

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΠΗΛΑΙΟΜΟΡΦΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ (ΝΟΜΟΣ ΣΕΡΡΩΝ)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΚΑΘ. Ε. ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ

ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
Α.Ε.Μ. 3417

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2004



Φωτογραφία εξωφύλλου: Ο καταρράκτης του σπηλαίου των "Ζεστών Νερών", κοντά στο Σιδηρόκαστρο, στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού
Φωτογραφία οπισθόφυλλου: Το "μαξιλάρι" του καταρράκτη του σπηλαίου των "Ζεστών Νερών"



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

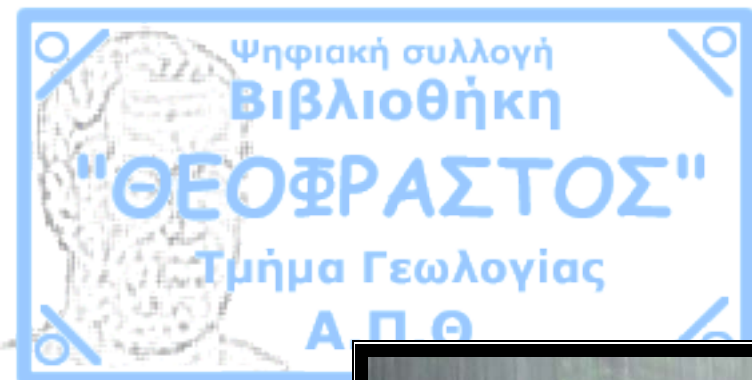
**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΠΗΛΑΙΟΜΟΡΦΩΝ
ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ
(ΝΟΜΟΣ ΣΕΡΡΩΝ)**

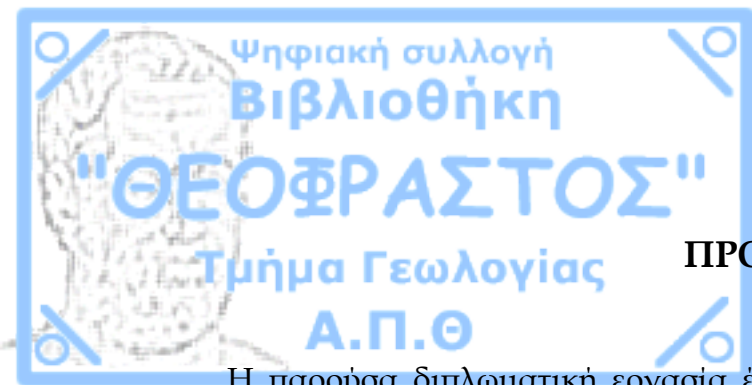
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΚΑΘ. Ε. ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ

ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΦΟΙΤΗΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
A.E.M. 3417

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2004





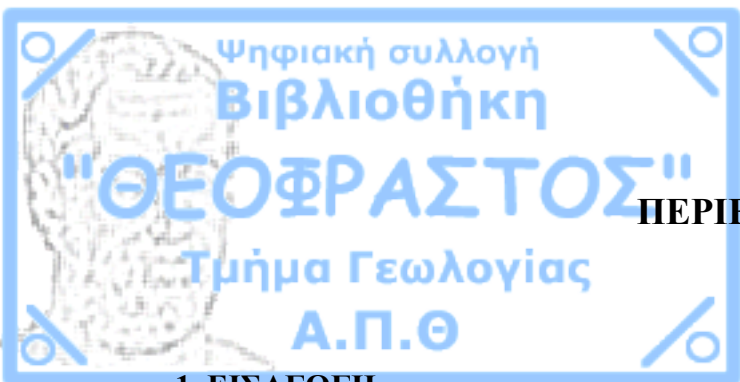
ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε στα πλαίσια του κύκλου σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Ελευθέριου Βαβλιάκη στον Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας. Η εργασία έχει ως θέμα την καταγραφή των σπηλαίων και σπηλαιομορφών στη λεκάνη του Κρουσοβίτη (Αχλαδίτη) ποταμού (Ν. Σερρών) και την ερμηνεία του τρόπου δημιουργίας τους.

Από τη θέση αυτή επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τον καθ. Ε. Βαβλιάκη τόσο για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε, όσο και για τις πολύτιμες συμβουλές και τις συζητήσεις που είχαμε.

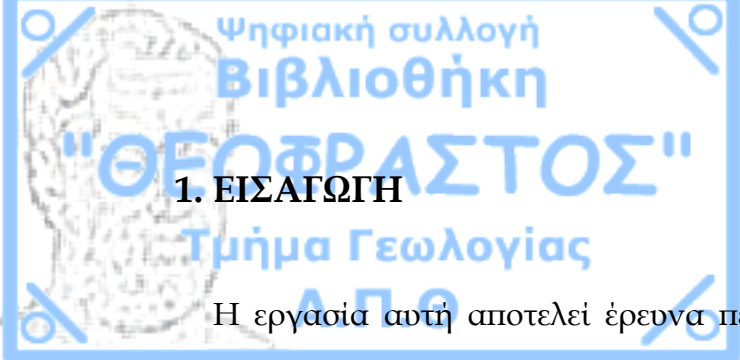
Επίσης ευχαριστώ την επικ. καθ. Ευαγγελία Τσουκαλά για την κάθε είδους βοήθεια που μου προσέφερε και την κ. Ε. Παπαφιλίππου-Πέννου για τις συμβουλές και επεξηγήσεις επάνω στη γεωλογία της περιοχής. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τους συμφοιτητές μου Πέννο Χ. και Βαξεβανόπουλο Μ. για τη συμβολή τους κατά τη διάρκεια των εξερευνήσεων, καθώς και το Τοπικό Τμήμα Βόρειας Ελλάδας της Ελληνικής Σπηλαιολογικής Εταιρείας για τη στήριξή του.

Τέλος ευχαριστώ θερμά τον κ. Ελευθέριο Ελευθεριάδη, καθηγητή μέσης εκπαίδευσης στο Σιδηρόκαστρο, που μου υπέδειξε τα σπήλαια και με συνόδευσε στις εξερευνήσεις.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	4
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΠΗΛΛΑΙΩΝ.....	4
1.3 ΚΑΡΣΤ.....	6
1.4 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΣΕ ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΕΣ.....	11
1.5 Η ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ.....	12
1.5.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ.....	12
1.5.2 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ.....	13
1.5.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ.....	13
1.5.4 ΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	15
1.5.5 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	16
1.5.6 ΠΑΛΑΙΟΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ.....	16
2. ΤΑ ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ.....	18
2.1 ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΣΠΗΛΛΑΙΑ.....	18
2.1.1 ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΣΕ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ.....	18
2.1.1.1 ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ «ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΕΣ».....	18
2.1.1.2 ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ « ΖΕΣΤΑ ΝΕΡΑ».....	26
2.1.1.3 ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΦΥΤΟΥ.....	27
2.1.1.4 ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΧΛΑΔΟΧΩΡΙΟΥ.....	28
2.1.2 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΣΠΗΛΛΑΙΩΝ ΣΕ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ.....	29
2.1.3 ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΣΠΗΛΛΑΙΑ ΣΕ ΜΑΡΜΑΡΑ.....	30
2.1.3.1 ΑΝΩΝΥΜΟ ΒΑΡΑΘΡΟ ΣΤΟ ΑΓΚΙΣΤΡΟ.....	30
2.1.4 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΣΠΗΛΛΑΙΩΝ ΣΕ ΜΑΡΜΑΡΑ.....	34
2.2 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΣΠΗΛΛΑΙΑ.....	35
2.2.1 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΓΚΟΙΛΑ.....	36
2.2.2 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΕΓΚΟΙΛΩΝ.....	38
2.2.3 ΤΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΣΠΗΛΛΑΙΟ ΤΩΝ «ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ».....	39
2.2.3.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΠΗΛΛΑΙΟΥ.....	39
2.2.3.2 ΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΑΝΑΠΤΥΣΣΕΤΑΙ ΤΟ ΣΠΗΛΛΑΙΟ.....	45
2.2.3.3 ΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΠΗΛΛΑΙΟΥ.....	47
2.2.3.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΣΠΗΛΛΑΙΟΥ.....	48
2.2.4 Η ΠΗΓΗ ΤΩΝ «ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ».....	52
2.2.5 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΟΥ ΣΠΗΛΛΑΙΟΥ ΤΩΝ «ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ».....	52
2.3 ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΠΗΛΛΑΙΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ.....	55
3. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	58
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί έρευνα πεδίου από την οποία εξήχθησαν πρωτογενή στοιχεία και δεδομένα για την περιοχή μελέτης που συνδυάζονται με τα υπάρχοντα γενικά στοιχεία της βιβλιογραφίας.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής καταγράφηκαν τα σημαντικότερα σπήλαια και σπηλαιομορφές που βρέθηκαν στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, στο βόρειο τμήμα του Νομού Σερρών. Τα σπήλαια αυτά διαχωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τα πετρώματα στα οποία αναπτύσσονται και συσχετίστηκαν με τη γεωλογία της περιοχής. Επίσης ερμηνεύθηκε ο τρόπος γένεσής τους και προσδιορίστηκαν τα αίτια που την προκάλεσαν.

Η πρώτη εξερεύνηση σπηλαίου στη περιοχή πραγματοποιήθηκε στις 16/7/2001 στο σπήλαιο «Ζεστών νερών» μετά από πρόσκληση του κ. Ε. Ελευθεριάδη και ακολούθησαν μέχρι σήμερα περισσότερες από είκοσι (20) επισκέψεις σ' αυτό και σ' άλλα σπήλαια της περιοχής.

Κατά το 2002 πραγματοποιήθηκε στη περιοχή ερευνητικό πρόγραμμα της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Σερρών, μέσω της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ., με θέμα «Γεωλογική και περιβαλλοντική έρευνα των σπηλαιομορφών της περιοχής Σιδηροκάστρου Σερρών» με επιστημονικώς υπεύθυνο τον καθ. Ε. Βαβλιάκη.

Το σύνολο των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν μπορεί να διαχωριστεί στην εξερεύνηση και καταγραφή των σπηλαίων, τη συλλογή βιβλιογραφίας και την επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων. Οι φάσεις αυτές δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και η μια συμπληρώνει την άλλη σ' όλη την πορεία της εργασίας.

Η εξερεύνηση ακολούθησε τα παρακάτω στάδια: τη συλλογή πληροφοριών για τις θέσεις των σπηλαίων, την εύρεση ανθρώπων που θα μας οδηγούσαν σ' αυτά και μετά την κύρια εξερεύνηση της κάθε υπόγειας μορφής με μεγάλη λεπτομέρεια. Απαραίτητα υλικά ήταν τα κράνη, οι φακοί, οι σπηλαιολογικές φόρμες, ειδικά σχοινιά και γενικά ο εξοπλισμός για κατάβαση σε βάραθρα με τη τεχνική του μονού σχοινιού και οι καταδυτικές φόρμες για σπήλαια με νερά.

Η καταγραφή έγινε παράλληλα με την εξερεύνηση και περιλαμβάνει τη λήψη των συντεταγμένων των σπηλαίων με GPS (global position system), τη τοποθέτηση του στίγματος σε χάρτη και τη χαρτογράφηση των σπηλαίων που έγινε με μετροταινία, κλισίμετρο και πυξίδα με τη "σπηλαιολογική" μέθοδο (τα τελικά σχεδιαγράμματα έγιναν σε H/Y). Απαραίτητη ήταν η χρήση ημερολογίου όπου σημειώνονται οι επισκέψεις, οι διάφορες πληροφορίες, παρατηρήσεις και μετρήσεις, σχεδιάζονται τα σκαριφήματα κ.λπ. Επίσης απαραίτητη ήταν η φωτογραφική τεκμηρίωση όλων των σημαντικών στοιχείων και των σταδίων της εργασίας. Για τη φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκαν ρεφλέξ και ψηφιακή φωτογραφική μηχανή.

Εκτός από τα παραπάνω, που αποτελούν την υπαίθρια έρευνα, πολύ σημαντική ήταν η συλλογή της σχετικής βιβλιογραφίας που αφορά την περιοχή και τα φαινόμενα που παρατηρούνται. Τελικά ο συνδυασμός όλων των παραπάνω έδωσε τα στοιχεία για την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων.

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΠΗΛΑΙΩΝ

Τα σπήλαια ανάλογα με τον τρόπο γένεσής τους και κατ' επέκταση του πετρώματος στο οποίο βρίσκονται ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες: τα πρωτογενή και τα δευτερογενή.

Ο όρος «**πρωτογενές σπήλαιο**» αναφέρεται σε σπήλαια που έχουν ηλικία όμοια με αυτήν των πετρωμάτων μέσα στα οποία δημιουργούνται και σχηματίζονται κυρίως σε τραβερτινικές αποθέσεις με τη λεγόμενη ανάπτυξη *κατά θετικό τρόπο*, δηλαδή όταν ένας καταρράκτης εναποθέτει τραβερτινικό υλικό σχηματίζει έγκοιλα που απομονώνονται όταν τα γένια του καταρράκτη ενωθούν με το μαξιλάρι, καθώς το μέτωπό του προχωρά προς τα εμπρός (ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ 1998). Επίσης δημιουργούνται σε λάβες, δηλαδή καθώς ρέει η λάβα το εξωτερικό της τμήμα ψύχεται ταχύτερα και όταν μεταβληθεί η θέση του εσωτερικού μέρους της έχουμε σχηματισμό εγκοίλων. Τέλος δημιουργούνται σε κοραλλιογενείς υφάλους παράλληλα με την ανάπτυξη των κοραλλιών.

Ο όρος «**δευτερογενές σπήλαιο**» αφορά τα σπήλαια που δημιουργούνται ως αποτέλεσμα διαβρωτικών διαδικασιών σε μάρμαρα, ασβεστόλιθους, δολομίτες, γύψους, ψαμμίτες, ορυκτό άλας και πυριγενή πλουτωνικά πετρώματα, όπως οι γρανίτες. Στην περίπτωση αυτή το περιβάλλον πέτρωμα προϋπήρχε του εγκοίλου. Υπάρχουν τα καρστικά σπήλαια υπό το γεωμορφολογικό όρο «**καρστ**», ο οποίος χαρακτηρίζει τα εσωτερικά μορφολογικά στοιχεία, τα οποία δημιουργούνται στα ασβεστολιθικά πετρώματα εξαιτίας της διαλυτικής δράσεως του νερού. Έτσι καρστικοποίηση είναι η διαδικασία δημιουργίας σπηλαίων, δολινών, πολγών κ.α. Τέλος για τις περιπτώσεις που παρουσιάζονται μορφές όμοιες με αυτές του καρστ σε μη ανθρακικά πετρώματα όπως σε μάργες και ψαμμίτες με διαφορετικά από τα συνήθη σχήματα και μικρό μέγεθος έχουν δοθεί οι ταυτόσημοι όροι «**ψευδοκάρστ**» και «**κρυπτοκάρστ**». Υπάρχουν επίσης τα «**υπογενή σπήλαια**» (υδροθερμικά) που δημιουργούνται σε ανθρακικά πετρώματα από ανερχόμενα θερμά διαλύματα που τα διαβρώνουν και είναι πλούσια συνήθως σε θειικά οξέα και διοξείδιο του άνθρακα.

Τα **αιολικά σπήλαια** δημιουργούνται με τη διαδικασία της απορρίνισης και της αποφύσησης, δηλαδή της φθοράς που επιφέρουν λόγω τριβής τα μεταφερόμενα από τον άνεμο υλικά, καθώς και η μεταφορά αυτών. Έτσι από τη στροβιλοειδή κίνηση των μεταφερομένων από τον άνεμο υλικών έχουμε τη δημιουργία εγκοίλων.

Τα **παράκτια (ενάλια) σπήλαια** δημιουργούνται με τη διαβρωτική δράση των κυμάτων, που οφείλεται στη δύναμη με την οποία προσκρούουν αυτά στα πετρώματα. Επιπλέον διάβρωση προκαλούν λόγω του ότι μεταφέρουν θραύσματα ήδη κατεστραμ-

μένων πετρωμάτων. Επίσης λαμβάνει μέρος και η διαλυτική δράση του θαλασσινού νερού κυρίως στα ασβεστολιθικά πετρώματα. Έτσι στην περίπτωση μη ανθεκτικών πετρωμάτων είναι δυνατόν να σχηματιστούν σπηλαιοί, ενώ στην περίπτωση ενός ακρωτηρίου, όπου έχουμε στις δυο αντίθετες πλευρές δημιουργία παράκτιων σπηλαίων, είναι δυνατόν αυτά να ενωθούν και να σχηματίσουν ένα φυσικό τόξο ή μια φυσική γέφυρα διατηρούμενη για κάποιο χρονικό διάστημα. Η κατακρήμνισή της θα δώσει απομονωμένες νησίδες. Η ύπαρξη όμως τέτοιων νησίδων δε σημαίνει απαραίτητα την κατά το παρελθόν δημιουργία φυσικής γέφυρας (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1978).

1.3 ΚΑΡΣΤ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει γενικά στοιχεία από διάφορες αναφορές σχετικά με το καρστ και τη σπηλαιογένεση (KLIMCHOUK et al. 2000, ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1978, ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ 1981, BOSAK et al. 1989, MOORE 1997, WHITE & WHITE 1989, ΒΑΞΕΒΑΝΟΠΟΥΛΟΣ & ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ 2002).

Τα καρστικά φαινόμενα είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης που προκαλεί το νερό της βροχής στα πετρώματα αφού εμπλουτισθεί σε CO₂ από την ατμόσφαιρα και το έδαφος. Το CO₂ προέρχεται από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Προσβάλλει κυρίως ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και μαγνησίου. Παράγοντες που επιδρούν στην καρστική διάβρωση είναι η κατάλληλη τεκτονική κατασκευή της περιοχής, η κλίση της επιφάνειας του εδάφους, οι κλιματολογικές συνθήκες και η χημική σύσταση των ασβεστόλιθων. Το αποσταγμένο νερό σε συνήθη θερμοκρασία διαλύει 16mg/lit CaCO₃, ενώ όταν είναι εμπλουτισμένο σε CO₂ κατά την αντίδραση: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$, αυξάνεται η διαλυτική του ικανότητα. Με συνηθισμένη περιεκτικότητα σε CO₂ και σε 0°C η διαλυτική ικανότητα του νερού είναι 70 mg/lit, ενώ στη φύση η τιμή κυμαίνεται από 100-200 mg/lit και φτάνει συχνά τα 400 mg/lit. Έτσι με την παρουσία του ανθρακικού οξέος στο νερό ο ασβεστόλιθος (ανθρακικό ασβέστιο) μετατρέπεται σε όξινο δισανθρακικό ασβέστιο κατά την αντίδραση: $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα προϊόντα σε περίπτωση περίσσειας CO₂ ή προς τα αντιδρώντα όταν υπάρχει έλλειψη, οπότε έχουμε διάλυση ή καθίζηση CaCO₃ ανάλογα με την περίπτωση.

Καθώς τα νερά κατεισδύουν στον ασβεστόλιθο από τις κατακλάσεις διαλύουν το ανθρακικό ασβέστιο. Σύντομα επέρχεται κορεσμός τους με αποτέλεσμα να μην μπορούν να συνεχίσουν τη διάβρωση. Για να ξεκινήσει ξανά πρέπει να έχουμε ανάμειξη δυο ή περισσότερων διαλυμάτων διαφορετικής περιεκτικότητας σε H_2CO_3 ή απλώς διαφορετικής θερμοκρασίας.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαλυτική ικανότητα του νερού αποτελούν και η θερμοκρασία και η πίεση. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται ελάττωση της διαλυτικής ικανότητας, ενώ αύξηση της πίεσης έχει ως συνέπεια την αύξηση της λόγω του ότι υπάρχει περισσότερο CO_2 σε διάλυση.

Ακόμη η διάλυση επηρεάζεται θετικά από την παρουσία ιόντων Mg^{2+} και Na^+ , ενώ το αντίθετο συμβαίνει όταν υπάρχει SO_4^{2-} .

Πολλές φορές τα ρέοντα στη μάζα του ασβεστόλιθου ύδατα χάνουν τη διαβρωτική τους ικανότητα και αποθέτουν τα περιεχόμενα σε διάλυση άλατά τους. Αυτό συμβαίνει λόγω μεταβολής των φυσικοχημικών συνθηκών. Έτσι έχουμε αποφράξεις αγωγών και ρωγμών και κατ' επέκτασιν μετατροπές στο αρχικό υπόγειο δίκτυο.

Τα νερά κατά τη διάρκεια που διαβρώνουν δεν μπορούν να προχωρήσουν σε βάθος πιο κάτω από το βασικό επίπεδο. Έτσι καρστικά σπήλαια που σήμερα βρίσκονται κάτω από το νερό σίγουρα δημιουργήθηκαν όταν η στάθμη ήταν χαμηλότερα.

Στην καρστική διάβρωση συμβάλλει κατά πολύ και η μηχανική δράση του νερού. Οι ασβεστόλιθοι αποτελούν πρακτικά αδιαπέρατα από το νερό πετρώματα, όμως συνήθως είναι κατακερματισμένα και το πλήθος των ρωγμών και των κατακλάσεων (με τριχοειδείς διαστάσεις έως και χάσματα) τα καθιστούν υδροπερατά. Έτσι εκτός από τα τεκτονικά αίτια που συντελούν στα παραπάνω, ενεργούν και τα κρυογενετικά φαινόμενα που προκαλούν διαρρήξεις στη μάζα των ασβεστόλιθων.

Οι καρστικές περιοχές χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη σπηλαίων, εγκοίλων, ρωγμών, σχισμών, καταβοθρών και κλειστών βυθισμάτων. Μια τέτοια περιοχή επίσης έχει έντονη ξηρασία λόγω της υπόγειας απορροής των υδάτων και ταυτόχρονα μειωμένη βλάστηση. Η παρουσία της ερυθράς γης (terra rossa) σηματοδοτεί μια καρστικοποιημένη περιοχή. Πρόκειται για ίζημα, κυρίως αργίλου, πλούσιου σε οξείδια σιδήρου που του προσδίδουν χρώμα ερυθρό. Τα οξείδια αυτά προκύπτουν από ανθρακικό σίδηρο που οξειδώνεται προς λειμωνίτη. Η terra rossa αποτελεί αδιάλυτο

υπόλειμμα των ασβεστόλιθων και πληρώνει οπές και ανοίγματα σε περιοχές με καρστικές μορφές. Αποθέσεις μεγάλης έκτασης είναι καλλιεργήσιμες.

