



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Γενικής, Θαλάσσιας Γεωλογίας &
Γεωδυναμικής (Γ.Θ.Γ.Γ.)

Πλανήτης Γη (Geol_002)

Καρστικά Φαινόμενα

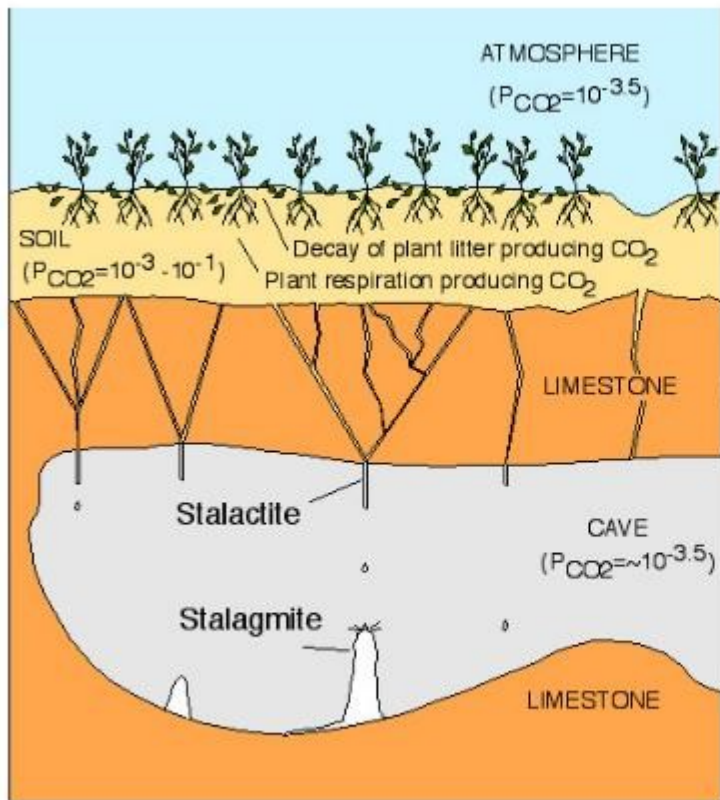
Εισηγητής:
Δρ. Μπαθρέλλος Γιώργος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Τι είναι το ... Καρστ

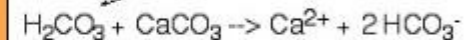
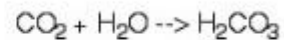
Ο όρος **Καρστ (Karst)** προέρχεται από τη λέξη **karra/gara**, η οποία σημαίνει πέτρα. Ο όρος είναι το γεωγραφικό όνομα ασβεστολιθικής περιοχής της Σλοβενίας («Κλασικό Καρστ») και σημαίνει βραχώδης περιοχή ή άγονο πέτρωμα. Στη ρωμαϊκή περίοδο το όνομα της περιοχής εμφανίστηκε ως **Carsus** και **Carso**, αλλά όταν έγινε μέρος της Αυστροουγγρικής Αυτοκρατορίας, επικράτησε η γερμανική ορολογία και η περιοχή μετονομάστηκε **Karst**.

Η **Καρστικοποίηση** (το **φαινόμενο**): Το νερό της βροχής καθώς κατακρημνίζεται δεσμεύει CO_2 από την ατμόσφαιρα και το έδαφος, και ως ασθενές ανθρακικό οξύ (H_2CO_3) δρα στα ανθρακικά πετρώματα, παράγει ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα με αποτέλεσμα τη διάλυσή τους και το σχηματισμό χαρακτηριστικών μορφών **χημικής αποσάθρωσης** τόσο στην επιφάνεια, όσο και στο εσωτερικό τους με την κάθοδο του νερού μέσα από ρωγμές και διακλάσεις (δημιουργία **Καρστικού Αναγλύφου**).

Καρστικά Πετρώματα: **Ανθρακικά Πετρώματα** (Ασβεστόλιθος, Δολομίτης), **Εβαπορίτες** (Γύψος ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$), Ανυδρίτης (CaSO_4), Αλίτης (NaCl)], **Μάρμαρα** (ημι-μεταμορφωμένοι ασβεστόλιθοι)

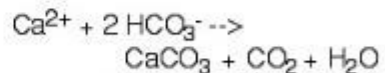


Release of CO_2 from dripwater in cave drives precipitation of calcite to make stalactites and stalagmites.



Carbonic Acid Calcite in limestone Calcite dissolution

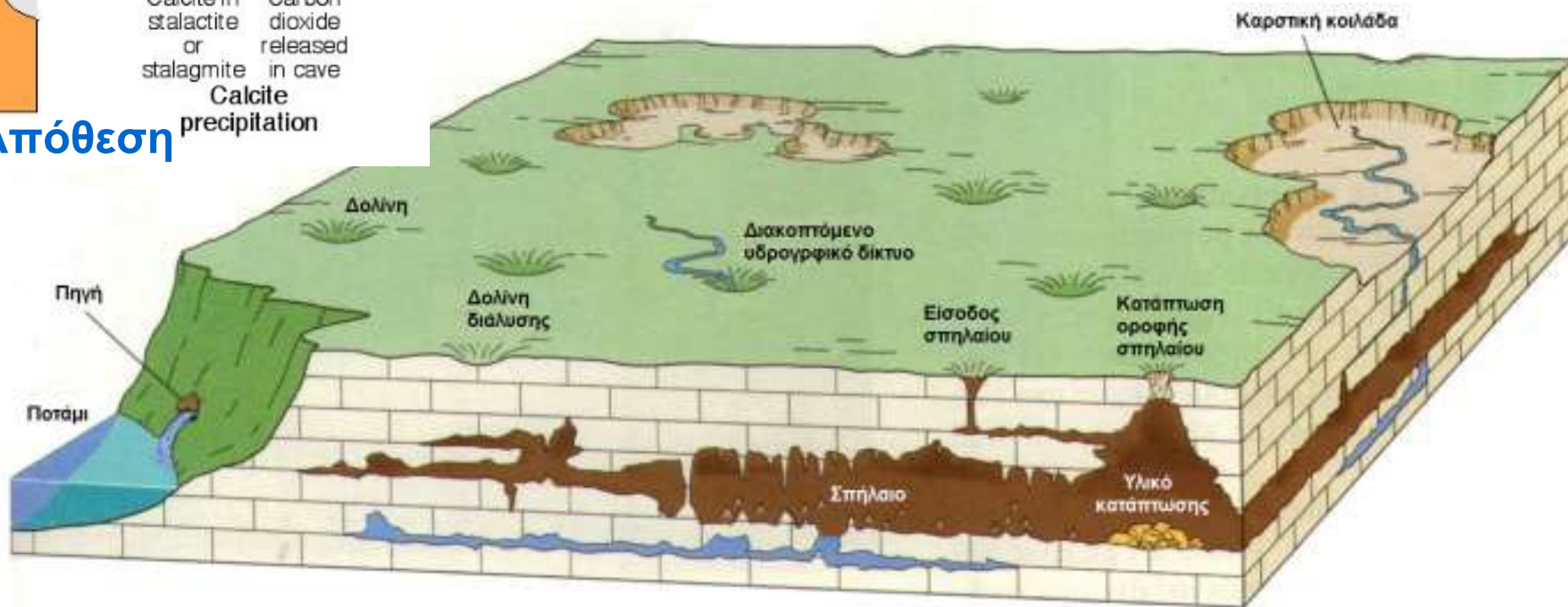
Διάλυση



Calcite in stalactite or stalagmite in cave Carbon dioxide released in cave Calcite precipitation

Απόθεση

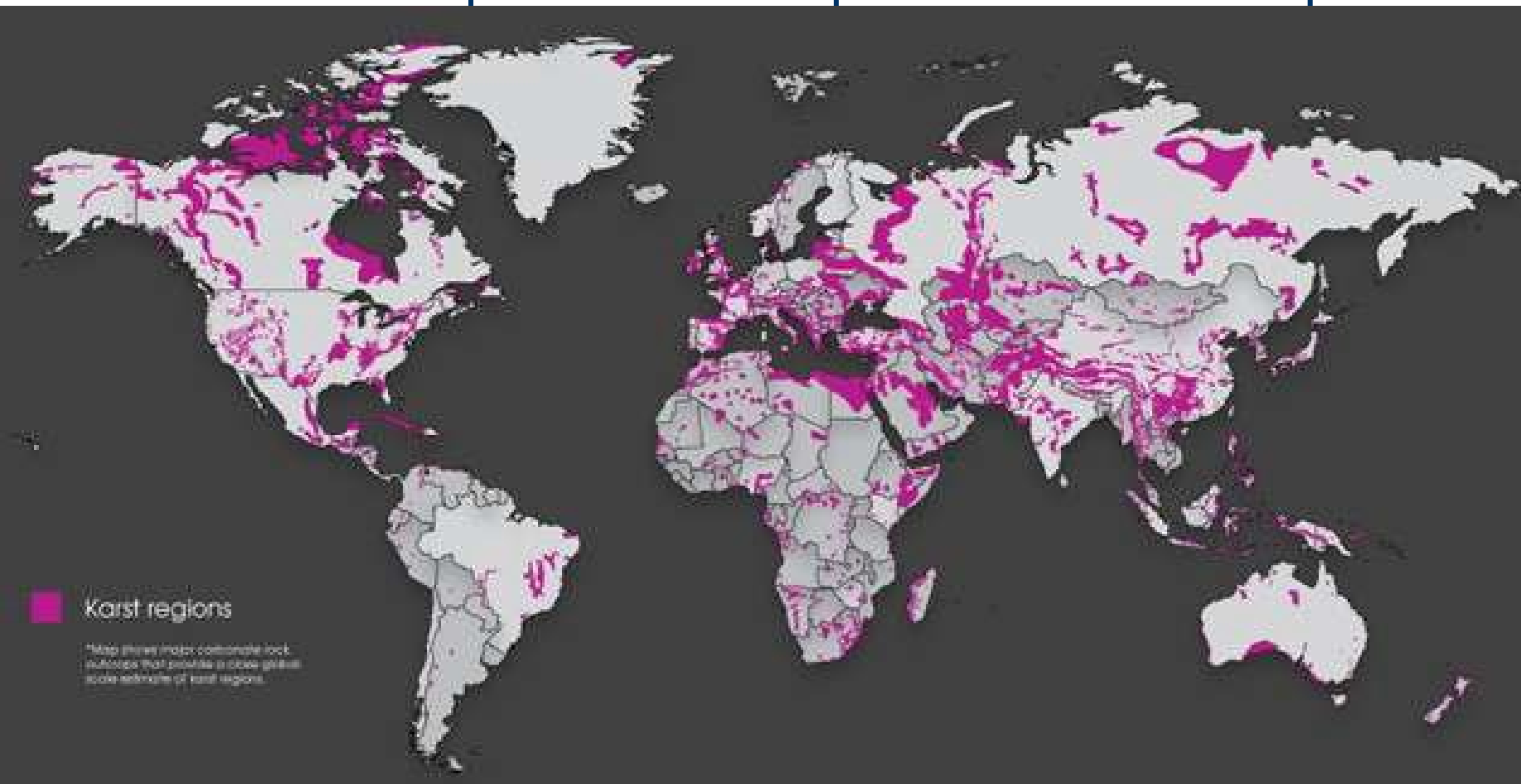
Επιφανειακό & Υπόγειο Καρστικό Ανάγλυφο (Plummer et al., 2005)



