα	4
Ασβεστόλιθοι	6
Ψαμμίτες	6
Στρωματώδης Ασβεστόλιθοι	6
Άμμοι-Χαλίκια-Ιλύς- Άργιλος	6
Άμμοι-Χαλίκια	8
Βασάλτες	9
Καρστικοί Ασβεστόλιθοι	10

Πίνακας 8.10 Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας υδροφορέα - C (Hydraulic conductivity of the aquifer), (Aller et al. 1987).

Συντελεστής Υδραυλικής Αγωγιμότητας (m/day)	
Κλάσεις	Βαθμονόμηση
0,04-4,1	1
4,1-12,3	2
12,3-28,7	4
28,7-41	6
41-82	8
>82	10

Με βάση την εφαρμογή της μεθόδου Drastic και τις τιμές των δεικτών της για την εκτίμηση της τρωτότητας στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου, συντάχθηκε ο χάρτης τρωτότητας που παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.1. Οι τιμές του δείκτη DRASTIC κατανεμήθηκαν σε 5 κλάσεις, όπως φαίνεται στο υπόμνημα και κυμαίνονται από χαμηλή έως πολύ υψηλή τρωτότητα. Οι χαμηλές τιμές υποδηλώνουν χαμηλό δυναμικό για ρύπανση του υδροφορέα ή χαμηλή τρωτότητα και αντίστοιχα οι υψηλές τιμές υποδεικνύουν υψηλό δυναμικό ρύπανσης. Στην περιοχή μελέτης συναντώνται τιμές τρωτότητας από πολύ χαμηλές έως πολύ υψηλές.



Σχήμα 8.1 Χάρτης γενικής τρωτότητας της περιοχής Ασβεστοχωρίου

Σε σύγκριση με το Σχήμα 5.2, γίνεται διακριτό ότι οι περιοχές που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό τρωτότητας είναι όλες εκτάσεις ανάπτυξης καρστικών υδροφορέων, δηλώνοντας ότι αυτές οι περιοχές μπορούν να πληχθούν από μια ενδεχόμενη πηγή ρύπανσης ιδιαίτερα εύκολα σε σχέση με κάποια άλλη. Όπως προαναφέρθηκε οι καρστικοί υδροφορείς απαρτίζουν σημαντικό ρόλο στο δυναμικό υδροδότησης στην περιοχή τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, ασχέτως της μικρής τους έκτασης η προστασία τους χρήζει μέτρα πρόληψης. Στη συνέχεια οι περιοχές υψηλής τρωτότητας βρίσκονται σε πορώδεις – κοκκώδεις υδροφορείς που εμφανίζονται στην κεντρική περιοχή του Ασβεστοχωρίου. Η περιοχή μελέτης κυρίως απαρτίζεται από περιοχές χαρακτηριζόμενες μέσης έως χαμηλής τρωτότητας που απαντώνται σε διερρηγμένα συστήματα υπόγειων υδροφορέων και εκτείνονται στο μεγαλύτερο τμήμα του Ασβεστοχωρίου, με ελαφρώς μεγαλύτερη έκταση αυτή των τιμών χαμηλής τρωτότητας. Το κομμάτι της περιοχής που έχει πολύ χαμηλή τρωτότητα είναι μικρής έκτασης, βρίσκεται στα ΝΔ της περιοχής Ασβεστοχωρίου και συναντάται σε πορώδη υδροφορέα.

Από πλευρά γεωλογίας,

Σχήμα 3.4, οι σχηματισμοί που χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή τρωτότητα, είναι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι Μέσο – Άνω Τριαδικού και ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι ηλικίας Τριαδικής – Μέσο Ιουρασικής, όπου έχουν υποστεί καρστικοποίηση και εμφανίζουν ζώνες διαρρήξεις σε βάθος περίπου 80 μέτρων. Η υψηλή τρωτότητα στη περιοχή εμφανίζεται στο ανώτατο σύστημα αναβαθμίδων Πλειστόκαινης ηλικίας. Η μέση τιμή τρωτότητας γεωλογικά σημειώνεται σε χαλαζίτες και φυλλίτες Τριαδικής – Μέσο Ιουρασικής ηλικίας και σε δουνίτες – περιδοτίτες Μεσοζωικού. Η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής είναι χαμηλής τρωτότητας και απαρτίζεται από αμμούχους αργιλικούς σχιστόλιθους Κάτω – Μέσου Ιουρασικού, διμαρμαρυγικούς γνευσίους Παλαιοζωικής ηλικίας και λευκοκρατικούς σερικιτικούς γνευσίους Μεσοζωικού. Τέλος πολύ χαμηλή τρωτότητα εμφανίζεται στην σειρά ερυθρών αργίλων ηλικίας Άνω Μειόκαινου – Κάτω Πλειστόκαινου, στα ΝΔ όρια του Ασβεστοχωρίου.

Συμπερασματικά αν και η περιοχή χαρακτηρίζεται κυρίως από χαμηλή και μέση τρωτότητα και ελάχιστα από πολύ υψηλή, οι υδροφορείς που σχηματίζονται, είναι μείζονος σημασίας για την υδροδότηση και την κάλυψη των υδατικών αναγκών των κατοίκων της περιοχής, κυρίως στα τμήματα με υψηλή τρωτότητα, κάτι το οποίο επιβάλει την χάραξη ζωνών προστασίας αυτών των υδροφορέων.

9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα από την παραπάνω έρευνα για την περιοχή του Ασβεστοχωρίου, εξάγονται τα παρακάτω βασικά συμπεράσματα.

Μορφολογία, Χρήσεις Γης, Πληθυσμός, Κλίμα, Τεκτονική, Υδρογραφικό Δίκτυο, Περιβαλλοντικά Προβλήματα:

- Η ΔΚ Ασβεστοχωρίου ανήκει στο Δήμο Πυλαίας – Χορτιάτη και αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη Κοινότητα του Δήμου με έκταση 34,69 Km².
- Η περιοχή έρευνας έχει ως μέσο υψόμετρο τα 358 μέτρα, ενώ το μέγιστο υψόμετρο βρίσκεται στα 738 μέτρα (Εκκλησιάκι Προφήτη Ηλία)
- Με βάση τις πληροφορίες που παρέχονται στον χάρτη χρήσεων γης για την περιοχή έρευνας, εξάγεται το συμπέρασμα ύπαρξης παλαιών λατομείων (ασβεστίτη), αγροτικών περιοχών, αλλά και μη αρδεύσιμων αρόσιμων εκτάσεων.
- Στην περιοχή έρευνας έχει αναπτυχθεί υδρογραφικό δίκτυο με κλάδους άνισης κατανομής, κάτι το οποίο οφείλεται στους μορφοτεκτονικούς παράγοντες της και κυρίως στον όγκο νερού που διατρέχει την περιοχή, τον Ξηροπόταμο.
- Ο χείμαρρος του Ασβεστοχωρίου ξεπερνάει τα 25 χιλιόμετρα μήκος εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος και η λεκάνη απορροής ανέρχεται στα 115 km².
- Το όρος Χορτιάτη επηρεάζει το κλίμα της περιοχής μελέτης, με την συγκράτηση των ανέμων και των νεφών.
- Το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου είναι ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης, με αριστερόστροφη συνιστώσα και διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ κατεύθυνσης με μετάπτωση προς τα ΒΒΑ, προήλθε από κινήσεις του Άνω – Μέσου Πλειστοκαίνου. Το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου ανήκει στα νεοτεκτονικά πιθανά ενεργά ρήγματα.
- Η περιοχή έρευνας σύμφωνα με τον Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΝΕΑΚ) του 2000 ανήκει στη Ζώνη Ι, δηλαδή ανήκει στη ζώνη με την μικρότερη επικινδυνότητα.
- Από την απογραφή του 1971 μέχρι και την απογραφή του 2021 έχει σημειωθεί πληθυσμιακή αυξητική τάση κατά 59% στη δημοτική ενότητα Ασβεστοχωρίου.
- Υπάρχουν μεγάλης έκτασης γνωστές δασικές περιοχές όπου περιβάλλουν την δημοτική ενότητα του Ασβεστοχωρίου, αυτές είναι το δάσος του Σείχ Σου, ο

Χορτιάτης, και το Κουρί. Σε αυτές τις δασικές εκτάσεις συναντώνται πουρνάρια και διάφορα είδη κωνοφόρων και πλατύφυλλων δέντρων αλλά και δέντρα που χαρακτηρίζονται ως μικτού τύπου.

