



Ελληνική Σπηλαιολογική Εταιρεία

Σίνα 32 , Αθήνα 106 72

Τηλ. 210-3617824 / Φαξ 210-3643476

e-mail:

ellspe@otenet.gr & info@speleologicalsociety.gr

website:

www.speleologicalsociety.gr

ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ & ΓΕΝΕΣΗ ΣΠΗΛΑΙΩΝ

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΚΗΣ
ΣΠΗΛΑΙΟΛΟΓΙΑΣ
Μάρτιος – Ιούνιος 2007**

Από την
Κυριακή Α. Παπαδοπούλου – Βруниώτη
Επ. Καθηγ. Γεωλογίας Παν/μιου Αθηνών
Τακτικό Μέλος της Ε.Σ.Ε

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο **ΚΑΡΣΤ** χαρακτηρίζονται περιοχές δομούμενες από ευδιάλυτα πετρώματα, οπότε το ανάγλυφο αυτών οφείλεται όχι μόνο στη μηχανική αποσάθρωση αλλά κυρίως στη χημική αποσάθρωση.

Η αποσάθρωση των πετρωμάτων μηχανική (φυσική) και χημική συνυπάρχουν με υπεροχή της μιας ή της άλλης. Οπωσδήποτε όμως προηγείται η μηχανική που μπορεί να οφείλεται στη μεταβολή της θερμοκρασίας, σε τεκτονικά αίτια, σε κρυσταλλοποίηση, σε φυτά και κεραυνούς.

Η χημική αποσάθρωση προκαλείται κυρίως από το νερό με τα εν διαλύσει άλατα αυτού και διακρίνεται σε διάλυση, ενυδάτωση, οξειδωση και αναγωγή. Στη χημική αποσάθρωση σημαντική είναι η δράση των οργανισμών (φύκη, λειχήνες, μύκητες) οι οποίοι τρυπούν τα πετρώματα για να προσλάβουν τα απαραίτητα γι' αυτούς συστατικά και προσφέρουν CO₂. Επίσης τα βρύα συγκρατούν εξαπλάσιο του βάρους τους νερό και αποβάλλουν CO₂. Τα ανώτερα φυτά με τις ρίζες τους ασκούν μηχανική αποσάθρωση λόγω αύξησης του όγκου τους και χημική με την έκκριση οξέων από τις ρίζες τους. Η παρουσία εδάφους και βλάστησης ευνοούν τη χημική διάλυση διότι τόσο το έδαφος όσο και η βλάστηση συχνά συμβάλλουν στην αύξηση του CO₂. Η χημική διάλυση καλείται «**καρστική διάβρωση ή καρστικοποίηση**». Οι περιοχές που υπόκεινται σε καρστικοποίηση δεν αποστραγγίζονται επιφανειακά, αλλά υπόγεια.

«**Καρστικά φαινόμενα**» θεωρούνται όλα τα μορφολογικά στοιχεία, εξωτερικά και εσωτερικά, που δημιουργούνται στα ευδιάλυτα πετρώματα λόγω της διαλυτικής ενέργειας του νερού. Οι δημιουργούμενες γεωμορφές λέγονται «**καρστικές γεωμορφές**» και μόνο για πρακτικούς λόγους διακρίνονται σε επιφανειακές και και υπόγειες.

Τα κυριότερα «**καρστικά πετρώματα**» είναι οι ασβεστόλιθοι των οποίων το πλέον ευδιάλυτο συστατικό είναι ο ασβεστίτης (CaCO₃), οι δολομίτες (CaCO₃ MgCO₃) και οι εβαπορίτες (ορυκτό αλάτι-NaCl, γύψος-CaSO₄ 2H₂O, ανυδρίτης CaSO₄). Συμπεριλαμβάνονται και οι ηφαιστίτες (χαλαζίτες, υπερβασίτες) που καρστικοποιούνται μόνο σε θερμά και υγρά, τροπικά κλίματα με αποτέλεσμα τη δημιουργία του λεγόμενου ηφαιστειακού καρστ.

