

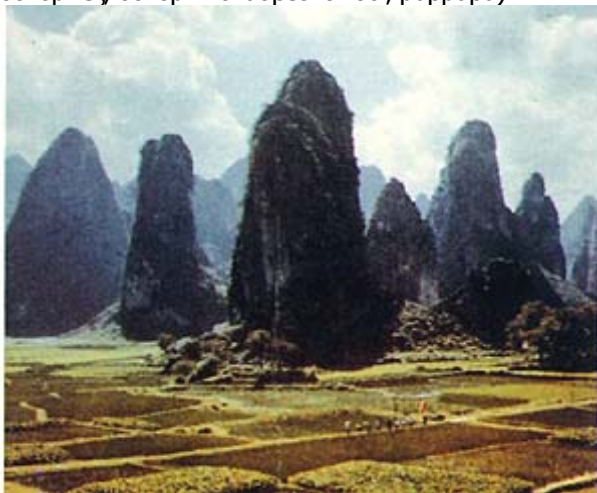
14. ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

14.1. ΓΕΝΙΚΑ

Σε προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφ. 3^ο) αναφέρθηκε η πολύ σημαντική διαλυτική δράση του νερού, όταν αυτό εμπλουτίζεται με διάφορα συστατικά (CO_2 , HNO_2 , HNO_3). Το νερό εμπλουτίζεται κυρίως σε CO_2 που προέρχεται από την ατμόσφαιρα και το έδαφος και μετατρέπεται σε σπουδαίο διαλυτικό μέσο, που συντελεί στη χημική αποσάθρωση – διάλυση επιδεκτικών πετρωμάτων. Τέτοια πετρώματα είναι κυρίως τα ανθρακικά πετρώματα, τα συστατικά των οποίων (άλατα του ασβεστίου και μαγνησίου) μετατρέπονται σε διαλυτά όξινα ανθρακικά άλατα. Η με αυτόν τον τρόπο διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων, κυρίως ασβεστόλιθων και μαρμάρων, καλείται *καρστική διάβρωση*.

Σε πολλές περιοχές της γης στις οποίες επικρατεί ο ασβεστόλιθος, διαμορφώνεται ένα επιφανειακό ανάγλυφο εξαιτίας της διάλυσής του από το νερό, το οποίο είναι γνωστό ως *Karst*. Η λέξη αυτή είναι Σλαβική και χρησιμοποιείται σαν τοπωνύμιο σε περιοχή της Δαλματίας. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Cvijic (1893) και άλλους αυστριακούς γεωλόγους που μελέτησαν την περιοχή αυτή.

Γενικά ο παραπάνω όρος χρησιμοποιείται σε όλες τις περιοχές όπου συμβαίνει διάλυση πετρωμάτων. Το πιο τυπικό όμως Καρστ αναπτύσσεται σε περιοχές που επικρατούν ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, μάρμαρα).



Σχήμα 14.1.: Πυργοειδούς μορφής καρστικό ανάγλυφο στην περιοχή Guilin, της Νότιας Κίνας. (φωτ. από ιστοσελίδα της ΝΑΣΑ.



Σχήμα 14.2.: Καρστικό ανάγλυφο με ήπιες κλίσεις στην περιοχή του Μενοικίου Όρους (Α. Μακεδονία).

Η επιφάνεια μιας καρστικής περιοχής παρουσιάζει μερικούς σαφείς μορφολογικούς χαρακτήρες που την διαφοροποιούν από την επιφανειακή μορφολογία άλλων λιθολογικών τύπων. Οι χαρακτηριστικές επιφανειακές μορφές των καρστικών περιοχών είναι:

- I. Κλειστά βυθίσματα διαφόρων μεγεθών και διάταξης
- II. Τμηματική – διακοπτόμενη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου
- III. Σπήλαια και ανάπτυξη υπόγειου δικτύου αποστράγγισης

Ο βαθμός ανάπτυξης αυτών των επιφανειακών και υπόγειων μορφών ποικίλει από περιοχή σε περιοχή. Μερικές καρστικές περιοχές έχουν έντονο ανάγλυφο με μεγάλου βάθους βυθίσματα, απομονωμένους πυργοειδούς μορφής σχηματισμούς (Σχήμα 14.1.) και μυτερούς λόφους. Σε άλλες περιοχές το ανάγλυφο παρουσιάζεται ομαλό (Σχήμα 14.2.), με μικρές επιφανειακές κοιλότητες που καλύπτονται πολλές φορές από ένα στρώμα εδάφους.

Για να χαρακτηριστεί μια περιοχή ως καρστική θα πρέπει η διάλυση να αποτελεί το κύριο παράγοντα διαμόρφωσης του επιφανειακού αναγλύφου. Παρά το ότι η μεταφορά των αδιάλυτων υλικών από την ποτάμια δράση δημιουργεί μέρος του αναγλύφου, η διάλυση εξακολουθεί να αποτελεί την κυρίαρχη διεργασία δημιουργίας αναγλύφου των καρστικών περιοχών.

Στις καρστικές περιοχές η υγρασία της ατμόσφαιρας είναι περιορισμένη. Η βλάστηση αν δεν απουσιάζει είναι κυρίως θαμνώδης.

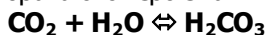
14.2. ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα ανθρακικά πετρώματα τα οποία υπόκεινται στην καρστική διάβρωση είναι οι ασβεστόλιθοι και τα μάρμαρα. Αποτελούνται και τα δύο από CaCO_3 . Τα μάρμαρα ανήκουν στα μεταμορφωμένα πετρώματα, αφού έχουν υποστεί μεταμόρφωση, και έχουν κοκκώδη ιστό. Οι ασβεστόλιθοι είναι θαλάσσια ιζήματα ανθρακικού ασβεστίου που δεν έχουν μεταμορφωθεί και σε πολλές περιπτώσεις έχουμε έντονη την παρουσία απολιθωμάτων (Σχήμα 14.3.). Είναι πετρώματα μονόμικτα και οι μηχανικές και χημικές τους ιδιότητες ποικίλουν, με αποτέλεσμα να συναντώνται σε ποικίλες μορφές στη φύση.

Η χημική σύσταση των ασβεστόλιθων παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ως προς τις ξένες προσμίξεις που περιέχουν. Ανάλογα με τις διάφορες ουσίες που περιέχουν χαρακτηρίζονται σαν αμιγείς όταν $\text{CaCO}_3 > 90\%$ και μη αμιγείς όταν $\text{CaCO}_3 < 90\%$. Οι ουσίες με τις οποίες σχηματίζει προσμίξεις ο ασβεστόλιθος, τον χαρακτηρίζουν σαν αργιλούχο, ασβεσπικό, ψαμμικό, σιδηρούχο, πυριτικό κλπ. Τα ποσοστά τους στη μάζα του πετρώματος διαμορφώνουν τις χημικές και μηχανικές ιδιότητές του.

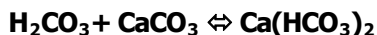
Οι δολομίτες χαρακτηρίζονται σαν διπλά άλατα του Ca και του Mg ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ και CaCO_3 διακρίνουμε τον δολομίτη, τον ασβεσπικό δολομίτη, δολομιτικό ασβεστόλιθο και μαγνησιούχο ασβεστόλιθο.