Τα καρστικά φαινόμενα διαιρούνται σε επιφανειακά και υπόγεια χωρίς ουσιαστικά να διαφοροποιείται η διαδικασία πραγματοποίησής τους, αλλά ο χώρος στον οποίο συμβαίνουν.

Επιφανειακές καρστικές μορφές:

Γλυφές: γενικά είναι αβλακές βαθιές ή αβαθείς που οφείλονται στη διαλυτική δράση του νερού. Διακρίνονται σε δακτυλιογλυφές και αμαξοτροχιές με βάση το μέγεθος, τη μορφή και τον τρόπο δημιουργίας τους. Οι δακτυλιογλυφές μοιάζουν με μικρά κανάλια, σαν να έγιναν από το σύρσιμο δακτύλων πάνω στον ασβεστόλιθο. Δημιουργούνται σε κεκλιμένα στρώματα με αρκετή κλίση και είναι μικρών διαστάσεων. Οι αμαξοτροχιές δημιουργούνται σε λιγότερο κεκλιμένα στρώματα έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις και συχνά ακολουθούν το δίκτυο των διακλάσεων. Μεταξύ τους χωρίζονται με οδοντωτές ράχες. Σχεδόν πάντοτε οι γλυφές καταλήγουν σε σημεία όπου τα επιφανειακά ύδατα κατεισδύουν στα πετρώματα.

Δολίνες: πρόκειται για κλειστές λεκάνες σχήματος κυκλικού ή ελλειπτικού, όπου το βάθος είναι μικρότερο του εύρους. Οι διαστάσεις τους κατά το βάθος κυμαίνονται από δύο ως και εκατό μέτρα, ενώ του εύρους από είκοσι ως εκατοντάδες μέτρα. Στον πυθμένα τους συσσωρεύονται χημικά ιζήματα. Σ' αυτά άλλοτε συναντούμε βλάστηση, ενώ κάποιες φορές το πάχος τους είναι ικανό να συγκρατήσει τα νερά της βροχής και να δημιουργήσει τέλματα. Διακρίνονται σε εγκατακρημνισιγενείς, όταν πρόκειται για κατάρρευση της οροφής υπόγειου εγκοίλου και σε διαλυσιγενείς όταν οφείλονται σε χημική διάλυση.

Ουβάλες: η συνένωση πολλών δολινών, λόγω εκτεταμένης διάλυσης των ασβεστόλιθων, οδηγεί στο σχηματισμό ευρέων βυθισμάτων που ονομάζονται ουβάλες. Η έκτασή τους μπορεί να είναι μερικές εκατοντάδες τετραγωνικά μέτρα ως και αρκετά τετραγωνικά χιλιόμετρα. Ορισμένες φορές είναι δυνατό στο εσωτερικό μιας ουβάλας να δημιουργηθούν νέες δολίνες. Τότε η ουβάλα ανήκει σε παλαιότερο κύκλο καρστικής διάβρωσης. Τέλος οι ουβάλες τείνουν να πάρουν επίμηκες σχήμα. Αυτό συμβαίνει γιατί αποτελούν συνένωση δολινών οι οποίες ακολουθούν τα δίκτυα των διακλάσεων που παρουσιάζουν ομαλή κατανομή.

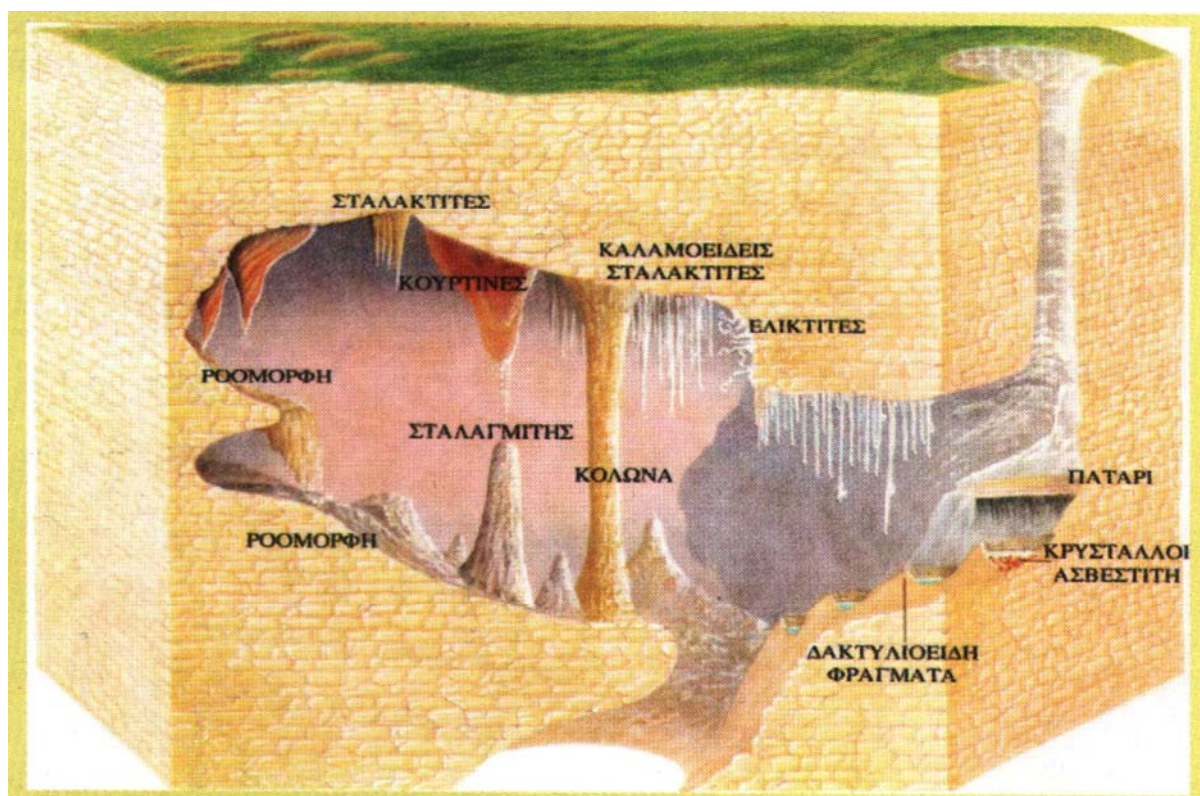
Πόλγες: είναι η μεγαλύτερη επιφανειακή καρστική μορφή. Είναι μια μεγάλη λεκάνη σε καρστικό περιβάλλον με σχήμα ελλειπτικό. Η επιφάνειά της φτάνει αρκετές εκατοντάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα. Τα νερά της πόλγης αποστραγγίζονται δια μέσου καταβόθρων που βρίσκονται στα περιθώριά της. Τελικά καταλήγουν στη θάλασσα, οπότε έχουμε υποβρύχιες πηγές ή στα γύρω όρη ως καρστικές πηγές. Κάποιες φορές όπου οι καταβόθρες επικοινωνούν με λεκάνες περιοχών που βρίσκονται ψηλότερα είναι δυνατό να μετατραπούν σε πηγές βωκλυσιανού τύπου. Αυτό συμβαίνει κατόπιν αυξήσεως του βρόχινου νερού ή τήξεως του χιονιού. Το ύψος όπου βρίσκονται οι πόλγες κυμαίνεται από ύψη κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας ως και πάνω από χίλια μέτρα. Ο πυθμένας τους αποτελείται από ένα εύφορο αλλουβιακό πεδίο και πολλές φορές συναντάμε λοφίσκους από αδιάλυτους ασβεστόλιθους που ονομάζονται *Hums*. Οι χαμηλού υψομέτρου πόλγες μπορεί να μετατραπούν σε τέλματα και λίμνες. Επίσης κάποιες μπορεί να μετατρέπονται σε λίμνες περιοδικά. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι αδύνατο να διαφύγουν τα νερά από τις καταβόθρες. Η δημιουργία των πολγών είναι συνδυασμός τεκτονικής δράσης και καρστικής διάβρωσης. Αρχικά έχουμε επιφανειακή ταπείνωση από τεκτονικά αίτια και στη συνέχεια την τελική διαμόρφωση του ανάγλυφου από καρστική διάβρωση. Είναι επίσης δυνατό η ταπείνωση να οφείλεται σε κατακρήμνιση υπόγειων εγκοίλων. Σε διαφορετική περίπτωση η δημιουργία μιας πόλγης οφείλεται στη συνένωση δολινών σε ουβάλες και τελικά ουβάλων σε πόλγη.

Υπόγειες καρστικές μορφές:

Καταβόθρες: πρόκειται για μορφές που αναπτύσσονται κατακόρυφα ή με μεγάλη κλίση και επικοινωνούν με την επιφάνεια. Προχωρούν στον ασβεστόλιθο κατά βάθος και συνδέονται σε πολύπλοκα συστήματα αγωγών και οχετών, βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία ή στα περιθώρια λεκανών.

Υπόγειοι οχετοί: πρόκειται για υπόγειες οδούς στις οποίες ρέει ελεύθερα ή υπό πίεση το νερό. Χαρακτηριστικό τους είναι το πολύ μεγάλο μήκος σε σχέση με το πλάτος και το ύψος τους.

Σπήλαια: είναι υπόγεια έγκοιλα αρκετά μεγάλων διαστάσεων που επικοινωνούν με την ατμόσφαιρα μέσω στενών οπών και είναι επισκέψιμα από τον άνθρωπο (εικόνα 1). Ο σχηματισμός των σπηλαίων ακολουθεί τις επιφάνειες διακλάσεων και διαστρώσεως του ασβεστόλιθου. Έτσι αναπτύσσεται αναλόγως κατακόρυφα ή οριζόντια. Όταν οι δυο αυτές επιφάνειες διασταυρώνονται είναι δυνατή η δημιουργία θολωτής μορφής. Ο θόλος διευρύνεται με προοδευτική κατάπτωση της οροφής και των περιθωρίων του. Αν η ανάπτυξη του θόλου γίνει κατακόρυφα και τελικά έχουμε κατάρρευση της οροφής σχηματίζεται ένα φυσικό φρεάτιο, ενώ αν υπάρχει οριζόντια ανάπτυξη και ακολουθήσει πτώση της οροφής έχουμε επιφανειακά το σχηματισμό ενός χαίνοντος βαράθρου. Τα περισσότερα σπήλαια αναπτύσσονται σε ασβεστόλιθους. Όμως δεν είναι όλοι πλούσιοι σε αριθμό σπηλαίων. Αυτό συμβαίνει γιατί η ύπαρξή τους οφείλεται στο βαθμό διακλαστικότητας συνοχής και διαλυτότητας των ασβεστόλιθων.



Εικόνα 1. Απεικόνιση σπηλαίου σε στερεόγραμμα
(από UNDERGROUND WORLD 1991, τροποποιημένο από ΤΣΟΥΚΑΛΑ 2003)

1.4 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΣΠΗΛΑΙΑ ΣΕ ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΕΣ

Τα πρωτογενή σπήλαια σε τραβερτινικές αποθέσεις δημιουργούνται ταυτόχρονα με την απόθεση του τραβερτίνη. Οι τραβερτίνες αποτίθενται από υδάτινα ρεύματα, ποτάμια – ρυάκια με σημαντική περιεκτικότητα διαλυμένων αλάτων Ca, Mg κ.λπ. (FORD & PEDLEY 1996). Τα νερά αυτά προέρχονται είτε από μια πηγή καρστική, είτε μια θερμή πηγή ή αποτελούν ένα ποταμό που δέχεται μεγάλη ποσότητα νερών με την παραπάνω προέλευση.

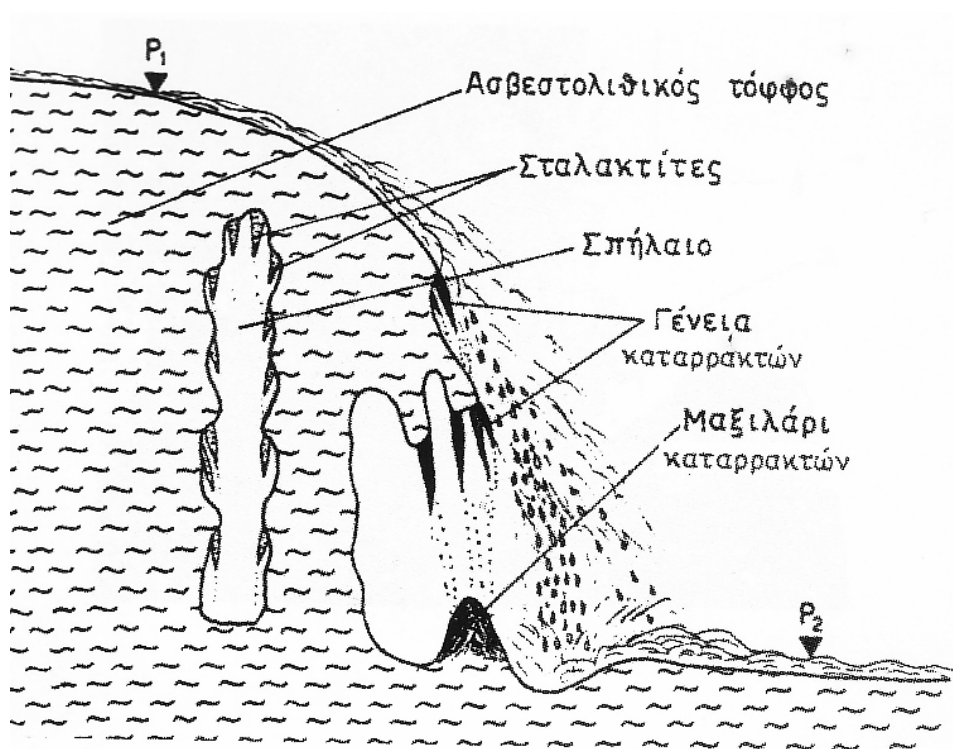
Η απόθεση είναι συνδεδεμένη με αλλαγή των φυσικοχημικών συνθηκών που προκαλεί τη διαφυγή του CO₂ και την καθίζηση του CaCO₃ και των άλλων αλάτων σε οργανικά και ανόργανα υλικά. Η αλλαγή των φυσικοχημικών συνθηκών μπορεί να οφείλεται σε διάφορα αίτια (αλλαγή θερμοκρασίας, πίεσης, κ.λπ.), όμως στη περίπτωση δημιουργίας πρωτογενών σπηλαίων ενδιαφέρον έχει η ανατάραξη, ο αερισμός και κάποιες φορές κυρίως ο στροβιλισμός του νερού σε θέσεις καταρρακτών (ZHANG et al. 2000).

Τα πρωτογενή σπήλαια σε τραβερτίνες δημιουργούνται σε καταρράκτες. Στους καταρράκτες αυτούς αναπτύσσονται βρυόφυτα και άλλοι φυτικοί οργανισμοί, είτε στο χώρο κάτω από τους καταρράκτες απ' όπου πέφτουν τα νερά, είτε στη βάση του χώρου αυτού και ονομάζονται **“γένεια”** ή **“μαξιλάρια”** των καταρρακτών αντίστοιχα. Οι οργανισμοί αυτοί αποτελούν και το **“υπόβαθρο”** για την απόθεση των τραβερτινών και την προχώρηση του μετώπου των καταρρακτών. Η απόθεση CaCO₃ κατά λεπτά στρώματα πάνω στα φυτά λέγεται **περιλίθωση** και τα αίτια της αναφέρονται παραπάνω ενώ το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία τραβερτινών στις θέσεις των γενειών, των μαξιλαριών και του μετώπου του καταρράκτη. Όταν καθώς προχωρά το μέτωπο των καταρρακτών (λόγω συνεχούς απόθεσης) συμβεί κάποιες φορές να ενωθούν τα γένεια με τα μαξιλάρια, δημιουργούν ένα κατακόρυφο φράγμα και αποκλείεται ένας χώρος πίσω από το μέτωπο του καταρράκτη. Η ένωση αυτή έχει να κάνει με το ότι η πρόοδος της απόθεσης σ' αυτές τις θέσεις προκαλεί την ανάπτυξη των αποθέσεων κατά ανταγωνιστικό τρόπο με αποτέλεσμα να συναντιούνται (ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ 1998).

Οι αποκλεισμένοι χώροι που δημιουργούνται αποτελούν τα πρωτογενή σπήλαια. Τα σπήλαια αυτά χαρακτηρίζονται από τη μικρή τους έκταση και το ότι η διεύθυνση

ανάπτυξης τους είναι εγκάρσια στη διεύθυνση ροής του ποταμού που τα δημιούργησε. Το μήκος τους αντιστοιχεί περίπου στο πλάτος του καταρράκτη (σχήμα 1).

Τοπικό σπήλαιο αυτής της κατηγορίας στην Ελλάδα υπάρχει στους καταρράκτες της Έδεσσας (ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ 1998).



Σχήμα 1. Τρόπος ανάπτυξης πρωτογενών σπηλαίων σε τραβερτίνες
(ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ 1998)

1.5 Η ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ

1.5.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Ως περιοχή μελέτης ορίζεται η λεκάνη του Κρουσοβίτη (Αχλαδίτη) ποταμού που αποτελεί μέρος της Νεογενούς λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα και βρίσκεται στο ΒΑ τμήμα αυτής (χάρτης 1, στο παράρτημα). Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ κατά μήκος του άξονα Σιδηροκάστρου-Αχλαδοχωρίου και καταλαμβάνει έκταση περίπου 170 km². Οριοθετείται προς τα ΝΔ από τη λεκάνη των Σερρών, προς τα Δ από το γρανιτικό όγκο Αλή-Μπαμπά και Β από τη μεταμορφωμένη περιοχή του Αγκίστρου.

1.5.2 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η λεκάνη του Κρουσοβίτη τοποθετείται, με βάση τη διαίρεση των Ελληνικών οροσειρών σε γεωτεκτονικές ζώνες, στη Μάζα της Ροδόπης. Στη Μάζα της Ροδόπης ανήκει η Θράκη, η ανατολική Μακεδονία με όριο τη γραμμή του Στρυμόνα, η Θάσος καθώς και ένα τμήμα της Βουλγαρίας. Μαζί με τη Σερβομακεδονική αποτελούν την «Ελληνική Ενδοχώρα», τμήμα του παλιού πυρήνα που περιβαλλόταν από τους δύο αλπικούς κλάδους.

Η Μάζα της Ροδόπης αποτελείται στο σύνολο της από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα. Ο Osswald (ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ 1985) διαίρεσε το κρυσταλλοσχιστώδες στις εξής τέσσερις σειρές, από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες:

1. Η σειρά Ε των γενεσίων της βάσης.
2. Η σειρά F των μαρμάρων
3. Η σειρά G των μαρμαρυγιακών σχιστολίθων
4. Η σειρά H των σχιστολίθων και μαρμάρων

Ο Βορεάδης (ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ 1985) στη νήσο Θάσο διαχωρίζει το κρυσταλλοσχιστώδες της Ροδόπης στον κατώτερο γενεσιακό πυρήνα, ένα ενδιάμεσο μάρμαρο, έναν ενδιάμεσο οριζοντα γενεσίων και το ανώτερο μάρμαρο.

Οι Παπανικολάου και Παναγόπουλος (ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ 1985) διαχωρίζουν τη Μάζα της Ροδόπης στην ενότητα Σιδηρονερίου και την ενότητα Παγγαίου. Η πρώτη αποτελείται από ορθογενεσίους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιγματίτες, ενώ η δεύτερη από ένα κατώτερο οριζοντα μαρμάρων και έναν ανώτερο οριζοντα σχιστολίθων και μαρμάρων.

Στη Μάζα της Ροδόπης έντονη είναι η παρουσία όξινων πυριγενών πετρωμάτων, πλουτωνικών και ηφαιστειακών. Ο μαγματισμός αυτός έχει ηωκαινική-ολιγοκαινική ηλικία και σχετίζεται με την ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων που διαδέχθηκαν τις συμπιεστικές κατά την εξέλιξη του ελληνικού ορογενούς.

1.5.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Η λεκάνη του Κρουσοβίτη αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα, τμήμα της ευρύτερης λεκάνης Σερρών-Παγγαίου. Η λεκάνη Σερρών-Παγγαίου οφείλει τη δημιουργία της

στις τάσεις προς αποκατάσταση της ισορροπίας μετά την Αλπική πτύχωση. Δηλαδή στην επικράτηση εφελκυστικών τάσεων και των αντίστοιχων τεκτονικών δομών μετά τις συμπιεστικές τάσεις κατά την ορογένεση.

Το όριο της μάζας της Ροδόπης με τη ζώνη της Σερβαμακεδονικής, βρίσκεται στη λεκάνη αυτή και εντοπίζεται μόνο σε δυο σημεία. Το ένα βρίσκεται βόρεια στο χωριό Προμαχώνας και το άλλο νότια, όπου επωθείται η σειρά των Κερδυλλίων επί της ενότητας Παγγαίου της μάζας της Ροδόπης και το όριο αποδίδεται γενικά σε εφίππευση ή επώθηση της Σερβομακεδονικής στη μάζα της Ροδόπης. Το όριο στο μεγαλύτερο μήκος του καλύπτεται από τις Νεογενείς αποθέσεις του Στρυμόνα.

Υπάρχει και η άποψη (ΚΑΡΥΣΤΙΝΑΙΟΣ 1984) πως η γένεση της λεκάνης του Στρυμόνα οφείλεται σε ένα ρήγμα οριζόντιας συστροφικής μετατόπισης με ανώμαλη επιφάνεια που προκαλεί τοπικές ζώνες συμπίεσης και εφελκυσμού και εξηγεί ικανοποιητικά το μεγάλο βύθισμα της πολυτεμαχισμένης κοιλάδας του Στρυμόνα.