- Οι πιθανότερες πηγές προέλευσης της ρύπανσης πηγάζουν από το φαινόμενο της αστικοποίησης της περιοχής και αποτελούν τα νεκροταφεία που λόγω επέκτασης του χωρίου βρίσκονται μέσα σε αυτό, τα βενζινάδικα, οι κτηνοτροφικές εστίες και οι χωματερές που δημιουργούνται στα παλιά εγκαταλειμμένα λατομεία.

Γεωλογική χαρτογράφηση:

- Σύμφωνα με την υπαίθρια παρατήρηση αλλά και τις βιβλιογραφικές αναφορές οι χαρτογραφικές μονάδες της περιοχής έχουν διάταξη προς τα ΒΔ-ΝΑ και θεωρείται ότι ανήκουν σε πτυχο-εφιππευτική ζώνη. Τα στοιχεία που τονίζουν τα χαρακτηριστικά αυτής της ζώνης είναι οι εφιππεύσεις που έχουν την γεωμετρία ανάστροφων τεκτονικών επαφών και η ανεστραμμένη πτύχωση που εμφανίζεται στις γεωλογικές δομές με φορά προς τα ΝΔ και αντίστοιχη διεύθυνση. Η τεκτονική μεταφορά συμπίεσης (transpressional) που συνέβη κατά τη διάρκεια του Άνω Ολιγοκαίνου-Κάτω Μειοκαίνου είναι η υπαίτια για τη μορφή της δεσπόζουσας γεωλογικής δομής.
- Η διεύθυνση του ρηξιγενή ιστού είναι κυρίως ΒΑ-ΝΔ ως ΑΒΑ-ΔΝΔ όπου εμφανίζονται ρηξιγενείς επιφάνειες με πλάγιο-κανονική, αριστερόστροφη συνιστώσα κίνησης, επίσης η συμμετοχή των ρηγμάτων με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ ως Α-Δ είναι σημαντική για τον καθορισμό και τη διεύθυνση του ρηξιγενούς ιστού.
- Ο κυριότερος παράγοντας καθορισμού του ρηξιγενή ιστού είναι η ροή των υπόγειων υδάτων και η ανάπτυξη του υπόγειου υδροφορέα.

Υδρολογική ανάλυση:

- Η μέση τιμή του ετήσιου όγκου κατακρημνισμάτων στο ΔΚ Ασβεστοχωρίου είναι $20,4 \times 10^6 \text{ m}^3$, που αντιστοιχεί σε μέση τιμή βροχόπτωσης ίση με 550 mm.
- Το 61,7% των ετήσιων κατακρημνισμάτων αντιστοιχεί στην πραγματική εξατμισοδιαπνοή.
- Το 38,3% των κατακρημνισμάτων αντιστοιχεί στην ολική απορροή.

Υδρογεωλογική ανάλυση:

- Η περιοχή περιλαμβάνει όλα τα είδη υδροφορέων με τη μεγαλύτερη έκταση να καταλαμβάνουν οι διερρηγμένοι υδροφορείς με 32 km^2 , στη συνέχεια οι καρστικοί υδροφορείς έχουν έκταση μόλις $3,5 \text{ km}^2$, αλλά εμφανίζουν τη μεγαλύτερη δυναμικότητα σε σχέση με όλους τους άλλους σχηματισμούς. Τη μικρότερη εμφάνιση έχουν οι κοκκώδεις υδροφορείς.
- Οι καρστικοί υδροφορείς της περιοχής είναι καλύτεροι από ποιοτικής και ποσοτικής άποψης για αξιοποίηση των υπόγειων νερών.

Υδρευτικά Χαρακτηριστικά

- Με βάση τις ετήσιες ανάγκες από τα στοιχεία της ΔΕΥΑ η μέση ημερήσια κατανάλωση της περιοχής είναι $3000 \text{ m}^3/\text{μέρα}$, ενώ η αντίστοιχη μέση εκμεταλλεύσιμη παροχή από τις υδρογεωτρήσεις ανέρχεται στα $2080 \text{ m}^3/\text{μέρα}$ με τη διαφορά να παρέχεται από την Ε.Υ.Α.Θ. ($1000 \text{ m}^3/\text{μέρα}$), δηλαδή με επικουρική ετήσια υδροδότηση της τάξης $365.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$.
- Σημειώνεται σημαντική διαφορά μεταξύ των εκτιμώμενων και καταγραφόμενων υδρευτικών αναγκών της περιοχής του ΔΚ Ασβεστοχωρίου, κάτι που οφείλεται στις μεγάλες απώλειες του υδατικού δικτύου, διότι με βάση μόνο τον υπολογισμό του πληθυσμού, οι υδατικές ανάγκες των κατοίκων είναι $570.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$, ενώ σύμφωνα με τα δεδομένα της ΔΕΥΑ η τιμή είναι $1.095.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$.

Υδροχημική ανάλυση:

- Στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου σημειώθηκαν υπερβάσεις συγκεντρώσεων σιδήρου και μαγγανίου εντός διερρηγμένων υδροφορέων, σε αργιλικούς σχιστόλιθους, ενώ υπερβάσεις αρσενικού και χρωμίου σημειώνονται σε αργιλικούς σχιστόλιθους σε διερρηγμένο υδροφορέα.
- Οι διερρηγμένοι υδροφορείς παρουσιάζουν έντονη υδροχημική ανισοτροπία, ακόμη και εντός του ίδιου του γεωλογικού σχηματισμού.
- Το υπόγειο νερό είναι απαλλαγμένο από μικροβιολογική μόλυνση αποικιών και από ραδιενέργεια (στοιχεία ΔΕΥΑ).

Τρωτότητα

Μέθοδος Drastic

- Η βαθμονόμηση της κάθε παραμέτρου στη μέθοδο DRASTIC είναι υποκειμενική, επειδή καθορίζεται από την εμπειρία του ερευνητή.
- Η μέθοδος DRASTIC παρέχει τη δυνατότητα στον μελετητή να συμπεριλάβει συγκεκριμένους παράγοντες και να εκτιμήσει τη σημαντικότητά τους.
- Η επιλογή μιας μεθόδου εκτίμησης τρωτότητας, πρέπει να γίνεται έπειτα από εκτενή μελέτη και καλή γνώση των συνθηκών του υδροφόρου συστήματος.
- Δεν υπάρχει κάποια μέθοδος που να είναι η κατάλληλη για όλες τις περιπτώσεις και να βρίσκει εφαρμογή σε όλα τα είδη υδροφορέων.
- Η αξιοπιστία και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων έχει δυσκολία να εξακριβωθεί.
- Ο χάρτης τρωτότητας αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για τους φορείς της δημόσιας διοίκησης και της τοπικής αυτοδιοίκησης για την διαχείριση των υδάτων.
- Σύμφωνα με τον χάρτη τρωτότητας δύναται να βελτιωθεί ο χωροταξικός σχεδιασμός για την προστασία των υπόγειων νερών στην εξωτερική ρύπανση, καθώς και να γίνει χάραξη ζωνών προστασίας για τα υδροληπτικά έργα.