Ο ασβεστόλιθος είναι λίγος διαλυτός στο καθαρό νερό. Σε αποσταγμένο νερό και σε συνήθη θερμοκρασία η διαλυτότητά του ανέρχεται σε 16mg/lit. Η διαλυτική του δράση αυξάνεται με τον εμπλουτισμό του νερού σε CO_2 . Ο εμπλουτισμός του γίνεται είτε απευθείας από την ατμόσφαιρα κατά την πτώση της βροχοσταγόνας είτε από το βιογενές CO_2 του εδάφους όταν το νερό της βροχής διηθηθεί πρώτα μέσα σ' αυτό. Η αντίδραση διάλυσης του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό είναι:



Η διαλυτική ικανότητα του νερού αυξάνεται μέχρι τον κορεσμό του σε CO_2 . Νερά με θερμοκρασία 0°C και συνηθισμένη περιεκτικότητα σε CO_2 μπορούν να διαλύσουν 70mg/lit περίπου. Στη φύση οι τιμές διαλυτικής ικανότητας του νερού ανέρχονται περίπου σε 100 – 200 mg/lit (Σωτηριάδης, 1984).

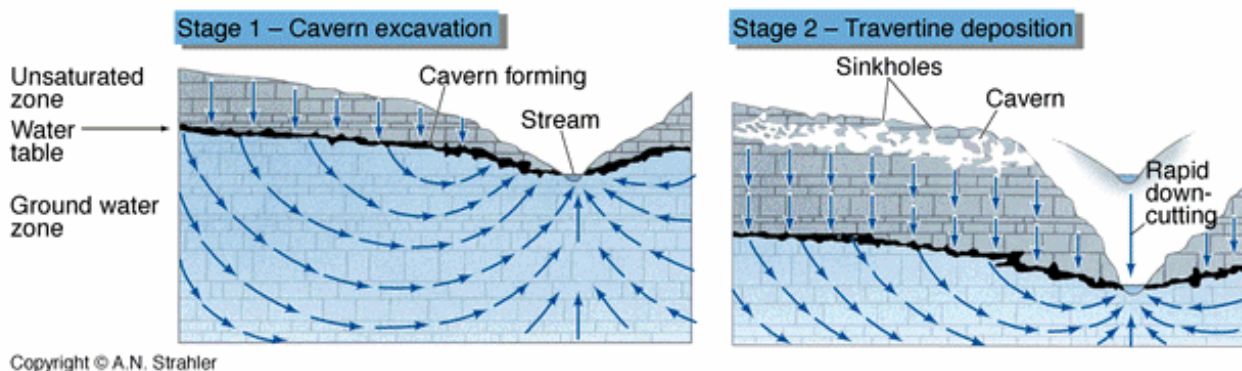
Το όξινο ανθρακικό διάλυμα που εισέρχεται τώρα στη ανθρακική μάζα μεταβάλλει το ανθρακικό ασβέστιο σε δισανθρακικό ασβέστιο διαλυτό στο νερό και πολύ ασταθές.



Σχήμα 14.3.: Απολιθώματα (Hippurites) μέσα σε ασβεστόλιθους της ζώνης Παρνασσού.

Αν έχουμε περίσσεια ποσότητα CO_2 στο νερό, η παραπάνω αντίδραση μετατοπίζεται προς τα δεξιά και αυξάνεται η σε διάλυση ποσότητα του $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Αντίθετα, διαφυγή CO_2 από το διάλυμα προκαλεί τη μετατροπή του $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ σε αδιάλυτο CaCO_3 . Ο κορεσμός των νερών σε διαλυμένο CaCO_3 στη φύση γίνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και κατά κύριο λόγο σε νερά που κυκλοφορούν μέσα σε πόρους και μικρορωγμές. Στις μικρορωγμές τα νερά κορένονται σε CaCO_3 σε μικρές σχετικά αποστάσεις. Έτσι δεν μπορούν παραπέρα να διαλύσουν ανθρακικό ασβέστιο παρά μόνο αν αλλάξουν ορισμένες συνθήκες.

Για να γίνει δυνατή η διάλυση στο εσωτερικό της ανθρακικής μάζας έτσι ώστε να δημιουργηθούν υπόγεια έγκοιλα και σπήλαια θα πρέπει να υπάρξουν στο εσωτερικό νερά ακόρεστα σε CaCO_3 . Τα ακόρεστα αυτά νερά μπορούν να δημιουργηθούν όταν δύο κορεσμένα νερά αναδευτούν μεταξύ τους, δημιουργώντας ένα τρίτο νέο διάλυμα το οποίο για κάποιο ελάχιστο χρόνο παραμένει ακόρεστο. Έτσι διαλύοντας το CaCO_3 που χρειάζεται ώστε να κορεστεί, αφαιρεί τμήμα του ανθρακικού όγκου κοντά στο σημείο που δημιουργήθηκε. Τα εσωτερικά αυτά έγκοιλα διευρύνονται ακόμα περισσότερο πάντοτε όμως σε μια ζώνη ανάμιξης κορεσμένων σε CaCO_3 νερών του ασβεστόλιθου. Η ζώνη αυτή βρίσκεται πολύ κοντά η ταυτίζεται με την επιφάνεια του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (Σχήμα 14.4.). Μια πτώση του υδροφόρου ορίζοντα εξαιτίας της γεωμορφολογικής εξέλιξης και της καρστικής διάβρωσης δημιουργεί ζώνες υπόγειων εγκοίλων στο ασβεστολιθικό όγκο.



Copyright © A.N. Strahler

Σχήμα 14.4.: Σχηματισμός υπόγειων εγκοίλων και σπηλαίων κοντά στο υπόγειο υδροφόρο οριζόντιο.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την διάλυση των ασβεστόλιθων είναι η θερμοκρασία και η πίεση. Η διαλυτική ικανότητα του ασβεστόλιθου αυξάνεται με την πτώση της θερμοκρασίας. Αντίθετα σε αύξηση της θερμοκρασίας η αντίδραση μετατοπίζεται προς την απόθεση ανθρακικού ασβεστίου και μείωση της διαλυτικής ικανότητας του νερού. Η μερική πίεση του CO₂ όταν αυτή αυξάνεται στο νερό τότε αυξάνει και η διαλυτική του ικανότητα. Έτσι το κρύο νερόν χειμερινών βροχοπτώσεων είναι πλουσιότερο σε διοξείδιο του άνθρακα και συνεπώς η επιφανειακή διάλυση των ασβεστόλιθων είναι μεγαλύτερη στις ψυχρές περιοχές παρά στις θερμές.

Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες η διαλυτική ικανότητα εξαρτάται και από την παρουσία στο νερό ορισμένων ιόντων σε κάποιες αναλογίες. Έτσι η παρουσία ιόντων Mg⁺ και Na⁺ αυξάνει τη διαλυτική ικανότητα ενώ η παρουσία SO₄⁻² την ελαττώνει.

Η διάλυση των ασβεστόλιθων τόσο επιφανειακά όσο και υπόγεια δεν εξαρτάται μόνο από τους φυσικούς και χημικούς παράγοντες, αλλά και από την καθαρότητα του ασβεστόλιθου σε ανθρακικό CaCO₃. Γενικά έχει παρατηρηθεί ότι σε καρστικές περιοχές η περιεκτικότητα των ασβεστολιθων σε CaCO₃ κυμαίνεται από 64 – 98% (Σωτηριάδης, 1984). Το καλά αναπτυγμένο καρστ σχηματίζεται όταν η περιεκτικότητα του ασβεστόλιθου σε CaCO₃ είναι μεγαλύτερη του 90%. Αντίθετα το καρστ είναι περιορισμένο όταν η περιεκτικότητα σε CaCO₃ είναι μικρότερη του 60%. Όσο μεγαλύτερη είναι η παρουσία αδιάλυτων υλικών, τόσο πιθανότερο είναι τα υλικά αυτά να φράξουν τις διάφορες κοιλότητες και τους αγωγούς του καρστ, με αποτέλεσμα να εμποδίσουν τόσο την επιφανειακή όσο και την υπόγεια καρστική διάβρωση.