Οι ασβεστόλιθοι για να καρστικοποιηθούν πρέπει να περιέχουν τουλάχιστον 60% ασβεστίτη, ενώ σημαντική καρστικοποίηση υφίστανται όταν ο ασβεστίτης ανέρχεται σε 64-98 % και οι βροχοπτώσεις σε 900-1300 mm ετησίως. Η καρστικοποίηση αυτών οφείλεται στην απλουστευμένη αμφίδρομη αντίδραση $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$. Οι διάφορες προσμίξεις π.χ. πυρίτιο, χαλαζίας, σιδηρούχες ενώσεις και κυρίως η άργιλος επιταχύνουν τη διάλυση του γιατί συμβάλλουν στη χαλάρωση της συνοχής των κόκκων του.

Η συμπεριφορά των καρστικών πετρωμάτων εξαρτάται από τη διαπερατότητα ήτοι την ικανότητα μεταφοράς νερού μέσο αυτού, τη μηχανική αντοχή δηλαδή την αντοχή στη θλίψη και τον εφελκυσμό, και την καθαρότητα που εξαρτώνται κυρίως από το πορώδες ήτοι από το σύνολο των κενών, που υφίστανται ανάμεσα στους κόκκους του πετρώματος και από τις επιφάνειες μειωμένης αντοχής δηλαδή από τις τεκτονικές (διακλάσεις τριχοειδείς,

κλειστές, ανοιχτές, κατακλάσεις, ρήγματα) και τις στρωματογραφικές ασυνέχειες αυτού.

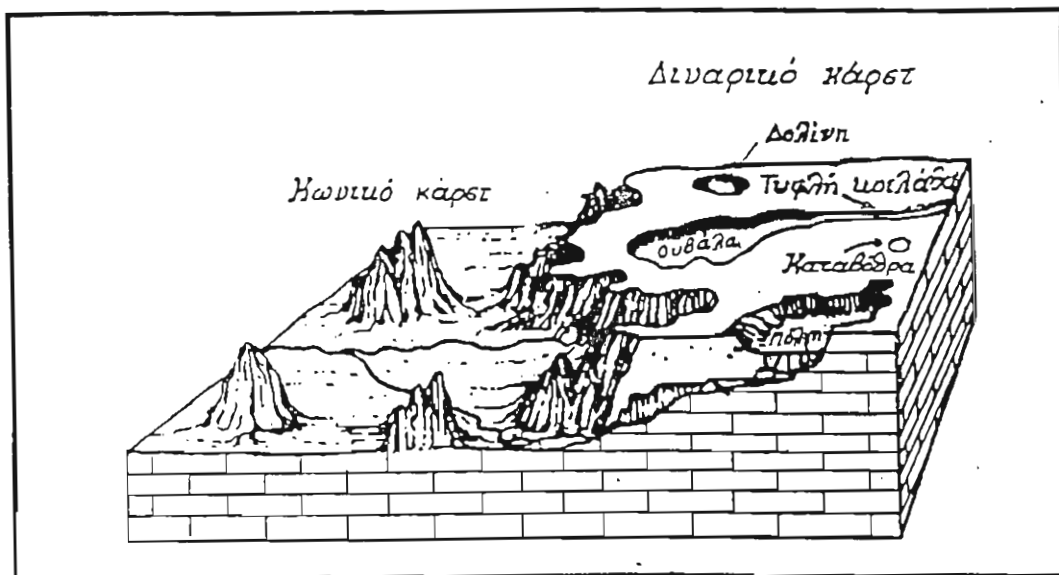
Οι ασυνέχειες αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα στη δημιουργία του καρστ διότι δι' αυτών διευκολύνεται η διέλευση του νερού και συνεπώς η χημική διάλυση που ως προς το βάθος δεν είναι απεριόριστη. Καθορίζεται από μια επιφάνεια «το επίπεδο βάσης» κάτω από την οποία δεν πραγματοποιείται καρστικοποίηση. Τούτο μπορεί να είναι το γενικό βασικό επίπεδο ήτοι η στάθμη της θάλασσας, ή ο υδροφόρος ορίζοντας, ή ένα στεγανό υπόβαθρο (τοπικό βασικό επίπεδο).

Στο γήινο ανάγλυφο διακρίνουμε περιοχές των τύπων «ολοκάρστ» όπου η καρστικοποίηση είναι πλήρης, «μεροκαρστ» όπου η καρστικοποίηση είναι ατελής, «καρστ μεταβάσεως» δηλαδή ενδιάμεσου κατάστασεως και τέλος «ψευδοκαρστ» που ενώ αναπτύσσεται σε μη ευδιάλυτα πετρώματα και δεν οφείλεται στη διάλυση δίνει γεωμορφές που μοιάζουν με τις καρστικές.