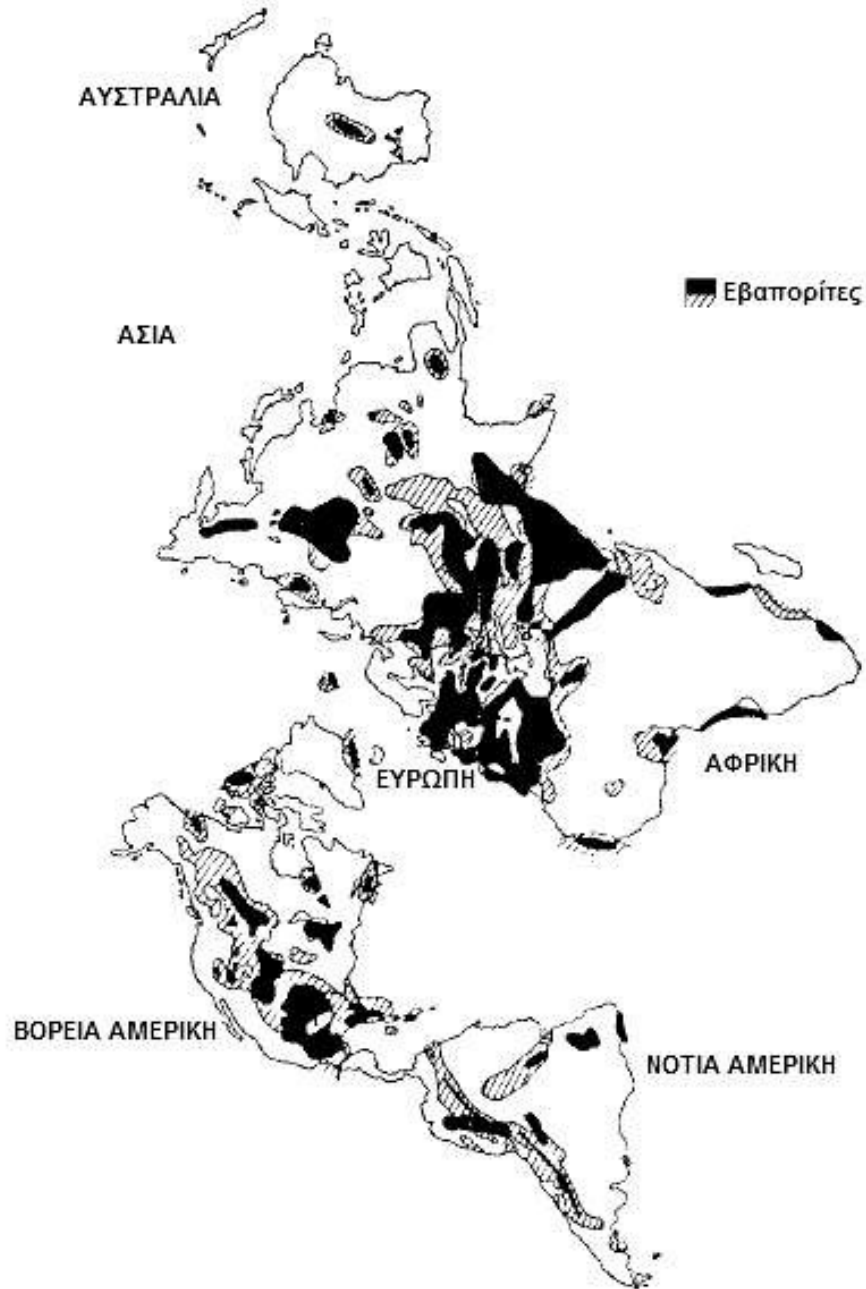
Σημαντικότητα Καρστ

Μεγάλη **εξάπλωση** των καρστικών πετρωμάτων:

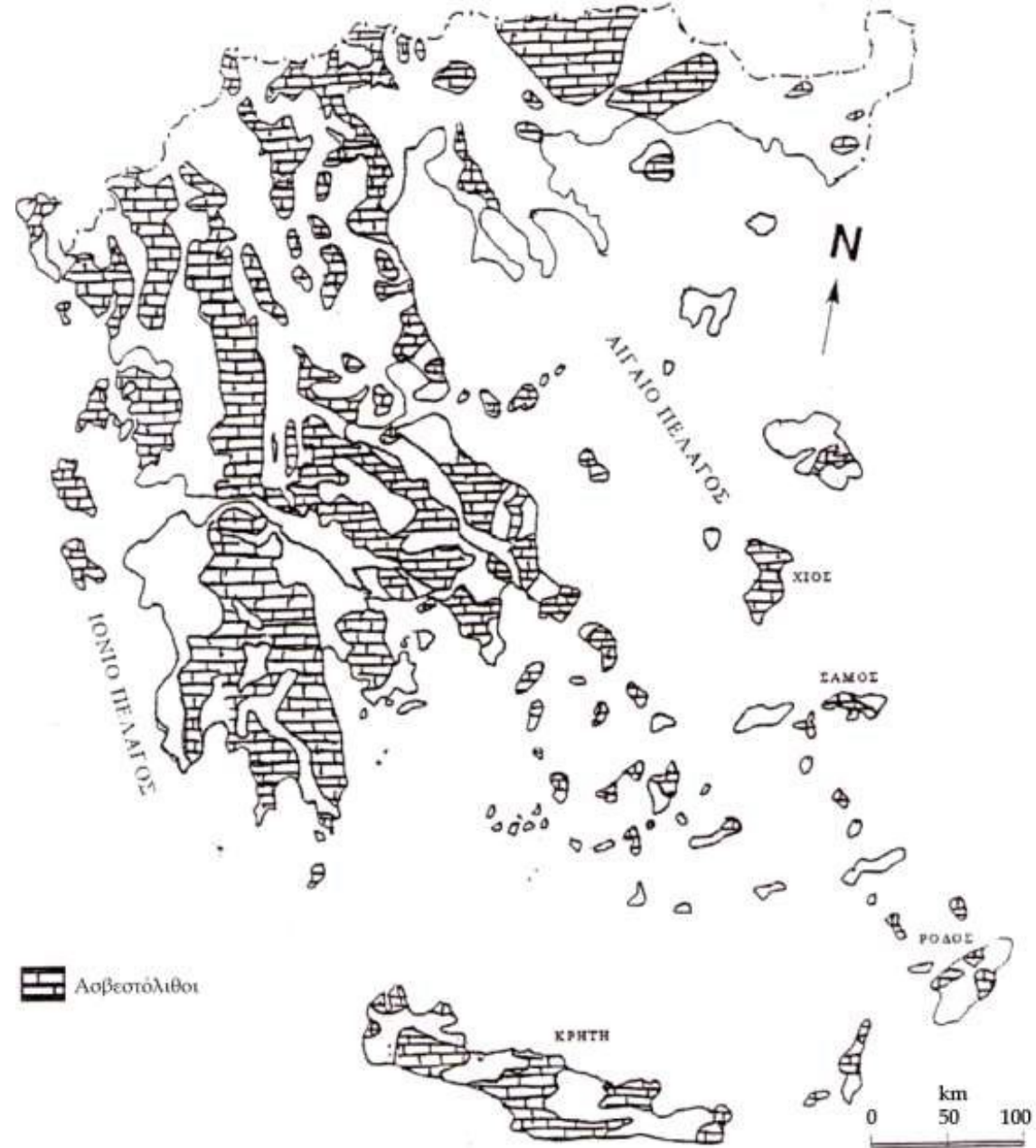
- 20% των ηπείρων, που δεν καλύπτονται από πάγο
- 33% του ελλαδικού χώρου καλύπτονται από ανθρακικά πετρώματα (το ποσοστό αυτό φτάνει το 40% με τα υπόλοιπα καρστικά πετρώματα)



Παγκόσμια χωρική κατανομή των ανθρακικών πετρωμάτων (Ford & Williams, 1989)



Παγκόσμια χωρική κατανομή των εβαποριτών (Ford & Williams, 2007)



Χωρική κατανομή των ασβεστολίθων στην Ελλάδα (Παπαδοπούλου-Βруνιώτη, 1994)

Σημαντικότητα Καρστ

Το 20-25% του παγκόσμιου πληθυσμού εξαρτάται από τα **καρστικά ύδατα**:

- ύδρευση,
- άρδευση (αγροτικές καλλιέργειες)
- τουριστική αξιοποίηση
- λατομικές εξορυκτικές δραστηριότητες