Ο συμπαγής ασβεστόλιθος σε υγιή κατάσταση, λόγω του χαμηλού πορώδους του χαρακτηρίζεται ως αδιαπέρατος πετρογραφικός σχηματισμός. Οι ασβεστόλιθοι όμως είναι σπάνιο να βρίσκονται στην επιφάνεια της γης χωρίς να έχουν υποστεί κατακερματισμό ή πύκωση. Οι ασβεστόλιθοι είναι θαλάσσια ιζήματα που σχηματίζονται σε βάθη 600 – 800 μέτρων. Όταν στον Ελλαδικό χώρο τους συναντάμε σε υψόμετρα 1000 έως και μεγαλύτερα των 2000 μέτρων, καταλαβαίνουμε ότι οι μεγάλης κλίμακας ορογενετικές κινήσεις δεν τους άφησαν τεκτονικά ανεπηρέαστους.

Οι ασυνέχειες λοιπόν των ασβεστόλιθων (διακλάσεις, καταμήσεις, ρήγματα κλπ) δημιουργούν ένα δευτερογενές πορώδες, καθιστώντας τους ασβεστόλιθους διαπερατά πετρώματα. Στην αρχή το εύρος των διακλάσεων είναι μικρό και το νερό με τριχοειδή φαινόμενα έχει υδραυλική επικοινωνία. Η μηχανική δράση του νερού διευρύνει τις αρχικές ρωγμές στο πέτρωμα. Η μεταβολή του όγκου του εξαπίας της διαστολής του από την μετατροπή του σε πάγο, προκαλεί μηχανική θραύση των ασβεστόλιθων και διεύρυνση των ρωγμών αυτών. Στη συνέχεια οι ρωγμές διευρύνονται ακόμη περισσότερο από την επιφανειακή διάλυση που προκαλεί το εμπλουτισμένο σε CO₂ νερό της ατμόσφαιρας. Όταν οι ρωγμές διευρυνθούν τόσο ώστε στο κενό που δημιουργείται να έχουμε το σχηματισμό εδάφους τότε η καρστική διάβρωση αυξάνεται κατακόρυφα εξαπίας του εμπλουτισμού του νερού σε βιογενές διοξείδιο του άνθρακα (Σχήμα 14.5.).

Η καταπόνηση των ανθρακικών πετρωμάτων εξαπίας των μηχανικών ιδιοτήτων του νερού συναντάται κυρίως σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη ή περιοχές μεγάλου υψομέτρου όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Τα φαινόμενα κατακερματισμού των ασβεστόλιθων και η

συσσώρευση κλαστικών υλικών, λόγω κλιματικών μεταβολών ονομάζονται *κρυστογενετικά*.



Σχήμα 14.5.: Προχωρημένη καρστική διάβρωση με διεύρυνση των διακλάσεων του ασβεστόλιθου και δημιουργία εδάφους στα διάκένά τους.

Η συμμετοχή των μηχανικών παραγόντων στην ανάπτυξη του καρστ είναι μεγάλη. Βοηθά στην ανάπτυξη της διαπερατότητας των ασβεστολιθικών σχηματισμών και ανοίγει τον δρόμο στη χημική αποσάθρωσή τους.

Η ταχύτητα της καρστικής διάβρωσης απασχόλησε πολλούς ερευνητές. Ο υπολογισμός της είναι εξαιρετικά πολύπλοκος αφού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (κλιματολογικούς, μορφολογικούς, πετρογραφικούς κλπ.). Τόσο στις παραμεσόγειες χώρες όσο και στην Ελλάδα η μέση ταχύτητα ταπείνωσης του επιφανειακού αναγλύφου υπολογίζεται από διάφορους ερευνητές σε 60 – 80 χιλιοστά ανά 1000 χρόνια περίπου (Σωτηριάδης, 1984).

14.3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

ΓΛΥΦΕΣ

Η πιο συνηθισμένη από τις επιφανειακές καρστικές μορφές είναι οι γλυφές. Αποτελούν διαφόρου βάθους αυλακώσεις της επιφάνειας του ασβεστόλιθου που δημιουργήθηκαν από τη διαλυτική δράση του νερού. Το βάθος τους κυμαίνεται από μερικά χιλιοστά έως μερικές δεκάδες εκατοστά. Διακρίνονται ανάλογα με το μέγεθος τη μορφή και τον τρόπο δημιουργίας τους, σε δακτυλογλυφές και αμαξοτροχιές. Σχεδόν πάντοτε καταλήγουν σε σημεία στα οποία τα επιφανειακά αυτά νερά διεισδύουν στη μάζα του πετρώματος,

Οι δακτυλογλυφές και αμαξοτροχιές μοιάζουν με μικρά κανάλια, δίνουν την εντύπωση νευρώσεων των φύλλων και έχουν τη μορφή αποτυπωμάτων δακτύλων που τραβήχτηκαν ή σύρθηκαν στον ασβεστόλιθο όταν αυτός βρισκόταν σε πλαστική κατάσταση (Σχήμα 14.6.). Δημιουργούνται πάνω σε κεκλιμένα στρώματα, από τη ροή του νερού στην επιφάνεια του ασβεστόλιθου. Οι διαστάσεις τους είναι γενικά μικρές.

Οι αμαξοτροχιές έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις και η ανάπτυξή τους γίνεται κατά μήκος του δικτύου των διακλάσεων. Χωρίζονται μεταξύ τους με ράχες που έχουν οδοντωτή μορφή. Αναπτύσσονται κυρίως σε ασβεστόλιθους με μικρή κλίση σε αντίθεση με τις δακτυλογλυφές.

Η κατάλληλη τεκτονική κατασκευή της περιοχής, η κλίση της επιφάνειας του εδάφους, η χημική σύσταση των ασβεστολιθών και οι γενικότερες κλιματικές συνθήκες συμβάλλουν στη δημιουργία γλυφών.

ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΦΡΕΑΤΑ ή ΧΥΤΡΕΣ

Πρόκειται για μικρές ή μεγάλες κοιλοότητες, διαφόρου σχήματος, που δίνουν τη μορφή φρεάτων μέσα στα οποία συγκεντρώνονται τα αδιάλυτα υλικά της καρστικής διάβρωσης (Σχήμα 14.7.). Συγχέονται πολλές φορές με τις καταβόθρες γιατί δίνουν την εντύπωση στον παρατηρητή απότομων κάθετων βυθισμάτων προς τον ασβεστολιθικό όγκο.

Το εύρος τους ποικίλει και πολλές φορές υπερβαίνει τα 100 μέτρα. Το βάθος τους μπορεί να φτάσει έως τα βαθύτερα τμήματα της ασβεστολιθικής μάζας.



Σχήμα 15.6.: Δακτυλογλυφές.



Σχήμα 14.7.: Καρστικό φρέαρ στο Μενοίκιο Όρος (Αν. Μακεδονία).

Για παράδειγμα αναφέρουμε ότι στις Άλπεις μετρήθηκε το βάθος ενός τέτοιου καρστικού φρέατος σε 310 μέτρα.