Το καρστ διακρίνεται σε γυμνό ή ελεύθερο, ημιελεύθερο και καλυμμένο όταν είναι γυμνό-συνεχώς εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα, μερικά καλυμμένο και αν έχει φυτοκάλυψη ή εδαφοκάλυψη αντίστοιχα.

Όταν οι καρστικές γεωμορφές έχουν πληρωθεί ή επικαλυφθεί με νεώτερους γεωλογικούς σχηματισμούς και έχουν ενταφιασθεί εντελώς το καρστ λέγεται «απολιθωμένο ή παλαιοκάρστ» και συνήθως έχει δημιουργηθεί με διαφορετικές από τις σημερινές κλιματολογικές συνθήκες. Όταν λόγω διάβρωσης τμήματα αυτού αποκαλυφθούν προκύπτει το «καρστ εκταφής».

Τέλος το καρστ που αναπτύσσεται στις μεσογειακές περιοχές με μεγάλη ποικιλία γεωμορφών ονομάζεται Μεσογειακό ή Διναρικό ή Αδριατικό, το δε αναπτυσσόμενο στις τροπικές περιοχές, εντελώς διαφορετικό-αντίστροφο θα μπορούσαμε να πούμε του Μεσογειακού, ονομάζεται τροπικό ή κωνικό. (Εικ.1)



Εικ. 1 Κωνικό και διναρικό καρστ

ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ

Οι κυριότερες επιφανειακές καρστικές γεωμορφές κατά τάξη μεγέθους είναι οι γλυφές, οι δολίνες, οι ουβάλες, οι πόλγες, τα Hum, τα καρστικά στενά, τα καρστικά περιφερειακά επίπεδα, οι ξηρές καρστικές κοιλάδες, οι τυφλές κοιλάδες, οι φυσικές γέφυρες. Η υπόγεια αποστράγγιση πραγματοποιείται μέσω των πυλοειδών ή καταρροφητικών καταβοθρών.

ΣΠΗΛΑΙΑ

Στις υπόγειες καρστικές γεωμορφές υπάγονται τα σπήλαια, τα βάραθρα, οι υπόγειοι ποταμοί κ.λ.π. Οι γλυφές του τύπου των καρστικών οπών συνδέονται άμεσα με τη σπηλαιογένεση.

Τα ΣΠΗΛΑΙΑ είναι υπόγεια έγκοιλα μεγάλων γενικά διαστάσεων που επικοινωνούν με την επιφάνεια μέσω μικρών στομίων συνήθως δε προσιά στους ανθρώπους. Δημιουργούνται κύρια σε ασβεστολιθικά πετρώματα και ενίοτε σε γύψους, ρεύματα λάβας και ψαμμίτες. Σε παράκτιες περιοχές δημιουργούνται σε διάφορα πετρώματα αλλά είναι ασθενέστερα σε αντοχή και μικρών διαστάσεων. Τα πιο εκτεταμένα δημιουργούνται σε παχείς και σχετικά καθαρούς ασβεστολίθους με πρωταρχική αιτία γένεσης τη διαλυτότητα που διευκολύνεται από τις υπάρχουσες διακλάσεις και τα επίπεδα στρώσης.

Ο μηχανισμός δημιουργίας των σπηλαίων όσον αφορά τους ασβεστολίθους είναι γενικά ο ισχύον για τα καρστικά έγκοιλα. Στις λάβες δημιουργούνται διότι ενώ τα επιφανειακά στρώματα της λάβας ψύχονται και στερεοποιούνται τα εσωτερικά μένουν ρευστά, οπότε αν αυτή διαρρεύσει δημιουργείται στη θέση της ένα έγκοιλο.

Μορφές σπηλαίων : η *θολωτή* μορφή των σπηλαίων προκύπτει λόγω διασταύρωσης ομάδας κύριων επιφανειών διακλάσεων με τις επιφάνειες διάστρωσης διότι έτσι αυξάνει ο κατακερματισμός του πετρώματος οπότε διευκολύνεται η διάλυση και η διεύρυνση του θόλου επιταχύνεται με την κατάπτωση της οροφής και των πλαγίων τμημάτων.