Εφαρμογή της μεθόδου Drastic

- Η τρωτότητα της περιοχής ταξινομείται σε 5 κλάσεις από πολύ χαμηλή μέχρι πολύ υψηλή.
- Πολύ υψηλή τρωτότητα εμφανίζεται στους καρστικούς υδροφορείς κρυσταλλικών και ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων, στο κεντρικό τμήμα της περιοχής.
- Η μέγιστη έκταση της περιοχής χαρακτηρίζεται από τρωτότητα μέσης ως χαμηλής τιμής, με εμφάνιση σε διερρηγμένους υδροφορείς και συγκεκριμένα σε χαλαζιτικούς και φυλλιτικούς γεωλογικούς σχηματισμούς (μέση τρωτότητα), αλλά και σε σχιστόλιθους και γνευσίους (χαμηλή τρωτότητα). Η εναλλαγή από χαμηλή σε μέση και μέση σε χαμηλή τιμή τρωτότητας οφείλεται στον ρηξιγενή ιστό της περιοχής.
- Οι πορώδεις υδροφορείς σε ανάπτυξη συστημάτων αναβαθμίδων Πλειστοκαίνου χαρακτηρίζονται από τιμή υψηλής τρωτότητας λόγω της εγγύτητας τους στους καρστικούς υδροφορείς και στο ρήγμα του Ασβεστοχωρίου. Εν αντιθέσει οι πορώδεις υδροφορείς προς τα ΝΔ όρια της περιοχής, αναπτυγμένοι σε ερυθρές αργίλους Α. Μειόκαινου – Κ. Πλειστόκαινου, εμφανίζουν την χαμηλότερη τιμή τρωτότητας στην περιοχή.
- Η υπόγεια υδροφορία της περιοχής του Ασβεστοχωρίου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην κάλυψη των υδατικών αναγκών των κατοίκων της και χρήζει την χάραξη ζωνών προστασίας για την διασφάλιση της ποιότητας των υδάτων, κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του χάρτη τρωτότητας.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- ❖ **Αντωνιάδη, Π., Ιωαννίδη, Κ., Λαλεχό, Ν. Kochel, F. (1978)** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, φύλλο Θεσσαλονίκη Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα
- ❖ **Αντωνιάδης, Π. , Παπαδόπουλος Π., Kochel, F., Mollat, M. (1969),**. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, φύλλο Θέρμη ,Ι.Γ.Μ.Ε , Αθήνα
- ❖ **Βουδούρης, Κ. (2008):** Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος. Διδακτικές σημειώσεις, Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ.
- ❖ **Βουδούρης, Κ. (2009):** Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- ❖ **Βουδούρης, Κ. (2021):** Τεχνική Υδρογεωλογία-Υπόγεια νερά. Εκδόσεις Τζιόλα.
- ❖ **Βουδούρης, Κ. (2022):** Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- ❖ **Δ.Ε.Υ.Α. Πυλαίας-Χορτιάτη (2020)** Άδεια χρήσης νερού. Α δημοσίευτη τεχνική μελέτη
- ❖ **Δημητριάδης, Β. (2008),** Εντοπισμός, καταγραφή και αξιολόγηση ιστορικού συνόλου παραγωγής ασβέστου στην περιοχή Ασβεστοχωρίου του Ν. Θεσσαλονίκης, σελ. 217 - 218. Γ. Ζαχαροπούλου ΑΕΜΘ 16, 2004, σελ. 347 – 360.
- ❖ **Δήμος Πυλαίας – Χορτιάτη (2020)** Αναλύσεις δειγμάτων νερού. Α δημοσίευτη τεχνική μελέτη.
- ❖ **Ελληνική Δημοκρατία Περιφερειακής Κεντρικής Μακεδονίας –** Γενική διεύθυνση υδάτων – Τμήμα διοικητικής υποστήριξης αδειοδότησης οργάνωσης και επικοινωνίας – Αξιολόγηση φακέλου υδρευτικής κατάστασης δήμου Χορτιάτη νομού Θεσσαλονίκης
- ❖ **Ι.Γ.Μ.Ε. 1969,**Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, φύλλο Θέρμη υπό Kochel, F., Mollat, M., Αντωνιάδης, Π., Παπαδόπου, Π., Αθήνα.
- ❖ **Ι.Γ.Μ.Ε. 1978,** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, φύλλο Θεσσαλονίκη υπό Kochel, F., Αντωνιάδη,Π., Ιωαννίδη, Κ., Λαλεχό, Ν., Αθήνα
- ❖ **Καζάκης, Ν. (2019)** Έρευνα του υδατικού δυναμικού των υδροφορέων διερχομένων πετρωμάτων του υπογείου υδατικού συστήματος Χολομώντα με έμφαση στη ΔΚ Ασβεστοχωρίου του δήμου Πυλαίας-Χορτιάτη . Ερευνητικό πρόγραμμα (98936), Θεσσαλονίκη.

- ❖ **Καλλέργης, Γ. (1986):** Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία, Τόμος Α, Β». Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
- ❖ **Καλλέργης, Γ. (1999):** Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. 2η έκδοση, τόμος Α, Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
- ❖ **Καλλέργης, Γ. (2000):** Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. 2η έκδοση, τόμος Β, Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
- ❖ **Καλλέργης, Γ. (2001):** Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. 2η έκδοση, τόμος Γ, Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
- ❖ **Λαμπράκης Ν. (2010)** Εισαγωγή στην Υδροχημεία, Πάτρα,
- ❖ **Μουντράκης, Δ. (1985):** Γεωλογία της Ελλάδας (University Studio Press).
- ❖ **Μουντράκης, Δ. (1988):** Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ευρύτερου Ελληνικού Χώρου, Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ.
- ❖ **Οδηγία 98/83/ΕΚ** του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
- ❖ **Ρόζος, Δ. Αποστολίδης, Ε., Χρηστάρας, Β. (2000).** Τεχνικογεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της πόλης της Θεσσαλονίκης. Ημερίδα: Θωράκιση της Θεσσαλονίκης από Φυσικές Καταστροφές. Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
- ❖ **Ρόζος, Δ. Χατζηνάκος, Ι., Αποστολίδης, Ε. (1998).** Τεχνικογεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής πόλης Θεσσαλονίκης. Κλίμακας 1:25.000, Ι.Γ.Μ.Ε
- ❖ **Σούλιος, Γ. (1986).** Γενική Υδρογεωλογία, Πρώτος και Δεύτερος Τόμος. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- ❖ **Σούλιος, Γ. (2004).** Γενική Υδρογεωλογία, Τρίτος Τόμος. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- ❖ **Σούλιος, Γ. (2006).** Γενική Υδρογεωλογία, Τέταρτος Τόμος. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Ξερόγλωσση Βιβλιογραφία