Guilin – Νότια Κίνα (Πηγή:
http://www.xinhuanet.com/english/2016-05/20/c_135375600.htm)



Οροπέδιο (πόλγη) Λασιθίου

Τύποι Καρστ

Ο J. Cvijic (1925) διέκρινε τρεις τύπους καρστ:

- **Ολοκαρστικός τύπος (Holokarst)**: μία πλήρως καρστικοποιημένη περιοχή, στην οποία έχει αναπτυχθεί τόσο η επιφανειακή όσο και η υπόγεια κυκλοφορία του νερού (Δειναρικό καρστ). Παρουσία ασβεστολιθικών όγκων μεγάλης έκτασης και πάχους, έντονης διάρρηξης και πτύχωσης με απουσία παρενστρώσεων αργιλικού ή κερατολιθικού υλικού.
- **Μεροκαρστικός τύπος (Merokarst ή Half Karst)**: μία ατελώς καρστικοποιημένη περιοχή (τα ασβεστολιθικά πετρώματα εμφανίζουν περιεκτικότητα σε $\text{CaCO}_3 \leq 68\%$ και περιορισμένο αριθμό γεωμορφών. Ο ασβεστόλιθος έχει μικρό πάχος και περιέχει ενστρώσεις μη διαπερατών πετρωμάτων.
- **Τύπος Καρστ Μετάβασης (Transitional Karst)**: οι καρστικοποιημένες περιοχές των οποίων η εξέλιξη βρίσκεται σε ενδιάμεσα στάδια μεταξύ Ολοκαρστικού και Μεροκαρστικού τύπου. Ο τύπος αυτός ονομάζεται και **ποτάμιο καρστ (Fluvio-karst)** [J. Roglić, 1960]

Άλλη κατηγοριοποίηση του καρστ βασισμένη στις καρστικές μορφές είναι:

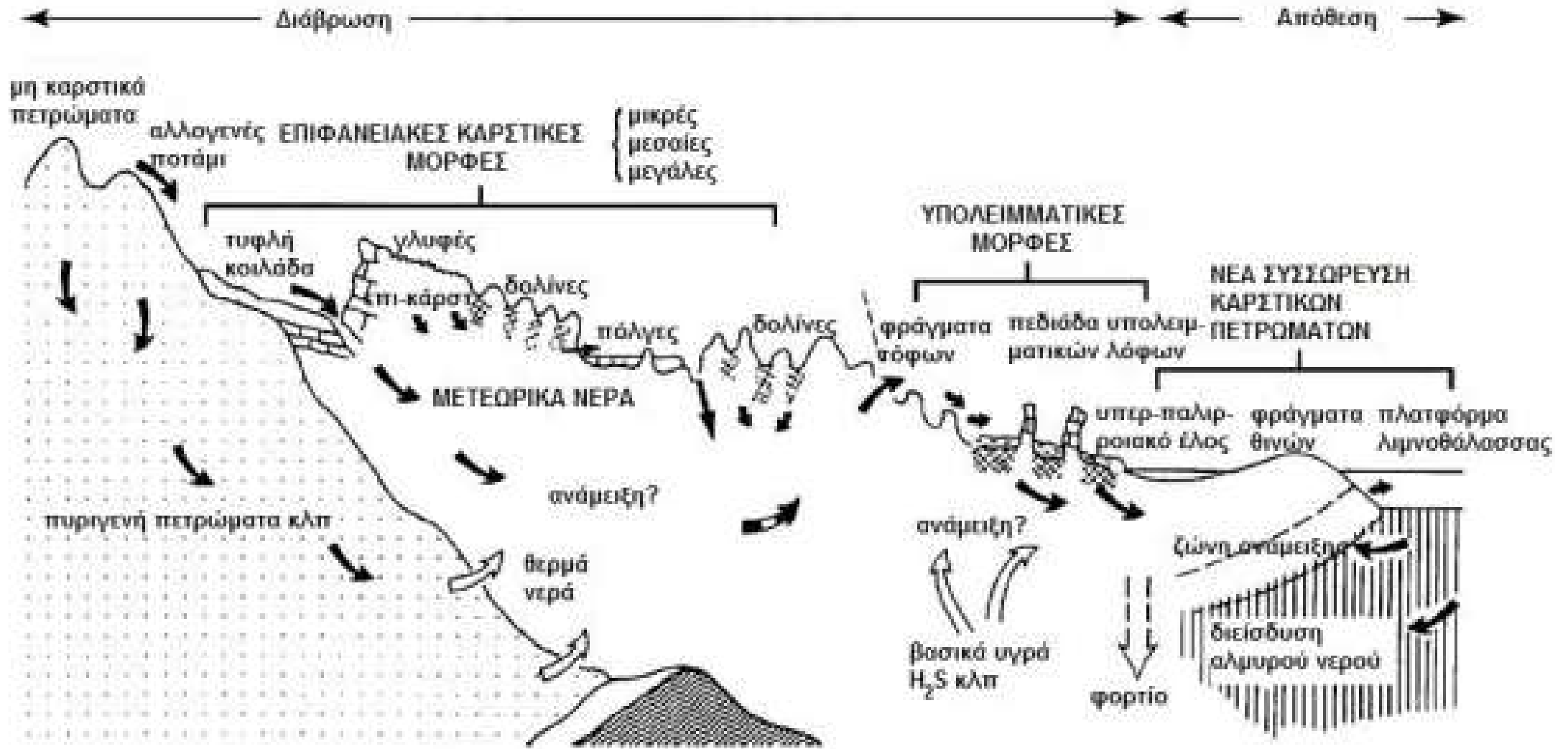
- **Έξω-καρστ (Exokarst)**: αναφέρεται στις χαρακτηριστικές καρστικές μορφές, που αναπτύχθηκαν στην **επιφάνεια**, και περιλαμβάνει όλες τις μορφές που μπορεί να βρεθούν σε ένα καρστικό ανάγλυφο, που το μέγεθος τους κυμαίνεται από μικροσκοπικές γλυφές μέχρι και εκτεταμένες πόλγες (Lowe & Waltham, 1995)
- **Ένδο-καρστ (Endokarst)**: είναι το τμήμα ενός καθετοποιημένου καρστικού συστήματος, που βρίσκεται **κάτω από την επιφάνεια**, και όλες τις καρστικές μορφές που αναπτύσσονται υπόγεια και καθώς και τις διαλυτικές διεργασίες που τις περιβάλλουν. Συχνά διαιρείται σε **Υπέρ-καρστ (Hyperkarst)**, όπου η υπόγεια διάλυση γίνεται με την κυκλοφορία των μετεωρικών υδάτων και σε **Υπό-καρστ (Hypokarst)**, στο οποίο η διάλυση γίνεται από ύδατα (θερμά ή από πυριγενή πετρώματα) τα οποία προέρχονται από μεγάλο βάθος (Lowe & Waltham, 1995, Ford & Williams, 2007)
- **Κρύπτο-καρστ (Cryptokarst)**: το αναφέρεται σε καρστικές μορφές, που αναπτύσσονται **κάτω από ένα στρώμα διαπερατών ιζημάτων**, όπως έδαφος, τιλλίτες, περι-παγετικές αποθέσεις, άργιλοι. Επειδή ο συγκεκριμένος όρος έχει χρησιμοποιηθεί για τουλάχιστον τέσσερις διαφορετικές έννοιες, προτείνεται να εγκαταλειφθεί (Quinlan, 1978)

Καρστικό Σύστημα

Ζώνες Διάβρωσης (Διάλυσης)