Τα τεκτονικά αυτά γεγονότα συνέβησαν κατά το Άνω Ολιγόκαινο. Οι ρηξιγενείς δομές που ορίζουν τη λεκάνη του Κρουσοβίτη διακρίνονται στα περιθωριακά τμήματα και το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο. Ακολουθεί η διαμόρφωση της λεκάνης αφενός με τη διάβρωση και αφετέρου με την απόθεση ιζημάτων.

Κατά το Μειόκαινο η περιοχή μετατράπηκε σε λίμνη, στην οποία πραγματοποιήθηκε εντατική απόθεση κλαστικών υλικών. Επίσης κατά τον Burgestein την ίδια περίοδο εισχωρεί η θάλασσα του Σαρματίου σε διάφορες θέσεις της Αιγίδας. Η είσοδος αυτή φτάνει κατά τον Cvijic ως το βαθύπεδο Σερρών-Σιδηροκάστρου. Ωστόσο κατά τον Würm (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1966) στην περιοχή του Σιδηροκάστρου δεν παρατηρούνται θαλάσσια ιζήματα, αλλά αντικαθίστανται από λιμναία και ποτάμια.

Την τελική μορφή της απέκτησε η λεκάνη μετά την απόθεση των ολισθοστρωμάτων, η οποία τοποθετείται στο Πλειστόκαινο, οπότε συνέβησαν και νέα βυθίσματα της περιοχής. Τα γεγονότα αυτά οδήγησαν στη δημιουργία της κοίτης του Κρουσοβίτη στο κέντρο της λεκάνης. Σε υψόμετρο 80 μ. υπάρχει μια αναβαθμίδα του ποταμού που υποδεικνύει μια ακόμη ανοδική κίνηση (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1966).

Η λεκάνη του Κρουσοβίτη, όπως ήδη αναφέρθηκε, δημιουργήθηκε στο Άνω Ολιγόκαινο, όποτε τα ιζήματα που πληρώνουν το χώρο αυτής είναι νεότερα (χάρτης 1, παράρτημα). Το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της μάζας της Ροδόπης και συγκεκριμένα από γνεύσιους, μαρμαρυγακούς σχιστόλιθους, οφθαλμογνεύσιους και μάρμαρα στα βόρεια και χαλαζιακούς μονζονίτες και γνευσιοειδείς μονζονίτες στο ΝΑ τμήμα της λεκάνης.

Οι παλαιότερες αποθέσεις είναι του Νεογενούς και έχουν πάχος περίπου 300 μ., συνίστανται δε από λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις. Αργιλλοψαμμίτες εναλλασσόμενοι με κροκαλοπαγή, άμμους, μάργες, ερυθροπηλούς ψηφιδοπαγή, συνεκτικούς ψαμμίτες αποτελούν τα νεογενή στρώματα της λεκάνης, στα οποία πολλές φορές παρεμβάλλονται λιγνιτικά στρώματα.

Ακολουθούν οι αποθέσεις κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου των ολισθοστρωμάτων που επικάθονται ασύμφωνα στους νεογενείς σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί των ολισθολίθων είναι λατυποπαγή από γωνιώδεις λατύπες χονδροκρυσταλλικών και αδρομερών μαρμάρων ισχυρά συγκολλημένων, με ασβεστοτικό υλικό. Στο Πλειστόκαινο τοποθετούνται και οι εμφανίσεις ασβεστολιθικών τόφφων και τραβερτινών στη περιοχή, που βρίσκονται σε ασυμφωνία με τις νεογενείς αποθέσεις. Κατά τον ΣΩΤΗΡΙΑΔΗ (1966) η δημιουργία τους οφείλεται, είτε στην παρουσία μικρών λιμνών στις οποίες έγινε η ιζηματογένεση, είτε στις θερμές πηγές, είτε στην ύπαρξη τοπικών καταρρακτών.

Επίσης πλειστοκαινικές θεωρούνται οι προσχώσεις, τα κορήματα και οι λιθώνες στη περιοχή του Αχλαδοχωρίου, που οφείλονται σε τοπικούς υποτυπώδεις παγετώνες. Η μεγάλη συσσώρευση κροκαλών τεραστίου μεγέθους, γρανιτικής σύστασης, με μορφή αναβαθμίδας κατά μήκος του Κρουσοβίτη τοποθετούνται χρονολογικά σ' αυτήν την περίοδο (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1966).

Τέλος στο ΝΔ κυρίως τμήμα της λεκάνης παρατηρούνται νεότερες αποθέσεις των χειμάρρων, αποτελούμενες κυρίως από κροκάλες ποικίλης σύστασης και αμμόδεις πηλούς (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1966).

Το ανάγλυφο της λεκάνης του Κρουσοβίτη στις παρυφές της και το κεντρικό της τμήμα έχει λοφώδη χαρακτήρα, ενώ οριοθετείται από ένα σύνολο ορεινών όγκων με διάφορη πετρογραφική σύσταση και διεύθυνση των ράχων ΝΔ-ΒΑ.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η παρουσία των ολισθοστρωμάτων από λατυποπαγή μαρμάρων που κατέχει τα υψηλότερα σημεία (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1966). Η εικόνα αυτή δημιουργείται λόγω της διαφορετικής διάβρωσης μεταξύ των ολισθοστρωμάτων και των νεογενών ιζημάτων που διαβρώνονται ευκολότερα, με αποτέλεσμα η ταπεινώσή τους να είναι γρηγορότερη και να μένουν οι ολισθόλιθοι εξέχοντες στα υψηλότερα σημεία.

Ο Κρουσοβίτης ποταμός δέχεται τα νερά της λεκάνης, τα οποία είναι κυρίως όμβρια. Έχει χειμαρρώδη ροή και η κοίτη του απέχει πολύ από την τελική καμπύλη του ορίου κλίσεως.

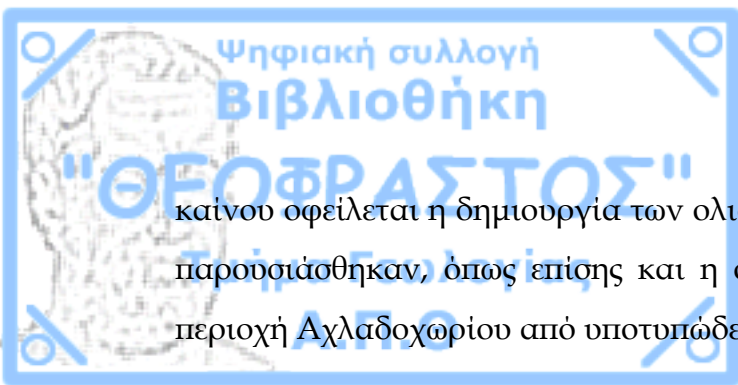
Τα ρέματα που καταλήγουν στον Κρουσοβίτη διασχίζουν εγκάρσια τη λεκάνη και έχουν διεύθυνση Β-Ν. Χαρακτηριστική είναι η ισχυρή διάβρωση της περιοχής και το V σχήμα των ρεμάτων αυτής.

1.5.6 ΠΑΛΑΙΟΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Στη διαμόρφωση της μορφολογίας της λεκάνης του Κρουσοβίτη και κυρίως στις λεπτομέρειες αυτής, εκτός από τη τεκτονική κατασκευή έχουν μεγάλη σημασία και οι συνθήκες του παλαιοκλίματος.

Κατά τον ΣΩΤΗΡΙΑΔΗ (1966) σύμφωνα με τα παρατηρούμενα ερυθροστρώματα της περιοχής και την ορυκτολογική τους σύσταση το κλίμα κατά την εποχή του Μειοκαίνου πρέπει να ήταν θερμό και υγρό, με εναλλαγές υγρών και ξηρών περιόδων κατά τη διάρκεια του έτους. Εκτός από τα ερυθροστρώματα, αναφέρεται η ύπαρξη εύκρατου κλίματος από την τιμή επιπλατώνσεως των κροκαλών αυτής της ηλικίας. Επίσης με βάση το ότι στη περιοχή έχουν μεταφερθεί τεράστιοι ογκόλιθοι, κυρίως γρανιτικοί, συμπεραίνεται πως η τιμή των βροχοπτώσεων ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη της σημερινής.

Κατά το Πλειστόκαινο οι συνθήκες ήταν διαφορετικές και επικρατούσε ψυχρό κλίμα (περιπαγετώδεις συνθήκες). Στις παλαιοκλιματολογικές συνθήκες του Πλειστο-



καίνου οφείλεται η δημιουργία των ολισθόλιθων με τα κρυογενετικά φαινόμενα που παρουσιάστηκαν, όπως επίσης και η συσσώρευση υλικών με μορφή λιθώνων στη περιοχή Αχλαδοχωρίου από υποτυπώδεις παγετώνες κατά το Διλούβιο.

1.5.7 ΤΟ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ

Τα γεωθερμικά νερά ($T > 29^{\circ}\text{C}$) της περιοχής Σιδηροκάστρου-Θερμοπηγής είναι $\text{Na}(\text{Ca})\text{-HCO}_3$, ενώ τα ψυχρά $\text{Ca}(\text{Mg})\text{-HCO}_3$ νερά χαμηλότερης θερμοκρασίας έχουν χημισμό παρόμοιο με τα γεωθερμικά. Τα γεωθερμικά νερά είναι εμπλουτισμένα σε SO_4^{2-} και σε F^- ενώ το SiO_2 κυμαίνεται μεταξύ 28-75 mg/l. Το Ca^{2+} φαίνεται να συνδέεται με τα μάρμαρα και με τους τραβερτίνες. Δεν παρατηρείται καμία σχέση μεταξύ των διαφόρων συστατικών με τη θερμοκρασία. Τα γεωθερμικά νερά περιέχουν CO_2 και είναι ελαφρώς κορεσμένα ως προς ασβεσίτη. Από την εφαρμογή των χημικών γεωθερμόμετρων εκτιμάται ότι η θερμοκρασία των ρευστών στο βάθος είναι της τάξης των 100°C και συνηγορεί σ' αυτό και η παρουσία εκτεταμένων αποθέσεων τραβερτινών, στοιχείο ενδεικτικό μη υψηλών θερμοκρασιών, εκτός κι αν οξυανθρακικά νερά, μετά τη ψύξη τους, έρχονται σ' επαφή με ασβεστόλιθους (ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ et al. 2001).

2. ΤΑ ΣΠΗΛΑΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ

Στην περιοχή υπάρχουν αρκετά σπήλαια, έγκοιλα και παρεμφερείς μορφές κατά μήκος του Κρουσοβίτη, πρωτογενείς ή δευτερογενείς. Τα πρωτογενή είναι σχηματισμένα σε τραβερτινικές αποθέσεις και τα δευτερογενή σε λατυποπαγή μαρμάρων (ολισθόλιθοι) ή μάρμαρα. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα σημαντικότερα σπήλαια, δηλαδή αυτά που αποτελούν τυπικά παραδείγματα των σπηλαίων που καταγράφηκαν στη λεκάνη του Κρουσοβίτη, ενώ παράλληλα γίνεται απόπειρα ερμηνείας της διαδικασίας γένεσής τους.

2.1 ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΣΠΗΛΑΙΑ

Στην κατηγορία των δευτερογενών σπηλαίων ανήκουν τα σπήλαια που διανοίχτηκαν στα μάρμαρα ή τα λατυποπαγή μαρμάρων της υπό μελέτη περιοχής, με τη διαδικασία της καρστικής διάβρωσης. Τα σπήλαια αυτά συναντώνται, είτε κατά μήκος του Κρουσοβίτη, διανοιγμένα στους ολισθόλιθους, είτε στην περιοχή του Καπνόφυτου και Αχλαδοχωρίου στα μάρμαρα του Άγκιστρου.

2.1.1 ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΣΠΗΛΑΙΑ ΣΕ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

Κατά μήκος του Κρουσοβίτη ποταμού καταγράφηκαν πολλά μικρά σπήλαια, έγκοιλα και καρστικοί αγωγοί διανοιγμένοι σε λατυποπαγή μαρμάρων. Παρακάτω περιγράφονται ξεχωριστά οι αντιπροσωπευτικότερες μορφές και οι σημαντικότερες τοποθεσίες όπου αυτές παρατηρήθηκαν.

2.1.1.1 ΣΠΗΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ «ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΕΣ»

Η περιοχή αυτή βρίσκεται ΒΑ του Μαύρου Βράχου και είναι γνωστή με την ονομασία «καταρράκτες». Εκεί έχουν γίνει έργα εξομάλυνσης της κλίσης της κοίτης του χειμάρρου με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καταρράκτες (εικόνα 2). Εκεί καταγράφηκαν τα εξής έγκοιλα και σπήλαια:



Εικόνα 2. Η περιοχή “καταρράκτες” στη λεκάνη του Κρουσοβίτη

- i. Ένα μικρό έγκοιλο, πληρωμένο με ιζήματα του χειμάρρου, στο ύψος του ποταμού. Βρίσκεται ακριβώς δίπλα στον τεχνητό καταρράκτη (εικόνα 3).



Εικόνα 3. Μικρό έγκοιλο στην περιοχή “καταρράκτες”

- ii. Ακριβώς απέναντι από το προηγούμενο, σε ύψος δέκα περίπου μέτρα από την στάθμη του χειμάρρου, ο βράχος είναι κοίλος κι’ έχει θολωτή μορφή (βραχοκαταφύγιο) (εικόνα 4). Στη βάση του θόλου δυο ανοίγματα που

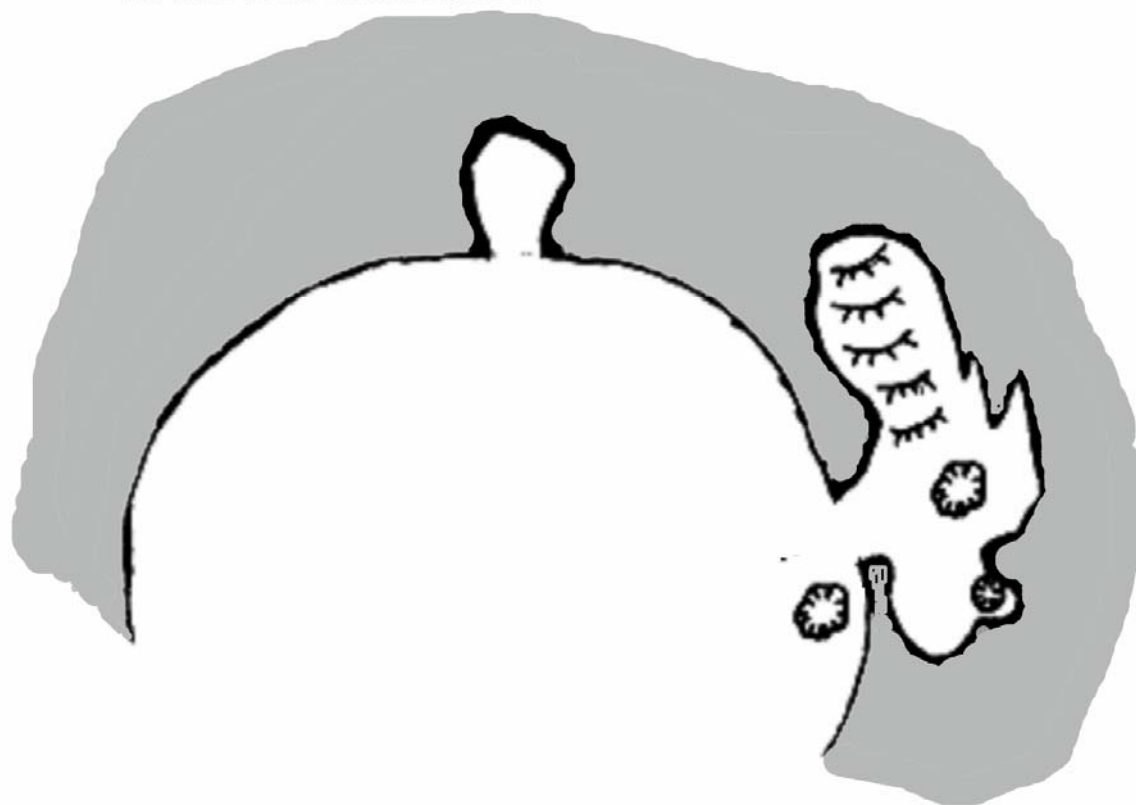
υπάρχουν αποτελούν τις εισόδους δύο εγκοίλων (σχήμα 2). Το πρώτο έχει μήκος έξι με επτά μέτρα και ύψος περίπου τρία, δεν έχει καθόλου διάκοσμο και τα τοιχώματά του είναι μαυρισμένα και γραμμένα με μπογιές (εικόνα 5). Το δεύτερο έχει μικρότερη είσοδο, όμως είναι μεγαλύτερων διαστάσεων (εικόνα 6). Στο δάπεδό του τα ιζήματα είναι σκαμμένα από λαθρανασκαφείς. Πρόκειται για μια αίθουσα χωρίς διακλαδώσεις και διαδρόμους με το αριστερό τμήμα ανηφορικό. Σε αρκετά σημεία έχει διάκοσμο αποτελούμενο από τα συνήθη σπηλαιοθέματα (εικόνες 7,8). Στο σπήλαιο διαβιούν πολλές νυχτερίδες. Το βραχοκαταφύγιο αυτό, με τα δύο έγκοιλα στο εσωτερικό του, θεωρείται το σημαντικότερο της τοποθεσίας αυτής. Από σπηλαιολογική άποψη είναι το καλύτερα ανεπτυγμένο και το μόνο που παρουσιάζει ανάπτυξη σε σημαντικό βαθμό σπηλαιοθεμάτων στο εσωτερικό του, ενώ έχει και πιθανό αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Έξω από την είσοδο του μεγάλου εγκοίλου και κοντά στη βάση του τοιχώματος του βραχοκαταφυγίου υπάρχει ένα σκάμμα λαθρανασκαφής. Στα διαταραγμένα ιζήματα βρέθηκαν οστά ζώων και όστρακα.



**Εικόνα 4. Το βραχοκαταφύγιο με τα δύο έγκοιλα στην περιοχή “καταρράκτες”
στη λεκάνη του Κρουσοβίτη**

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ

ΤΟΥ ΒΡΑΧΟΚΑΤΑΦΥΓΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΔΥΟ ΕΓΚΟΙΛΑ
ΣΤΗ ΚΟΙΛΑΔΑ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ
ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ "ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΕΣ"

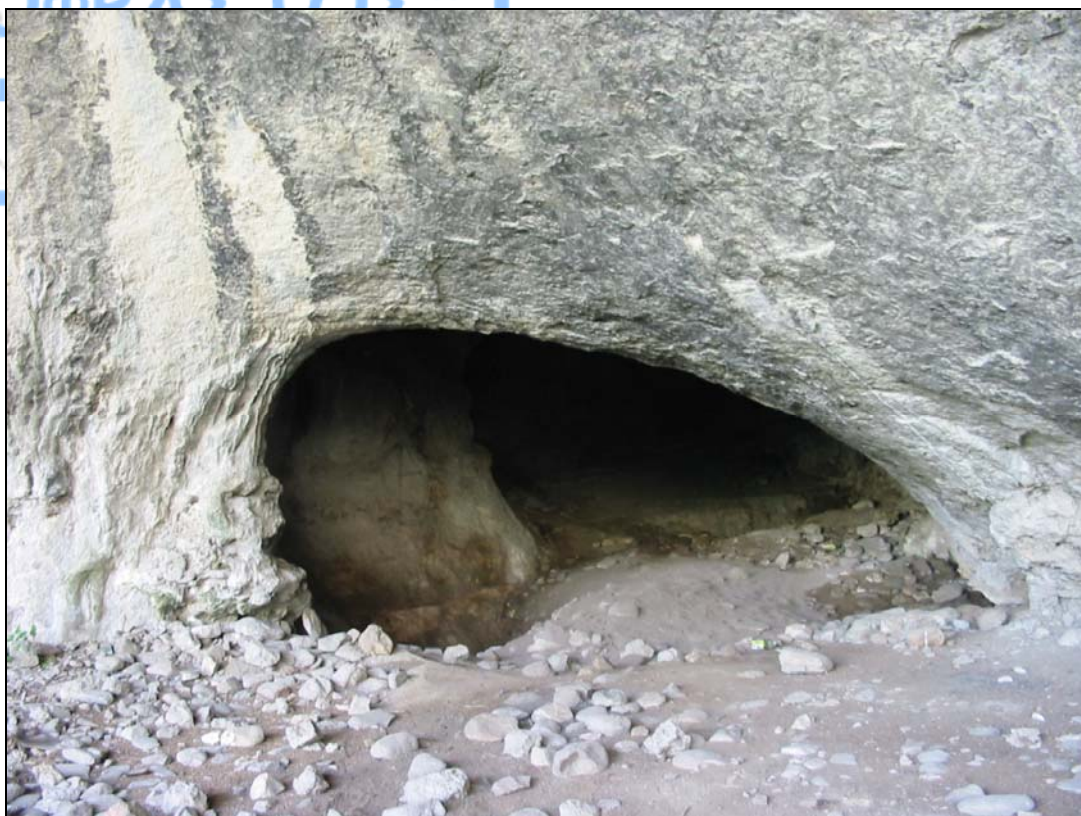


ΥΠΟΜΝΗΜΑ

0 25m
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

ΛΑΘΡΑΝΑΣΚΑΦΗ
ΚΛΙΣΕΙΣ

Σχήμα 2. Σκαρίφημα του βραχοκαταφύγιου με τα δυο έγκοιλα στην περιοχή των "καταρρακτών" στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού



**Εικόνα 5. Το μικρό έγκουλο στο βραχοκαταφύγιο στην περιοχή «καταρράκτες»,
στη λεκάνη του Κρουσοβίτη**



**Εικόνα 6. Το μεγάλο έγκουλο στο βραχοκαταφύγιο στην περιοχή «καταρράκτες»,
στη λεκάνη του Κρουσοβίτη**



Εικόνα 7. Κολώνες στο μεγάλο έγκοιλο που βρίσκεται στο βραχοκαταφύγιο στην περιοχή «καταρράκτες» στη λεκάνη του Κρουσοβίτη