- ❖ **Abiriga, D., Vestgarden, L. S., & Klempe, H. (2020).** Groundwater contamination from a municipal landfill: Effect of age, landfill closure, and season on groundwater chemistry. *The Science of the Total Environment*, 737, 140307
- ❖ **Carter, W.R. (1961).** Magnitude and frequency of floods in suburban areas. *US Geological Survey Professional Paper 424-B*: B9-11.
- ❖ **Doyle, M., Harbor, J., Rich, C., Spacie, A., (2000).** Examining the effects of urbanization on streams using indicators of geomorphic stability. *Physical Geography* 21, 155–181.
- ❖ **Field, R., Masters, H., Singer, M., (1982).** Porous pavement: research, development, and demonstration. *Journal of Transportation Engineering* 108 (3), 244–258.
- ❖ **Hammer, T.R. (1972)** Stream channel enlargement due to urbanization. *Water Resources Research* 8:1530-1540.
- ❖ **Harbor, J., (1994).** A practical method for estimating the impact of land use change on surface runoff, groundwater recharge and wetland hydrology. *Journal of American Planning Association* 60, 91–104.
- ❖ **Kalinski, J.R., Kelly, E.W., Bogardi, I., Ehrman, L.R., Yamamoto O.P., 1994.** Correlation between DRASTIC vulnerabilities and incidents of VOC contamination of municipal wells in Nebraska. *Ground Water*, vol. 32, Issue 1, pp. 31.
- ❖ **Kamlesh Prasad and J. P. Shukla (2014).** Assessment of groundwater vulnerability using GIS-based DRASTIC technology for the basaltic aquifer of Burhner watershed, Mohgaon block, Mandla (India)
- ❖ **Kauffman, G., Kockel, F., Mollat, H., (1976):** Notes on the stratigraphic and paleogeographic position of the Svoula Formation in the Innermost Zone of the Hellenides (Northern Greece). *Bull. Soc. Geol. France*, 18, 225-230.
- ❖ **Kazakis N, Voudouris KS (2015)** Groundwater vulnerability and pollution risk assessment of porous aquifers to nitrate: modifying the DRASTIC method using quantitative parameters. *J Hydrol* 525:13–25
- ❖ **Kazakis N, Voudouris KS Oikonomidis. D, (2015)** Groundwater vulnerability and pollution risk assessment with disparate models in karstic, porous, and fissured rock aquifers using remote sensing techniques and GIS in Anthemountas basin, Greece

- ❖ **Killias, A., Falalakis, G., Mountrakis, D., (1999):** Cretaceous-Tertiary structures and kinematics of the Serbomacedonian metamorphic rocks and their relation to the exhumation of the Hellenic hinterland (Macedonia, Greece), *Int. J. Earth. Sci.*, 88(3), 513–531. 10.1007/s005310050282.
- ❖ **Kober, L., (1928):** *Der Bau der Erde*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- ❖ **Kockel, F., Mollat, H., Walther, H.W., (1977):** *Erläuterungen zur Geologischen Karte der Chalkidiki und angrenzender Gebiete 1:100000 (Nord-Griechenland)*. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 119 pp.
- ❖ **Linsley, R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H., (1988):** *Hydrology for Engineers*. SI Metric, Edition, McGraw-Hill, N.Y.
- ❖ **Mercier, J., 1966.** *Etude géologique des zones internes des Hellénides en Macédoine centrale (Grèce)*. Annales géologiques des Pays Helleniques.
- ❖ **Missteart, B.D.R., Brown, L., Daly, D., 2008.** A methodology for making initial estimates of groundwater recharge from groundwater vulnerability mapping. *Hydrogeol. J.* 17 (2), 275.
- ❖ **Montgomery, D. R. and Buffington, J. M. (1997).** Channel Reach Morphology in Mountain Drainage Basins. *Geological Society of America Bulletin* 109:596-611.
- ❖ **Mountrakis D, Tranos M, Papazachos C, et al (2006):** Neotectonic and seismological data concerning major active faults, and the stress regimes of Northern Greece. In: Robertson AHF, Mountrakis D (eds) *Geological Society, London, Special Publications*.
- ❖ **Neofotistos, P., Tranos, M., Heibronner, R., (2020):** Geology and deformation of the northern part of the Athos peninsula, Northern Greece: Insights from two detailed cross sections. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 56(1), 167-186.
- ❖ **Papazachos, C., Soupios, P., Savaidis, A., Roumelioti, Z. (2000).** Identification of smallscale active faults near metropolitan areas: An example from the Asvestochori fault near Thessaloniki. XXVII General Assembly of the European Seismological Commission (ESC) 10-15/9/2000.
- ❖ **Panagopoulos, P.G., Antonakos, K.A. & Lambrakis, J.N., 2005.** Optimization of the DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment via the use of simple statistical methods and GIS. *Hydrogeology Journal*.
- ❖ **Rosen, L., 1994.** A study of the DRASTIC methodology with emphasis on Swedish conditions. *Ground Water*, Vol. 32, No 2, 278-285.

- ❖ **Tranos, M.D., Papadimitriou, E.E., and Kiliyas, A.A. (2003).** Thessaloniki-Gerakarou fault zone (TGFZ): the western extension of the 1978 Thessaloniki earthquake fault (northern Greece) and seismic hazard assessment. *Journal of Structural Geology*, 25, 2109-2123.
- ❖ **Vamvakaris, D.A., Papazachos, C.B., Savvaidis, P.D., Tziavos, I.N., Karagianni, E.E., Scordilis, E.M., Hatzidimitriou, P.M., (2003),** “Stress-field and time-variation of active crustal deformation in the Mygdonia basin based on the joined interpretation of seismological, neotectonic and geodetic data”. *Geophys. Res. Abstr.* 5, 08794

Διαδικτυακές Πηγές

- ❖ <https://www.e-demography.gr/>
- ❖ <https://en-gb.topographic-map.com/maps/d9s/Greece/>
- ❖ <http://geodata.gov.gr/maps/?locale=el>
- ❖ <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>
- ❖ <https://www.meteo.gr>
- ❖ <https://www.meteoblue.com>
- ❖ <https://www.r-project.org/>
- ❖ <http://weather.vouhead.gr>
- ❖ <http://www.ncdc.noaa.gov>
- ❖ <http://hortiatis570.g>
- ❖ <https://www.pilea-hortiatis.gr>
- ❖ <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication>
- ❖ <http://wfdgis.ypeka.gr/>
- ❖ <https://www.geogreece.gr/rain.php>
- ❖ <https://www.biomec.gr/parametroi-posimou-nerou/>
- ❖ <https://www.bioximiki.gr>
- ❖ <https://www.eyath.gr/elegchos-poiotita-neroy/elegchomenes-parametroi>
- ❖ <http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/el/about/general.html>
- ❖ <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx>



11 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φωτογραφικό Υλικό

Ι. Ιστορία του Ονόματος της ΔΚ Ασβεστοχωρίου



Εικόνα 11.1 Παλιοί Ασβεστοκάμινοι για καύση Ασβεστόλιθου, η παρουσία του ασβεστόλιθου στην περιοχή είναι αιτία της ονοματοδοσίας της περιοχής

Π. Μορφολογία



Εικόνα 11.2 Εκκλησιάκι Προφήτη Ηλία, το υψηλότερο σημείο στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου με υψόμετρο 738 μέτρα. Ανακρυσταλλωμένοι Ασβεστόλιθοι Ενότητας Άσπρης Βρύσης Χορτιάτη.



Εικόνα 11.3 Βλάστηση κωνοφόρων και φυλλοβόλων δασών, μικτού τύπου βλάστηση



Εικόνα 11.4 Θαμνώδης Βλάστηση

IV. Υδρογραφικό δίκτυο



Εικόνα 11.5 Ξηροπόταμος, χείμαρρος του Ασβεστοχωρίου



Εικόνα 11.6 Χαλαζίτης Ασβεστιτικός κατά τόπους κοκκινοκάστανος μικρού πάχους, Ηλικίας Τριαδικού – Μέσου Ιουρασικού, Ομάδα Σβούλας



Εικόνα 11.7 Φυλλίτης Σκοτεινότεφρος με μικρές εν στρώσεις χαλαζιτών, Ηλικίας Τριαδικού – Μέσου Ιουρασικού, Ομάδας Σβούλας



Εικόνα 11.8 Πτέρυγα Πτυχής Ανακρυσταλλωμένου Ασβεστόλιθου με έντονες γωνιώδης διαρρήξεις, Διεύθυνσης ΝΑ και ΒΔ βύθισης, σε κοντινή απόσταση από την Γεώτρηση Αργυρό 1 και 2. (Αριστερό τμήμα πτυχής)



Εικόνα 11.9 Πτέρυγα Πτυχής Ανακρυσταλλωμένου Ασβεστόλιθου με έντονες γωνιώδης διαρρήξεις, Διεύθυνσης ΝΔ και ΒΑ βύθισης, σε κοντινή απόσταση από την Γεώτρηση Αργυρό 1 και 2. (Δεξιό τμήμα πτυχής).