–

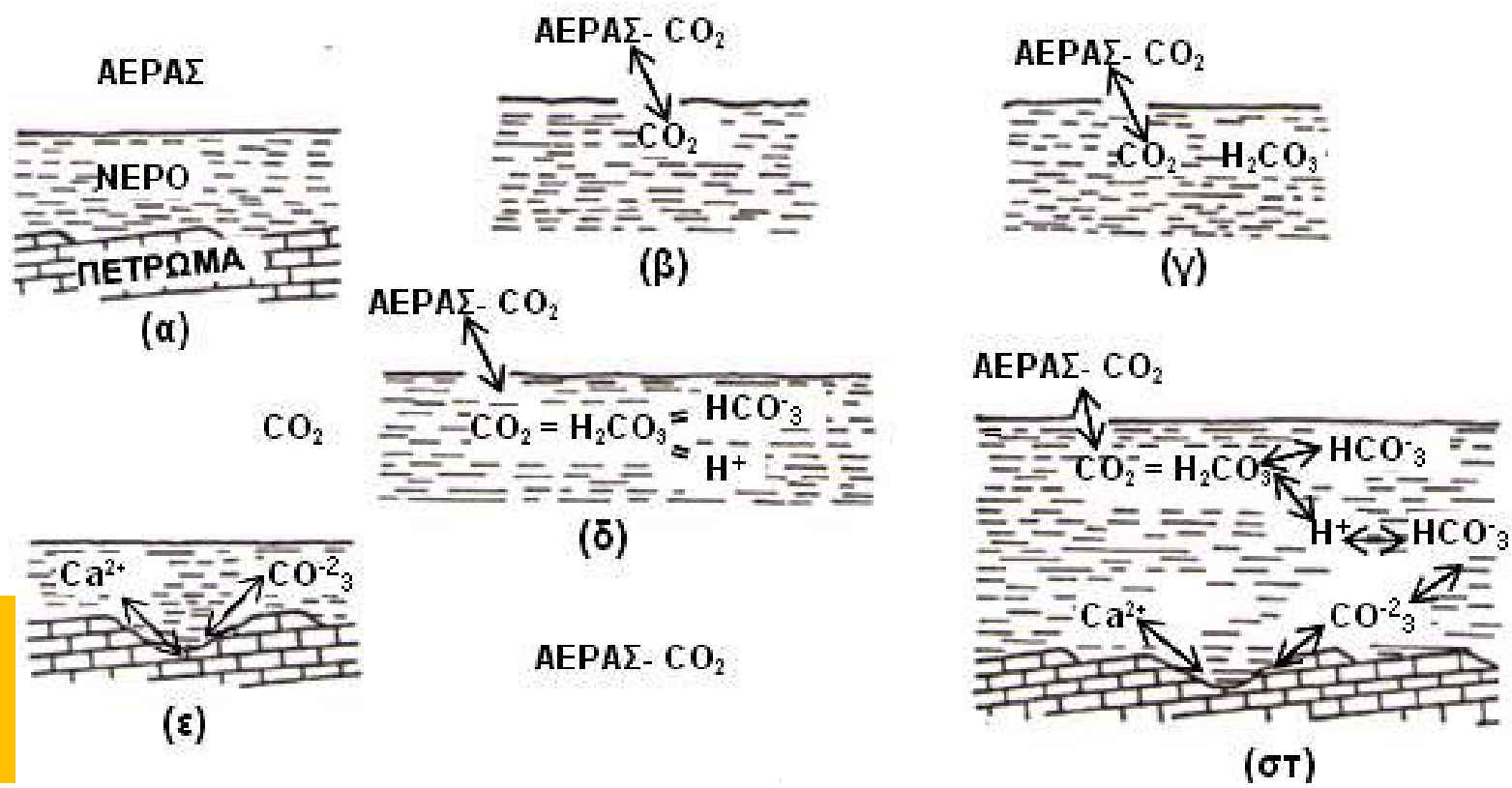
Ζώνες Απόθεσης



Διάλυση - Καθίζηση

Η διάλυση του ανθρακικού ασβεστίου από το νερό εξαρτάται από διάφορους παράγοντες:

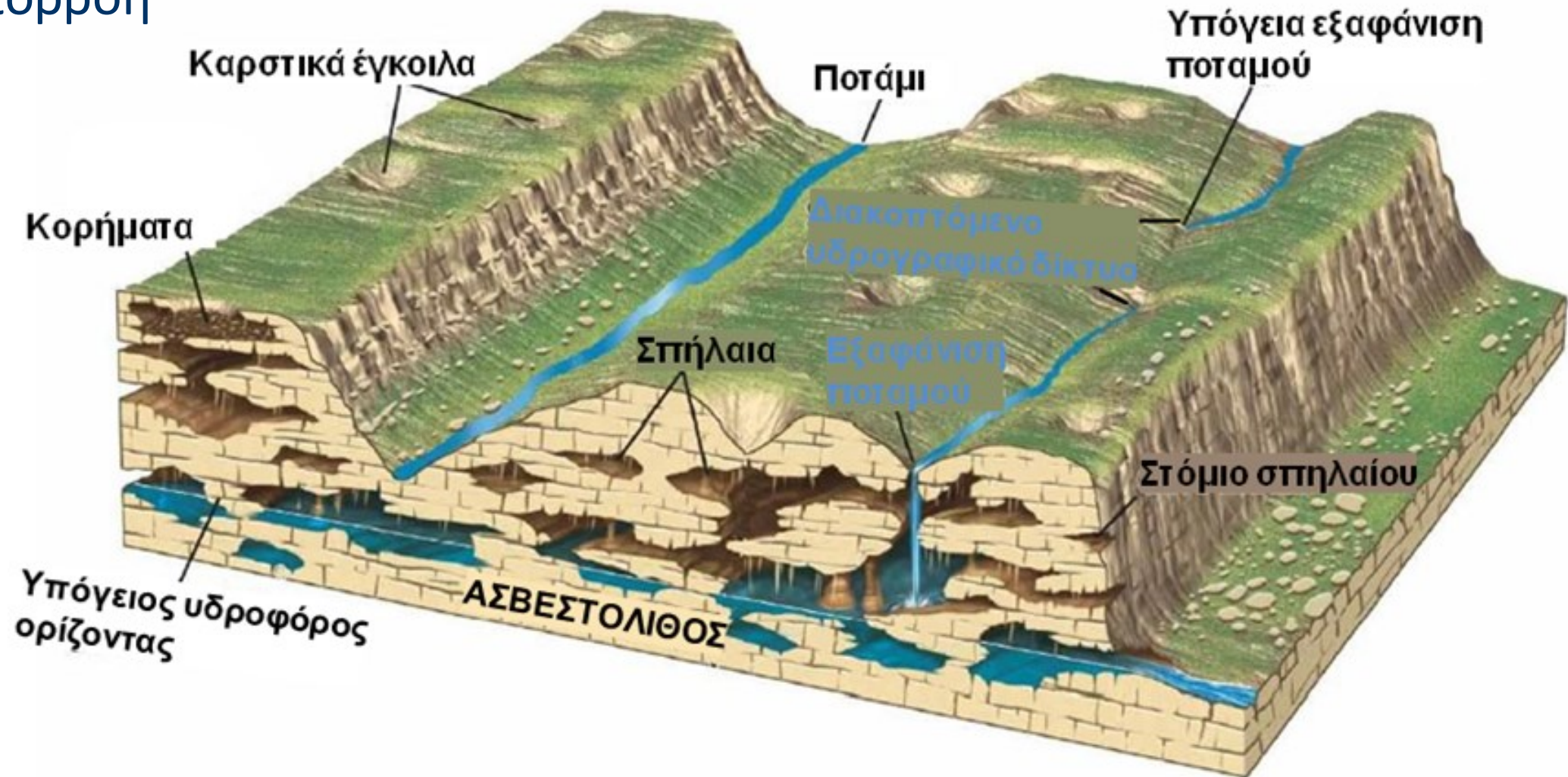
- η θερμοκρασία του διαλύματος
- τα θειικά οξέα
- το κινούμενο νερό



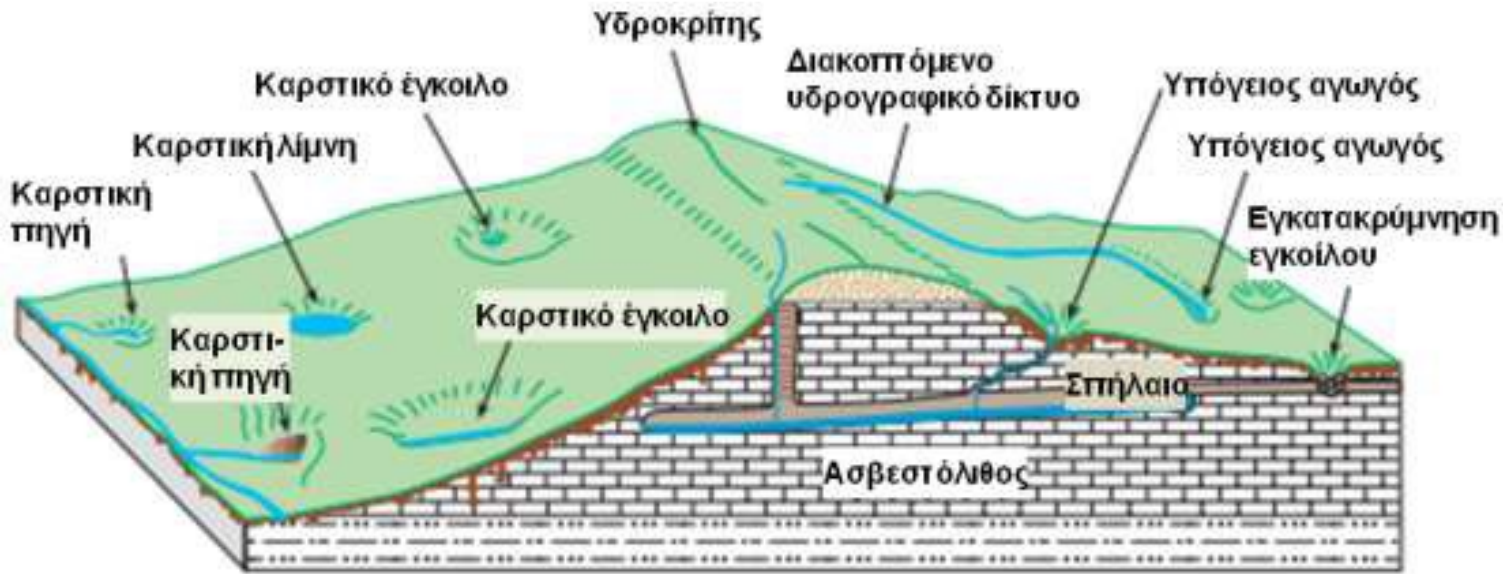
Στάδια διαδικασίας της καρστικής διάβρωσης (τροποποιημένο από Bogli, 1980, Καλλέργης, 1986)