Εικόνα 8. Μικροανάγλυφα στα σπηλαιοθέματα του μεγάλου εγκοίλου που βρίσκεται στο βραχοκαταφύγιο στην περιοχή «καταρράκτες» στη λεκάνη του Κρουσοβίτη. Οφείλονται στο φαινόμενο της συμπίκνωσης στην ατμόσφαιρα του σπηλαίου, την επικάλυψη των σταγονιδίων πάνω στα σπηλαιοθέματα και τη δέσμευση στα σημεία αυτά αιωρούμενων λεπτόκοκκων υλικών

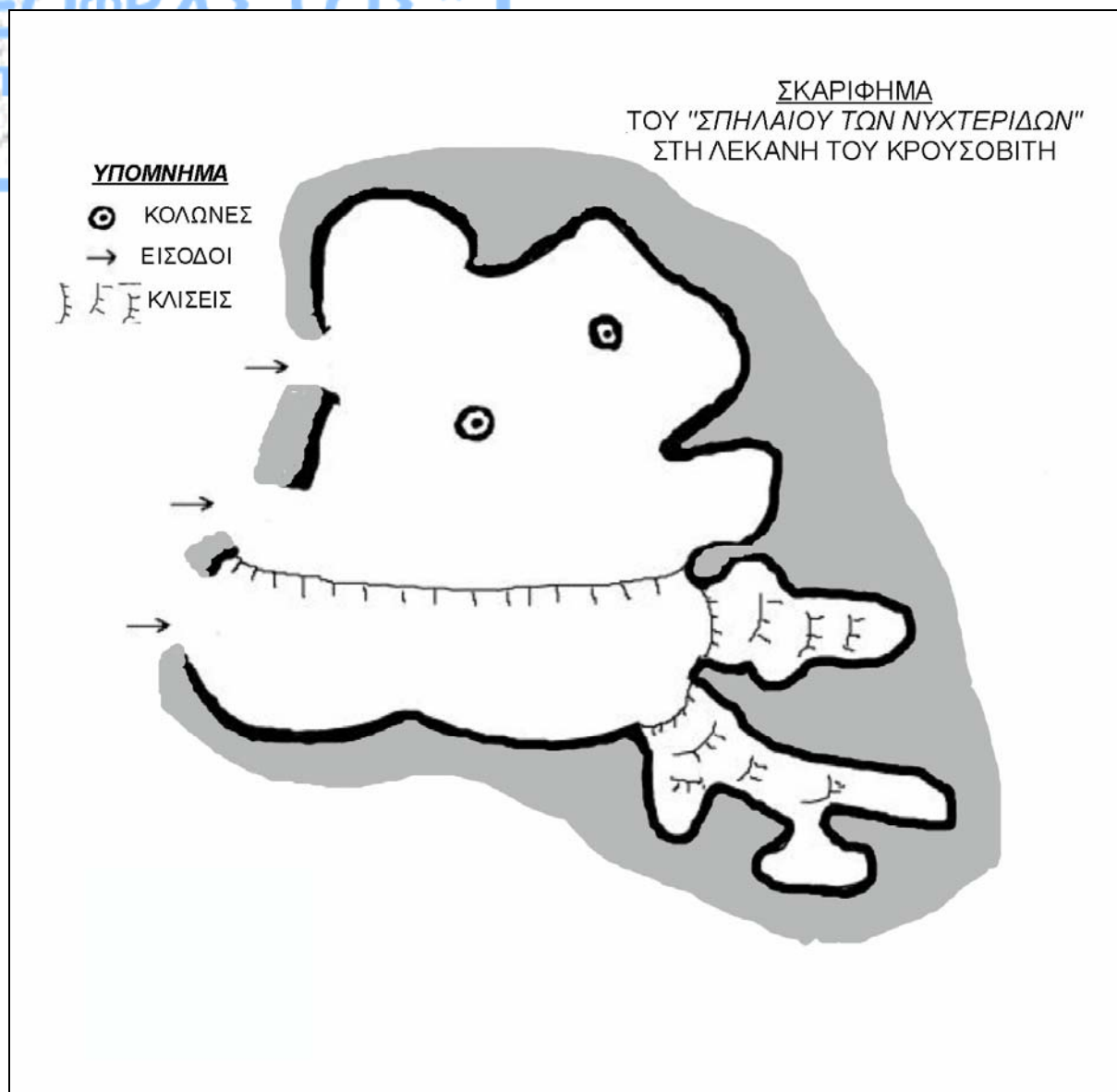


Εικόνα 9. Έγκοιλο στη περιοχή «καταρράκτες» στη λεκάνη του Κρουσοβίτη με χαρακτηριστική είσοδο αποτελούμενη από τρία ανοίγματα

- iii. Στη ίδια όχθη, πιο ψηλά, βρέθηκε άλλο ένα έγκοιλο, επίσης μικρών διαστάσεων. Είχε μήκος επτά μέτρα και ύψος οροφής τέσσερα, χωρίς καθόλου διάκοσμο. Χαρακτηριστική ήταν η είσοδός του, η οποία αποτελούνταν από τρία διαδοχικά κατά την κατακόρυφο ανοίγματα (εικόνα 9).
- iv. Ένα ακόμη σπήλαιο που εξερευνήθηκε βρίσκεται ακριβώς απέναντι από το προηγούμενο, στο υψηλότερο σχεδόν σημείο (εικόνα 10). Μπαίνοντας σ' αυτό υπάρχει ένας θάλαμος χωρίς καθόλου διάκοσμο και ορισμένες κολώνες στο αριστερό τμήμα του (σχήμα 3). Οι κολώνες δεν είναι δευτερογενώς σχηματισμένες, αλλά αποτελούνται από το μητρικό πέτρωμα στο οποίο είναι διανοιγμένο το σπήλαιο. Από το δεξί τμήμα του ξεκινούν με μικρά κατεβάσματα στενοί διάδρομοι μικρού μήκους. Σ' όλο το σπήλαιο κατοικούν νυχτερίδες και οργανισμοί που συντηρούνται από το γουανό αυτών. Στο σπήλαιο αυτό έχει δοθεί το όνομα «σπήλαιο των νυχτερίδων».



Εικόνα 10. Οι εισοδοί του «σπηλαίου των νυχτερίδων» στην περιοχή «καταρράκτες» της λεκάνης του Κρουσοβίτη ποταμού



Σχήμα 3. Σκαρίφημα του «σπηλαίου των νυχτερίδων» στη περιοχή «καταρράκτες» της λεκάνης του Κρουσοβίτη ποταμού

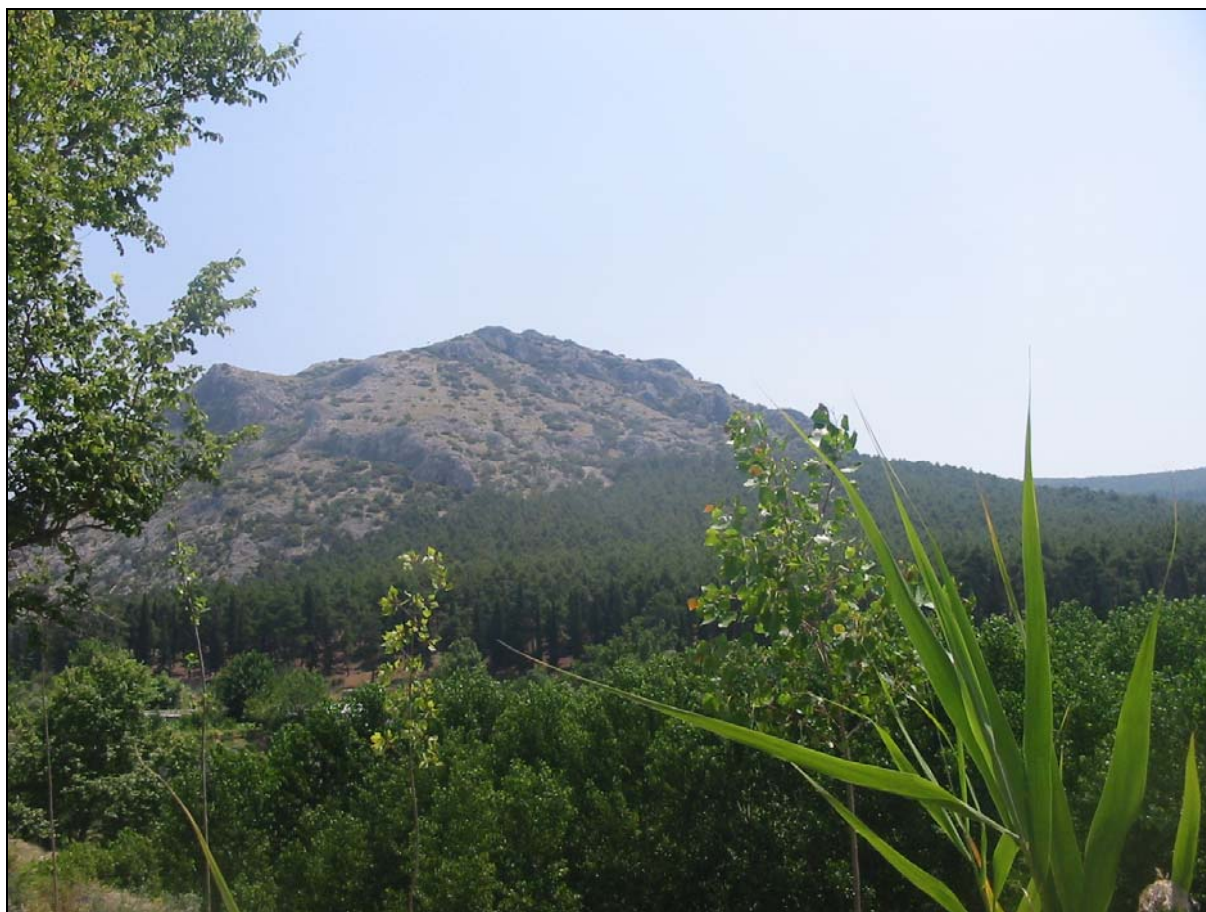
Σημειώνεται επίσης πως στον ευρύτερο χώρο αυτής της τοποθεσίας υπάρχουν και άλλα μικρά έγκοιλα.

Στις παραπάνω μορφές απουσιάζουν σχεδόν τελείως τα σπηλαιοθέματα, με εξαίρεση το μεγάλο έγκοιλο στο βραχοκαταφύγιο που αναφέρθηκε (περίπτωση ii), όπου παρατηρήθηκαν σταλακτίτες, σταλαγμίτες και κολώνες, ροόλιθοι και ανάγλυφα-μικροσχηματισμοί λεπτόκκων ιζημάτων πάνω σ' αυτά (εικόνες 7,8).

2.1.1.2 ΣΠΗΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ « ΖΕΣΤΑ ΝΕΡΑ »

Η πηγή «Ζεστά Νερά» βρίσκεται 2,3 χλμ. από το Σιδηρόκαστρο προς το Αχλαδοχώρι και 280 μέτρα δεξιά (κοντά στις πσίνες Αμανατίδη), στη βάση του λόφου με το τοπωνύμιο “Μαύρος Βράχος” (εικόνα 11).

- i. Εκεί κοντά μια ρεματιά έχει περιφραχθεί και χρησιμοποιείται ως στάνη. Μέσα σ’ αυτόν τον περιφραγμένο χώρο υπάρχει ένα βραχοκαταφύγιο μικρής σημασίας ως σπηλαιομορφή, σημαντικό όμως γιατί μπροστά από αυτό υπάρχει λαξευμένη στο βράχο μια θολωτή κατασκευή, σκαλιά που οδηγούν σ’ αυτήν, λαξευμένες κόγχες στο εσωτερικό της και καθίσματα.
- ii. Ακόμη πάνω από την πηγή, στο λόφο, υπάρχουν αρκετά μικρά έγκοιλα.

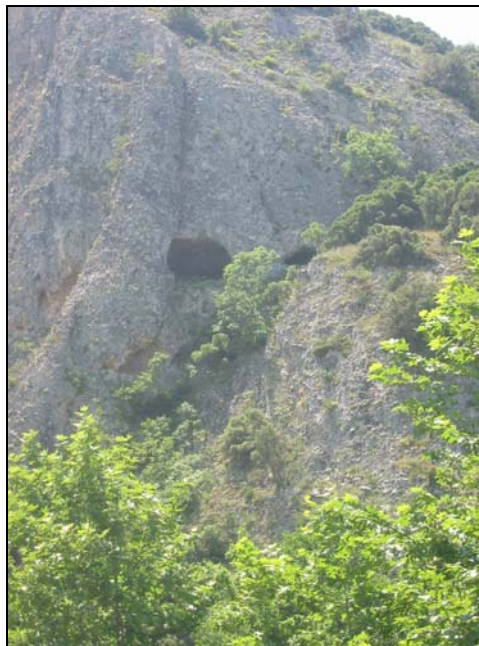


Εικόνα 11. Ο λόφος με το τοπωνύμιο “Μαύρος Βράχος” στην περιοχή “Ζεστά Νερά” στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού. Στην τοποθεσία αυτή βρίσκονται αρκετά μικρά έγκοιλα

2.1.1.3 ΣΠΗΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΦΥΤΟΥ

Στη διασταύρωση προς Καπνόφυτο, τόσο πάνω στο δρόμο Σιδηροκάστρου-Αχλαδοχωρίου, όσο και στη γύρω περιοχή υπάρχουν έγκοιλα και καρστικοί αγωγοί, μικρών διαστάσεων, σε διάφορα υψόμετρα πάνω από τον Κρουσοβίτη (εικόνες 12,13,14). Η απουσία διακόσμου και η μικρή τους έκταση, όπως και στα προηγούμενα, είναι τα κοινά χαρακτηριστικά τους.

Εικόνα 12. Έγκοιλα στην περιοχή του Καπνόφυτου



Εικόνα 13. Έγκοιλα στην περιοχή του Καπνόφυτου



Εικόνα 14. Έγκοιλο στην περιοχή του Καπνόφυτου

Στην ευρύτερη περιοχή του Αχλαδοχωρίου υπάρχουν αρκετά έγκοιλα βραχοκαταφύγια και μικρές σπηλιές. Σημαντικότερο είναι ένα καρστικό έγκοιλο με μορφή βραχοσκεπής μεγάλων διαστάσεων (εικόνα 15) στο εσωτερικό του οποίου έχει χτιστεί ένα μικρό εκκλησάκι, που χρησιμοποιείται έως σήμερα (εικόνες 16,17,18).



Εικόνα 15. Έγκοιλο στην περιοχή Αχλαδοχωρίου. Στο εσωτερικό τους έχει χτιστεί ένα μικρό εκκλησάκι



Εικόνα 16. Έγκοιλο στην περιοχή Αχλαδοχωρίου. Κτίσμα στο εσωτερικό της βραχοσκεπής



Εικόνα 17. Έγκοιλο στην περιοχή Αχλαδοχωρίου. Εκκλησάκι στο εσωτερικό της βραχοσκεπής

Εικόνα 18. Έγκοιλα στην περιοχή Αχλαδοχωρίου. Αγιογραφία στα τοιχώματα εγκοίλου που έχει χτιστεί το εκκλησάκι στο εσωτερικό της βραχοσκεπής



2.1.2 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΣΠΗΛΛΑΙΩΝ ΣΕ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

Τα σπήλαια στους ολισθόλιθους είναι καρστικά και συνεπώς οφείλουν τη γένεση τους στη διαδικασία της καρστικής διάβρωσης που προκαλεί το νερό της βροχής, εμπλουτισμένο σε CO₂ (κεφ. 1.3). Αυτό που έχει σημασία είναι η θέση στην οποία δημιουργήθηκαν και η σχέση τους με τη διαδοχή των γεωλογικών συμβάντων στη περιοχή.

Κατά τον Trimmel και Bogli (ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ 1981) τα σπήλαια σημειώνουν τη θέση του τοπικού βασικού επιπέδου κάτω από το οποίο η καρστική διάβρωση αδυνατεί να προχωρήσει. Συνεπώς τα σπήλαια στα λατυποπαγή μαρμάρων αντιστοιχούν σε θέσεις παλαιών ή τωρινών καρστικών υδροφόρων. Δηλαδή προσδιορίζουν τις θέσεις αναβαθμίδων του ποταμού και αντιστοιχούν σε καρστικές πηγές, είτε σπανιότερα, σε θέσεις εισόδων του νερού του Κρουσοβίτη.

Η καταγραφή σπηλαίων σε διάφορα υψόμετρα πάνω από τη σημερινή στάθμη του Κρουσοβίτη, σε συνδυασμό με το V σχήμα των κοιλάδων δείχνει μεγάλη ταχύτητα γραμμικής διάβρωσης, που σχετίζεται με τις τελευταίες ανοδικές κινήσεις στη περιοχή κατά το Πλειστόκαινο (κεφ. 1.4.4).

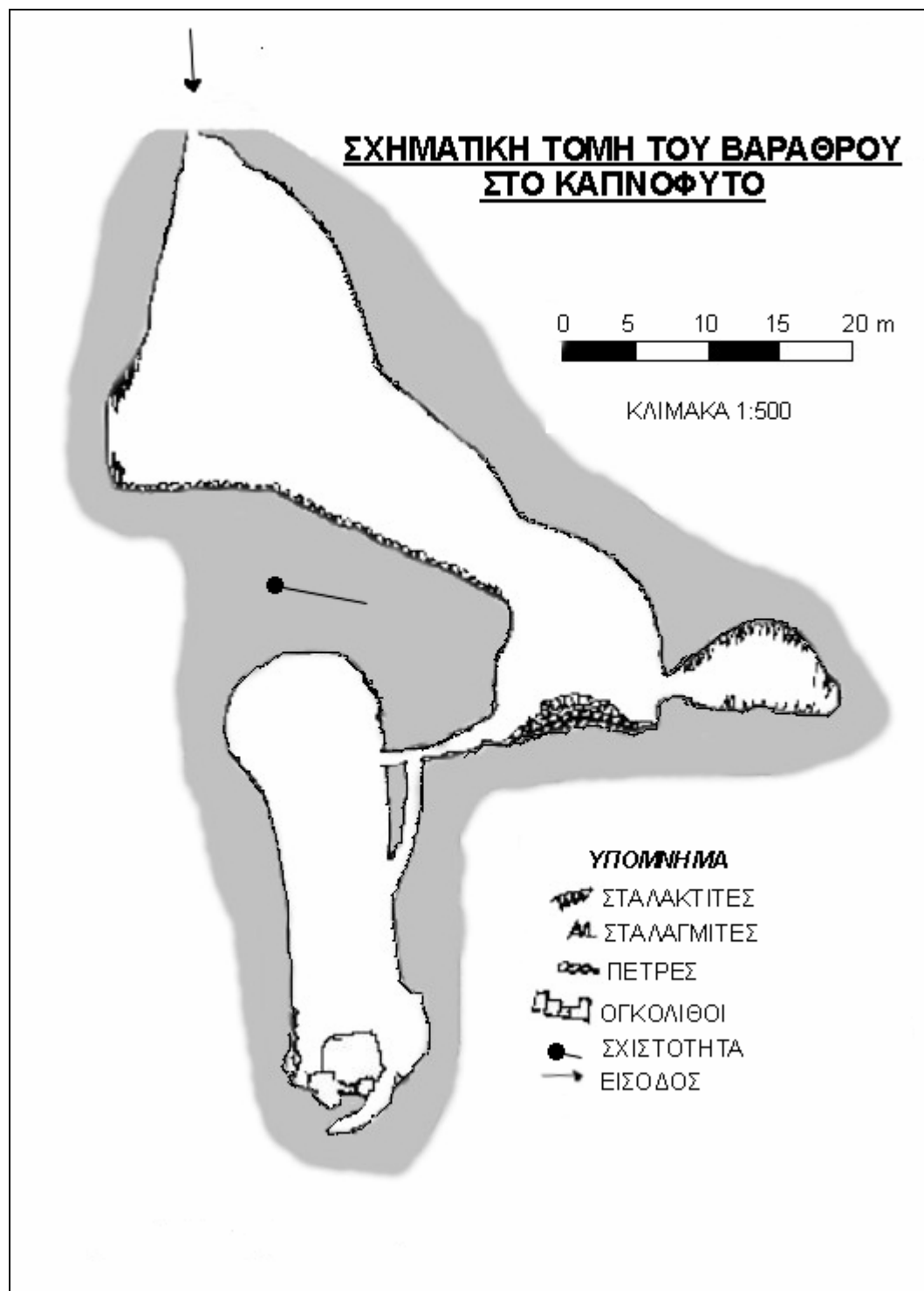
Στο όρος Άγκιστρο προς τη λεκάνη του Κρουσοβίτη καταγράφηκε ένα βάραθρο, το οποίο είναι διανοιγμένο σε μια διάκλαση των μαρμάρων, κοντά στο χωριό Καπινόφυτο.