Εικόνα 11.10 Πτέρυγα Πτυχής Ανακρυσταλλωμένου Ασβεστόλιθου, με δεκάδες μέτρα τεφρογάλαζων οριζόντων εντός του ανωτέρου τμήματός του και με έντονες γωνιώδης διαρρήξεις, Διεύθυνσης ΝΔ και ΒΑ βύθισης, σε κοντινή απόσταση από την Γεώτρηση Αργυρό 1 και 2 (Δεξιό τμήμα πτυχής συνέχεια).



Εικόνα 11.11 Ρηξιγενής επιφάνεια μεγάλης έκτασης ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων με τεφρογάλαζουν ορίζοντες, Ενότητας Άσπρης Βρύσης Χορτιάτη, Διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ με μεγάλης γωνίας κλίσης, Κατεύθυνσης κλίσης προς τα ΒΒΔ.



Εικόνα 11.12 Ρηξιγενής επιφάνεια προς τα ΑΒΑ, όπου αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης ρηξιγενούς επιφάνειας (Εικόνα 11.11), Διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ, Κατεύθυνσης κλίσης προς τα ΒΒΔ.



Εικόνα 11.13 Ρηξιγενής ζώνης Ανακρυσταλλωμένων Ασβεστόλιθων. Διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ ως Α-Δ, με μεγάλη γωνία κλίσης. Κατεύθυνσης κλίσης προς τα ΒΒΔ ως Β. Έντονη καρστικοποίηση στις επιφάνειες της ζώνης διάρρηξης. Η ζώνη διάρρηξης είναι 3-6 μέτρα. Σε κοντινή απόσταση από τη Γεώτρηση Λατώ.



Εικόνα 11.14 Αργίλικοι σχιστόλιθοι, Πρασινωποί Αμμούχοι και πρασινότεφροι αδιαβάθμιτη ψαμμίτες που μεταβαίνουν σε πρασινωπούς αμμούχους φυλλίτες. Παρεμβάλλετε λεπτοστρωματώδης σερικιτιωμένος, χλωριτιωμένος, σωσσυριτιωμένος μαύρος δολερίτης.

VI. Γεωτρήσεις ΔΚ Ασβεστοχωρίου



Εικόνα 11.15 Γεώτρηση Λατώ (Κόκκινο τρίγωνο) και Αγωγός μεταφοράς νερού από την γεώτρηση Λατώ στη δεξαμενή Λατώ.