Αν ο θόλος του υπογείου εγκοίλου διευρυνόμενος προχωρεί προς τα επάνω κατά την κατακόρυφη έννοια και λάβει χώρα μια περιορισμένη εγκατακρήμνιση των ασβεστολιθικών τμημάτων, που υπέρκειται της οροφής του συγκεκριμένου θόλου προκύπτει ένα *φυσικό φρέαρ*.

Αν ο θόλος του εγκοίλου διευρυνόμενος προχωρεί οριζόντια τότε η εγκατακρήμνιση κερδίζει σε εύρος και προκύπτει επιφανειακά μια επιμήκης τάφρος.

Αν η τεκτονική διάταξη των ασβεστολίθων είναι κατάλληλη μπορεί οι τοπικές εγκατακρημνίσεις να επαναλαμβάνονται προς κάποια διεύθυνση και να γίνεται μια διαρκής διεύρυνση των θόλων και υπόγεια συνένωση και τελικά μετά την εγκατακρήμνιση του υπερκειμένου τμήματος να προκύψει επιφανειακά ένα *κάνυον*.

Κατά μήκος λοιπόν κατακόρυφων διακλάσεων δημιουργούνται έγκοιλα, που όταν τα βλέπουμε από επάνω μιλάμε για βαθιά φρέατα, βάραθρα (pits), ενώ όταν τα βλέπουμε από κάτω μιλάμε για υψηλούς θόλους (dome).

Γενικά τα σπήλαια σε σχέση με τη μορφολογία τους κατατάσσονται σε : οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια (υποοριζόντια), σε σπηλαιοκαταβόθρες που έχουν οριζόντια και κάθετη ανάπτυξη και σε βάραθρα (πηγάδια) που έχουν ελάχιστη ή καθόλου οριζόντια ανάπτυξη.

Από την απόθεση μέσα στα σπήλαια CaCO_3 σχηματίζονται μέσα στα σπήλαια ποικίλοι σπηλαιολιθωματικοί σχηματισμοί (διάκοσμος). Κυριότεροι είναι οι σταλακτίτες που κρέμονται από την οροφή των σπηλαίων και οι σταλαγμίτες που ανυψούνται από το δάπεδο. Αποτελούνται από ασβεστίτη ή αραγωνίτη και προέρχονται από τις αποθέσεις του CaCO_3 που δημιουργούνται στα σπήλαια όταν το H_2O , που το μεταφέρει εν διαλύσει εξατμίζεται ή χάνει CO_2 , εξατμιζόμενο το νερό αποθέτει CaCO_3 . Αν το νερό πέφτει αργά-αργά από πάνω ώστε να εξατμίζεται πριν πέσει ο σταλακτίτης επιμηκύνεται γρήγορα και ο σταλαγμίτης ανέρχεται βραδέως. Γενικά οι σταλαγμίτες δημιουργούνται όταν η εξάτμιση γίνεται στο δάπεδο. Οι σταλαγμίτες συνήθως υψώνονται για να συναντήσουν τους άνωθεν σταλακτίτες οπότε σχηματίζονται στύλοι μεμονωμένοι ή κατά σειρές, που συμβάλλουν στη στερέωση των θόλων. Μικρή ποσότητα νερού και εξάτμιση ταχεία προτού το νερό πέσει κάτω οδηγεί σε μεγαλύτερη ανάπτυξη του σταλακτίτη και αργή του σταλαγμίτη.

Όταν το CaCO_3 έχει προσμίξεις οξειδίων οι σπηλαιολιθωματικοί σχηματισμοί έχουν αποχρώσεις π.χ. τα οξειδία του Fe προκαλούν χρώμα υπέρυθρο ή υποκίτρινο.

Τα σχήματα των σταλακτιτών εξαρτώνται : 1) από το σχήμα της οπής, απ' όπου το νερό περνά στο έγκοιλο, 2) από την ταχύτητα του ρέοντος νερού και 3) από την ταχύτητα εξάτμισης του κ.λ.π. Αν η οπή έχει σχήμα στρογγυλό προκύπτουν λογχοειδείς σταλακτίτες ενώ εάν η οπή είναι επιμήκης προκύπτουν πεπλατυσμένοι σταλακτίτες.

Αν οι διαστάσεις του μήκους της οπής είναι πολύ μεγάλες π.χ. κατά μήκος μιας επιφάνειας διακλάσεων δημιουργείται το λεγόμενο *παραπέτασμα*. Αν η ροή είναι ταχεία δημιουργούνται λεπτοί και σωληνοειδείς σταλακτίτες που όταν διακλαδίζονται λέγονται *ελικτίτες*.