2.1.3.1 ΑΝΩΝΥΜΟ ΒΑΡΑΘΡΟ ΣΤΟ ΑΓΚΙΣΤΡΟ

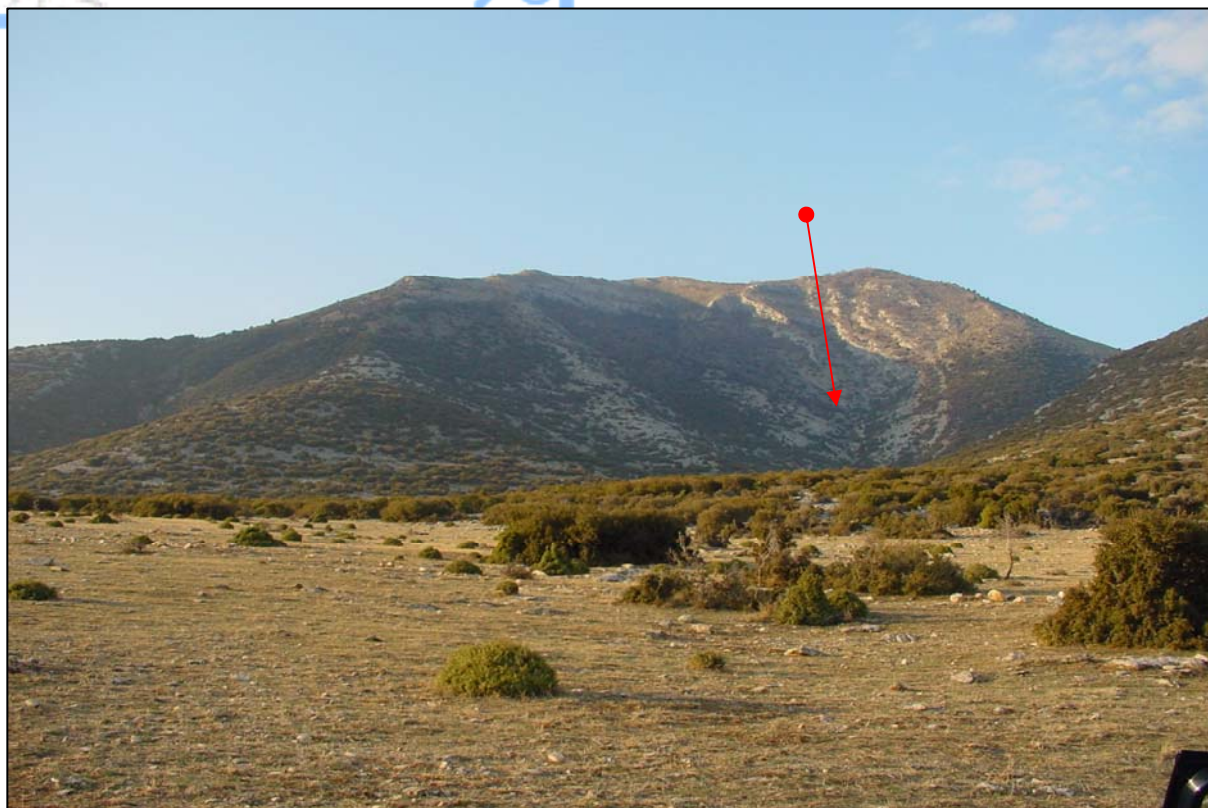
Η προσπέλαση στο βάραθρο γίνεται ακολουθώντας το δρόμο από το Σιδηρόκαστρο προς το Καπινόφυτο και αφού περάσουμε τη διασταύρωση μ' αυτό συνεχίζοντας ώσπου να βρούμε ένα εκκλησάκι στα δεξιά μας. Πενήντα μέτρα πιο εκεί σ' ένα χωματόδρομο στα αριστερά για περίπου τέσσερα χιλιόμετρα, φτάνουμε σε μια κοιλάδα (εικόνα 19). Περιπατώντας για περίπου μισή ώρα στην αριστερή κλιτύ της κοιλάδας φτάνουμε στην είσοδο του σπηλαιίου.

Η είσοδος του είναι πολύ μικρή με διαστάσεις 0,30 X 0,50 μ. (εικόνες 20,22). Το αρχικό της μέγεθος φαίνεται να ήταν μεγαλύτερο, όμως ογκόλιθοι και μικρότερες πέτρες την έχουν φράξει. Η κατάβαση σ' αυτό μπορεί να γίνει μόνο με σχοινιά. Στα 23 μ. υπάρχει ένας θάλαμος με διαστάσεις 20 X15 μ. περίπου (εικόνα 21). Τα τοιχώματα του θαλάμου είναι καλυμμένα με σταλακτίτες και ροομορφές (εικόνα 23), ενώ το δάπεδο του θαλάμου αυτού είναι κεκλιμένο και καταλήγει σ' ένα σημείο όπου το βάραθρο συνεχίζει κατακόρυφα. Επειδή οι πέτρες και τα χώματα που πέφτουν κατά καιρούς έχουν καλύψει το δάπεδο του θαλάμου, το καθιστούν επικίνδυνο.

Στην άκρη του κεκλιμένου δαπέδου, μετά από κατέβασμα πέντε μέτρων, υπάρχει ένας κώνος από μικρούς και μεγάλους ογκόλιθους που έπεσαν ως εκεί από ψηλότερα. Ο κώνος αυτός καλύπτει όλο το δάπεδο ενός μικρού θαλάμου που υπάρχει εκεί. Στο χώρο αυτό βρέθηκαν δύο ανοίγματα σε αντιδιαμετρική θέση. Το ένα οδηγεί σε μια μικρή αίθουσα με αρκετό διάκοσμο από σταλακτίτες, σταλαγμίτες, μικρές κολώνες και ροομορφές στα τοιχώματα. Το άλλο άνοιγμα δεν οδηγεί πουθενά, όμως παραπλεύρως αυτού ξεκινά ένας στενός διάδρομος μικρού μήκους. Στο τέλος αυτού του διαδρόμου το σπήλαιο συνεχίζει πάλι κατακόρυφα μ' ένα κατέβασμα περίπου είκοσι μέτρα όπου εκεί το δάπεδο είναι καλυμμένο με πεσμένους ογκόλιθους (σχήμα 4).



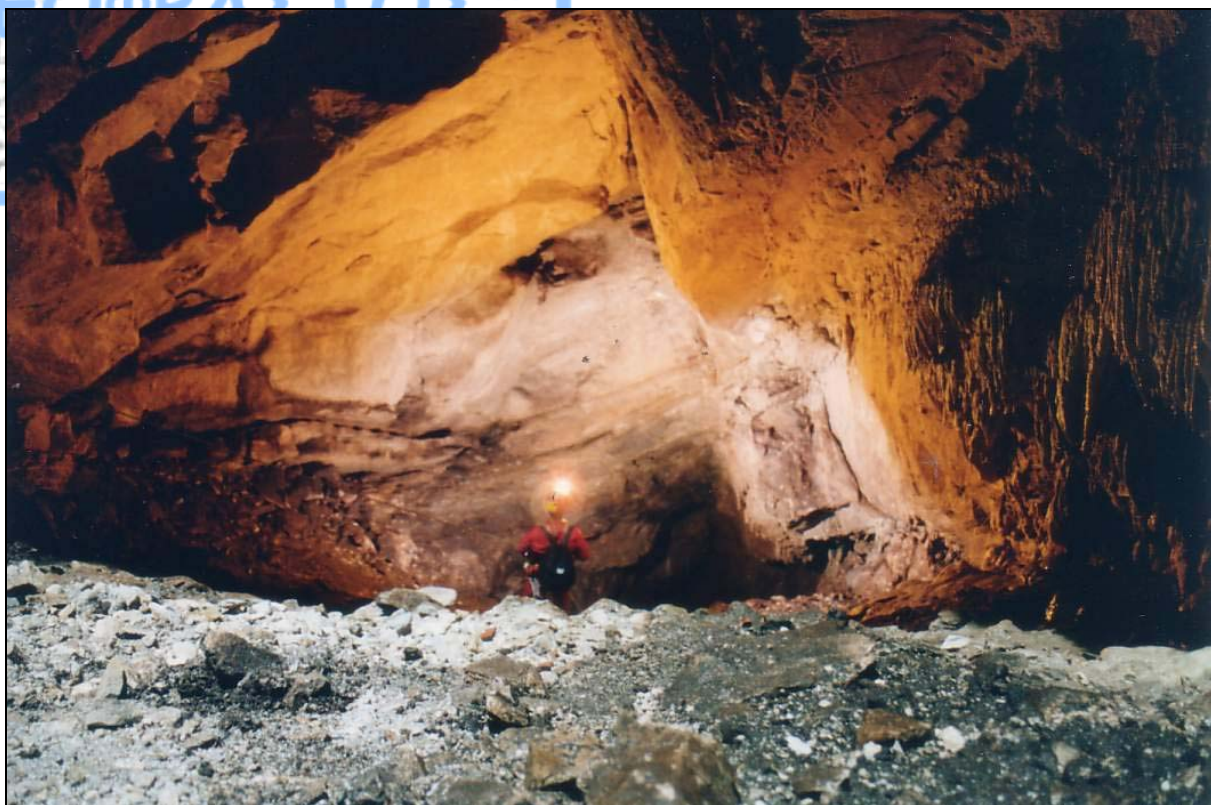
Σχήμα 4. Τομή του ανώνυμου βαράθρου στην περιοχή Καπνόφυτου στο Άγκιστρο



Εικόνα 19. Η περιοχή που βρίσκεται το ανώνυμο βάραθρο στο Άγκιστρο. Με το βέλος σημειώνεται η ακριβής θέση του



Εικόνα 20. Η είσοδος το ανώνυμου βαράθρου στο Άγκιστρο.



Εικόνα 21. Ο πρώτος θάλαμος του ανώνυμου βαράθρου στο Άγκιστρο, στα -23 μ. από την είσοδο



Εικόνα 22. Η είσοδος του ανώνυμου βαράθρου στο Άγκιστρο από το εσωτερικό του



Εικόνα 23. Σπηλαιοθέματα από το ανώνυμο βάραθρο στο Καπνόφυτο

2.1.4 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΣΠΗΛΛΑΙΩΝ ΣΕ ΜΑΡΜΑΡΑ

Το ανώνυμο βάραθρο στο Άγκιστρο ανήκει στην κατηγορία των σπηλαιομορφών που αναπτύσσονται σε μάρμαρα. Είναι σαφές πως είναι καρστικό και πως η γένεσή του πραγματοποιήθηκε με τη διαδικασία της καρστικής διάβρωσης. Με βάση όμως τη μορφολογία του διαφοροποιείται από τη περίπτωση των καρστικών σπηλαίων σε λατυποπαγή μαρμάρων.

Στα πρώτα στάδια λειτούργησε ως καταβόθρα διοχετεύοντας τα νερά που έρεαν επιφανειακά προς τους υπόγειους υδροφορείς. Η θέση του πρέπει να ήταν προς τα περιθώρια της παλαιολεκάνης του Κρουσοβίτη, ενώ ο Κρουσοβίτης αποτελούσε το τοπικό βασικό επίπεδο. Η ανάπτυξη παράλληλα προς το οριζόντιο επίπεδο που αντιστοιχεί στο υψόμετρο της μικρής αίθουσας μέσα στο βάραθρο υποδηλώνει την παλαιά στάθμη του υδροφόρου, μέχρι την οποία έφτανε το βάραθρο σε μια πρώτη φάση ανάπτυξης. Η κατά βάθος διάβρωση που παρουσιάζει από το παραπάνω σημείο και κάτω ήταν αποτέλεσμα πτώσης του βασικού επιπέδου της περιοχής.

Το ότι στον πυθμένα του βαράθρου σε βάθος 50 μ. δεν βρέθηκε νερό σημαίνει πως το τοπικό βασικό επίπεδο βρίσκεται ακόμη χαμηλότερα και ότι πιθανόν το βάραθρο να συνεχίζει βαθύτερα. Σήμερα βρίσκεται σ' ένα προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, δε λειτουργεί ως καταβόθρα και είναι φραγμένο με κλαστικά ιζήματα.

Η κατακόρυφη ανάπτυξή του οφείλεται στην τεκτονική κατασκευή της περιοχής με κατακόρυφες ή σχεδόν κατακόρυφες ασυνέχειες και το χαμηλό βασικό επίπεδο. Η κατά βάθος διάβρωση ακολουθεί μια σχεδόν κατακόρυφη διάκλαση, ενώ η περίπου οριζόντια διεύρυνσή του ακολουθεί τη σχιστότητα του μαρμάρου. Χαρακτηριστικά φαίνεται στο κεκλιμένο δάπεδο στα -25 μ. από την είσοδο, όπου το βάραθρο έχει παρόμοια κλίση και διεύθυνση κλίσης με τη σχιστότητα.

Πρωτογενή σπήλαια στη λεκάνη του Κρουσοβίτη, παρατηρήθηκαν στην περιοχή "Ζεστά Νερά" (εικόνα 24). Η περιοχή αυτή βρίσκεται 2,3 χλμ. από το Σιδηρόκαστρο προς το Αχλαδοχώρι. Στην τοποθεσία αυτή υπάρχουν τρία σπήλαια σε τραβερτινικές αποθέσεις.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν τα σπήλαια αυτά ως εξής: αρχικά θα περιγράφουν μαζί τα δυο μικρότερα (έγκοιλα) και θα ερμηνευθεί ο τρόπος δημιουργίας τους, διότι προσομοιάζουν στις τυπικές μορφές αυτής της κατηγορίας σπηλαίων και ξεχωριστά θα παρουσιασθεί το τρίτο σπήλαιο (σπήλαιο "Ζεστών Νερών") που παρουσιάζει ιδιαιτερότητες στη μορφολογία του. Επίσης ο διαχωρισμός γίνεται και με βάση το ότι τα δυο πρώτα δεν αναπτύσσονται σήμερα, σε αντίθεση με το τρίτο που είναι ενεργή η διαδικασία της σπηλαιιογένεσης.



Εικόνα 24. Η περιοχή των "Ζεστών Νερών".

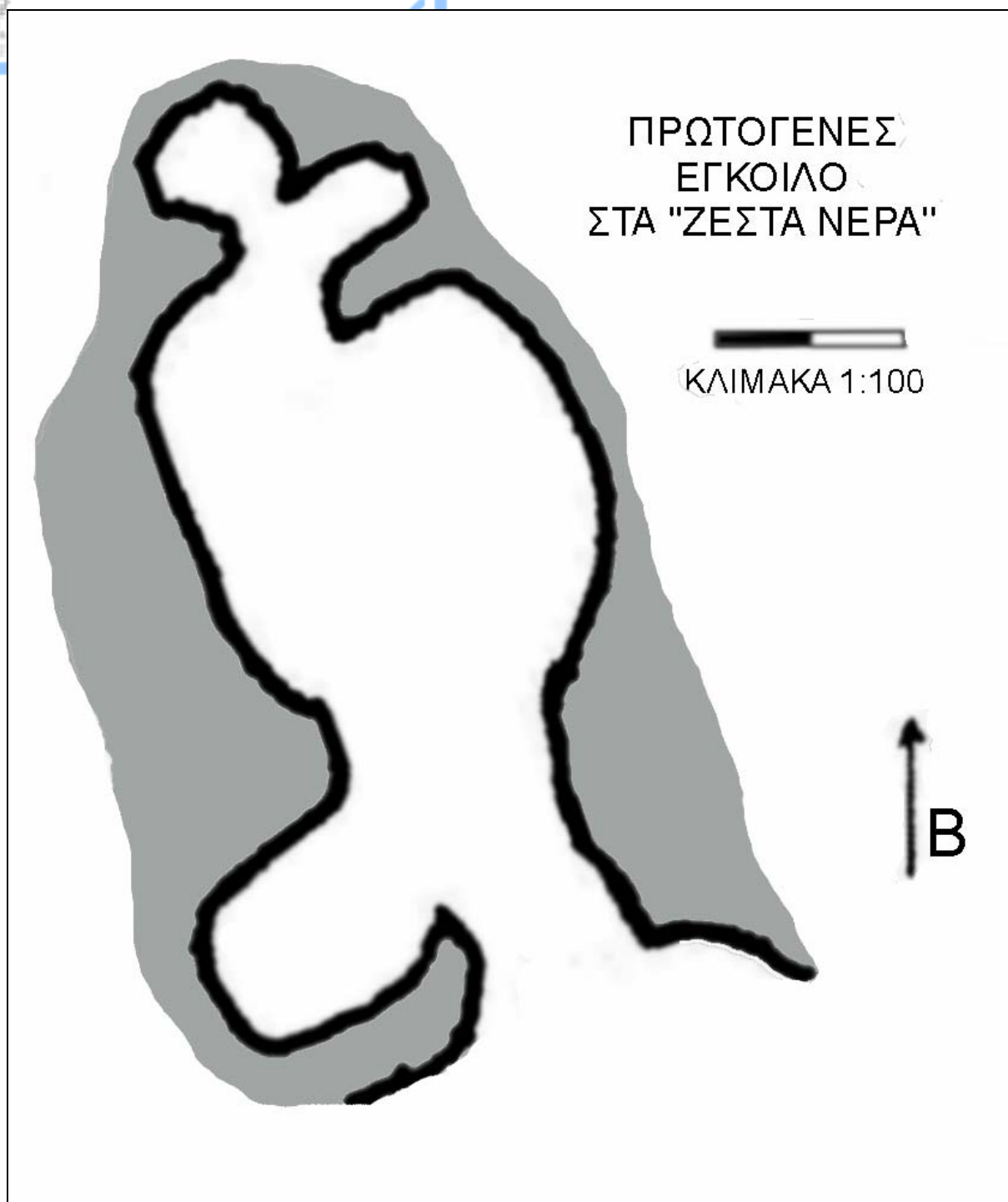
Φαίνεται ένα μικρό πρωτογενές έγκοιλο που χρησιμοποιείται ως στάνη

- i. Το πιο μεγάλο από τα έγκοιλα (εικόνα 25) έχει μήκος περίπου δέκα μέτρα και μέγιστο πλάτος τέσσερα. Ο διάκοσμός του είναι φτωχός. Η δεξιά πλευρά καθώς μπαίνουμε έχει τους περισσότερους σταλακτίτες, ενώ στα αριστερά φαίνονται τα περιασβεστωμένα ριζίδια, δηλαδή ο τραβερτίνης. Όλο το δάπεδο του είναι καλυμμένο με φερτά υλικά, που δείχνουν ότι κατά το χρόνο σχηματισμού των σπηλαίων, τουλάχιστον σε πλημμυρικές παροχές το δάπεδο κατακλύζονταν από τα νερά του Αχλαδίτη.
- ii. Το δεύτερο έγκοιλο είναι επίσης μικρών διαστάσεων, έχει είσοδο με αψιδωτό σχήμα και χρησιμοποιείται ως στάνη (εικόνα 24).

Στη περιοχή αυτή υπάρχουν και άλλα έγκοιλα, μικρότερα, χωρίς ιδιαίτερο ενδιαφέρον από σπηλαιολογική πλευρά. Όμως αυτά αναφέρονται τόσο επειδή χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν, σύμφωνα με λαξεύσεις που παρατηρήθηκαν, όσο επειδή χρησιμοποιούνται και σήμερα (εικόνες 26,27).



Εικόνα 25. Η είσοδος του πιο μεγάλου πρωτογενούς εγκοίλου στην περιοχή των 'Ζεστών Νερών' στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο



Σχήμα 5. Κάτοψη του πιο μεγάλου πρωτογενούς εγκοίλου στην περιοχή των 'Ζεστών Νερών' στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο



Εικόνα 26. Πρωτογενές έγκοιλο στην περιοχή των «Ζεστών Νερών» στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο, συμπληρωμένο με χτίσματα



Εικόνα 27. Πρωτογενές έγκοιλο στην περιοχή των «Ζεστών Νερών» στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο, συμπληρωμένο με χτίσματα που σήμερα χρησιμοποιείται.



Εικόνα 28. Μία από τις λαξεύσεις (κόγχη) στους τραβερτίνες, στην περιοχή των «Ζεστών Νερών», στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο

2.2.2 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΕΓΚΟΙΛΩΝ

Τα έγκοιλα αυτά είναι πρωτογενή και αναπτύσσονται με τη λεγόμενη κατά θετικό τρόπο ανάπτυξη που περιγράφεται στο κεφ. 1.4, ενώ για τη σχέση της γένεσης αυτών με την εξέλιξη της περιοχής γίνεται αναφορά στο κεφ. 2.2.5 της γένεσης του σπηλαιού των “Ζεστών Νερών”.

2.2.3 ΤΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΣΠΗΛΑΙΟ ΤΩΝ «ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ»

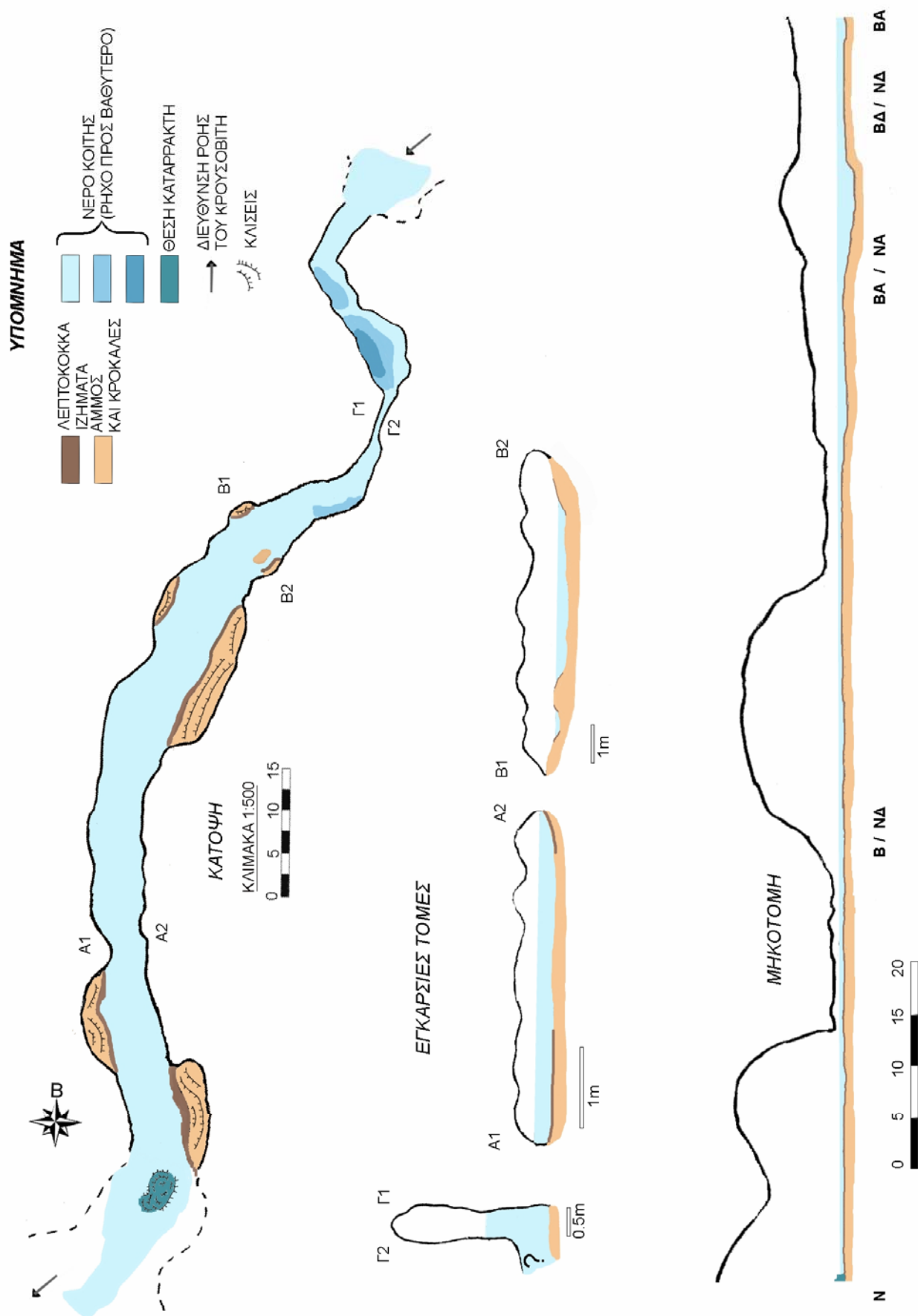
Το σπήλαιο των "Ζεστών Νερών" είναι πρωτογενές και αναπτύσσεται στις ίδιες τραβερτινικές αποθέσεις που αναπτύσσονται και τα δύο προηγούμενα.