Εικόνα 11.16 Γεώτρηση Αργυρό 2





Εικόνα 11.17 Γεώτρηση Αργυρό 1



Εικόνα 11.18 Γεώτρηση Σφαγείο - Κλεόβουλος



Εικόνα 11.19 Γεώτρηση Γήπεδο

VII. Δεξαμενές ΔΚ Ασβεστοχωρίου



Εικόνα 11.20 Δεξαμενή Λατώ



Εικόνα 11.21 Δεξαμενή Γκλάβα



Εικόνα 11.22 Δεξαμενή Αέριο



Εικόνα 11.23 Δεξαμενή Τσαλδάρη

VIII. Παλαιά Λατομεία



Εικόνα 11.24 Παλιά Εταιρία Ασβεστοποιίας «Κυψέλη» στην ΔΚ Ασβεστοχωρίου



Εικόνα 11.25 Παλιοί σπαστήρες ασβεστίτη -ασβεστόλιθου



Εικόνα 11.26 Αποθήκες και φουγάρο καύσης ασβεστίτη



Εικόνα 11.27 Λατομική Περιοχή

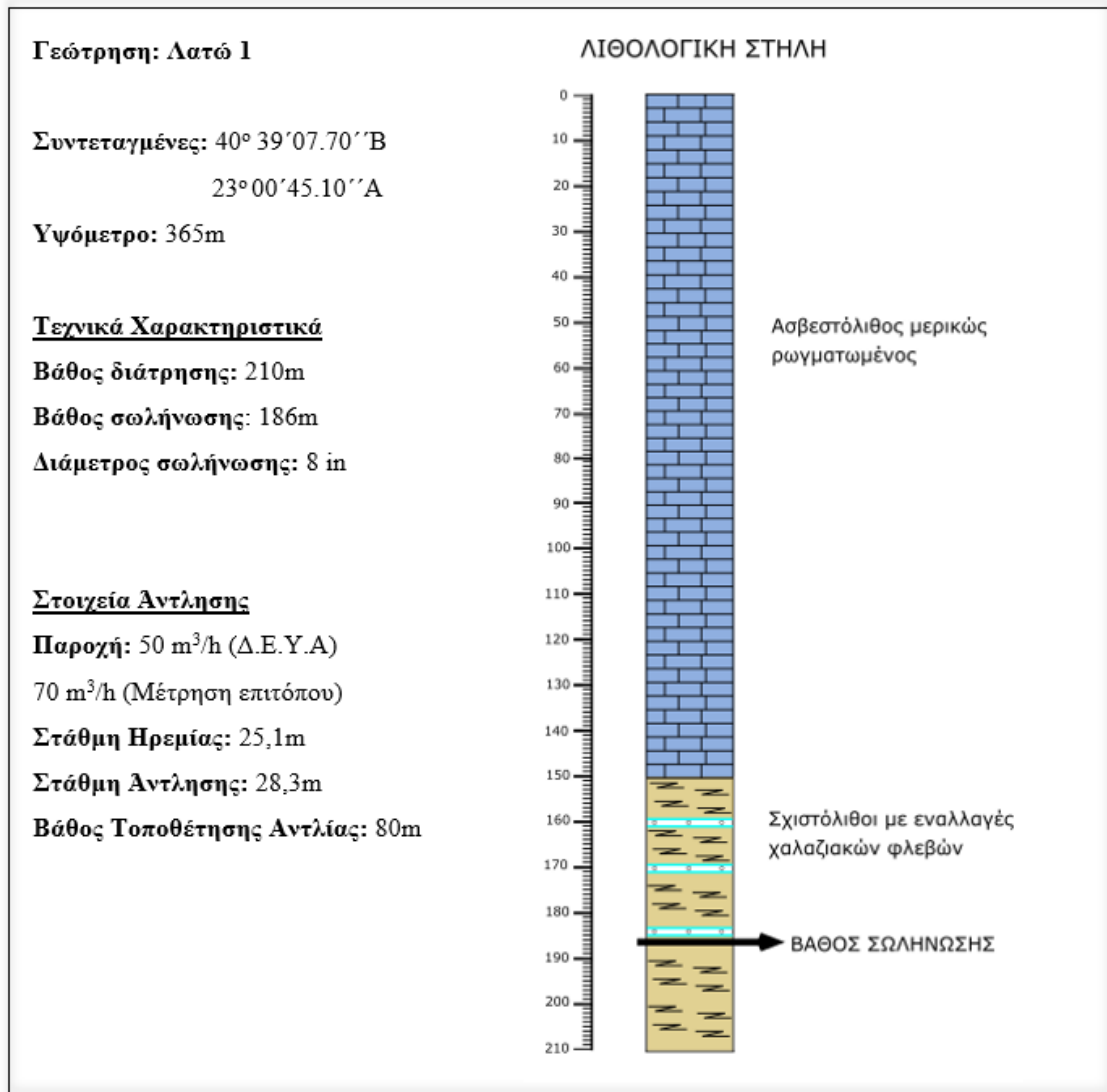


Εικόνα 11.28 Λατομική Περιοχή

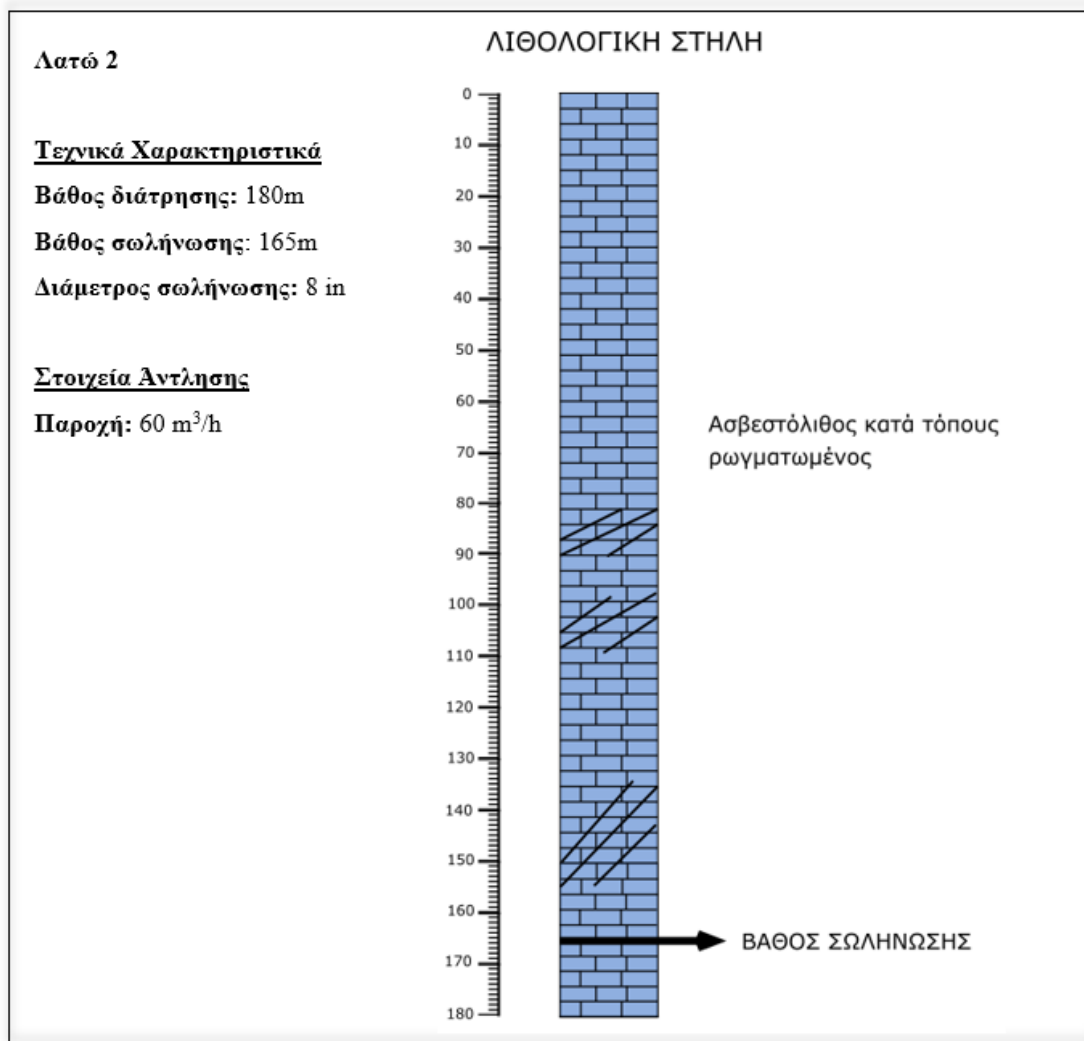


Εικόνα 11.29 Μερικές φωτογραφίες απόρριψης μάζων - Χωματερές

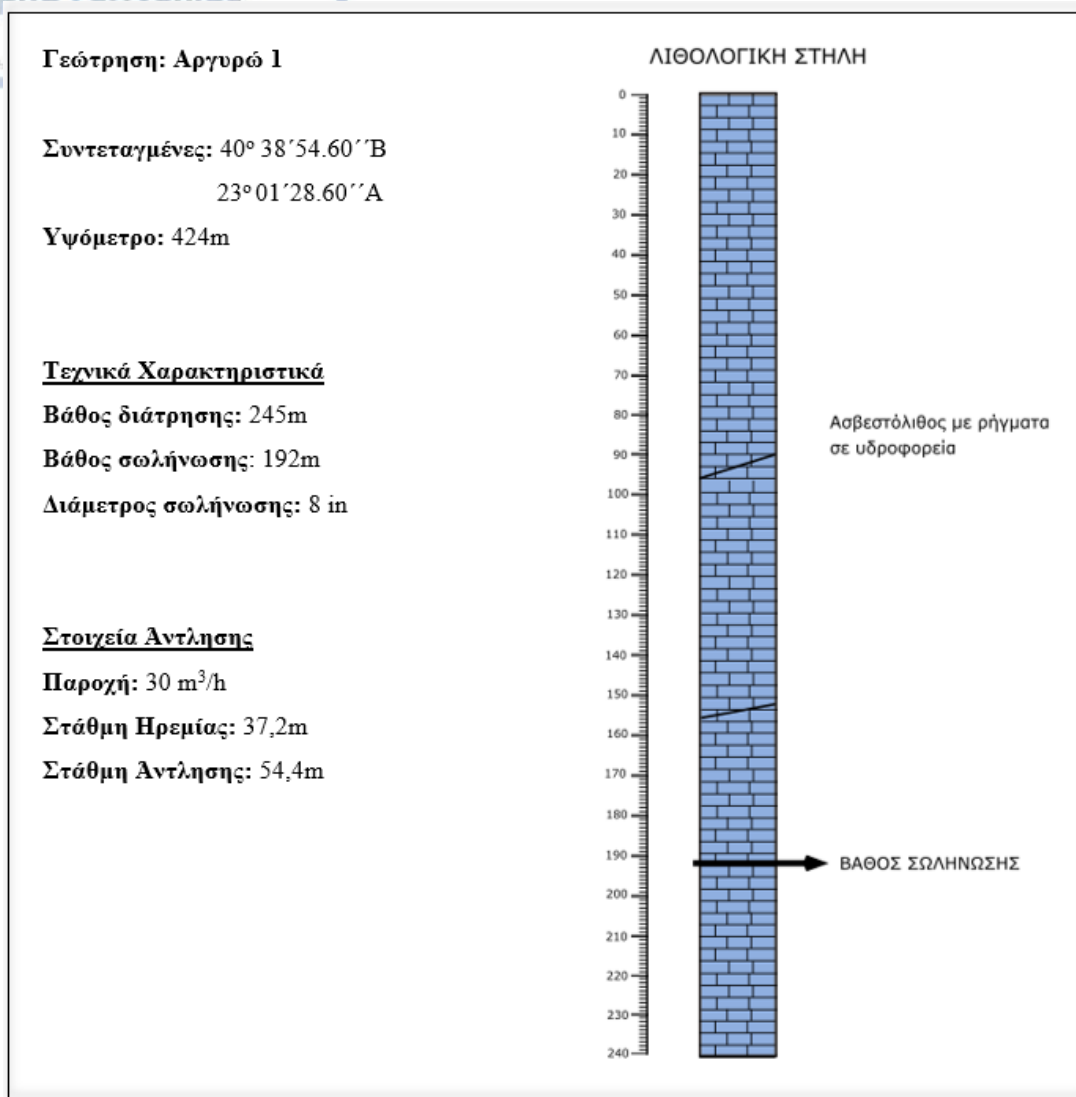
X. Λιθολογικές Τομές



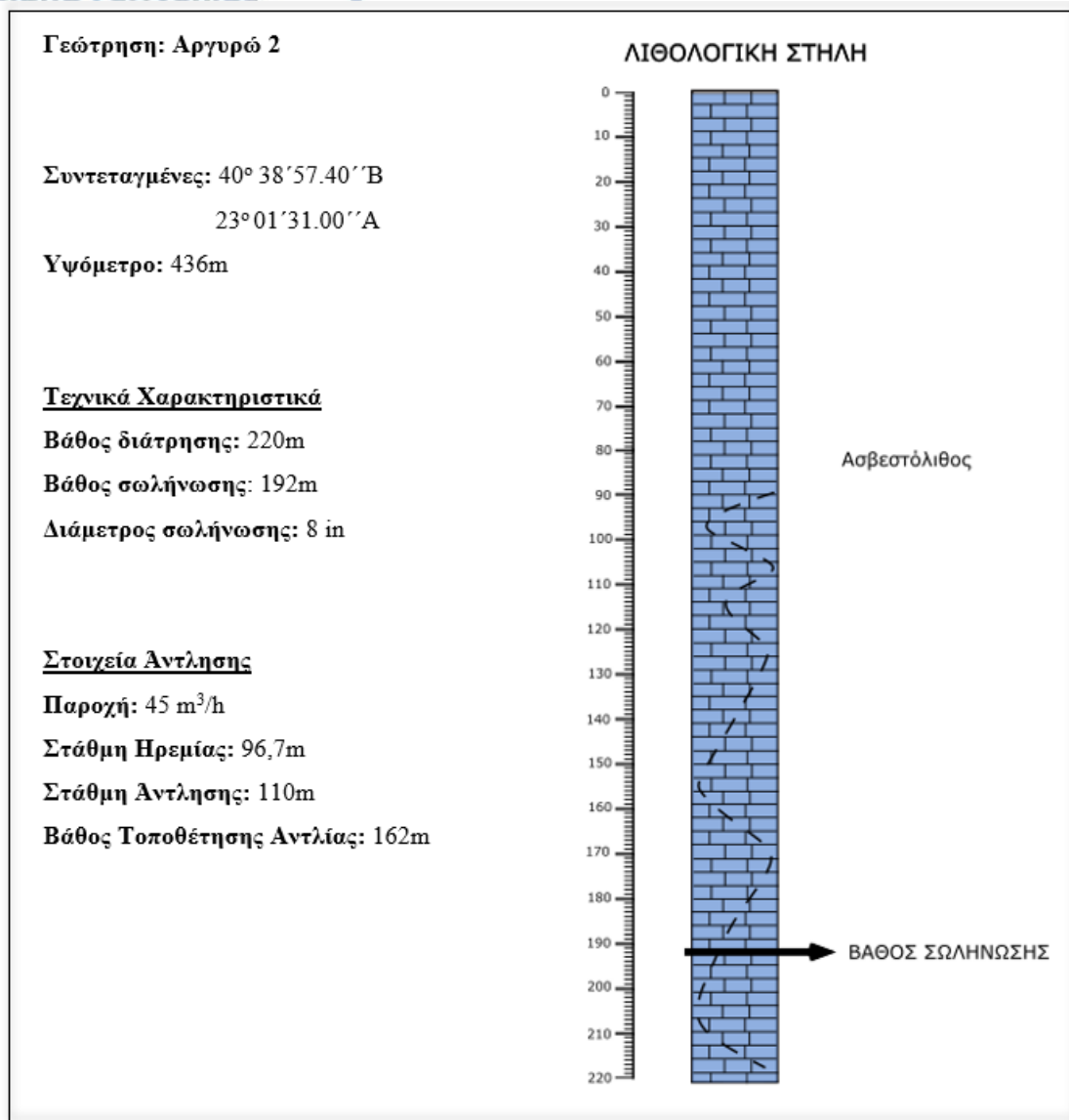
Σχήμα 11.1 Λιθολογικό προφίλ στη θέση Λατώ 1.



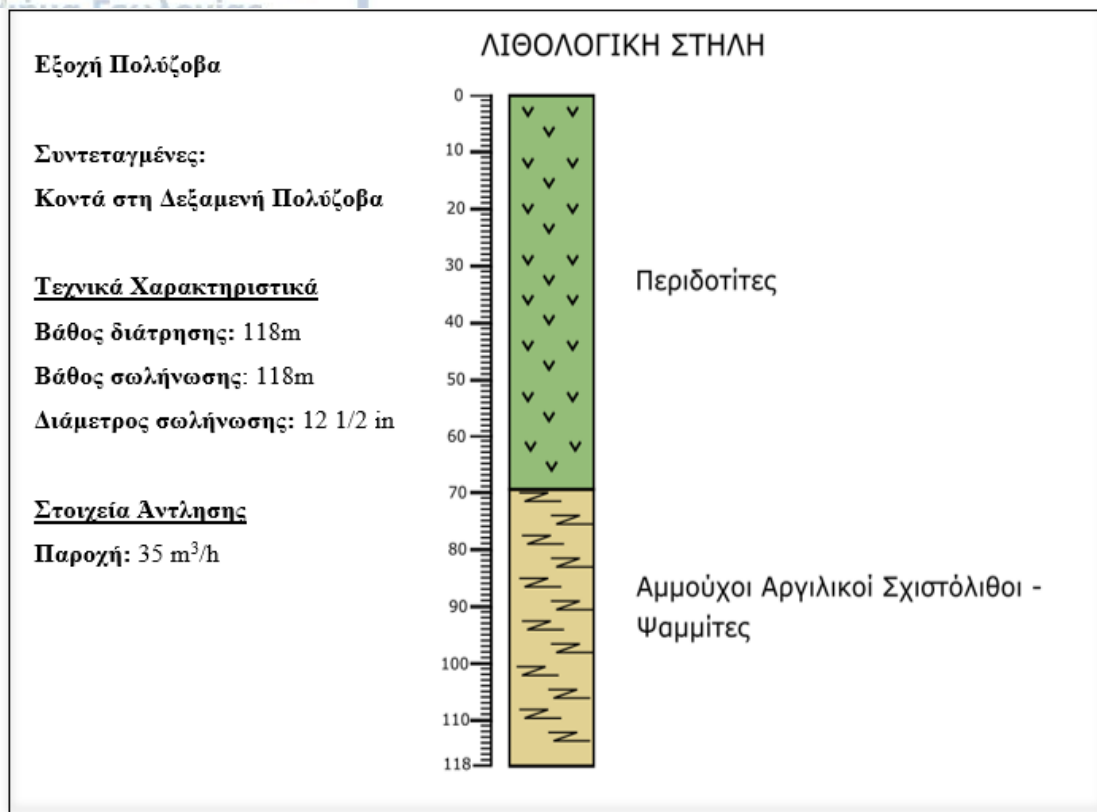
Σχήμα 11.2 Λιθολογικό προφίλ στη θέση Λατώ 2.