Καρστική Υδρολογία

- επιφανειακή απορροή
- υπόγεια απορροή



Μορφομετρία Επιφανειακού Υδρογραφικού Δικτύου



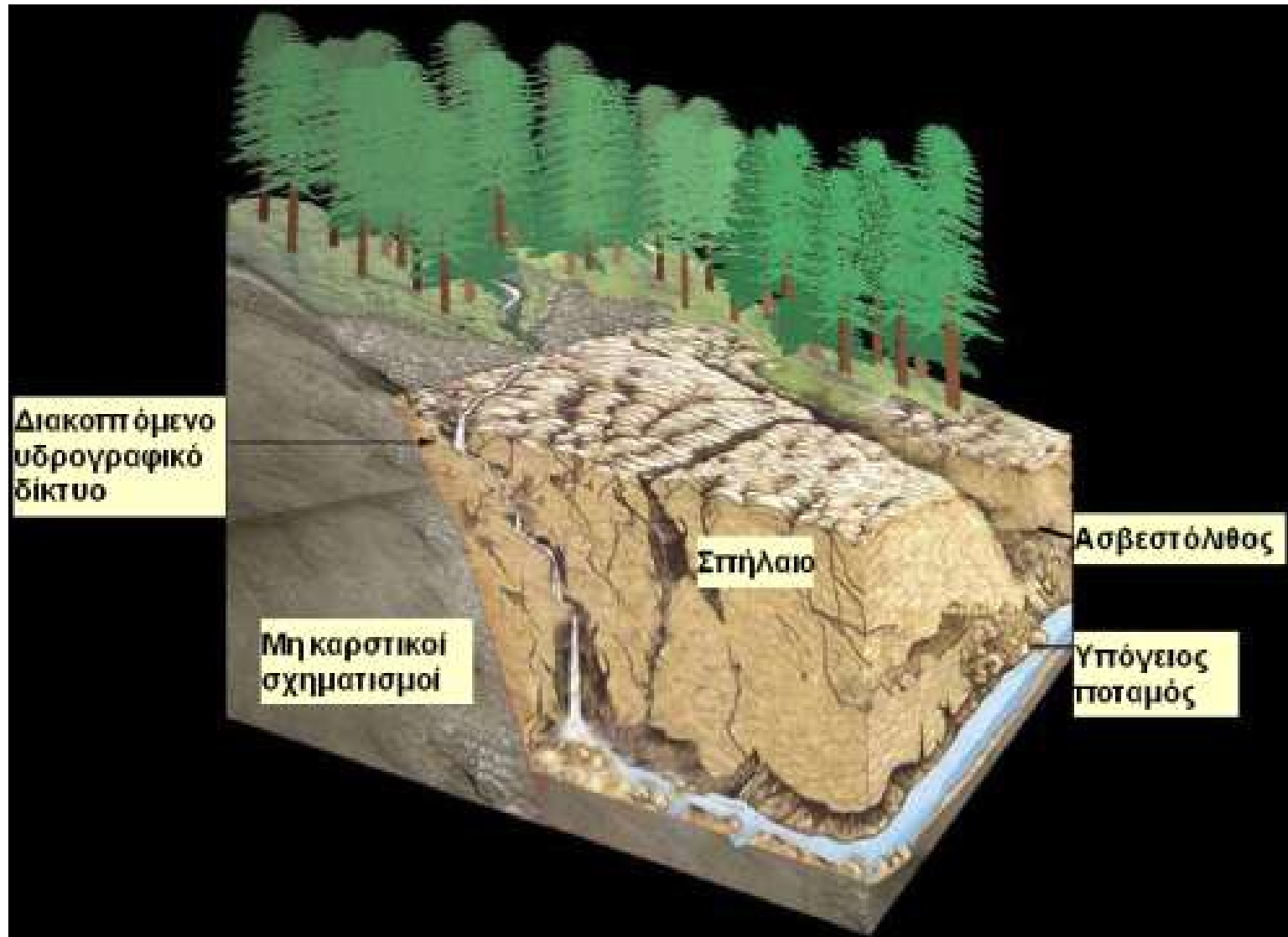
Τρισδιάστατο διάγραμμα καρστικής λεκάνης απορροής



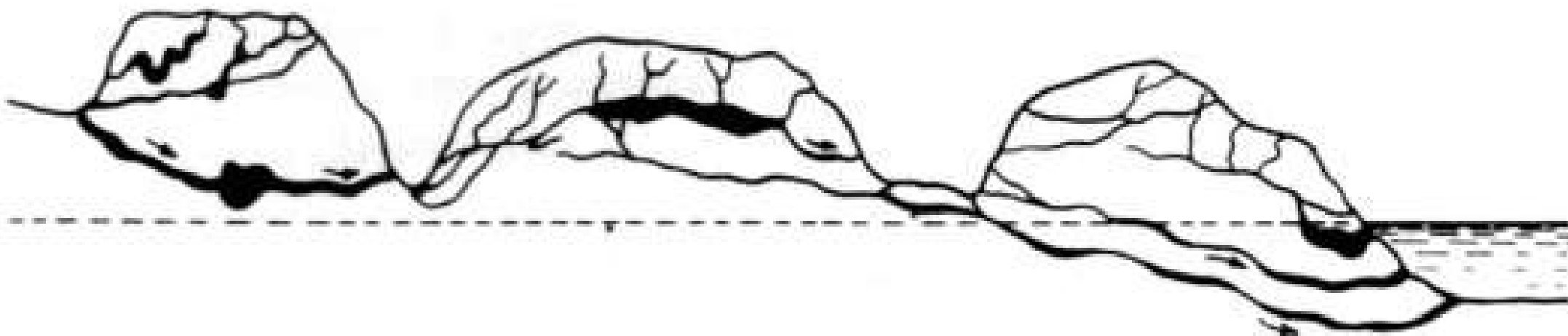
- Υδροκρίτης
- Διακοπτόμενο υδρογραφικό δίκτυο
- Κορυφή
- Αγωγοί αποστράγγισης
- 1, 2, 3 Τάξη υδρολογικής λεκάνης

Μορφομετρία λεκανών απορροής καρστικής περιοχής

Υπόγεια απορροή



Τρισδιάστατο διάγραμμα διάγραμμα υπόγειας απορροής



Διάγραμμα της απορροής υπόγειου νερού διαμέσου δικτύου αγωγών

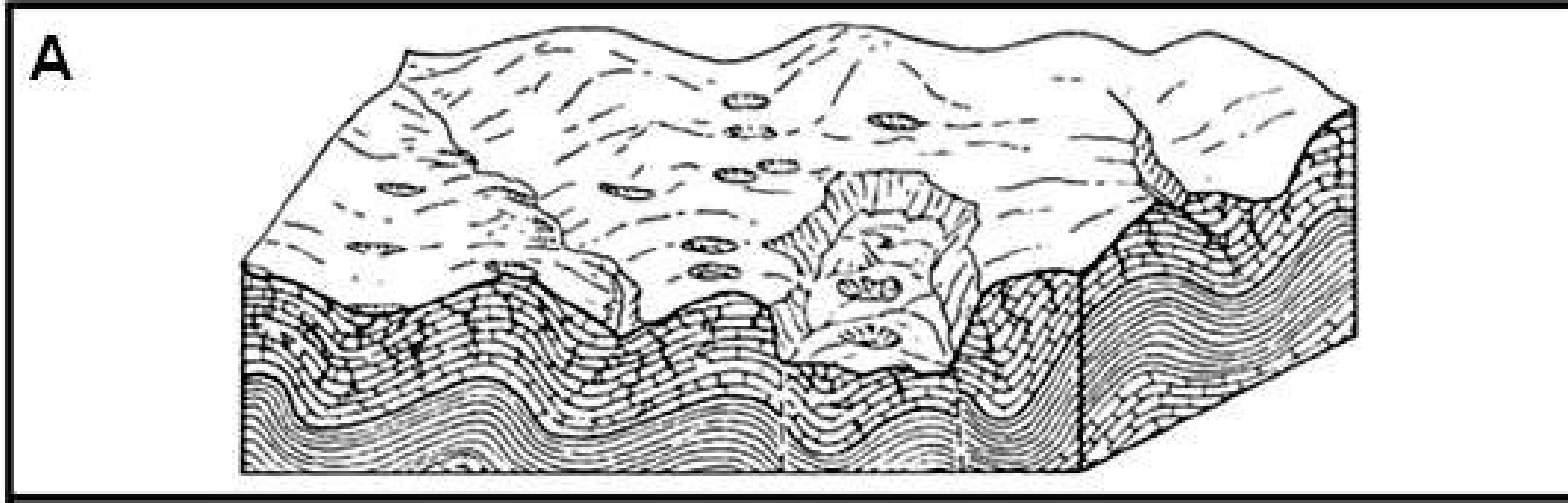


Πηγές του Μέλανα ποταμού στην περιοχή της Κωπαΐδας (Βοιωτία)



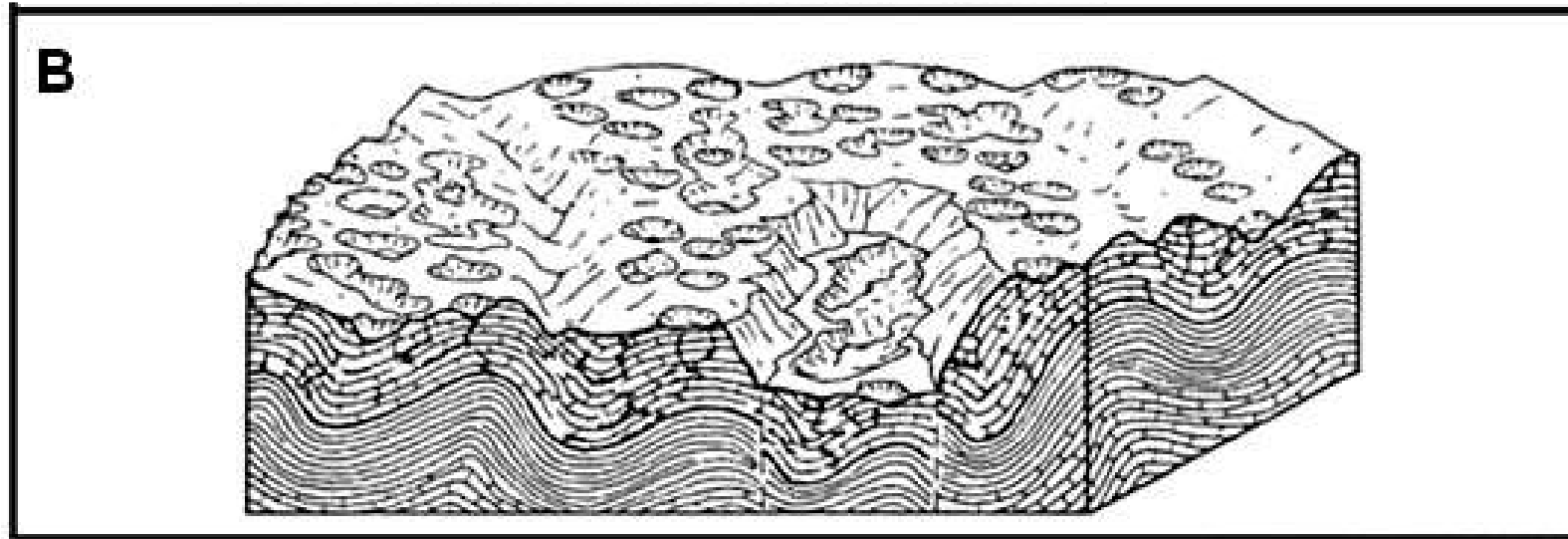
Υδρολογικός κύκλος στις καρστικές περιοχές