2.2.3.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΠΗΛΑΙΟΥ

Το σπήλαιο αναπτύσσεται κατά ΝΔ-ΒΑ διεύθυνση, με μήκος περίπου 130 μ. και έχει δύο εισόδους με παρόμοια μορφολογία. Από τη ΒΑ είσοδό του (εικόνες 30,33) εισέρχεται στο εσωτερικό του ο Κρουσοβίτης ποταμός και εξέρχεται από τη ΝΔ (εικόνες 29,32), δηλαδή όλο του το μήκος το σπήλαιο αποτελεί μέρος της κοίτης του Κρουσοβίτη, ο οποίος αποκτά υπόγεια ροή (σχήμα 6). Από τη στάθμη του Κρουσοβίτη ως την επιφάνεια του αναγλύφου, πάνω από το σπήλαιο, υπάρχει υψομετρική διαφορά 15 μ, περίπου. Από το ύψος αυτό και στις δύο εισόδους του σπηλαίου πέφτουν νερά σχηματίζοντας καταρράκτες. Τα νερά αυτά προέρχονται από μια πηγή με θερμά νερά που βρίσκεται σε απόσταση 250 μ.

Οι διαστάσεις του σπηλαίου κυμαίνονται για το ύψος μεταξύ 0,5-10 μ. και για το πλάτος μεταξύ 0,5-15 μ. Αποτελείται από τέσσερις θαλάμους που επικοινωνούν με τρία στενά περάσματα. Η ΝΔ είσοδος είναι η μεγαλύτερη (15 Χ15 μ.) και στο κέντρο αυτής πέφτουν τα νερά του καταρράκτη. Ακολουθεί ο πρώτος θάλαμος με μήκος 20 μ. περίπου και το πρώτο στενό πέρασμα με πλάτος 5 μ., ύψος 0,5-1,5 μ. και μήκος μεγαλύτερο από 15 μ. (εικόνες 31,34,35,36). Ομοίως οι δυο επόμενοι θάλαμοι διαχωρίζονται με ένα παρόμοιο στενό πέρασμα. Το τελευταίο πέρασμα είναι διαφορετικό από τα δύο προηγούμενα, με μικρό πλάτος (0,5 μ.) και ύψος 2μ., καθώς μικραίνει γενικώς το πλάτος του σπηλαίου πλησιάζοντας προς τη ΒΑ είσοδο. Η ΒΑ είσοδος έχει πλάτος 3 μ. και ύψος 5 μ.

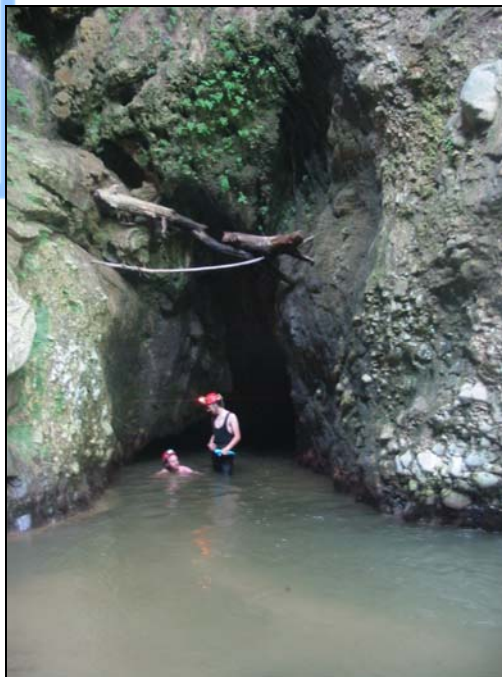
Ο διάκοσμος του σπηλαίου αποτελείται από σταλακτίτες και ροόλιθους στην οροφή και τα τοιχώματα του σπηλαίου (εικόνες 34,35,36). Οι σταλαγμίτες απουσιάζουν σχεδόν τελείως λόγω της συνεχούς ροής νερού στο εσωτερικό του σπηλαίου και παρατηρούνται μόνο κάποιες μικρές μορφές σε ανώμαλες επιφάνειες των τοιχωμάτων αρκετά ψηλά από τη στάθμη του νερού. Κατά περιόδους στα ιζήματα του σπηλαίου που είναι έξω από το νερό δημιουργούνται σταλαγμίτες από άμμο και άργιλο (εικόνα 37). Αυτοί οι σταλαγμίτες πάντα στη κορυφή τους έχουν μια κροκάλα που εμπόδιζε τη διάβρωση από το νερό που στάζει από την οροφή. Αντίθετα, γύρω από τους σταλαγμίτες, το ιζημα απομακρύνθηκε με τη διάβρωση και παρέμειναν μόνο αυτοί εξέχοντας προς τα πάνω. Κατά τις περιόδους πλημμυρών αυτοί καταστρέφονται.



Σχήμα 6. Κάτοψη, εγκάρσιες τομές και μήκοτομή του σπηλαίου του «Λεστών Νερών» που βρίσκεται στην ομώνυμη περιοχή στη λεκάνη του Κρουσσίβιτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο



Εικόνα 29. Η ΝΔ είσοδος του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών», που βρίσκεται στην ομώνυμη περιοχή στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο



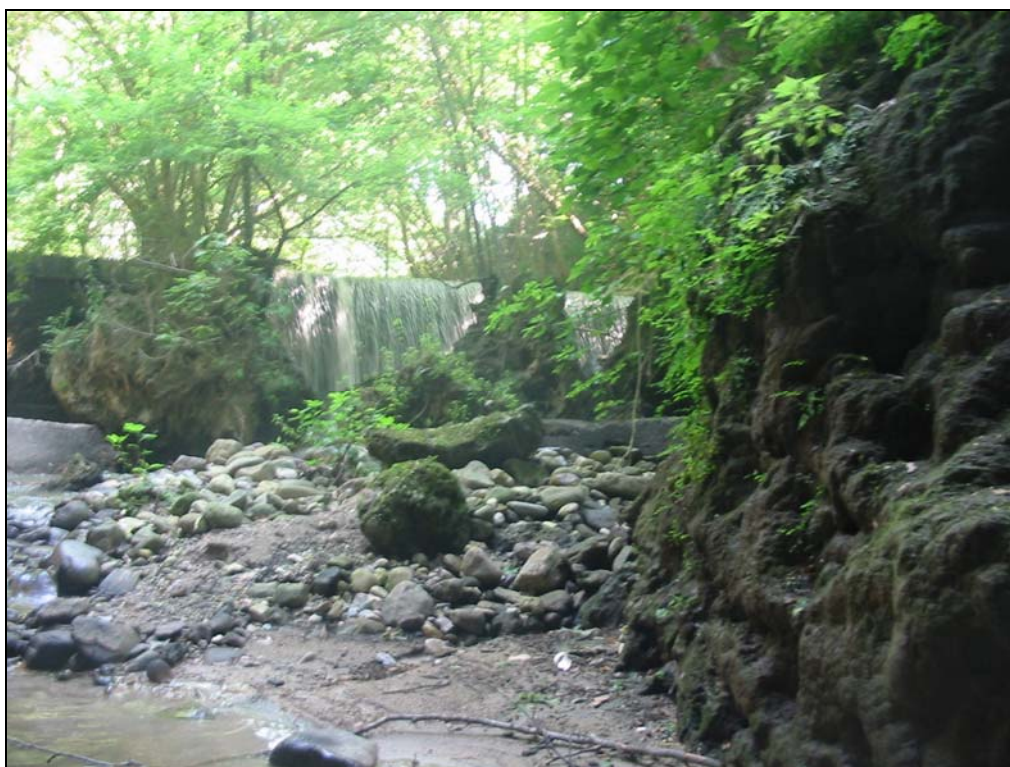
Εικόνα 30. Η ΒΑ είσοδος του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών», που βρίσκεται στην ομώνυμη περιοχή στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο. Διακρίνονται σφηνωμένοι κορμοί δέντρων που μεταφέρθηκαν από τα νερά του Κρουσοβίτη



Εικόνα 31. Ο θάλαμος του σπηλαίου των 'Ζεστών Νερών' μετά το πρώτο πέρασμα από τη ΝΔ είσοδο (ΔΕΙΚΤΑΚΗ & ΑΒΑΓΙΑΝΟΣ 2002)



Εικόνα 32. Ο χώρος της ΝΔ εισόδου του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών», που βρίσκεται στην ομώνυμη περιοχή στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο



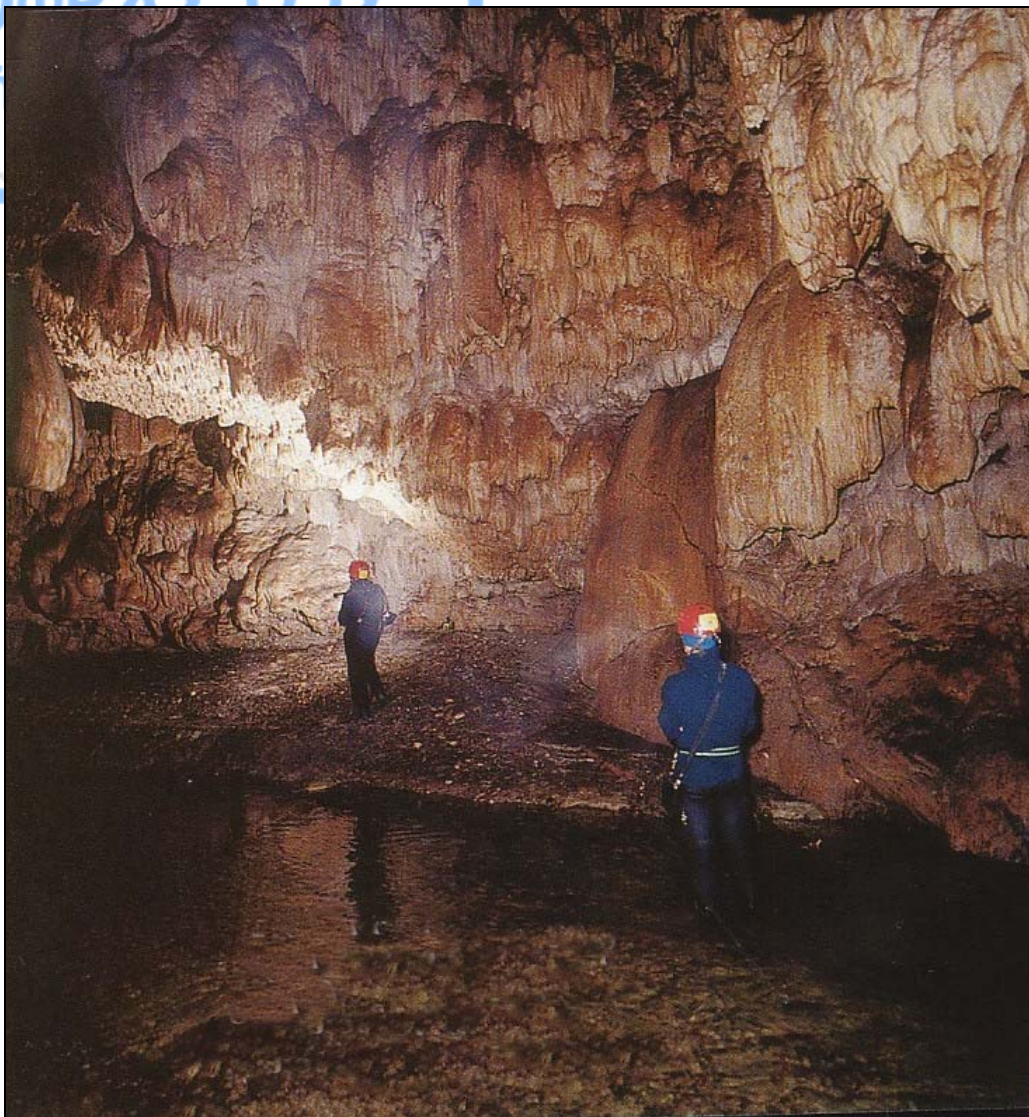
Εικόνα 33. Ο χώρος της ΒΑ εισόδου του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών», που βρίσκεται στην ομώνυμη περιοχή στη λεκάνη του Κρουσοβίτη ποταμού, κοντά στο Σιδηρόκαστρο



**Εικόνα 34. Ο θάλαμος του σπηλαιίου των «Ζεστών Νερών» μετά το πρώτο πέρασμα από τη ΝΔ είσοδο
(ΔΕΙΚΤΑΚΗ & ΑΒΑΓΙΑΝΟΣ 2002)**



**Εικόνα 35.
Εικόνα του διακόσμου
του σπηλαιίου
των «Ζεστών Νερών»
(ΔΕΙΚΤΑΚΗ &
ΑΒΑΓΙΑΝΟΣ 2002)**



Εικόνα 36. Ο θάλαμος του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών» μετά το πρώτο πέρασμα από τη ΝΔ είσοδο. Διακρίνονται οι αποθέσεις ιζημάτων στο πλάι της κοίτης (ΔΕΙΚΤΑΚΗ & ΑΒΑΓΙΑΝΟΣ 2002)

Εικόνα 37.
«Σταλαγμίτες» από
κλαστικά ιζήματα, λόγω
διάβρωσης από το νερό
που στάζει από την οροφή
του σπηλαίου των
«Ζεστών Νερών»



2.2.3.2 ΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΑΝΑΠΤΥΣΣΕΤΑΙ ΤΟ ΣΠΗΛΑΙΟ

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, το σπήλαιο των «Ζεστών Νερών» αναπτύσσεται μέσα στις τραβερτινικές αποθέσεις. Εξωτερικά, στις δύο εισόδους του σπηλαίου όπως και στη περιοχή μεταξύ της πηγής και αυτού, η παρατήρηση και αναγνώριση των τραβερτινών είναι εύκολη (εικόνες 29,30) γιατί παντού υπάρχουν τα μέτωπα των παλαιών και σύγχρονων καταρρακτών που μοιάζουν με αναβαθμίδα. Όμως η παρατήρηση των αποθέσεων αυτών είναι προβληματική όταν γίνεται στο πάνω μέρος τους γιατί καλύπτονται από τις νεότερες



Εικόνα 38. Τραβερτίνης από τα στενά περάσματα του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών»

αποθέσεις της λεκάνης. Επίσης στο εσωτερικό του σπηλαίου ο τραβερτίνης παρατηρείται εύκολα στον πρώτο θάλαμο, στο ΝΔ τμήμα του και στα στενά περάσματα (εικόνα 38), ενώ στις υπόλοιπες θέσεις, είτε το ύψος δεν επιτρέπει την παρατήρηση, είτε αυτός καλύπτεται από τα σπηλαιοθέματα του σπηλαίου.

Εκτός από τους τραβερτίνες, στα χαμηλά σημεία των τοιχωμάτων του σπηλαίου, όπου δεν έχουν σχηματιστεί ροόλιθοι λόγω ροής του νερού του ποταμού ή όπου αυτοί έχουν διαβρωθεί, παρατηρήθηκαν συνεκτικά λατυποπαγή αδροκρυσταλλικών μαρμάρων με γωνιώδεις λατύπες (εικόνα 39).



Εικόνα 39. Το λατυποπαγές μαρμάρων που παρατηρείται στα χαμηλά σημεία του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών»

Εκτός από το λατυποπαγές, που

χαρακτηρίστηκε ως ολισθόλιθος, έχουν παρατηρηθεί στην περιοχή της λεκάνης κάποια νεότερα χαλαρά λατυποπαγή. Αυτά είναι λιγότερο συνεκτικά, έχουν μικρότερη έκταση, περιέχουν εκτός από τις λατύπες μαρμάρου και λίγες σε αναλογία γρανιτικές λατύπες και προέρχονται πιθανόν από τη διάβρωση των ολισθολίθων (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1966).

Τα λατυποπαγή μέσα στο σπήλαιο είναι όμοια με στους ολισθόλιθους που περιγράφει ο ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ (1966).

Επίσης σημειώνεται πως στο ύψος του πάνω ορίου των τραβερτινικών αποθέσεων, σε μια τομή του δρόμου Σιδηροκάστρου-Αχλαδοχωρίου στη Β κλιτύ του Κρουσοβίτη ακριβώς πάνω από το σπήλαιο, υπάρχει ένας ιζηματογενής σχηματισμός που αποτελεί αναβαθμίδα κατά τον ΣΩΤΗΡΙΑΔΗ (1966) κατά μήκος του Κρουσοβίτη.

Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί μια μεγάλη συσσώρευση γρανιτικών κροκάλων, τεραστίου μεγέθους, μεταφερομένων ατάκτως, που αποτέθηκε πάνω στα Νεογενή ιζήματα (εικόνα 40). Με τις ανοδικές κινήσεις ο Κρουσοβίτης διέβρωσε κατά βάθος και δημιούργησε την αναβαθμίδα που αναφέρεται παραπάνω.



Εικόνα 40. Ιζηματογενής σχηματισμός με μεγάλες γρανιτικές κροκάλες στο ύψος του πάνω ορίου των τραβερτινικών αποθέσεων, σε μια τομή του δρόμου Σιδηροκάστρου-Αχλαδοχωρίου στη Β κλιτύ του Κρουσοβίτη, ακριβώς πάνω από το σπήλαιο των «Ζεστών Νερών».

2.2.3.3 ΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΠΗΛΑΙΟΥ

Τα ιζήματα του σπηλαίου αποτελούνται από κλαστικά και οργανικά υλικά που μεταφέρει ο Κρουσοβίτης, οργανικά ιζήματα (γουνό) από τις πολλές νυχτερίδες του σπηλαίου που «ξεπλένονται» κατά περιόδους πλημμυρικών παροχών του ποταμού και χημικά ιζήματα που συνιστούν το διάκοσμο του σπηλαίου.

Εδώ θα αναφερθούμε στα κλαστικά ιζήματα στη κοίτη του Κρουσοβίτη εντός του σπηλαίου. Μέσα στο σπήλαιο σχηματίζονται εναλλάξ «ακτές», εκατέρωθεν της κοίτης (εικόνα 36), από αποθέσεις άμμων και κροκάλων (εικόνα 41) ποικίλης σύστασης (μαρμάρων, γρανιτών κ.λπ.). Μέσα στην κοίτη αποτίθεται άμμος, που σε ορισμένες περιπτώσεις δημιουργούνται νησίδες με άμμο και ψηφίδες. Προς τα όρια της κοίτης με τις αποθέσεις που σχηματίζουν «ακτές», αποτίθενται λεπτόκοκκα - με πλαστικότητα - πιθανότατα αργιλικά ιζήματα (εικόνα 42).



Εικόνα 41. Κροκάλες και άμμος που αποτίθενται στις «ακτές» που σχηματίζονται στο εσωτερικό του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών».



Εικόνα 42. Λεπτόκοκκα ιζήματα που αποτίθενται στα όρια της κοίτης του Κρουσοβίτη ποταμού, στο εσωτερικό του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών».

2.2.3.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ

Οι συνθήκες ροής του Κρουσοβίτη μέσα στο σπήλαιο διαχωρίζονται ανάλογα με τις δύο καταστάσεις «κανονικής ροής» και «πλημμυρικής παροχής».

Στη περίπτωση κανονικής παροχής – ροής του Κρουσοβίτη, η μεταφορική του ικανότητα δεν είναι πολύ μεγάλη, κρίνοντας από το ότι τα ιζήματα εντός της κοίτης του είναι άμμοι και ψηφίδες. Στα όρια της κοίτης η ταχύτητά του είναι ακόμη μικρότερη όπως φαίνεται από την απόθεση αργιλικών υλικών (εικόνα 42).

Σε περιπτώσεις πλημμυρικής παροχής η ταχύτητα και η μεταφορική ικανότητα του Κρουσοβίτη είναι κατά πολύ μεγαλύτερες. Σημειωτέον ο Κρουσοβίτης έχει χαρακτηριστικά χειμάρρου. Στις περιπτώσεις αυτές μεταφέρει, εκτός των υλικών που ήδη αναφέρθηκαν και κροκάλες που τα αποθέτει όλα μαζί στις «ακτές» που περιγράφηκαν παραπάνω, όπου διατηρούνται μετά το πέρας του πλημμυρικού γεγονότος. Οι «ακτές» αυτές βρίσκονται εναλλάξ εκατέρωθεν της κοίτης σε θέσεις εγκολπώσεων των τοιχωμάτων (εικόνες 31,36), που δημιουργούν συνθήκες κατάλληλες για να αποτεθούν τα μεταφερόμενα από τον ποταμό υλικά.