Στην Ελλάδα συναντώνται συχνά τέτοιοι σχηματισμοί και ονομάζονται από τους κατοίκους (βάραθρα, άβυσσοι κλπ.). Πολλές φορές βρίσκονται και σε επικοινωνία με το υπόγειο Καρστ.

ΔΟΛΙΝΕΣ

Οι δολίνες είναι μεγαλύτερες μονάδες επιφανειακής καρστικής διάβρωσης από τα φρέατα. Η λέξη δολίνη είναι Σλαβική και χαρακτηρίζει μια κλειστή λεκάνη, σχήματος κυκλικού ή ελλειπτικού, το εύρος της οποίας είναι μεγαλύτερο από το πλάτος σε αντίθεση με τα καρστικά φρέατα (Σχήμα 14.8.).

Οι διαστάσεις κυμαίνονται για το πλάτος από 20 έως εκατοντάδες μέτρα και για το βάθος από 2 έως 100 μέτρα. Ο πυθμένας των δολινών είναι σχετικά επίπεδος

και καλύπτεται τόσο αυτός όσο και τα εσωτερικά πρανή από χημικά ιζήματα. Πολλές φορές σχηματίζεται και βλάστηση. Πολλές φορές το πάχος των ιζημάτων στον πυθμένα της δημιουργεί φραγμό στην υπόγεια απορροή με αποτέλεσμα την δημιουργία τελμάτων.

Ανάλογα με το σχηματισμό τους διακρίνονται σε *εγκατακρημνισγενείς*, όταν προέρχονται από την κατάρρευση της οροφής ενός σπηλαιού και σε *χοανοειδείς* όταν προέρχονται από τη χημική διάλυση των πετρωμάτων. Στην πρώτη περίπτωση οι κλιτύες είναι απότομες και οι πυθμένες επίπεδοι.

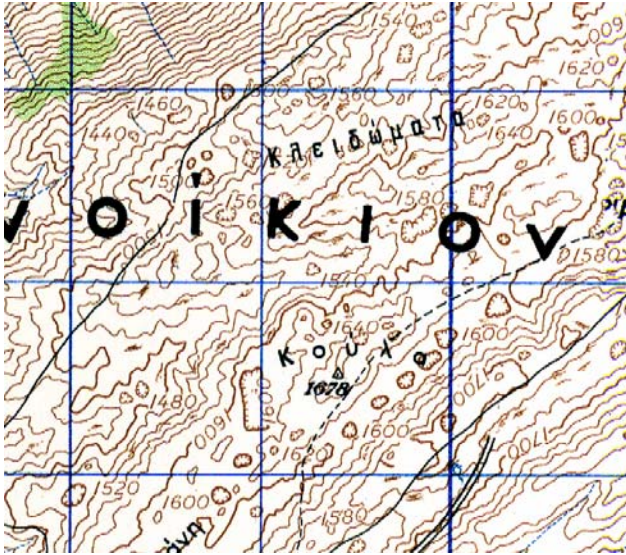
Η εξέλιξη μιας δολίνης εξαρτάται από την διαλυτότητα των ασβεστόλιθων, του πάχους τους, του υδροφόρου ορίζοντα, καθώς και του κλίματος της περιοχής.

Οι δολίνες εμφανίζονται άλλοτε μεμονωμένες και άλλοτε σε αποικίες. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Μενοικίου όρους όπου σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 1700 μέτρων υπάρχει ένας πραγματικός λαβύρινθος από δολίνες που διαμορφώνουν την καρστική μορφολογία. Σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας όπου υπάρχουν ασβεστολιθικά πετρώματα συναντούμε δολίνες. Από τις οροσειρές του Παρνασσού, της Γκιώνας και των Βαρδουσιών μέχρι της οροσειρές της Κρήτης η ύπαρξη δολινών αποτελεί κυρίαρχο στοιχείο της καρστικής μορφολογίας.

Στο σχήμα 14.9. παρουσιάζεται η απεικόνιση της μορφολογίας μιας καρστικής περιοχής, όπως αυτή αποτυπώνεται σε ένα τοπογραφικό χάρτη. Με τις ισουΐψεις κατάπτωσης παρουσιάζονται τα καρστικά βυθίσματα (δολίνες, φρέατα) που αποτελούν κλειστά έγκοιλα του μορφολογικού αναγλύφου.



Σχήμα 14.8.: Δολίνη κατακρήμνισης.



Σχήμα 14.9.: Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη στο οποίο αποτυπώνεται η καρστική μορφολογία.

ΟΥΒΑΛΕΣ

Αν η διάλυση στους ασβεστόλιθους προχωρήσει σε σημείο που γειτονικές δολίνες να συνενωθούν μεταξύ τους, τότε σχηματίζονται μεγάλα βυθίσματα ή κλειστές λεκάνες χωρίς κανονικό περίγραμμα, οι οποίες ονομάζονται *ουβάλες*. Η έκτασή τους κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες τετραγωνικά μέτρα έως και μερικά τετραγωνικά χιλιόμετρα. Γενικά είναι δυνατό να χαρακτηριστούν ως δολίνες σε προχωρημένο στάδιο.

Πολλές φορές μέσα στην περιοχή της ουβάλας είναι δυνατόν να αναπτυχθεί μια νέα ομάδα δολινών. Στην περίπτωση αυτή η ουβάλα ανήκει σε παλαιότερο κύκλο καρστικής διάβρωσης.

ΠΟΛΓΕΣ

Ως πόλγες μπορούμε να αποδώσουμε στα ελληνικά τα μεγάλα καρστικά επίπεδα. Είναι ευδιάκριτες κλειστές κοιλότητες – λεκάνες με σχήμα κυρίως ελλειπτικό (Σχήμα 14.10.). Έχουν συνήθως μεγάλη επιφάνεια, που κυμαίνεται από λίγα έως εκατοντάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα. Περιβάλλονται παντού από όρη και βρίσκονται σε διάφορα υψόμετρα, από πολύ κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας έως και πάνω από 1000 μέτρα. Οι πόλγες που βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα κατακλύζονται συνήθως από νερά και μετατρέπονται σε λίμνες και έλη. Ο πυθμένας τους αποτελείται κυρίως από εύφορα αλλουβιακά υλικά (αδιάλυτα υλικά του ασβεστόλιθου που μεταφέρθηκαν με την ποτάμια δράση), πάνω στα οποία έχουν κτισθεί χωριά και πόλεις.

Το πεδινό τμήμα πολλές φορές διαρρέεται από ξένα μικρό υδρογραφικό δίκτυο, που καταλήγει σε καταβόθρες στα περιθώρια της λεκάνης. Τα επιφανειακά νερά διαμέσου των καταβόθρων και του υπόγειου δικτύου αποστράγγισης είτε καταλήγουν στη θάλασσα με τη μορφή υποθαλάσσιων πηγών είτε σε πλαγιές των γύρω βουνών με τη μορφή καρστικών πηγών (κεφαλάρια).

Πολλές φορές συμβαίνει το αντίθετο. Καταβόθρες που επικοινωνούν με περιοχές υψηλότερου υψόμετρου αναβλύζουν νερό, όταν στις υψηλές αυτές περιοχές

Σχήμα 14.10.: Πόλγη μικρών σχετικά διαστάσεων στην περιοχή της Πελασγίας Φθιώτιδας. Στο κέντρο της πόλγης οι περιοχές που δεν καλλιεργούνται είναι οι χαμηλότερες ζώνες που κατακλύζονται τη χειμερινή περίοδο από τα επιφανειακά νερά.