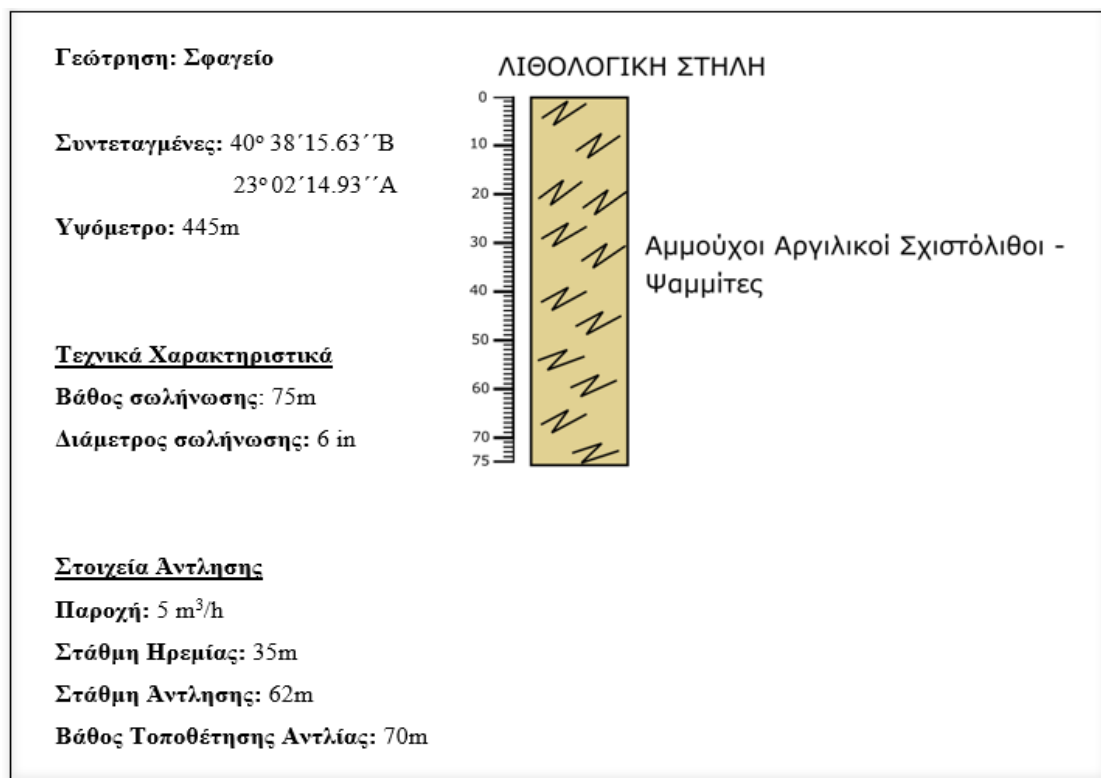
Λιθολογικό προφίλ στη θέση Αργυρώ 1.



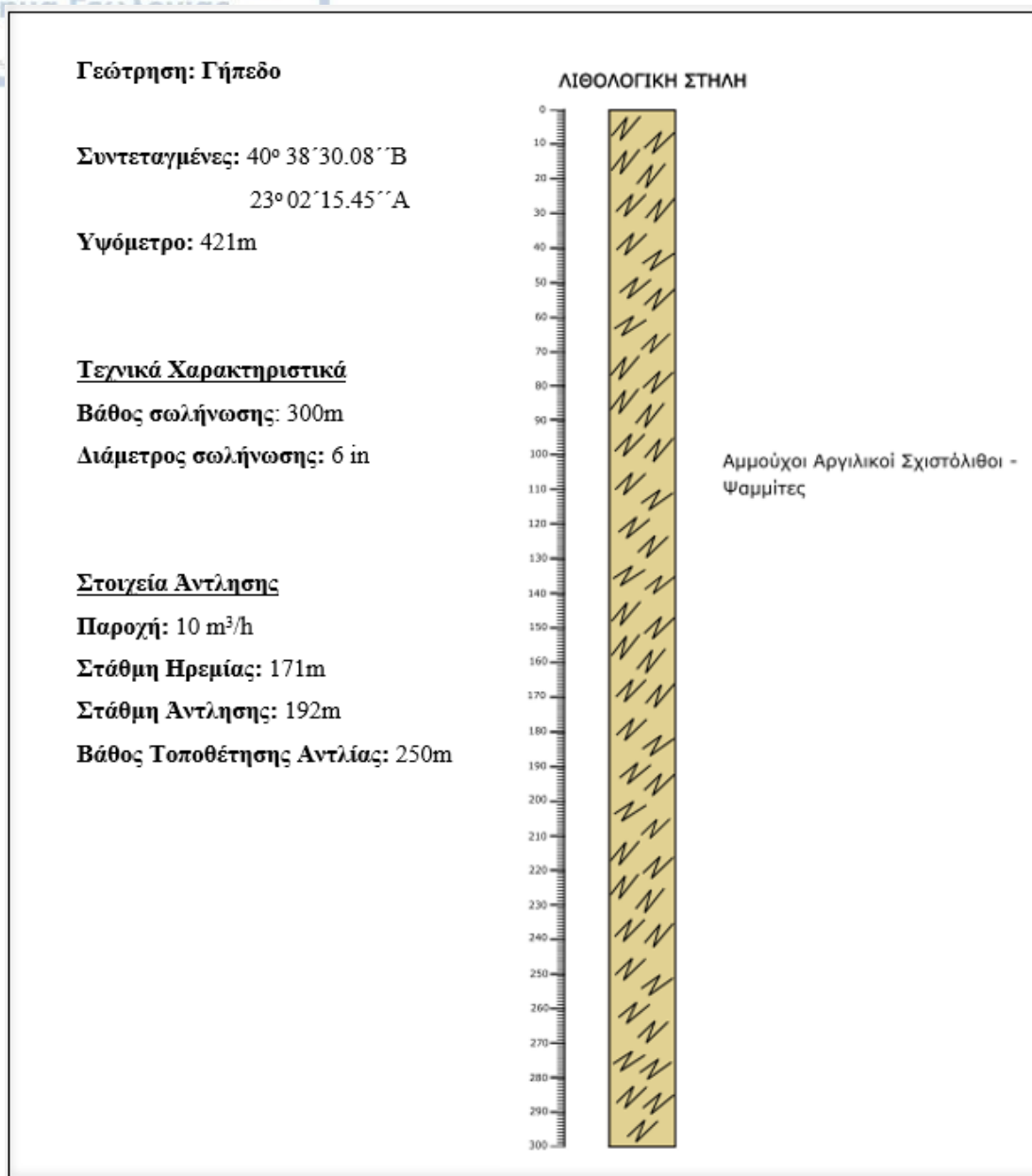
Λιθολογικό προφίλ στη θέση Αργυρώ 2.



Λιθολογικό προφίλ στη θέση Πολύζοβα.



Λιθολογικό προφίλ στη θέση Σφαγείο



Λιθολογικό προφίλ στη θέση Γήπεδο.



ΧΑΤΖΗΝΑΟΥΜ ΘΕΟΔΩΡΑ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ
ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΡΡΗΓΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΑΣΒΕΣΤΟΧΩΡΙΟΥ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών
Σπουδών 'Εφαρμοσμένη Γεωλογία και Περιβάλλον',
Κατεύθυνση 'Τεχνική Γεωλογία και Περιβάλλον'
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 14/3/2023

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Καθηγητής Βουδούρης Κωνσταντίνος, Επιβλέπων

Κακλής Τριαντάφυλλος Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής ΕΔΙΠ,

Μάττας Χρήστος Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής

Συνεπικουρία στην Επίβλεψη:

Δρ. Καζάκης Νεραντζής

© Θεοδώρα Χατζηναούμ, Γεωλόγος , 2023

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. Τομέας Γεωλογίας, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας &
Υδρογεωλογίας ,2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΣΤΑ
ΔΙΑΡΡΗΓΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΧΩΡΙΟΥ (ΕΛΛΑΔΑ)

– Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία



Το έργο παρέχεται υπό τους όρους Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0.

© Theodora Chatzinaoum, Geologist, 2023

School of Geology, Dept. of Geology, Laboratory of Engineering Geology & Hydrogeology, 2023

Some rights reserved.

HYDROGEOLOGICAL BEHAVIOR OF THE FISSURED ROCKS AQUIFERS IN ASVESTOCHORI AREA (GREECE) – *Master Thesis*

The work is provided under the terms of Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0.

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.