Έχει παρατηρηθεί στο σπήλαιο η παρουσία υλικών με ικανότητα επίπλευσης σε θέσεις πολύ υψηλότερες από τη στάθμη του νερού σε συνθήκες κανονικής ροής, συνήθως σφηνωμένα όταν πρόκειται για κλαδιά, κορμούς (εικόνες 30,43) κ.λπ. ή με μορφή οριζόντιων σχεδόν γραμμών από άργιλο, χώμα, φύλλα κ.λπ. στα τοιχώματα. Τα πρώτα, ως βιαίως τοποθετημένα, φανερώνουν το ελάχιστο ύψος στο οποίο έφτασε το νερό, ενώ η δεύτερη κατηγορία υλικών δείχνει το μέγιστο ύψος στο οποίο έφτασε η στάθμη, πάντα αναφερόμενοι στο πλημμυρικό γεγονός που τα απέθεσε.



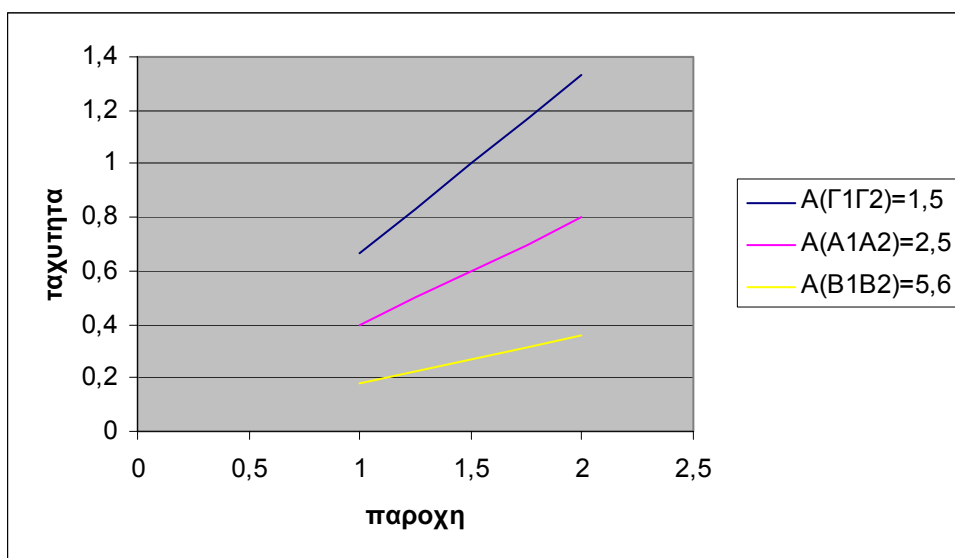
Εικόνα 43. Σφηνωμένο κλαδί ανάμεσα στα σπηλαιοθέματα στο εσωτερικό του σπηλαίου των “Ζεστών Νερών”

Θεωρητική ανάλυση των συνθηκών ροής

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω σε πλημμυρικές παροχές παρουσιάζεται άνοδος της στάθμης του νερού και αύξηση της ταχύτητας ροής. Η παροχή είναι

ανάλογη με την ταχύτητα του νερού και τη διατομή από την οποία ρέει και εκφράζεται με τη γραμμική σχέση $q = A \times V$, όπου q είναι η παροχή, A η διατομή και V η ταχύτητα του νερού (ή η μέση ταχύτητα στη διατομή όταν η ροή δεν είναι ισοταχής, όπως συνήθως συμβαίνει στη φύση).

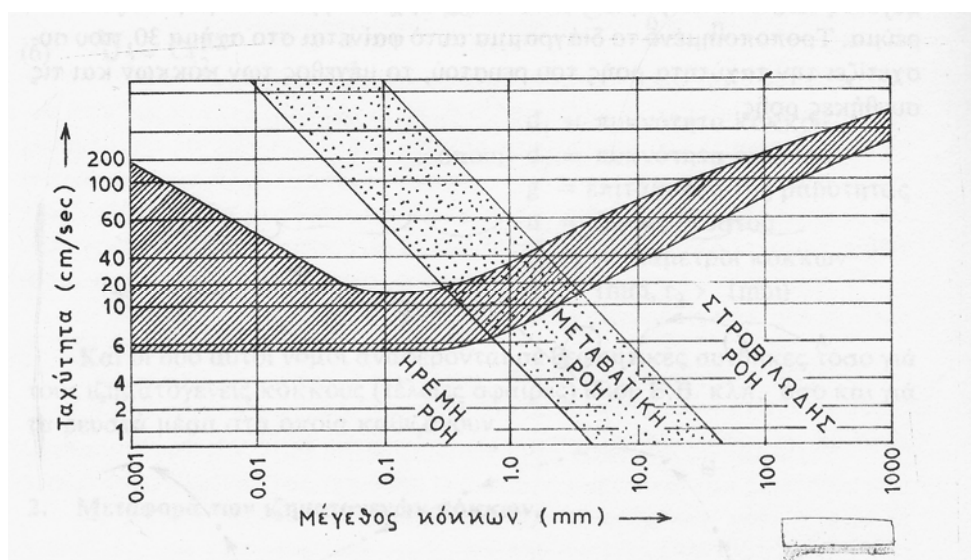
Όπως φαίνεται στο σχήμα 7, το οποίο σχεδιάστηκε με βάση τα παραπάνω για δεδομένες διατομές-περάσματα που -με βάση τα φερτά υλικά που αποτίθενται- σε πλημμυρικές παροχές βρίσκονται κάτω από τη στάθμη του νερού, η ταχύτητα ροής κυμαίνεται μέσα στο σπήλαιο. Οι μέγιστες τιμές ταχύτητας παρατηρούνται στο πέρασμα Γ1Γ2 (σχήμα 6), όπου $A=1,5 \text{ m}^2$ και οι μικρότερες στα περάσματα Α1Α2, Β1Β2 (σχήμα 6). Ο υπολογισμός έγινε μόνο στα περάσματα γιατί μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ήδη γνωστό εμβαδόν τους, χρησιμοποιώντας υποθετικές



Σχήμα 7. Ενδεικτικό διάγραμμα παροχής – ταχύτητας στα περάσματα Α1Α2, Β1Β2 και Γ1Γ2. Φαίνεται πως οι μεγαλύτερες ταχύτητες αναπτύσσονται στο πέρασμα Γ1Γ2

παροχές που βρίσκονται στο εύρος των μετρήσεων του πίνακα 1. Για οποιοδήποτε άλλο σημείο του σπηλαιού πρέπει να γίνουν ταυτόχρονες μετρήσεις των δύο εκ των τριών στοιχείων: παροχή, διατομή, ταχύτητα. Επίσης το σχήμα έγινε για τιμές παροχής $>1 \text{ m}^3/\text{sec}$ (αυθαίρετα) γιατί σε μικρές παροχές η επιφάνεια της διατομής που ρέει το νερό δεν ισούται με το εμβαδόν της διατομής των περασμάτων. Έτσι η γραφική παράσταση της παροχής – ταχύτητας είναι καμπύλη αύξουσα με το κυρτό μέρος προς τα πάνω μέχρι να καλυφθούν τα εκάστοτε πέρασμα και μετά γίνεται ευθεία επίσης αύξουσα, η κλίση της οποίας είναι αντιστρόφως ανάλογη της διατομής.

Στο σχήμα παρουσιάζονται μόνο τα τμήματα των καμπύλων που έχουν μορφή ευθείας και μάλιστα θεωρώντας αυθαίρετα το σημείο $q=1\text{m}^3/\text{sec}$, της παροχής όπου τα περάσματα βρίσκονται κάτω από τη στάθμη του νερού και επομένως παύουν να συναυξάνονται η διατομή και η ταχύτητα και μεταβάλλεται μόνο η τελευταία. Έτσι παρουσιάζεται εποπτικά το σημείο της μέγιστης ταχύτητας. Καθώς εμφανίζεται η πλημμυρική παροχή στα περάσματα αρχίζει να ανεβαίνει η στάθμη. Ταυτόχρονα

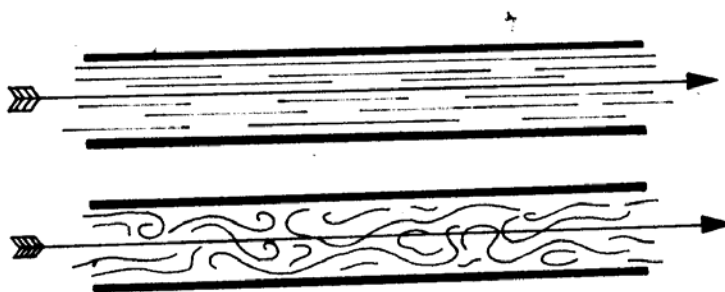


Σχήμα 8. Τροποποιημένο διάγραμμα Hjulstron κατά Potter et al.
(από ΨΙΛΟΒΙΚΟ 1984)

αυξάνει και η ταχύτητα, ενώ μετά από κάποια συγκεκριμένη παροχή τα περάσματα βρίσκονται κάτω από το νερό, όπως επιβεβαιώνεται και από τις αποθέσεις που περιγράφονται προηγούμενα και αυξάνει πλέον μόνο η ταχύτητα του νερού.

Οι κροκάλες (κεφ. 2.2.3.3) που μεταφέρονται σε πλημμυρικές φάσεις έχουν μέγεθος που τοποθετείται στο τροποποιημένο διάγραμμα Hjulstron (σχήμα 8) μεταξύ 10 και 150 mm που αντιστοιχούν σε μεταβατική ως στροβιλώδη ροή. Σε κανονική ροή η μεταφερομένη άμμος τοποθετείται στο αριστερό μέρος του διαγράμματος, σε κατάσταση ήρεμης ροής (σχήμα 9).

Από τα παραπάνω προκύπτει πως στο σπήλαιο, εκτός από την άνοδο της στάθμης σε πλημμυρικά γεγονότα, έχουμε και την σημαντική αύξηση της ταχύτητας ροής κυρίως στα στενά περάσματα. Οι μεγαλύτερες ταχύτητες



Σχήμα 9. Γραμμική (άνω) και στροβιλώδης (κάτω) ροή
(από ΨΙΛΟΒΙΚΟ 1984)

αναπτύσσονται στα περάσματα, με τη μέγιστη στο Γ1Γ2 (σχήμα 6). Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 1 η μέγιστη παροχή που έχει μετρηθεί στον Κρουσοβίτη είναι 1997 l/sec. Η μέτρηση έχει γίνει πιο κάτω από το σπήλαιο, οπότε για να βρεθεί η παροχή στο σπήλαιο πρέπει να αφαιρεθεί η παροχή που προστέθηκε μετά από αυτό στον Κρουσοβίτη π.χ. από τα νερά της πηγής των «Ζεστών Νερών». Ενδεικτικά λοιπόν για μια μέγιστη παροχή της τάξης των 1500 l/sec έχουμε μέγιστη ταχύτητα στο σπήλαιο $V=1$ m/sec στο Γ1Γ2 (σχήμα 6). Ενώ είναι βέβαιο, με βάση τα παραπάνω, πως στο ίδιο σημείο του σπηλαίου (Γ1Γ2) και με δεδομένα 95 μετρήσεις κατά τα τελευταία 51 έτη η ταχύτητα δεν μπορεί να έχει ξεπεράσει τα 1,33 m/sec (για παροχή 1997 l/sec). Σύμφωνα με τις μετρήσεις, η μέση τιμή της παροχής του Κρουσοβίτη είναι 643,5 l/sec για το χρονικό διάστημα που έγιναν με μέγιστο 1997 l/sec και ελάχιστο 65 l/sec.

Τέλος σημειώνεται πως στη κοίτη του Κρουσοβίτη έχουν γίνει τεχνικά έργα εξομάλυνσης της υδραυλικής κλίσης που επηρεάζουν γενικά τις φυσικές συνθήκες ροής έξω και μέσα στο σπήλαιο.

ΕΤΗ\ΜΗΝΕΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
1952							455		323	556	671	
1953								638	585			
1954					1997	1097	614	587	511	576	617	
1955						761			718		1221	
1956					1325	1430	709	698	711	853		
1957					1853	925	985	800	927			
1958					1287		849	817	813			
1959							605	410				
1960						820	620	470	545			
1961					1600		530	464	570	635		
1962					730	430	510		510	750		
1963							890		425		495	
1989								245				
1997				1109	1066		233	241	213		323	
1998	812	865	708	792	738	598		135	170	169	141	
1999			1471	1105	857		713		594			
2000		397	910		356		120	65	158		195	
2001			483			141	69		206		210	258
2002				684			191	190	329	519	1586	
2003					996				141	159	552	

Πίνακας 1. Μετρήσεις παροχών του χειμάρρου Κρουσοβίτη σε l/sec, της Διεύθυνσης Εγγείων Βελτιώσεων (Δ.Ε.Β.) του νομού Σερρών.

2.2.4 Η ΠΗΓΗ ΤΩΝ «ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ»

Η πηγή βρίσκεται σε απόσταση 2,3 χλμ. επί του δρόμου Σιδηροκάστρου – Αχλαδοχωρίου, προς τα ΝΑ περίπου 250 μ. Πρόκειται για μια θερμή πηγή τα νερά της οποίας έχουν θερμοκρασία 25°C. Η παροχή (πίνακας 2) της κατά το διάστημα των ετών 2002-2003 έχει παρουσιάσει μέγιστο 101 l/sec και ελάχιστο 75 l/sec.

Η συγκεκριμένη πηγή ανήκει στο ευρύτερο χώρο του υδροθερμικού πεδίου του Σιδηροκάστρου (κεφ. 1.5.7). Τα νερά αυτής βρίσκουν διέξοδο προς τα πάνω μέσω ενός πιθανού κανονικού ρήγματος που οριοθετεί τη Β – ΒΔ πλευρά του λόφου «Μαύρος Βράχος» και έχει διεύθυνση υποπαράλληλη στη κοίτη του Κρουσοβίτη. Το ρήγμα αυτό φέρνει τα μάρμαρα του υποβάθρου που βρίσκονται στο νταμάρι του «Μαύρου Βράχου» στη Ν κλιτύ του Κρουσοβίτη, στο ίδιο υψόμετρο με τις Νεογενείς αποθέσεις στη Β κλιτύ του). Η δημιουργία της πηγής σχετίζεται με τη νεοτεκτονική δράση της λεκάνης του Κρουσοβίτη (κεφ. 1.5.3) αλλά και με αυτή της δημιουργίας της κοιλάδας του Στρυμόνα. Για τη λεκάνη του Κρουσοβίτη οι τραβερτινικές αποθέσεις, που οφείλονται στα νερά των θερμών πηγών, τοποθετούνται στο Πλειστόκαινο (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ 1966).

ΕΤΗ\ΜΗΝΕΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
2002				75				85	78	91	101	
2003					87				96	95	87	

Πίνακας 2. Μετρήσεις παροχών της πηγής «Ζεστά Νερά» σε l/sec, της Διεύθυνσης Εγγείων Βελτιώσεων (Α.Ε.Β.) του νομού Σερρών.

2.2.5 ΣΠΗΛΛΑΙΟΓΕΝΕΣΗ ΤΟΥ ΣΠΗΛΛΑΙΟΥ ΤΩΝ «ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ»

Το σπήλαιο των «Ζεστών Νερών» ανήκει στην κατηγορία των πρωτογενών σπηλαίων και η γένεσή του οφείλεται στις αποθέσεις τραβερτινών που δημιούργησε η πηγή των «Ζεστών Νερών» (κεφ. 1.4). Για τις μορφές σπηλαίων, όπως το σπήλαιο των «Ζεστών Νερών», χρησιμοποιείται ο όρος «τραβερτινικές γέφυρες» (σχήμα 10), (BAYARI 2002). Οι τραβερτινικές γέφυρες είναι σπάνιες γεωμορφές και αναφέρονται από τους Weijermans et al., Boule, Feth & Barnes, Pentecost και Bayari (BAYARI 2002).

2.3 ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΠΗΛΑΙΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΟΒΙΤΗ

Κατά τον Trimmel τα σπήλαια έχουν γενικά περιορισμένο χρόνο ζωής και σύμφωνα με τις μελέτες που έχει κάνει στο καρστ των Άλπεων, η ηλικία τους δεν υπερβαίνει το Άνω Μειόκαινο (ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ 1981). Επίσης ο ίδιος αναφέρει ότι η ηλικία των σπηλαίων είναι μεγαλύτερη από την ηλικία των πιο παλιών ιζημάτων που βρίσκονται στο εσωτερικό τους (ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ et al. 1981).

Δεδομένου του ότι απουσιάζουν στρωματογραφικά στοιχεία των ιζημάτων στα σπήλαια που καταγράφηκαν, καθώς και απολιθωμάτων, δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός της ηλικίας των σπηλαιομορφών με βάση τα ιζήματά τους. Κατά συνέπεια το θέμα της χρονολόγησής τους προσεγγίζεται με βάση τη γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής.

Τα σπήλαια που διανοίχτηκαν στα λατοποπαγή μαρμάρων έχουν σχέση με την τελευταία πτώση του βασικού επιπέδου της περιοχής κατά το Πλειστόκαινο. Έτσι τα σπήλαια που βρίσκονται υψηλότερα είναι τα παλαιότερα, ενώ όσο πλησιάζουμε στο σημερινό επίπεδο του ποταμού είναι νεότερα.

Παρόμοια συσχέτιση γίνεται και για τα πρωτογενή σπήλαια στην περιοχή «Ζεστά Νερά». Αυτά δημιουργήθηκαν διαδοχικά καθώς μετατοπίζονταν τα μέτωπα των καταρρακτών, κατά τη διεύθυνση ροής των νερών της θερμής πηγής. Έτσι το παλαιότερο είναι αυτό που βρίσκεται πλησιέστερα στην πηγή, ενώ το νεότερο είναι αυτό που βρίσκεται μακρύτερα, δηλαδή το σπήλαιο των «Ζεστών Νερών». Μάλιστα η δημιουργία του τελευταίου έγινε μετά την κατά βάθος διάβρωση του Κρουσοβίτη, ενώ το πιο κοντινό σπήλαιο στην πηγή δημιουργήθηκε λίγο μετά την εμφάνισή της.

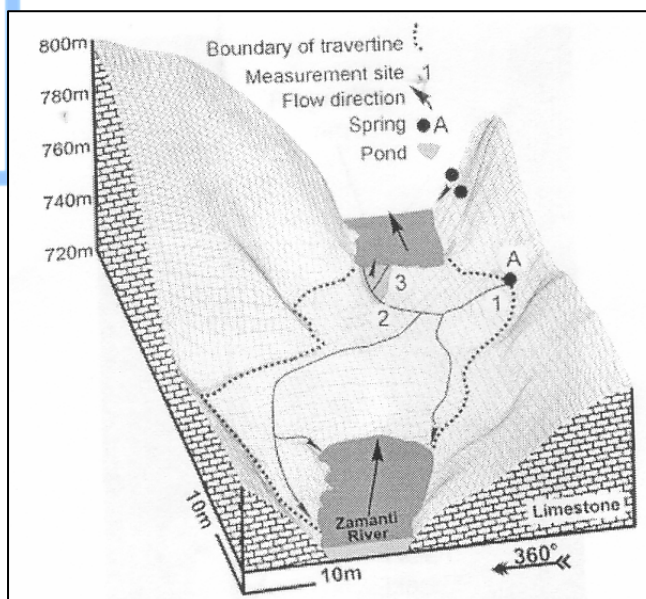
Σημειώνεται πως τα πρωτογενή σπήλαια μπορούν να χρονολογηθούν με ραδιοχρονολογήσεις στους τραβερτίνες, αφού έχουν ηλικία ανάπτυξης όμοια με τις αποθέσεις στις οποίες βρίσκονται.

Το βάραθρο στη περιοχή του Αγκίστρου αντιστοιχεί σε ένα βασικό επίπεδο παλιότερο του σημερινού. Συμπεραίνεται λοιπόν πως η γένεσή του πραγματοποιήθηκε τουλάχιστον πριν την τελευταία πτώση του τοπικού βασικού επιπέδου. Πιθανότατα λοιπόν είναι παλιότερο των άλλων σπηλαίων που καταγράφηκαν στη λεκάνη του Κρουσοβίτη.

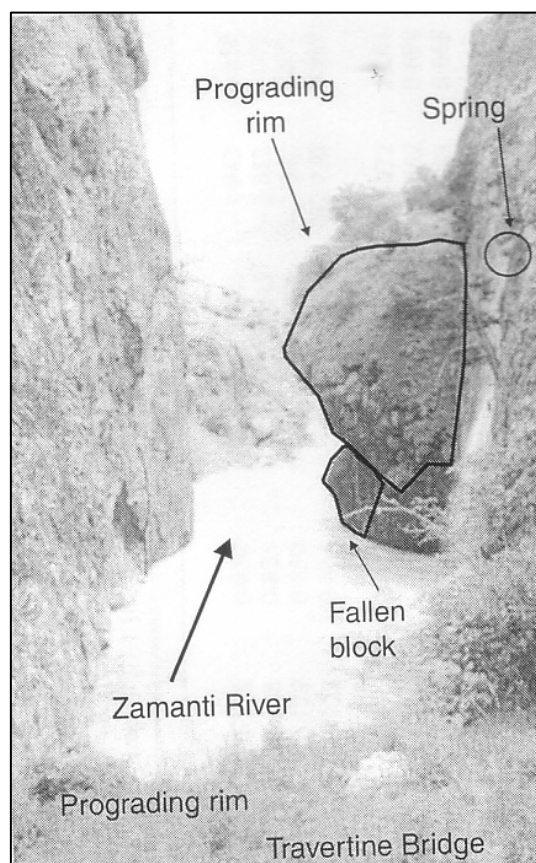
Η γένεση του σπηλαιού συνδέεται επίσης με τη νεοτεκτονική της περιοχής, καθώς και τη γεωμορφολογική της εξέλιξη, με το ενδιαφέρον να εστιάζεται στη κατά βάθος διάβρωση του Κρουσοβίτη ποταμού και τον εγκιβωτισμό του στην τοποθεσία «Ζεστά Νερά».