Σχήμα 14.11.: Χαμηλή περιοχή της πόλης της Τρίπολης, η οποία κατακλύσθηκε από νερά μετά από περίοδο έντονων βροχοπτώσεων

έχουμε έντονες βροχοπτώσεις ή λιώσιμο των χιονιών της χειμερινής περιόδου.

Αν ο υδροφόρος ορίζοντας στην περιοχή της πόλης παρουσιάσει πτώση, λόγω παρατεταμένης ξηρασίας, τα επιφανειακά νερά δεν φτάνουν μέχρι τις καταβόθρες αλλά διηθούνται μέσα στα χαλαρά υλικά του πυθμένα. Μερικές φορές η ικανότητα αποστράγγισης μέσω των καταβόθρων είναι περιορισμένη με αποτέλεσμα τα επιφανειακά νερά να μεταβάλλουν το χαμηλότερο σημείο του πυθμένα της πόλης σε λίμνη. Οι λίμνες των Ιωαννίνων και της Καστοριάς αποτελούν παραδείγματα τέτοιων καρστικών λιμνών. Βέβαια μπορούν να σχηματίζονται και λίμνες πιο προσωρινές (Σχήμα 14.11.) οι οποίες να ξηραίνονται κατά την θερινή περίοδο.

Η πόλη είναι μικτός μορφολογικός σχηματισμός τεκτονικής δράσης και καρστικής διάβρωσης. Ο αρχικός σχηματισμός οφείλεται στην τεκτονική που δημιούργησε την αρχική επιφανειακή ταπείνωση. Η τελική όμως διαμόρφωση γίνεται στη συνέχεια από την καρστική διάβρωση. Επίσης ο σχηματισμός μιας πόλης μπορεί να οφείλεται και στην προοδευτική αύξηση και συνένωση δολινών προς ουβάλες και στη συνέχεια σε πόλη. Μέσα στις πόλεις αυτές παραμένουν υπολείμματα αδιάλυτων ασβεστόλιθων με τη μορφή λόφων που ονομάζονται *Hum* (Σχήμα 14.12.).

Στην Ελλάδα λόγω ευνοϊκών συνθηκών υπάρχει σημαντικός αριθμός πολών. Μια χαρακτηριστική πόλη, η μεγαλύτερη της Ελλάδας, είναι αυτή της Κοπαΐδας. Είναι δημιούργημα τεκτονικής κατακρήμνισης σε συνδυασμό με καρστική διάβρωση. Αν και στα περιθώριά της υπάρχει

πλήθος καταβόθρων (Σχήμα 14.13.) παρόλα αυτά δεν είχε ικανοποιητική αποστράγγιση, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο τμήμα της να παραμένει κάτω από το επιφανειακό νερό.

Από τους αρχαιότερους χρόνους έγιναν προσπάθειες από τον άνθρωπο για αποξήρανσή της (Μινύες 2.500 – 1.500 π.Χ.). Μετά του Μινύες η Κοπαΐδα πλημμύρισε και πάλι. Ο Μέγας Αλέξανδρος αποπειράθηκε και αυτός να την αποξηράνει. Η τελευταία προσπάθεια έγινε από ξένες εταιρείες στις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Σήμερα η



Σχήμα 14.12.: Υπολειμματικός ασβεστόλιθος με τη μορφή απομονωμένου λόφου (*Hum*) στα περιθώρια της πόλης της Τρίπολης.

Κωπαΐδα είναι από τις ευφορότερες περιοχές της Ελλάδας με έκταση 200.000 στρέμματα.

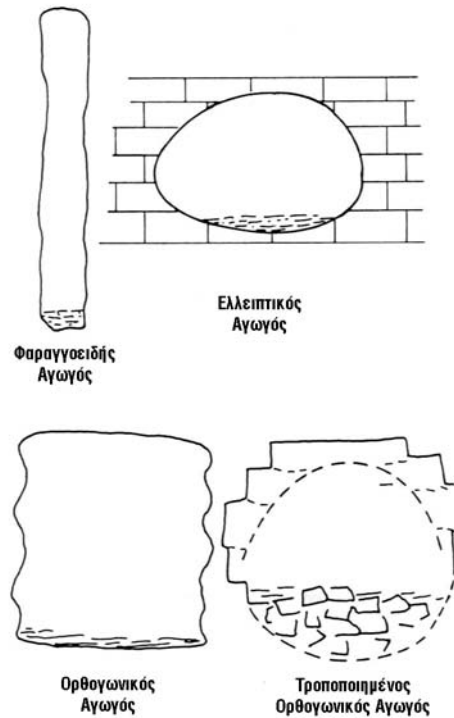
Άλλη επίσης χαρακτηριστική πόλη είναι του Λασιθίου Κρήτης στα όρη της Δίκτης. Αυτή είναι τεκτονική τάφρος, η μορφολογία της οποίας τροποποιήθηκε μεταγενέστερα από την καρστική διάβρωση. Έχει ακανόνιστο ελικοειδές σχήμα με διαστάσεις 9,3 X 5 χιλιόμετρα. Στην Κρήτη υπάρχουν και άλλες πόλεις όπως της Νίδας στην Ίδη που βρίσκεται σε υψόμετρο 1.600 μέτρων, του Ομαλού στα Λευκά Όρη σε υψόμετρο 1.050 μέτρων και άλλες.

14.4. ΥΠΟΓΕΙΣ ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Οι υπόγειες καρστικές μορφές είναι οι καταβόθρες, οι μικροί και μεγάλοι οχετοί, τα σπήλαια και τα έγκοιλα. Σχηματίζονται από την είσοδο του επιφανειακού νερού προς το εσωτερικό του πετρώματος και αποτελούν το δευτερογενές του πορώδες.

Η διατομή των υπόγειων αυτών καρστικών μορφών εξαρτάται από δύο παράγοντες. Τις υδραυλικές δυνάμεις που διαμορφώνουν ομαλές επιμήκεις μορφές υπόγειων καρστικών εγκοίλων και την τεκτονική (διακλάσεις, διαστρώσεις κλπ.) που ελέγχει σε μεγάλο βαθμό το σχήμα της διατομής των εγκοίλων, όπου αυτή υπάρχει.

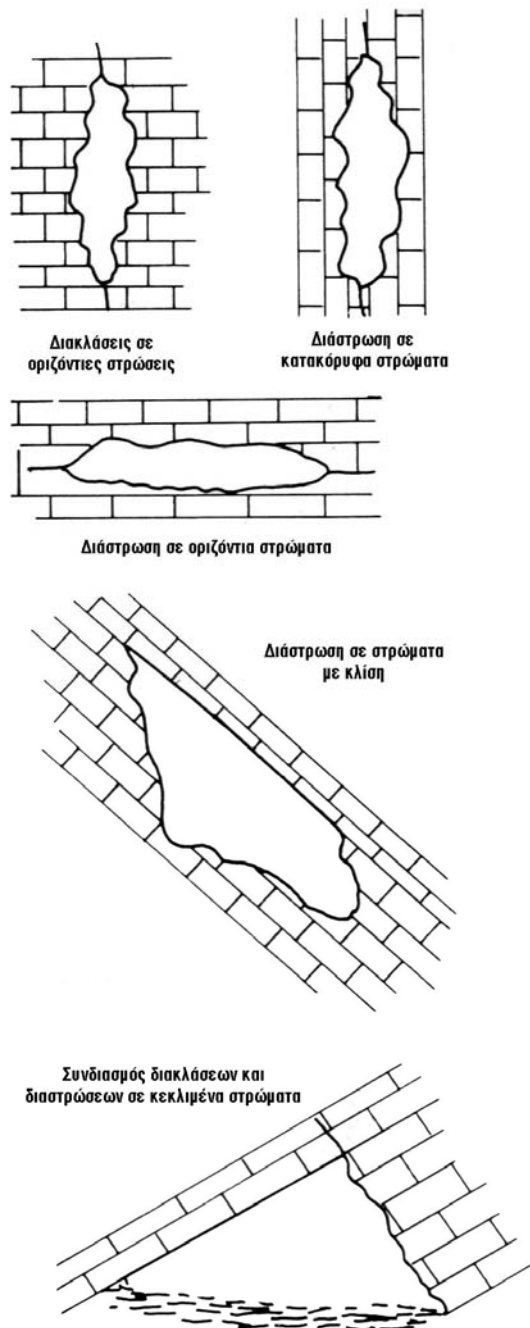
Υψηλές ταχύτητες υπόγειων νερών σε μεγάλο πάχος ομογενείς ασβεστόλιθους τείνουν να διαμορφώσουν ομαλά επιμήκη έγκοιλα που οφείλονται