Καρστικός Κύκλος

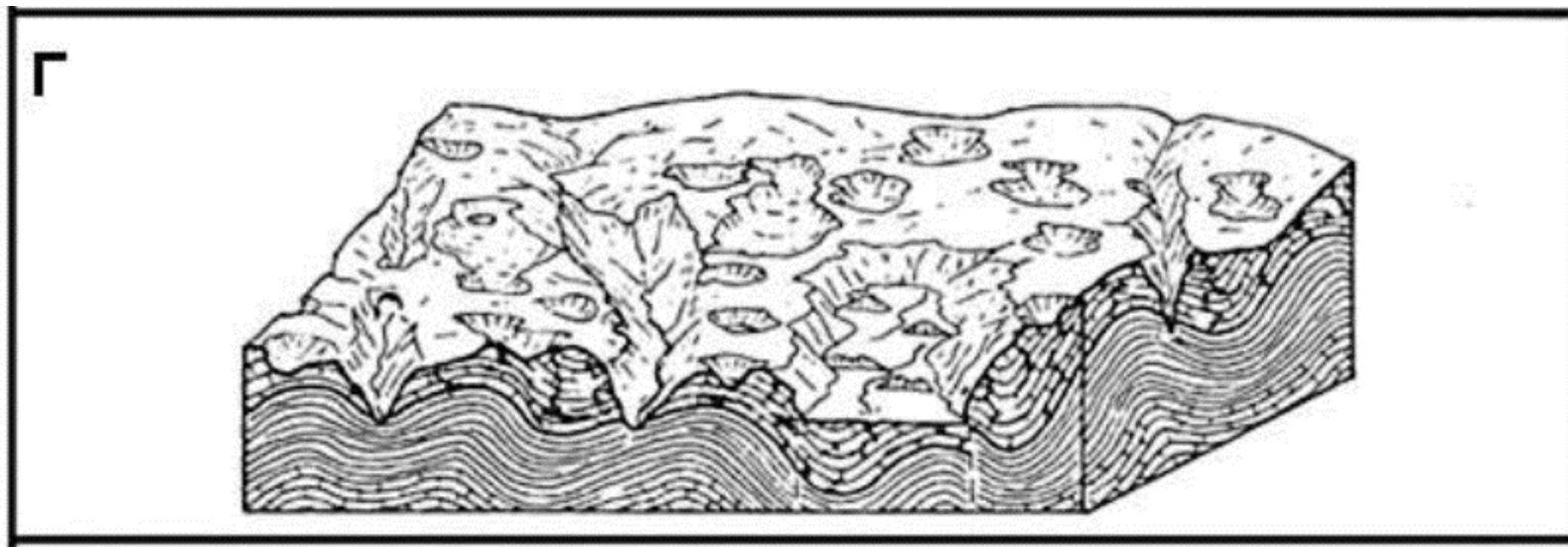


Ο κύκλος της διάβρωσης, που εισήχθηκε από τον Davis (1905), εφαρμόστηκε στις καρστικές περιοχές από τον Cnijić (1918).

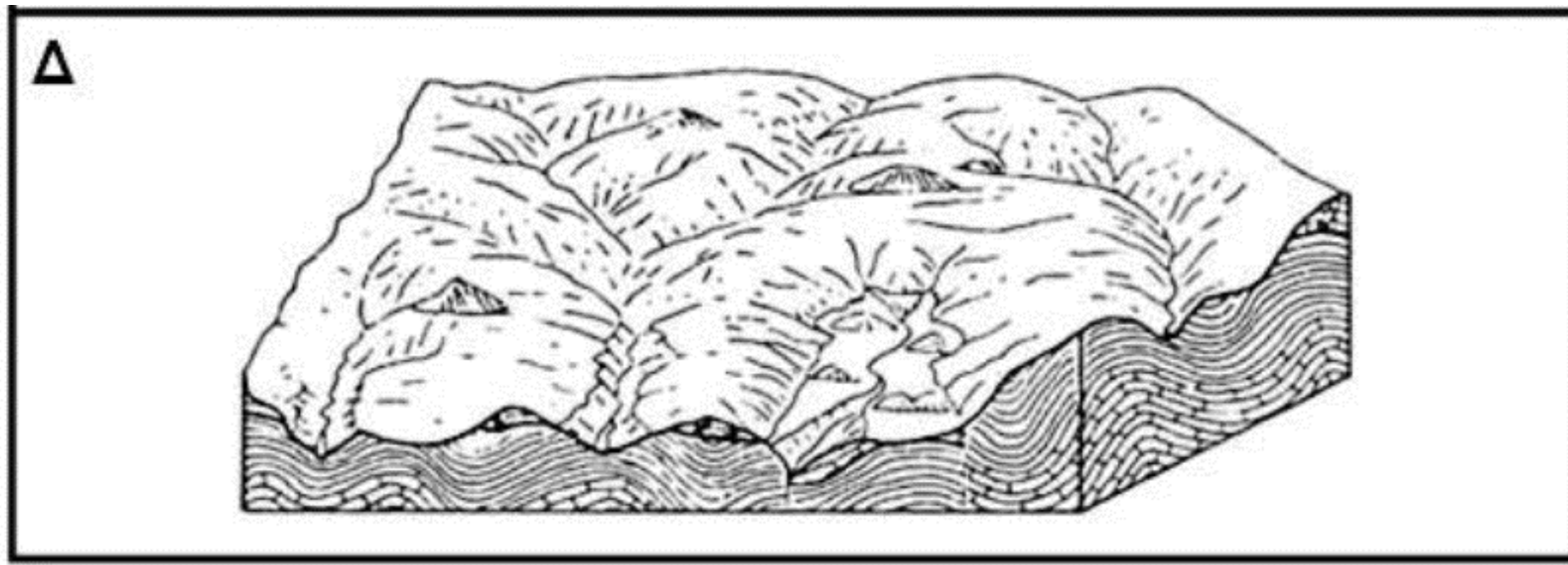
A. Στάδιο Νεότητας (Youth Stage): αρχίζει με την **επιφανειακή αποστράγγιση** σε μια επιφάνεια ασβεστόλιθου στην οποία έχει αρχίσει η διάλυση και χαρακτηρίζεται από μια προοδευτική επέκταση της υπόγειας αποστράγγισης. Η διαλυτική δράση του νερού στην επιφάνεια των ανθρακικών πετρωμάτων δημιουργεί γλυφές, καρστικά φρέατα, δολίνες. Μεγάλα σπήλαια σπάνια δημιουργούνται και η **υπόγεια αποστράγγιση** βρίσκεται στο **αρχικό της στάδιο**.



B. Στάδιο Ωριμότητας (Mature Stage): αυτό το στάδιο αρχίζει με την ανάπτυξη της *υπόγειας αποστράγγισης*. Μεγάλος αριθμός σπηλαίων χαρακτηρίζουν αυτό το στάδιο. Η επιφανειακή αποστράγγιση περιορίζεται σε ποταμούς, που εξαφανίζονται, και τυφλές κοιλάδες. Χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη περισσότερων δολινών με αποτέλεσμα τη συνένωση τους και τη δημιουργία ουβάλων, ενώ η *επιφανειακή απορροή αντικαθίσταται από την υπόγεια*. Το στάδιο αυτό αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ανάπτυξη της καρστικής τοπογραφίας με όλες τις χαρακτηριστικές μορφές της.



Γ. Στάδιο Προχωρημένης Ωριμότητας (Late Maturity Stage): η προχωρημένη ωριμότητα στον κύκλο του καρστ αρχίζει με τη *φθορά και την παρακμή της καρστικής τοπογραφίας*. Η καρστική διάβρωση έχει προχωρήσει και υπάρχει πλήρης ανάπτυξη των επιφανειακών καρστικών μορφών με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ουβαλών και πολγών. Το *επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο τείνει να αντικατασταθεί από την υπόγεια απορροή*. Τα σπήλαια και οι υπόγειες καρστικές μορφές είναι πλήρως ανεπτυγμένα.



Δ. Στάδιο γήρατος (Old Stage): με την έναρξη του σταδίου γήρατος υπάρχει *επιστροφή στην επιφανειακή αποστράγγιση*. Τα σπήλαια κατακρημνίζονται, αφήνοντας ανοιχτές, επίπεδες κοιλάδες. Η διαλυτική δραστηριότητα έχει διαβρώσει τους περισσότερους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Οι καρστικές πεδιάδες, τα παράθυρα, οι φυσικές γέφυρες και άλλα χαρακτηριστικά της διάλυσης των ανθρακικών πετρωμάτων εξαφανίζονται. Οι καρστικές μορφές έχουν αλλοιωθεί και εμφανίζονται τα αδιάλυτα πετρώματα του υποβάθρου. Η απορροή των υδάτων γίνεται επιφανειακά ενώ υπολείμματα ασβεστολίθων του παλαιοαναγλύφου παραμένουν κατά τόπους σχηματίζοντας καρστικούς λόφους μάρτυρες.