Στα σπήλαια συναντώνται ενίοτε: 1) αποθέσεις τραβερτίνη ονομαζόμενες όνουξ σπηλαίων, 2) γύψος στα τοιχώματα ή στο δάπεδο τους με μορφή ινωδών κρυστάλλων ή με κυκλικά σχήματα μεγάλης διαμέτρου και 3) νιτρικές αποθέσεις στην ιλύ των σπηλαίων (NaNO_3 , KNO_3 , CaCO_3) προερχόμενες από τα περιττώματα νυκτερίδων που δημιουργούν το λεγόμενο Γκουανό (Gouano) που είναι πλούσιο σε φώσφορο.

Το κλίμα των σπηλαίων διαφέρει από το κλίμα της γύρω περιοχής έτσι όταν στο σπήλαιο υπάρχουν δύο οπές σε διαφορετικά υψόμετρα κατά το χειμώνα, που η θερμοκρασία του σπηλαίου είναι μεγαλύτερη του περιβάλλοντος ο εισερχόμενος από την κάτω οπή αέρας, θερμαινόμενος, ανέρχεται και εξέρχεται από την πάνω οπή παρασύροντας και υγρό αέρα. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο ο αέρας, που μπαίνει από την υψηλότερη οπή ψύχεται, κατέρχεται και διαφεύγει από τη χαμηλότερη οπή όταν υπάρχει μια οπή ο εισερχόμενος αέρας θερμαινόμενος ανέρχεται, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εντός του σπηλαίου δύο κλιματικές ζώνες. Εάν η θερμοκρασία που δημιουργείται στο σπήλαιο από τον εισερχόμενο αέρα, εποχιακά

τουλάχιστον, είναι αρνητική, δημιουργείται ιδιόμορφος σπηλαιολιθωματικός διάκοσμος από πάγο. Το μεγαλύτερο σπήλαιο αυτού του είδους είναι το «Σπήλαιο των Παγωμένων γιγάντων» (Eisriesenwelt) στην Αυστρία με 10.000 m² επιφάνεια επί πάγου και 42 km μήκος διαδρομών.

Όσον αφορά τις τιμές της μερικής πίεσης του CO₂ στον αέρα των σπηλαίων συνήθως είναι ίδιες με αυτές του ατμοσφαιρικού αέρα αν και έχουν παρατηρηθεί δεκαπλάσιες αυτού.

Η Ραδιενέργεια των σπηλαίων είναι αυξημένη, πιθανότατα λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης αργίλου, η οποία επειδή προέρχεται από εκρηξιγενή πετρώματα έχει αρκετή ραδιενέργεια. Για το λόγο αυτό τα σπήλαια χρησιμοποιούνται και από την Ιατρική στις σπηλαιοθεραπείες.