Σχήμα 14.4.: Διατομές υπόγειων καρστικών οχετών με σχήμα που ελέγχεται από την υδραυλική δράση του τρεχόμενου νερού

Σχήμα 14.13.: Καρστικά έγκοιλα στα περιθώρια της πόλης της Κοπαΐδας.





Σχήμα 14.15.: Διατομές υπόγειων καρστικών οχετών με σχήμα που ελέγχεται άμεσα από την τεκτονική κατάσταση της μάζας του ασβεστόλιθου (διακλάσεις, ρήγματα κλπ.).

στην υδραυλική δράση (Σχήμα 14.14.). Αντίθετα χαμηλές ταχύτητες σε κερματισμένα ή με στρώσεις πετρώματα δημιουργούν υπόγειους αγωγούς με πολύπλοκες διατομές (Σχήμα 14.15.).

Τα υπόγεια καρστικά έγκοιλα που διαμορφώθηκαν από την υδραυλική δράση των υπόγειων νερών, τείνουν να σχηματίσουν φαραγγοειδούς ή ελλειπτικής διατομής αγωγούς. Στην πρώτη περίπτωση το υπόγειο έγκοιλο έχει τη μορφή ενός πολύ στενού με απότομα, σχεδόν κάθετα, τοιχώματα αγωγού. Οι αγωγοί αυτοί μπορούν να σχηματιστούν από την προοδευτική κατά βάθος διάβρωση ενός ελεύθερας ροής (όχι υπό πίεση) υπόγειου υδάτινου ρεύματος.

Οι ελλειπτικοί αγωγοί δημιουργούνται όταν η υπόγεια ροή είναι υπό πίεση. Το μέγεθός τους ποικίλει, από πολύ μικρές διαμέτρους μερικών εκατοστών έως μεγάλες που ξεπερνούν τα δέκα μέτρα. Οι ελλειπτικοί υπόγειοι αγωγοί σχηματίζονται σε οριζόντια στρώση ασβεστόλιθου χαμηλού κυρίως αναγλύφου. Όταν το ανάγλυφο είναι πιο απότομο τότε η ελλειπτική μορφή τους τείνει σε κυλινδρική. Η τάση δημιουργίας κυλινδρικών διατομών συνήθως υποδηλώνει αύξηση της ταχύτητας ροής του υπόγειου νερού.

Η δημιουργία υπόγειων εγκοίλων στο εσωτερικό της ασβεστολιθικής μάζας, εξαρτάται από την θέση του υδροφόρου οριζοντα και μειώνεται προοδευτικά προς το εσωτερικό της.

ΚΑΤΑΒΟΘΡΕΣ

Καταβόθρες ονομάζονται καρστικοί αγωγοί ή έγκοιλα, που ανεβαίνουν μέχρι την επιφάνεια του εδάφους κατακόρυφα ή με μεγάλη κλίση. Βρίσκονται συνήθως στον πυθμένα ή τα περιθώρια μικρών και μεγάλων καρστικών βυθισμάτων ή λεκανών και δέχονται μόνιμα ή περιοδικά επιφανειακά και υπόγεια νερά. Προχωρούν στο εσωτερικό των ασβεστολιθικών πετρωμάτων και σχηματίζουν ένα σύστημα αγωγών και οχετών με πολύπλοκο προσανατολισμό.

Τα εισερχόμενα στις καταβόθρες νερά, εξαφανίζονται προς τα βαθύτερα σημεία προς άγνωστες πολλές φορές κατευθύνσεις. Παράδειγμα αποτελεί το μοναδικό στον κόσμο φαινόμενο της εισόδου του θαλασσινού νερού στις καταβόθρες του Αργοστολίου Κεφαλλονιάς. Το θαλασσινό νερό εισέρχεται συνεχώς στον ασβεστολιθικό όγκο, μετατρέπεται σε υφάλμυρο από την ανάμιξη του με το γλυκό νερό που κατεισδύει από την επιφάνεια και αναβλύζει στις πηγές του Καραβόμυλου στο δυτικό τμήμα του νησιού, βορειότερα της Σάμης.

ΣΠΗΛΑΙΑ

Τα *σπήλαια* είναι επίσης υπόγεια έγκοιλα μεγάλων διαστάσεων που συναντώνται σε ανθρακικά πετρώματα. Επικοινωνούν επιφανειακά με μικρά στόμια και είναι προσπτά στην προσπέλαση του ανθρώπου.

Σχηματίζονται στο εσωτερικό της ασβεστολιθικής μάζας, εξαιτίας της καρστικής διάβρωσης που διαλυτοποιεί το CaCO_3 και το απομακρύνει με την ροή του υπόγειου νερού. Όμως το νερό που εισέρχεται στην ανθρακική μάζα από τις σχισμές και τις διακλάσεις της, πολύ γρήγορα καθίσταται κορεσμένο σε ανθρακικό ασβέστιο με αποτέλεσμα να μην μπορεί να διαλύσει παραπάνω ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου. Για να δημιουργήσουν αυτά τα κορεσμένα νερά ένα σπήλαιο στο βάθος της μάζας του πετρώματος θα πρέπει να μετατραπούν σε ακόρεστα στο συγκεκριμένο σημείο και να αποσπάσουν (διαλυτοποιήσουν) τμήμα της ανθρακικής μάζας. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί όταν δύο κορεσμένα διαλύματα μέσα από τις διακλάσεις του πετρώματος ενωθούν και σχηματίσουν ένα νέο διάλυμα το οποίο για πολύ λίγο είναι ακόρεστο. Το ακόρεστο αυτό διάλυμα θα διαλύσει τμήμα του πετρώματος και θα το απομακρύνει σχηματίζοντας στην σημείο εκείνο ένα υπόγειο έγκοιλο.

Συνήθως μέσα στα σπήλαια σχηματίζονται χαρακτηριστικοί σχηματισμοί από την απόθεση του CaCO_3 . Οι πιο σπουδαίοι είναι οι σταλακτίτες και οι σταλαγμίτες. Η σύστασή τους αποτελείται από ασβεστίτη ή αραγωνίτη. Οι σταλακτίτες κρέμονται από την οροφή του σπηλαιού ενώ οι σταλαγμίτες ανυψώνονται από το δάπεδο. Ο σχηματισμός του οφείλεται στο υπέρκορεσμένο νερό που φτάνει από τις σχισμές στο χώρο του σπηλαιού και το οποίο σε κατάλληλες συνθήκες αποθέτει το ανθρακικό ασβέστιο δημιουργώντας τους ασβεστίτικους αυτούς σχηματισμούς.