Επιφανειακές Καρστικές Μορφές

1. Γλυφές (Αμαξοτροχιές-Δακτυλογλυφές)
2. Καρστικά φρέατα (Βάραθρα)
3. Δολίνες
4. Στρούγκες
5. Ουβάλες
6. Καρστικές Λίμνες
7. Στενές κοιλάδες
8. Τυφλές κοιλάδες
9. Πόλγες

1. Αμαξοτροχιές-Δακτυλογλυφές

- Σε γυμνούς ασβεστόλιθους, που στερούνται βλάστησης, σχηματίζονται βαθιά αυλάκια. Τα αυλάκια αυτά ακολουθούν το σύστημα των διακλάσεων εξαιτίας της διαλυτικής δράσης του νερού. Για τους σχηματισμούς αυτούς χρησιμοποιείται ο όρος αμαξοτροχιές. Οι επιφάνειες, που τις διασχίζουν, είναι αιχμηρές και ο βαθμός αιχμηρότητας αυξάνει όσο αυξάνει η καθαρότητα του ασβεστόλιθου. Το βάθος των αμαξοτροχιών είναι συνήθως 0,5-1m, μπορεί όμως το βάθος αυτό να φθάνει τα 2-3m και καμιά φορά τα 5-6m. Οι αμαξοτροχιές σχηματίζονται σε ασβεστολιθικής σύστασης ακτές με τη δράση των θαλασσίων υδάτων. Επίσης, αμαξοτροχιές σχηματίζονται και στη γύψο και στο ορυκτό άλας, όμως οι μορφές των είναι λείες και αποστρογγυλωμένες. Οι αμαξοτροχιές παράγονται σε επιφάνειες μικράς κλίσης.
- Όταν η κλίση των πετρωμάτων είναι μεγάλη σχηματίζονται μικρές και στενές ραβδώσεις ή αύλακες που καλούνται δακτυλογλυφές.

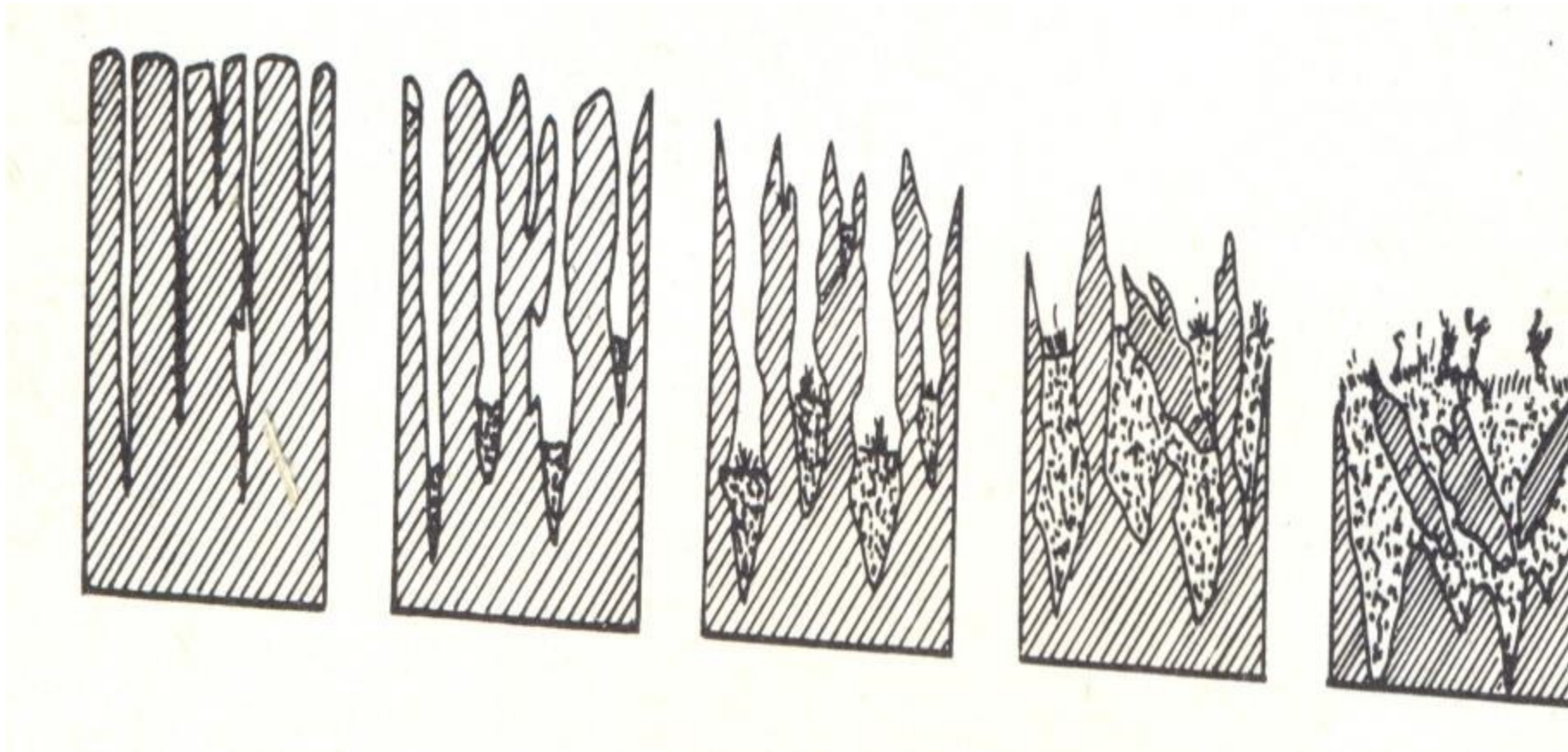


Αμαξοτροχιές σε ασβεστόλιθους

Dent de Crolles, Γαλλία

Μαδαγασκάρη





Σχηματική παράσταση δημιουργίας αμαξοτροχιών συνεπεία καρστικής διάβρωσης και καταστροφής των με πλήρωσή τους από τα προϊόντα αποσάθρωσης των ασβεστόλιθων.



Qalaat Faqra, Libanon

Δακτυλογλυφές σε ασβεστολίθους



2. Καρστικά φρέατα (βάραθρα)

- Είναι βαθιά κοιλώματα στη μορφή καπνοδόχου, που προκύπτουν από τη διαλυτική δράση του νερού πάνω στον μανδύα αποσάθρωσης του ασβεστόλιθου. Πληρούνται από άλλα υλικά των γύρω πετρωμάτων (αργιλικό υλικό, πηλός, άμμος κ.λ.π). Το βάθος τους φθάνει ή ξεπερνάει τα 100m και βρίσκονται συχνά σε επικοινωνία με υπόγεια έγκοιλα.
- Το βαθύτερο μονοκόμματο βάραθρο της Ελλάδας η «Προβατίνα» (Αστράκα, Πάπιγκο) με βάθος 408m (τρίτο στον κόσμο).
- Το βαθύτερο κλιμακωτό ο «Γουργούθακας» (Μελιδόνι, Λευκά Όρη, Κρήτη) με βάθος 1.208m
- Βαθύτερο κλιμακωτό στον κόσμο Krubera-Voronja (Γεωργία) με βάθος 2.191m

Καρστικά Φρέατα



3. Δολίνες

- Είναι κοιλότητες κυκλικής ή ελλειπτικής τομής που το εύρος τους είναι συνήθως μεγαλύτερο του βάθους των. Έχουν ένα βάθος 5 έως 15m και διάμετρο 20-50m, που σπάνια φθάνει τα 300m. Οι δολίνες μπορούν να εμφανίζονται μεμονωμένες αλλά το πιο συνηθισμένο είναι να απαντούν σε σειρές. Στις Διναρίδες Π.χ. απαντούν 40-50 και καμιά φορά 100-200 σε 1km².
- Οι δολίνες διακρίνονται σε ανοικτές και κλειστές. Οι ανοικτές είναι χαίνουσες, που συνδέονται με άλλα υπόγεια καρστικά έγκοιλα. Οι κλειστές δολίνες είναι πιο συχνές. Οι δολίνες μπορεί να προέρχονται είτε εξαιτίας της διαλυτικής δράσης του νερού είτε από την κατάρρευση της οροφής υπόγειου σπηλαίου. Ο πυθμένας της δολίνης μπορεί να γεμίζει με προϊόντα αποσάθρωσης του ασβεστολίθου (άργιλος, πηλός, terra rossa, χουμώδη συστατικά).