Μετά τη διάβρωση του ποταμού κατά βάθος, λόγω πτώσης του τοπικού βασικού επιπέδου, κατά το Πλειστόκαινο, άρχισε η απόθεση τραβερτίνη από τα νερά της θερμής πηγής, που βρίσκεται υψηλότερα από τη στάθμη του Κρουσοβίτη. Η εμφάνιση της πηγής πρέπει να συνδέεται χρονικά με την πτώση του βασικού επιπέδου, όπως φαίνεται από τη σταδιακή μείωση της βάσης των τραβερτινικών αποθέσεων που ακολουθούν τη σταδιακή σε βάθος διάβρωση του ποταμού.

Ο BAYARI (2002) υποθέτει έναν τρόπο σχηματισμού των τραβερτινικών γεφυρών. Η υπόθεση αυτή απαιτεί την ύπαρξη δύο καταστάσεων. Πρώτον η απόθεση του τραβερτίνη και γενικά τα κορεσμένα σε άλατα νερά να βρίσκονται πιο ψηλά από την κοίτη του ποταμού που πρόκειται να επιστεγαστεί με την τραβερτινική γέφυρα. Δεύτερον πρέπει οι δυο όχθες του ποταμού να είναι απότομες και σε μικρή απόσταση-κατά κάποιο τρόπο ο ποταμός να είναι εγκιβωτισμένος. Με δεδομένες τις παραπάνω προϋποθέσεις τη δημιουργία και εξέλιξη της τραβερτινικής γέφυρας ελέγχει μόνο η συνεκτικότητα του τραβερτίνη και η μορφή της απόθεσης.



Σχήμα 10. Απεικόνιση της τραβερτινικής γέφυρας Yercorpu-2 στη νότια Τουρκία (από BAYARI 2002)



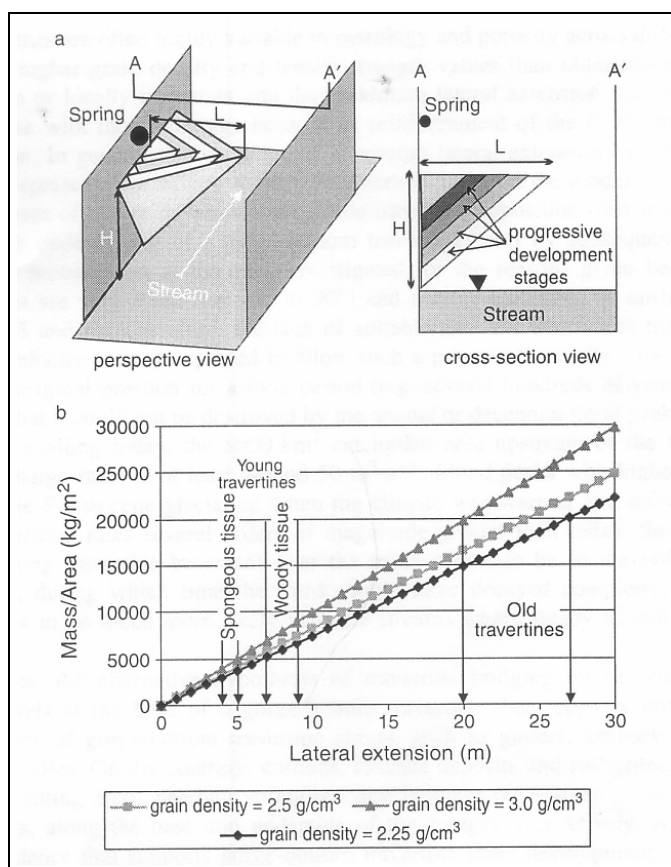
Σχήμα 11. Τραβερτινική γέφυρα σε αρχικό στάδιο εξέλιξης στις ανατολικές Ταυρίδες, στη νότια Τουρκία (από BAYARI 2002)

Όταν το βάρος της τραβερτινικής γέφυρας αυξηθεί πολύ, αν η συνοχή του τραβερτίνη δεν είναι ικανή να το αντέξει ή η απόθεση δεν έχει τέτοια μορφή ώστε να υποστηρίζεται, θα καταρρεύσει. Έτσι προτείνεται το εξής στέρεο: μια μισή πυραμίδα, η οποία είναι κομμένη διαγώνια κατά μήκος της τετράγωνης βάσης της, με βάση το ότι είναι η ικανότερη δομή να στηρίξει τις τραβερτινικές γέφυρες (σχήμα 12).

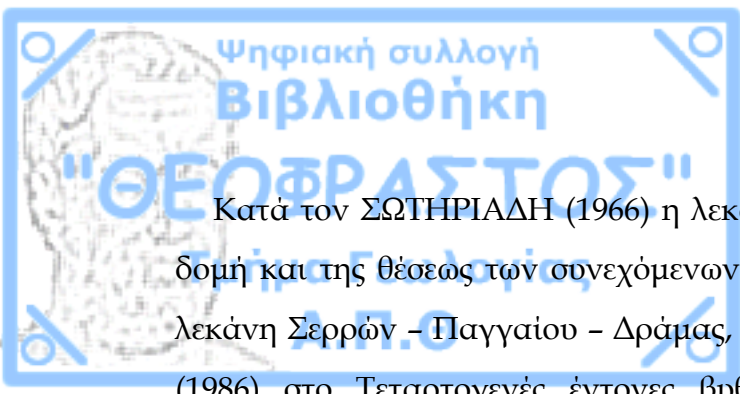
Εξάγονται επίσης οι σχέσεις για τον όγκο $V = 0.22 L^3$ η και την επιφάνεια της βάσης $A = 0.667 L^2$ η, όπου L είναι η πλευρική επιμήκυνση της γέφυρας και η οι διαστάσεις του πορώδους. Έτσι η αναλογία του όγκου με την επιφάνεια της βάσης ($V \rho / A$) μπορεί να συσχετιστεί με την πλάγια ανάπτυξη ως εξής: $0.33 L \rho$, όπου ρ είναι η μικρότερη πυκνότητα του τραβερτίνη.

Η συμμετοχή ξύλινων υλικών στον τραβερτίνη αυξάνει τη συνοχή του. Επίσης αυτή αυξάνει με το χρόνο λόγω, αναक्रυστάλλωσης του ασβεστίτη, αν και κάποιες φορές παρατηρούνται νέοι τραβερτίνες συνεκτικότεροι από παλιότερους.

Υποθέσεις που υποστηρίζουν την περιλίθωση οργανικών υλικών, που τοποθετήθηκαν εγκάρσια στον ποταμό, με αποτέλεσμα τη δημιουργία γέφυρας απορρίπτονται (BAYARI 2002), λόγω του ότι είναι δύσκολο να τοποθετηθούν υλικά κατ' αυτόν τον τρόπο και ακόμη περισσότερο να διατηρηθούν εκεί. Έτσι η περίπτωση αυτή φαίνεται να αφορά μόνο μικρά ρυάκια.



Σχήμα 12. Αριθμητικό μοντέλο της πλευρικής επιμήκυνσης: (α) στάδια αύξησης της μισής πυραμίδας (β) σχέση μεταξύ της πλευρικής επιμήκυνσης και της δύναμης συνοχής του τραβερτίνη (από BAYARI 2002)



Κατά τον ΣΩΤΗΡΙΑΔΗ (1966) η λεκάνη του Κρουσοβίτη, με βάση την τεκτονική δομή και της θέσεως των συνεχόμενων ορεινών όγκων τοποθετείται στην ευρύτερη λεκάνη Σερρών – Παγγαίου – Δράμας, του Νεογενούς. Κατά τους ΒΑΒΛΙΑΚΗ et al. (1986) στο Τεταρτογενές έντονες βυθίσεις των λεκανών Δράμας και Σερρών, δημιούργησαν ένα τεκτονικό κέρασ κατά τον άξονα Μενοικίου – Παγγαίου. Η ανύψωση αυτή της περιοχής ερμηνεύει τις παραπάνω πτώσεις του βασικού επιπέδου.

Έτσι τα σπήλαια της περιοχής τοποθετούνται στο Τεταρτογενές. Δεδομένου πως το σπήλαιο των «Ζεστών Νερών» ακόμη αναπτύσσεται, τοποθετείται στο Ολόκαινο – Ανώτατο Πλειστόκαινο και τα άλλα πρωτογενή έγκοιλα της ίδιας περιοχής λίγο παλιότερα όχι όμως πριν το Ανώτατο Πλειστόκαινο. Τα δευτερογενή σπήλαια σε λατυποπαγή μαρμάρων τοποθετούνται επίσης στο Πλειστόκαινο, μετά την απόθεση των ολισθολίθων. Οι ολισθολίθοι είναι αποτέλεσμα παγετώδους δράσης στην περιοχή της λεκάνης του Κρουσοβίτη, επομένως τα σπήλαια αυτά έχουν ηλικία το πολύ 600.000 χρόνια το παλιότερο έως Ανώτατο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο το νεώτερο. Το βάραθρο, εφόσον αντιστοιχεί σε ένα βασικό επίπεδο υψηλότερο, τοποθετείται στο χρονικό όριο ή πριν τη νεοτεκτονική δράση του Τεταρτογενούς στο Ανώτερο Πλειόκαινο – Κάτω Πλειστόκαινο.

3. ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

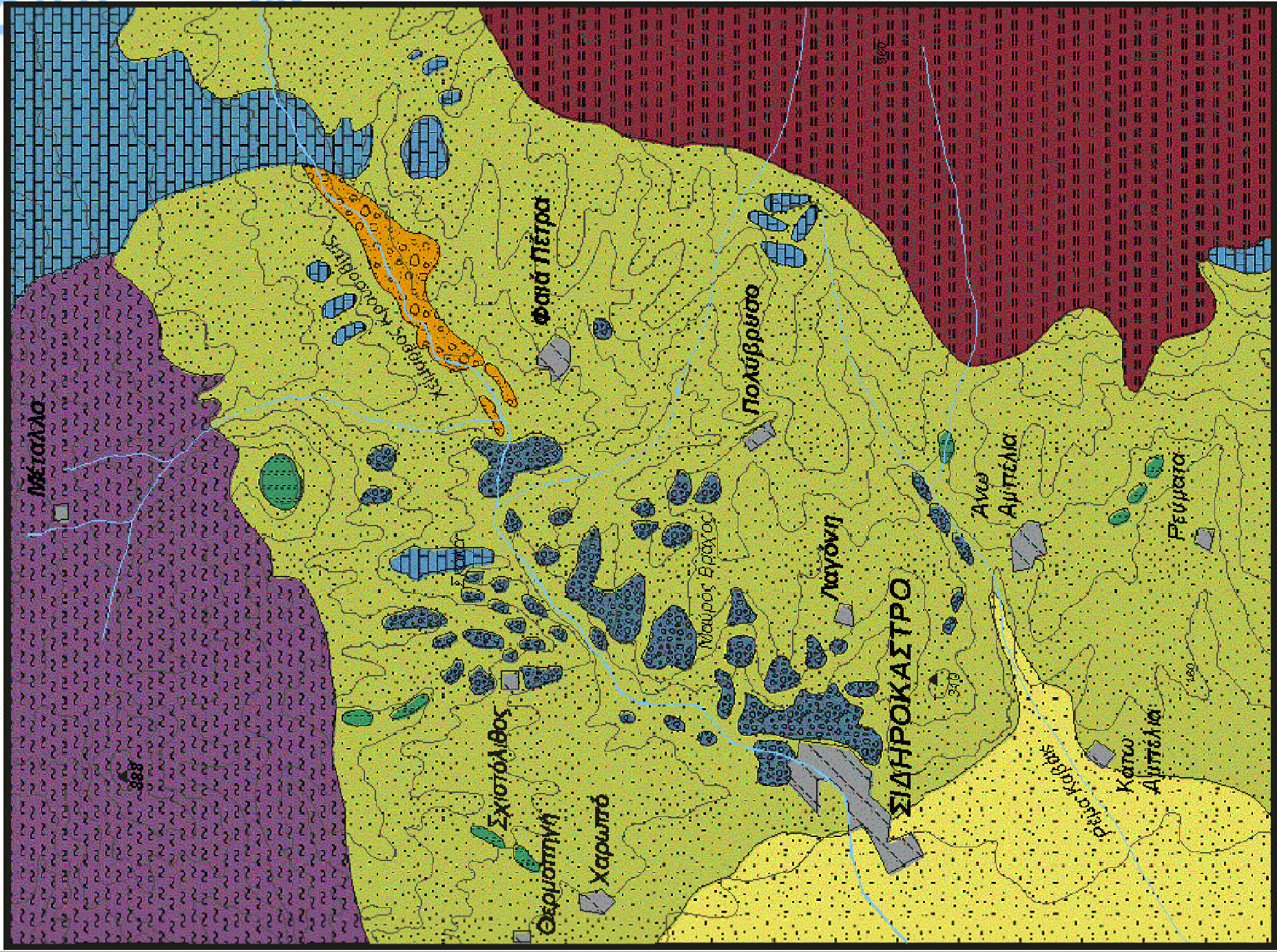
- i. Η λεκάνη του Κρουσοβίτη έχει σημαντικό αριθμό σπηλαίων, η γένεση των οποίων πραγματοποιήθηκε υπό διάφορες, ειδικές κατά κατηγορία σπηλαίων, συνθήκες και οφείλεται -συνδέεται με διαφορετικά αίτια.
- ii. Καταγράφηκε η ύπαρξη τόσο πρωτογενών όσο και δευτερογενών σπηλαίων.
- iii. Η γένεση των σπηλαιομορφών έχει άρρηκτη, αλληλοεξαρτώμενη σχέση με τη νεοτεκτονική δράση στην περιοχή, τη γεωμορφολογική εξέλιξη και το παλαιοκλίμα. Ακόμη έχει σχέση με τη σύσταση και την τεκτονική δομή των πετρωμάτων από την οποία εξαρτάται η έκταση, η μορφή και ο διάκοσμος στα σπήλαια.
- iv. Τα σπήλαια της λεκάνης του Κρουσοβίτη δημιουργήθηκαν γενικά κατά το Τεταρτογενές, με τη δραστική συμβολή των βυθίσεων των λεκανών Δράμας και Σερρών.
- v. Καταγράφηκε μια «**τραβερτινική γέφυρα**» (σπήλαιο «Ζεστών Νερών») που αποτελεί μια σπάνια γεωμορφή με λίγες αναφορές παγκοσμίως. Μάλιστα παρουσιάζει σημαντικό μήκος ανάπτυξης και είναι ακόμη σε στάδιο δημιουργίας.
- vi. Ορίστηκε η επικινδυνότητα του σπηλαίου των «Ζεστών Νερών» σε περιπτώσεις πλημμυρικών παροχών του Κρουσοβίτη. Η άνοδος της στάθμης του νερού, στο εσωτερικό του σπηλαίου, ακόμη και πάνω από τα περάσματα, η μεταφορά φερτών υλικών και κυρίως οι μεγάλες ταχύτητες του νερού καθιστούν επικίνδυνη κάθε εξερεύνηση στο εσωτερικό του υπό τις παραπάνω συνθήκες.
- vii. Λαξεύσεις στους βράχους και διάφορα ευρήματα, όπως οστά και κεραμικά υποδεικνύουν πιθανό αρχαιολογικό ενδιαφέρον και περαιτέρω έρευνα στην περιοχή.
- viii. Στα σπήλαια έγινε λεπτομερής περιγραφή και χαρτογράφηση και εντάχθηκαν στα αρχεία της Ελληνικής Σπηλαιολογικής Εταιρείας (ΤΟ.Τ.Β.Ε).



4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΟΛΟΚΑΙΝΟ	Γενετισειδής χαλαζιασμός μονζονίτης
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	Μάρμαρα
Αναβαθμίδες από μεγάλες κροκάλες γρανιτών	Γενεύσεις, μαρμαρυγασκοί σχιστόλιθοι, αφθαρμαγνέυστοι
Ασβεστολιθικοί τόφφοι	Κλίμακα 1:50.000
Ολισθοσπρώματα και ολισθόλιθοι από λατυπαπαγή μαρμάρων	Ισοδιαστολή 80m
ΝΕΟΓΕΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ	
Αργιλοψαμμίτες, κροκαλοπαγή, μάργες, ψαμμίτες, άργιλοι, ερυθροπηλοί	

Χάρτης 1. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης του Κρουσοβίτη ποταμού (κατά Σωτηριάδη, τροποποιημένο από Α. Βασιλειάδου (ΒΑΒΑΙΑΚΗΣ 2002).

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ, Α., ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ., ΚΑΒΟΥΡΙΔΗΣ, Θ. & ΚΑΡΥΔΑΚΗΣ, Γ., 2001. Γεωχημικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών ρευστών της περιοχής Θερμοπηγής -Σιδηροκάστρου (λεκάνη Στρυμόνα, Μακεδονία). Πρακτικά 9^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Ε.Γ.Ε.
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., 1981. Μελέτη των επιφανειών διάβρωσης, καρστικών, παγετωδών μορφών του όρους Μενουκίου (στην Α. Μακεδονία) από γεωμορφολογικής και μορφογενετικής πλευράς. - Διδακτ. Διατρ. Πανεπ. Θεσσαλονίκης, σ. 1-192.
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. & ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Λ., 1986. Η επιγενετική κοιλάδα του ποταμού Αγγίτη σε σχέση με την εξέλιξη των λεκανών Σερρών και Δράμας. ΠΜΕ, Γεωλ. & Γεωφ. Μελ., Τομ. εκτός σειράς, σ. 5-14. Αθήνα.
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., 1998. Σχηματισμός - εξέλιξη του σπηλαιού της Έδεσσας και η θετική μετατόπιση του μετώπου των καταρρακτών.- Πρακτικά Α' Πανελ. Σπηλαιολογικού Συνεδρίου: «Άνθρωπος και Σπηλαιοπεριβάλλον», ΥΠ.ΠΟ. 68, Αθήνα
- ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., 2002. Γεωλογική και περιβαλλοντική έρευνα των σπηλαιομορφών της περιοχής Σιδηροκάστρου Σερρών.- Ερευνητικό Πρόγραμμα της Επιτροπής Ερευνών Α.Π.Θ. Δήμος Σιδηροκάστρου.
- ΚΑΡΥΣΤΙΝΑΙΟΣ, Ν. 1984. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης των Σερρών. Λιθοστρωματογραφία, βιοστρωματογραφία και τεκτονική.- Διδακτ. Διατρ. Πανεπ. Θεσσαλονίκης, σ. 1-230.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. - σ. 1-207, Θεσσαλονίκη.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Λ., 1966. Μορφογενετικά έρευναι εις την κοιλάδα του Κρουσοβίτου παρά το Σιδηρόκαστρον Α. Μακεδονίας.- Διδακτ. Διατριβή, Επιστ. Επετ. Σχολ. Φυσ/Μαθ., Παν. Θεσσαλονίκης. **10**: 1-62.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Λ., 1978: Φυσική Γεωγραφία. Διδακτικές Σημειώσεις. Α.Π.Θ, σ. 1-330.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Λ., Α. ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ & ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., 1981. Ανάπτυξη του υπόγειου καρστ στην περιοχή Άγιας Παρασκευής Κασσάνδρας Χαλκιδικής. Δελτίο Ε.Σ.Ε., 1981-82, **18**: 427-439.
- ΤΣΟΥΚΑΛΑ, Ε., 2003. Η Πέλλα και η Παλαιοντολογία. Δήμος Αριδαίας Ν. Πέλλας.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α., 1984: Μαθήματα Ιζηματολογίας. Διδακτικές Σημειώσεις. Α.Π.Θ: 1-131.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BAYARI, C.S., 2002. A rare landform: Yercopru travertine bridges in the Taurids karst range, Turkey.- Earth Surf. Process. Landforms **27**: 577-599.
- BOSAK, P. FORD, D. GLAZEK, J. & HORACEK I., 1989. PALEOKARST, a systematic and regional review.- Publishing House of the Czechoslovak Academic of Sciences, p. 1-725
- FORD, T. D. & PEDLEY, H. M., 1996. A review of tufa and travertine deposits of the world.- Earth-Science Reviews, **41**: 117-175
- KLIMCHOUK, B. A., FORD, C. D. & PALMER, N. A. 2000. Speleogenesis. Evolution of karst aquifers.-Wolfwang Deybrodt Editors, p. 1-526, Huntsville, Alabama

-
- MOORE, G., 1997. Speleology-Caves and the Cave Environment. -Cave Books. USA. p. 1-176
- WHITE, W. & E. WHITE, 1989. Karst Hydrology. Concepts from the Mammoth Cave Area. -Van Nostrand Reinhold. New York. p. 1-346.
- ZHANG, D. D., PEART, M., ZHANG, Y., ZHU, A., & CHENG, X., 2000. Natural water softening processes by waterfall effects in karst areas.- Desalination, Elsevier. p. 247-259

ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ:

- ΒΑΞΕΒΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Μ. & ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ, Γ., 2002. Οδηγός Σπηλαιολογίας. 1-71, Θεσσαλονίκη
- DASHER, R. G., 1994. On station. - National Speleological Society. USA. 1-242p.
- ΔΕΙΚΤΑΚΗ, Ι. & ΑΒΑΓΙΑΝΟΣ Γ. 2002. Ο υπόγειος ποταμός στο Σιδηρόκαστρο. GREEK DIVER 32: 34-43/ Ιούνιος-Ιούλιος
- ΙΩΑΝΝΟΥ, Ι., 2000. Λεξιλόγιο Γεωγραφικών και Σπηλαιολογικών Μορφών. Εκπαιδευτήρια Κωστέα - Γείτονα, Ανοικτό Δημιουργικό Σχολείο, Ευρωσπουδή: 1-163, Αθήνα.
- MANUALE DI SPELEOLOGIA, 1978. Società Speleologica Italiana, Eds Longanesi & C. 1-569, Milano.
- ΠΙΕΤΡΟΧΕΙΛΟΥ, Α. 1985. Τα σπήλαια της Ελλάδας.- Εκδοτική Αθηνών, σ. 1-160
- ΤΑ ΣΠΗΛΑΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.- Περιοδικό 7 Ημέρες, εφημ. ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 8/8/93.
- UNDERGROUND WORLDS, 1991. Planet Earth.- D. D. Jackson & the eds of The Life-Time Books, 1-176, Amsterdam.