Τα σχήματα που παίρνουν οι σταλακτίτες είναι διάφορα και εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες. Το σχήμα της οπής από την οποία το νερό εισέρχεται στο έγκοιλο, η ταχύτητα της ροής του νερού, η θερμοκρασία, η περιεκτικότητα του αέρα σε CO_2 είναι μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόθεση ανθρακικού ασβεστίου. Η παρουσία οξειδίων του σιδήρου κυρίως δίνει το χαρακτηριστικό κόκκινο ή υποκίτρινο χρώμα στις αποθέσεις του CaCO_3 .

Τα σπήλαια αποτέλεσαν για τον προϊστορικό άνθρωπο την πρώτη κατοικία και χρησίμευσαν σαν καταφύγια απέναντι στα στοιχεία της φύσης και στα σαρκοφάγα ζώα. Παράδειγμα σπηλαιού με αρχαιολογικό ενδιαφέρον, που κατοικήθηκε για μεγάλη περίοδο αποτελεί το σπήλαιο Αλεπότρυπα Δυρού Λακωνίας,

Ένα άλλο σπήλαιο που βρίσκεται στον όρμο του Δυρού Λακωνίας είναι το σπήλαιο της Γλυφάδας. Σχηματίστηκε σε παλαιότερες περιόδους όπου η στάθμη της θάλασσας ήταν χαμηλότερα από τη σημερινή. Σήμερα βρίσκεται στο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας, είναι μερικώς κατακλεισμένο από νερά και ένα μεγάλο τμήμα του είναι επισκέψιμο μόνο με βάρκες. Αποτελεί ένα από τα ωραιότερα σπήλαια της Ελλάδας (Σχήμα 14.16.).



Σχήμα 14.16.: Σπήλαιο Δυρού Λακωνίας.

Ένα άλλο σπήλαιο της Ελλάδας, με εξέχουσα παλαιοανθρωπολογική σημασία, είναι το σπήλαιο των Πετραλώνων Χαλκιδικής. Μέσα σ' αυτό ανακαλύφθηκε ένα κρανίο προϊστορικού ανθρώπου, το οποίο αποτελεί το πρώτο και μοναδικό λείψανο παλαιανθρώπου (*Homo neanderthalensis*).

Τα σπήλαια αποτελούν μέρος του φυσικού κάλλους της χώρας μας και προστατεύονται από την νομοθεσία.

Το κλίμα στα σπήλαια

Το κλίμα στα σπήλαια παρουσιάζει μια ιδιομορφία και διαφέρει από το γενικό κλίμα της περιοχής. Όταν σε ένα σπήλαιο υπάρχουν δύο οπές επικοινωνίας με την ατμόσφαιρα τότε έχουμε κυκλοφορία αέρα στο εσωτερικό του σπηλαιού με τον ακόλουθο τρόπο. Στη διάρκεια του χειμώνα η θερμοκρασία του σπηλαιού είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Έτσι ο ψυχρός αέρας εισέρχεται στο εσωτερικό του σπηλαιού από την χαμηλότερη οπή, στη συνέχεια θερμαίνεται, γίνεται ελαφρύτερος ανεβαίνει προς τα ψηλότερα και εξέρχεται από την ψηλότερη οπή του σπηλαιού. Το αντίθετο συμβαίνει την καλοκαιρινή περίοδο όπου ο ζεστός αέρας

της ατμόσφαιρας εισέρχεται στο σπήλαιο, ψύχεται, γίνεται βαρύτερος και εξέρχεται από την χαμηλότερη οπή του σπηλαιού. Το φαινόμενο αυτό προκάλεσε το ενδιαφέρον στους χωρικούς περιοχών που υπήρχαν σπήλαια και την έξοδο του εξερχόμενου αέρα, που κατά την χειμερινή περίοδο υγροποιείται την απέδωσαν σε παρουσία ηφαιστειών.

Στην περίπτωση που το σπήλαιο έχει μια οπή, τότε ο αέρας εισερχόμενος, θερμαίνεται κατά τον χειμώνα και σαν ελαφρύτερος καταλαμβάνει το ανώτερο τμήμα του σπηλαιού. Αντίθετα στα κατώτερα τμήματα συγκεντρώνονται οι ψυχρότερες αέριες μάζες. Έτσι στο σπήλαιο παρατηρούνται διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες.

Η θερμοκρασία στο εσωτερικό των σπηλαίων είναι περίπου η μέση ετήσια της ατμόσφαιρας της περιοχής που βρίσκεται το σπήλαιο και παρουσιάζει μικρή διακύμανση στις αλλαγές των εποχών. Σε ορισμένα σπήλαια ψυχρών περιοχών η θερμοκρασία είναι τόσο χαμηλή όπου σχηματίζονται μέσα σ' αυτά σταλακτίτες και σταλαγιμίτες από πάγο.

14.5. ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Ένας υγιής ασβεστολιθικός όγκος αποτελεί έναν αδιαπέρατο σχηματισμό. Όμως σπάνιες είναι οι περιπτώσεις όπου ασβεστόλιθοι μετά τον σχηματισμό του στο θαλάσσιο χώρο και την ανάδυσή τους με τις διεργασίες της ορογένεσης παραμένουν τεκτονικά ανέπαφοι. Έτσι δημιουργούνται συστήματα διακλάσεων και ρηγμάτων στα οποία είναι δυνατόν να κατεισδύει το επιφανειακό νερό. Τα συστήματα αυτά αποτελούν ένα δευτερογενές πορώδες στο πέτρωμα το οποίο με την δράση της καρστικής διάβρωσης διευρύνεται υπέρμετρα (διεύρυνση διακλάσεων, δημιουργία υπόγειων αγωγών κλπ).

Η κατείσδυση του επιφανειακού νερού γίνεται ταχύτατα προς το εσωτερικό των ασβεστόλιθων από τις διακλάσεις και διαμέσου των υπόγειων αγωγών απορρέει προς τα κατάντη. Υδρολογικά η απορροφητική ικανότητα των ασβεστόλιθων είναι εξαιρετικά μεγάλη. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και το 80% της συνολικής ποσότητας του νερού που προσπίπτει στην επιφάνεια.

Το υπόγειο νερό απορρέει υπόγεια διαμέσου των υπόγειων αγωγών προς τη θάλασσα όπου αναβλύζει με τη μορφή υποθαλάσσιων πηγών ή προς στις γύρω πλαγιές με τη μορφή καρστικών πηγών. Η μεγάλη απορροφητική ικανότητα των ασβεστολιθων έχει ως αποτέλεσμα την

ισχνή ανάπτυξη των επιφανειακών υδρογραφικών δικτύων σ' αυτούς.

Τα υπόγεια νερά πολλές φορές διέρχονται από υπόγειες σήραγγες αρκετά μεγάλων διαστάσεων σχηματίζοντας υπόγειοι ποταμούς. Οι υπόγειοι ποταμοί δεν διαφέρουν σε τίποτα από τους υπέργειους ποταμούς, Ακολουθούν και αυτοί οφιοειδή πορεία εξαπτίας των διακλάσεων των ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα υπόγειου ποταμού αποτελεί η λίμνη Μελισσάνη στην Κεφαλλονιά (Σχήμα 14.17.).

Η διαφορά μεταξύ υπόγειων και επίγειων ποταμών βρίσκονται στον τρόπο δημιουργίας τους.