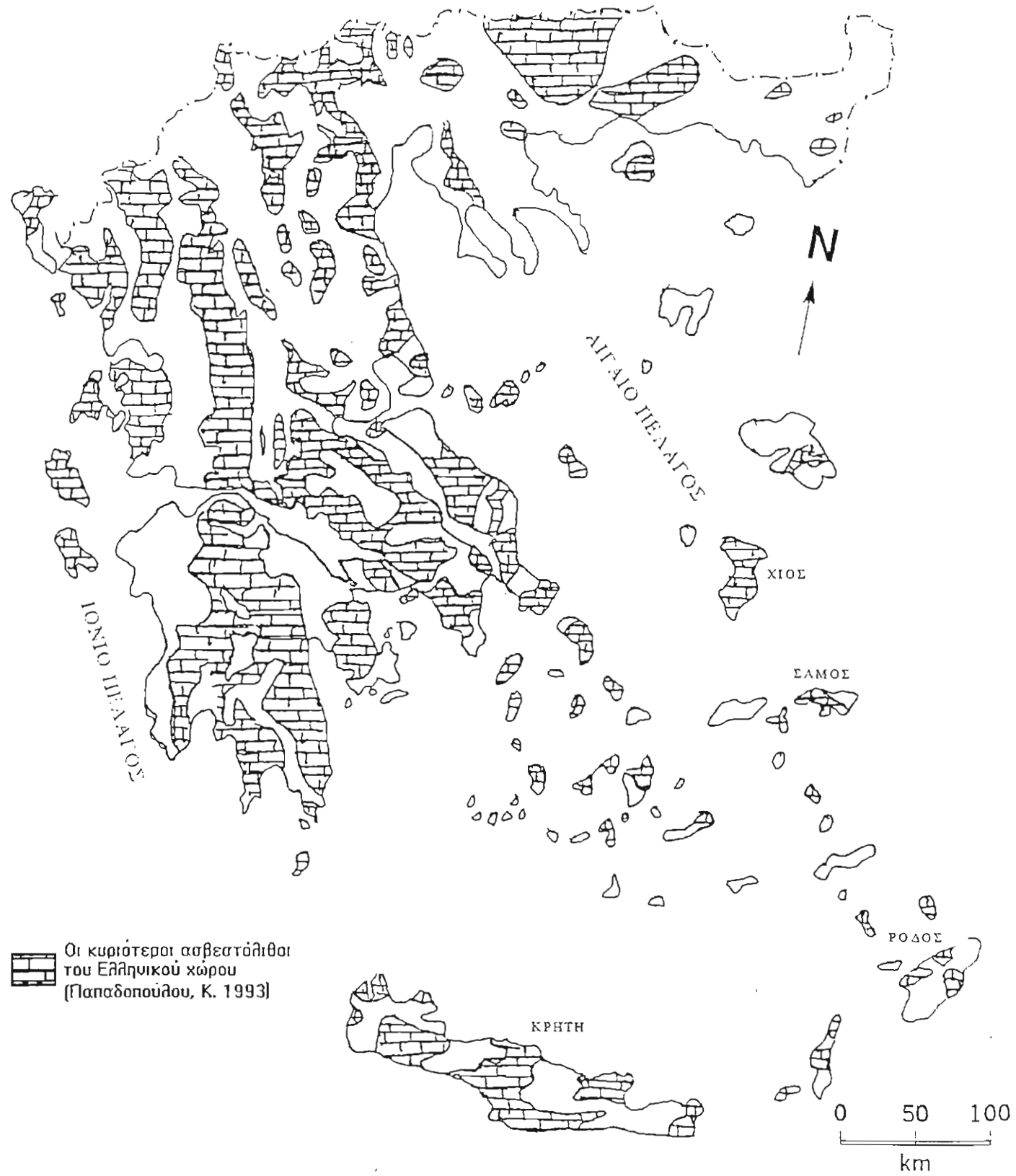
ΤΟ ΚΑΡΣΤ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ


Στον Ελλαδικό χώρο οι ασβεστόλιθοι είναι ευρύτατα εξαπλωμένοι αφού καλύπτουν το 33% περίπου στην όλη του λιθολογία (Εικ.2). Πρόκειται για μικροκρυσταλλικούς, λεπτοπλακώδεις έως παχυπλακώδεις Τριαδικούς, Ιουρατικούς και Κρητιδικούς σχηματισμούς, από τη διάλυση των οποίων έχει δημιουργηθεί ένα χαρακτηριστικό «**καρστικό ανάγλυφο**» με μεγάλη ποικιλία γεωμορφών, τόσο επιφανειακών (εξωκαρστικών) όσο και υπόγειων (ενδοκαρστικών). Τα νερά, που κυκλοφορούν στους ασβεστολιθικούς όγκους λέγονται «**καρστικά**» και συχνά αναβλύζουν στην επιφάνεια με τη μορφή «**καρστικών πηγών**».

Στο Ελληνικό καρστ μπορούμε να διακρίνουμε το «**παλαιοκάρστ**» που αναπτύχθηκε κατά τις περιόδους Αν. Κρητιδικού και Αν. Μειοκαινού-Κατ. Πλειοκαινού, ήτοι πριν από 100 - 65 εκατ. χρόνια και 25 - 5 εκατ. χρόνια αντίστοιχα. Το παλαιοκάρστ αναπτύχθηκε με κλιματικές συνθήκες θερμές - υγρές (τύπου Σαβάννας) και σήμερα δεν εξελίσσεται δηλαδή είναι ανενεργό ήτοι απολιθωμένο. Το «**νεώτερο καρστ**», που δημιουργήθηκε κατά την περίοδο μέσου Πλειστοκαινού-Ολοκαινού με κλιματικές συνθήκες οι οποίες κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους ήταν συνήθως θερμότερες και υγρότερες από τις σημερινές. Στο διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκε η κύρια καρστικοποίηση του Ελλαδικού χώρου στα πλαίσια δε αυτής έλαβε χώρα η δημιουργία νέων καρστικών μορφών και ενίοτε η επαναδραστηριοποίηση παλαιότερων, που συχνά βρίσκονται εν ενεργεία μέχρι σήμερα. Τέλος το «**σύγχρονο καρστ**», το οποίο δημιουργείται με τις σημερινές κλιματικές συνθήκες και χαρακτηρίζεται από μικρές καρστικές μορφές του τύπου των «**γλυφών**».