I. Οι υπόγειοι ποταμοί δεν έχουν το εύρος των επίγειων, γιατί η διάβρωση δρα σε βάθος παρά σε πλάτος.

II. Οι εσωτερικές καταπτώσεις ογκόλιθων ή λιθωσρών σχηματίζουν υπόγεια φράγματα

III. Η κλίση της οροφής τους δημιουργεί πολλές φορές φυσικούς σίφωνες

IV. Παρουσιάζουν έντονα την τάση ταπείνωσης του πυθμένα τους, πολλές φορές κάτω και από την καμπύλη του ορίου κλίσεως.

Οι ταχύτητες των υπόγειων νερών κυμαίνονται από μερικά δεκάδες μέτρα την ώρα έως εκατοντάδες.



Σχήμα 14.17.: Η λίμνη Μελισσάνη της Κεφαλλονιάς η οποία αποτελεί μέρος ενός υπόγειου ποταμού που εκβάλει στις υποθαλάσσιες πηγές του Καραβόμυλου ανατολικότερα. Ο χαρακτηρισμός λίμνη οφείλεται στην πτώση τμήματος της οροφής που δημιούργησε ένα επιφανειακό καρστικό έγκοιλο. Επίσης ένα άλλο τμήμα της οροφής που κατέπεσε (καλύπτεται από βλάστηση) δημιουργεί ένα φυσικό φράγμα στην κίνηση του νερού.

Το υπόγειο τρεχούμενο νερό που διέρχεται διαμέσου σπηλαιών, υπόγειων σπηλαίων, οχετών κλπ. Αναβλύζει στις πλαγιές με τη μορφή πηγών. Οι πηγές αυτές ονομάζονται *καρστικές πηγές*.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πηγών αυτών είναι οι μεγάλες διακυμάνσεις της παροχής τους σε μεταβολές των κλιματικών συνθηκών. Ο λόγος είναι βέβαια ευνόητος, γιατί ενώ οι συνηθισμένες πηγές αποφορτίζουν συνήθεις υδροφόρους ορίζοντες, οι καρστικές πηγές αποτελούν το άκρο μιας υπόγειας εκροής. Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός καρστικής διάβρωσης μιας ασβεστολιθικής μάζας (μεγαλύτερο δευτερογενές πορώδες) τόσο πιο έντονες μπορεί να είναι οι διακυμάνσεις.

Ο χρόνος που χρειάζεται το νερό της βροχής να καταλήξει σε μια καρστική πηγή είναι πολλές φορές μόνο μερικές ώρες. Έτσι δεν είναι δυνατή η φυσική του διύλιση και ο φυσικός καθαρισμός του, με αποτέλεσμα τα νερά των καρστικών πηγών να είναι πολλές φορές μολυσμένα.

14.6. ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΚΥΚΛΟΙ ΤΟΥ ΚΑΡΣΤ

Οι τύποι του Καρστ είναι δύο: το ολοκάρστ και το μεροκάρστ (Cvijic, 1960, από Σωτηριάδη, 1984).

Το *ολοκάρστ* είναι το πλήρες καρστ, μέσα στο ποίο έχουν αναπτυχθεί τέλεια οι καρστικές μορφές και τα πιο ποικίλα φαινόμενα υπόγεια κυκλοφορίας. Δημιουργούνται σε αμιγείς ασβεστόλιθους μεγάλου πάχους και οι δυνατότητες ανάπτυξης είναι πρακτικά απεριόριστες. Οι ασβεστόλιθοι που αναπτύσσεται το ολοκάρστ δεν έχουν στεγανά διαφράγματα και το υπόβαθρό τους βρίσκεται σε σημαντικό βάθος, κάτω από το βασικό επίπεδο.

Το *μεροκάρστ*, είναι το καρστ στο οποίο έχουν αναπτυχθεί μόνο ορισμένες μορφές του καρστικού αναγλύφου. Οι ασβεστόλιθοι μέσα στους οποίους αναπτύσσεται δεν είναι απόλυτα αμιγείς. Κατά την διάλυσή τους αφήνουν αδιάλυτα υλικά (άργιλος κλπ) σε ψηλό ποσοστό. Γενικά το πάχος των ασβεστόλιθων είναι μικρό και φέρνει πολλά στεγανά διαφράγματα. Οι καρστικές μορφές αναπτύσσονται ταχύτερα και με διαφορές από το ολοκάρστ.

Η εξέλιξη του μορφολογικού αναγλύφου εξαρτάται της καρστικής διάβρωσης περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

I. *Αρχικό στάδιο*: Στο στάδιο αυτό αρχίζουν οι πρώτοι σχηματισμοί δολιμών και γλυφών και η απορροή των

νερών γίνεται κυρίως επιφανειακά. Η καρστική διάβρωση δεν έχει προχωρήσει ακόμα σε βάθος και η υπόγεια κυκλοφορία είναι δυνατή μόνο κατά μήκος των ρηγμάτων και των αξόνων των συγκλίσεων. Στο αρχικό αυτό στάδιο μπορούν να υπάρχουν κατακρημνίσεις λόγω τεκτονικών απίτων που έχουν απότομα κατακόρυφα τοιχώματα.

II. *Στάδιο προχωρημένης νεότητας*: Εδώ οι δολίνες έχουν γίνει περισσότερες και καταλαμβάνουν μεγάλα τμήματα της περιοχής. Επίσης οι αρχικές διαστάσεις αυξήθηκαν με αποτέλεσμα τη συνένωση σε ουβάλες. Η επιφανειακή ροή αντικαθίσταται από την υπόγεια.

III. *Στάδιο ωριμότητας*: Στο στάδιο αυτό η αρχική ασβεστολιθική μάζα έχει σχεδόν εξαφανιστεί και το ανάγλυφο της περιοχής έχει αλλοιωθεί με διάφορους τρόπους. Η καρστική διάβρωση έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό και όλες οι καρστικές μορφές βρίσκονται σε πλήρη ανάπτυξη. Οι γλυφές είναι χαρακτηριστικό φαινόμενων των γυμνών επιφανειών του ασβεστόλιθου. Η απορροή των νερών γίνεται και επιφανειακά και υπόγεια. Η επιφανειακή απορροή συμβαίνει εκεί όπου έχουν αποκαλυφθεί στην επιφάνεια υποκείμενα αδιαπέρατα πετρώματα ή σε τμήματα του καρστικού αναγλύφου που έχουν προσχωθεί από αργιλικά υλικά (πυθμένες πολγών). Οι πόλγες έχουν αρκετά μεγάλες διαστάσεις.

IV. *Στάδιο γήρατος*: Στο τελευταίο αυτό στάδιο η απορροή των υδάτων γίνεται σχεδόν επιφανειακά. Τα αδιαπέρατα πετρώματα του υποβάθρου έχουν αποκαλυφθεί πλήρως και υπολείμματα αδιάλυτων ασβεστόλιθων παραμένουν κατά τόπους, σχηματίζοντας χαρακτηριστικούς λόφους που έχουν την ονομασία Humms.

Ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσουμε από το αρχικό στάδιο στο στάδιο του γήρατος είναι αρκετά μεγάλος. Η κατανομή του επιμέρους χρόνου για να εξελιχθεί μια περιοχή από το ένα στάδιο στο άλλο διαφέρει σημαντικά. Ο χρόνος που απαιτείται για να εξελιχθεί μια περιοχή από το στάδιο της ωριμότητας στο στάδιο του γήρατος είναι σημαντικά μικρότερος από το χρόνο που απαιτείται για την εξέλιξη της από το στάδιο της νεότητας σε αυτό της ωριμότητας.