Στην Ελλάδα η συνάρτηση λιθολογίας, ενδογενών και εξωγενών παραγόντων επέτρεψε τη δημιουργία μικρού αριθμού εκτεταμένων πεδιάδων. Οι άφθονες όμως καρστικές μορφές των τύπων «**δολίνης**» και ιδιαίτερα «**πόλγης**» αποτελούν πραγματικές οάσεις για τη γεωργική εκμετάλλευση. Στο εύφορο έδαφος τους γίνονται σύγχρονες καλλιέργειες πολύ σημαντικές για την ελληνική οικονομία.

Ο κάμπος της Κωπαιδας στη Βοιωτία με έκταση 220 km² αποτελεί τη μεγαλύτερη και πλέον αξιόλογη πόλγη, που μετά την αποξήρανση της ομώνυμης λίμνης καλλιεργείται συστηματικά (Παπαδοπούλου-Βруνιώτη



 Οι κυριότεροι ασβεστώλιθοι του Ελληνικού χώρου (Παπαδοπούλου, Κ. 1993)

Κ.1990). Εξίσου σημαντικές αλλά μικρότερες συναντάμε στην Αν. Μακεδονία την πόλγη της Λεκάνης με έκταση 50 km², στην Κρήτη του Λασιθίου (40 km²), της Νίδας(3 km²), Καθαρού (5 km²) και Ομαλού (4 km²). Στην Πελοπόννησο στις πόλγες Φενέου (50 km²), Στυμφαλίας(4 km²), Πολιανής(2,25 km²). Στην Ακαρνανία τις μικρές πόλγες των Βλυχών, Τριφού, Αγ. Προκοπίου, Αετού και τόσες άλλες που συχνά φέρουν το τοπωνύμιο «**Λάκκα**».

Πέρα από τις προηγούμενες μορφές, που προέρχονται από την επιφανειακή διάλυση των ασβεστολίθων, υπάρχουν πολύ σημαντικές καρστικές μορφές, οι οποίες όπως αναφέρθηκε δημιουργούνται υπόγεια με τη βοήθεια του κατεισδύοντος νερού. Πρόκειται για τα γνωστά σ' όλους μας σπήλαια με τις συχνά θαυμάσιες σπηλαιοαποθέσεις. Στην Ελλάδα υπάρχουν αξιόλογα σπήλαια με υπέροχο διάκοσμο όπως του Διρού Λακωνίας, Περάματος Ιωαννίνων, Μελιδονίου Κρήτης, Ομαλού Χανίων, Πετραλώνων Χαλκιδικής, Λιμνών Καστριών Αχαΐας, Αγ. Δημητρίου Σελινίτσας Μεσσηνίας, Κουτούκι Υμηττού κ.λ.π. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν τα πολυάριθμα παράκτια σπήλαια π.χ. Ζακύνθου, Κεφαλληνίας, Ευβοίας κ.λ.π.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

Jakucs, L. 1977: Morphogenetics of Karst regions Bristol

Jennings, J. N. 1971: Karst Geomorphology, p.293 Basil Blackwell Ltd, Oxford

Gillieson, P. 1996: Caves: Processes, Development and Management. p.p

324. Blackwell Publishers, Oxford

Milanovic, P. 1981: Karst Hydrogeology, W. R. P. p.p 34, Colorado

Παπαδοπούλου, Κ. 1990: Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Κωπαΐδας

(Βοιωτία) Διδ. Διατριβή, σ. 145, Αθήνα

Παπαδοπούλου, Κ. 2000: Σημειώσεις θεμάτων Καρστικής Γεωμορφολογίας

Sweeting, M. M. 1972: Karst Landforms, Oxford

Trimmel, H. 1968: Hohlenkunde s. 300 F.V.S. Verlag - Braunschweig