4. Στρούγκες

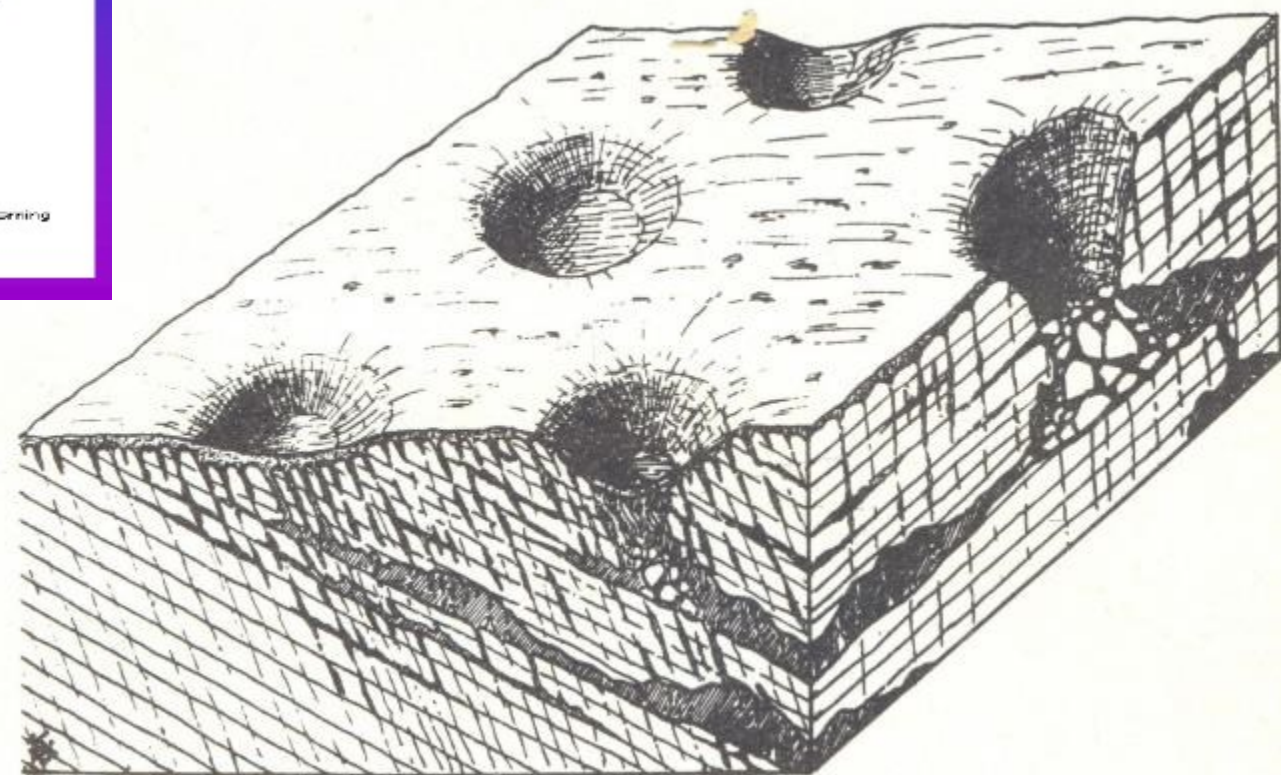
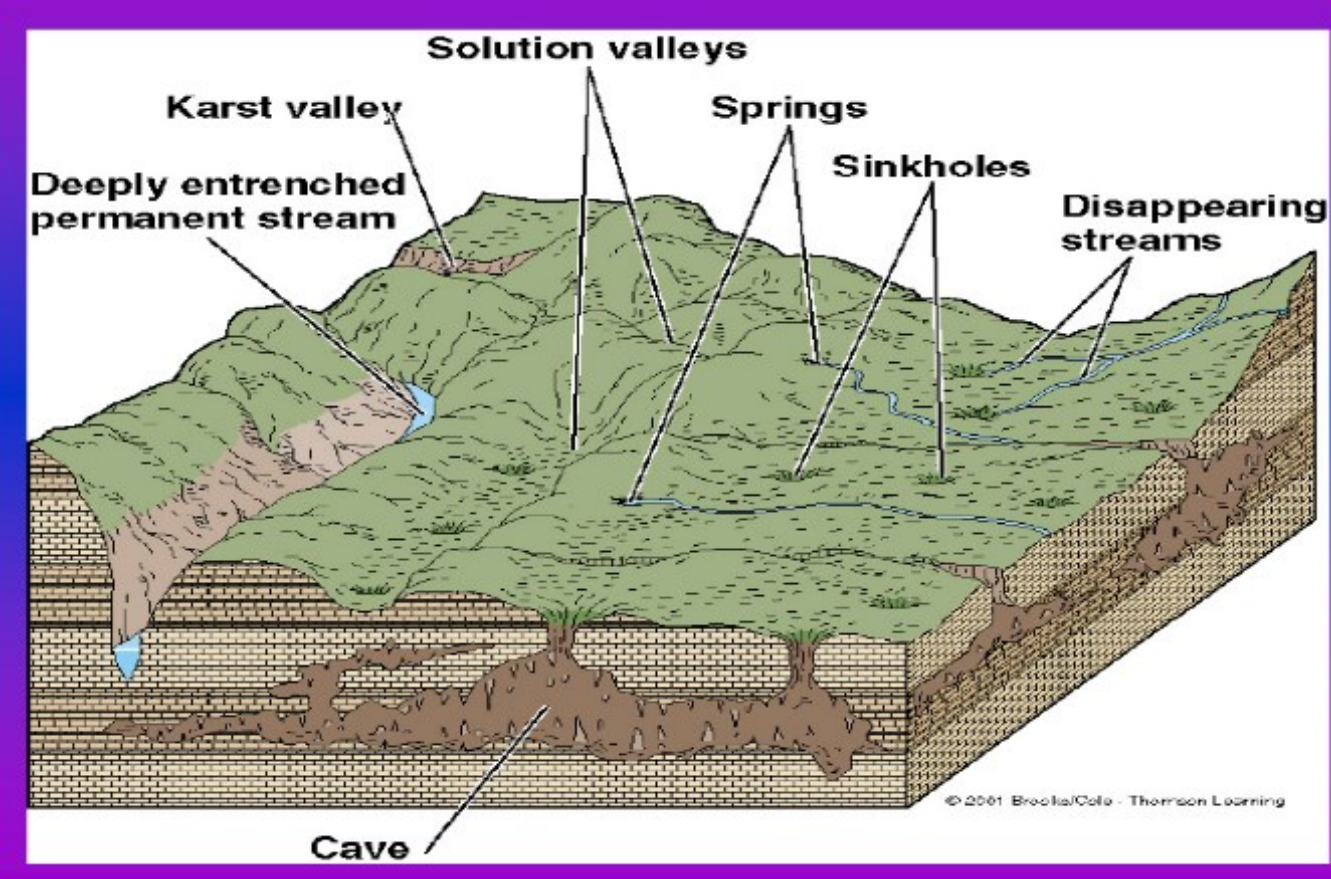
Είναι στενή δολίνη πλάτους 2-8m και μήκους 100m.

5. Ουβάλες

Με την προοδευτική διεύρυνση των δολινών, οι δολίνες συνενούνται με αποτέλεσμα πολύπλοκες μορφές να προκύπτουν που καλούνται ουβάλες

6. Καρστικές Λίμνες

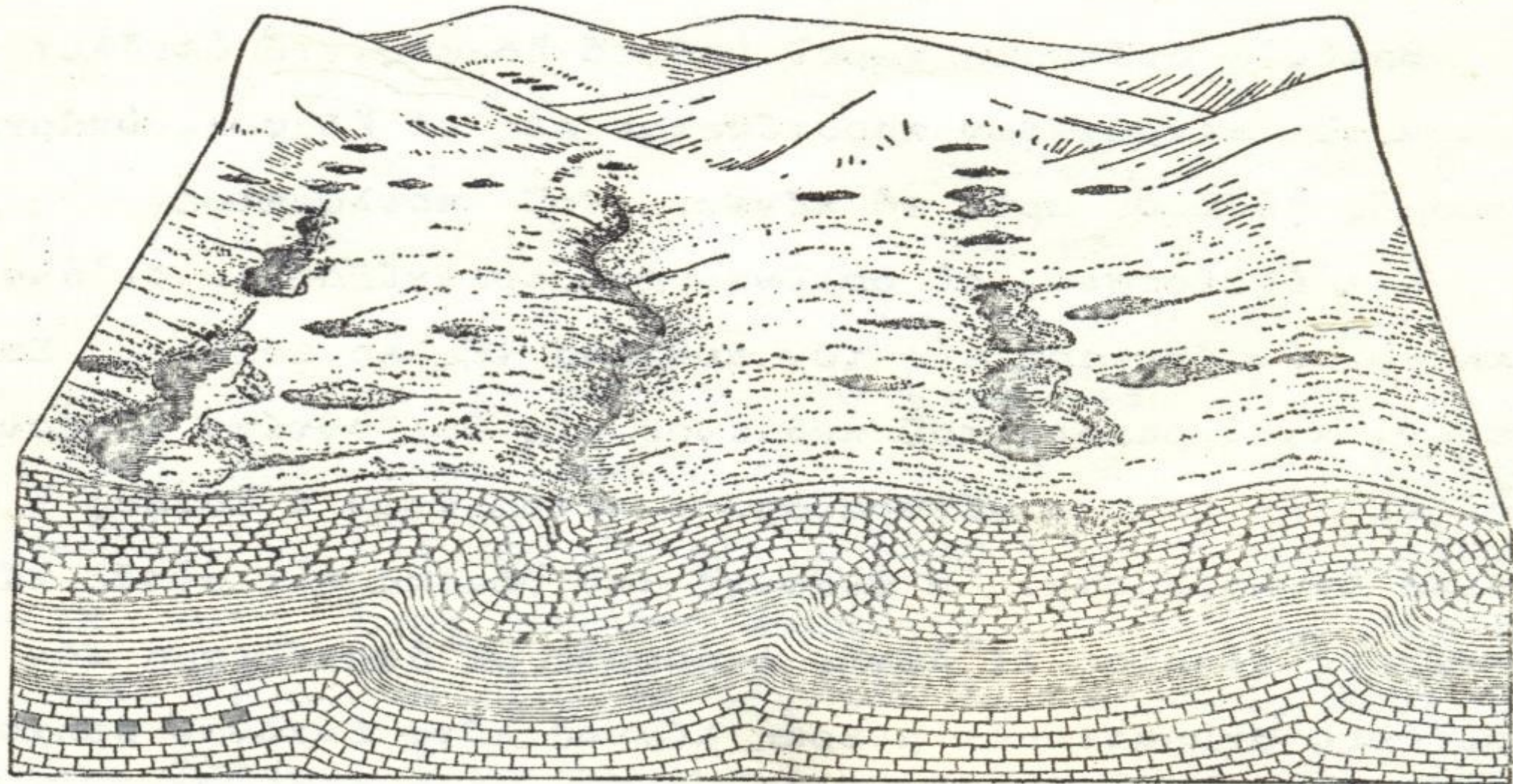
Αν ο πυθμένας μίας δολίνης ή καταβόθρας γεμίσει με αργιλικό υλικό, τότε το νερό δεν μπορεί να κατεισχύσει περαιτέρω, και σχηματίζονται μικρές Λίμνες.



Σχηματική παράσταση δημιουργίας δολινών επί της επιφάνειας ασβεστολίθων

Δολίνες





Διάφορα σημεία κατά μήκος πεδιάδας όπου οι δολίνες έχουν συνενωθεί και έχουν σχηματίσει ουβάλες. Η υπόγειος απορροή επενεργεί με έντονη διαλυτική ικανότητα επί του πτυχωθέντος ασβεστολίθου



Ουβάλες



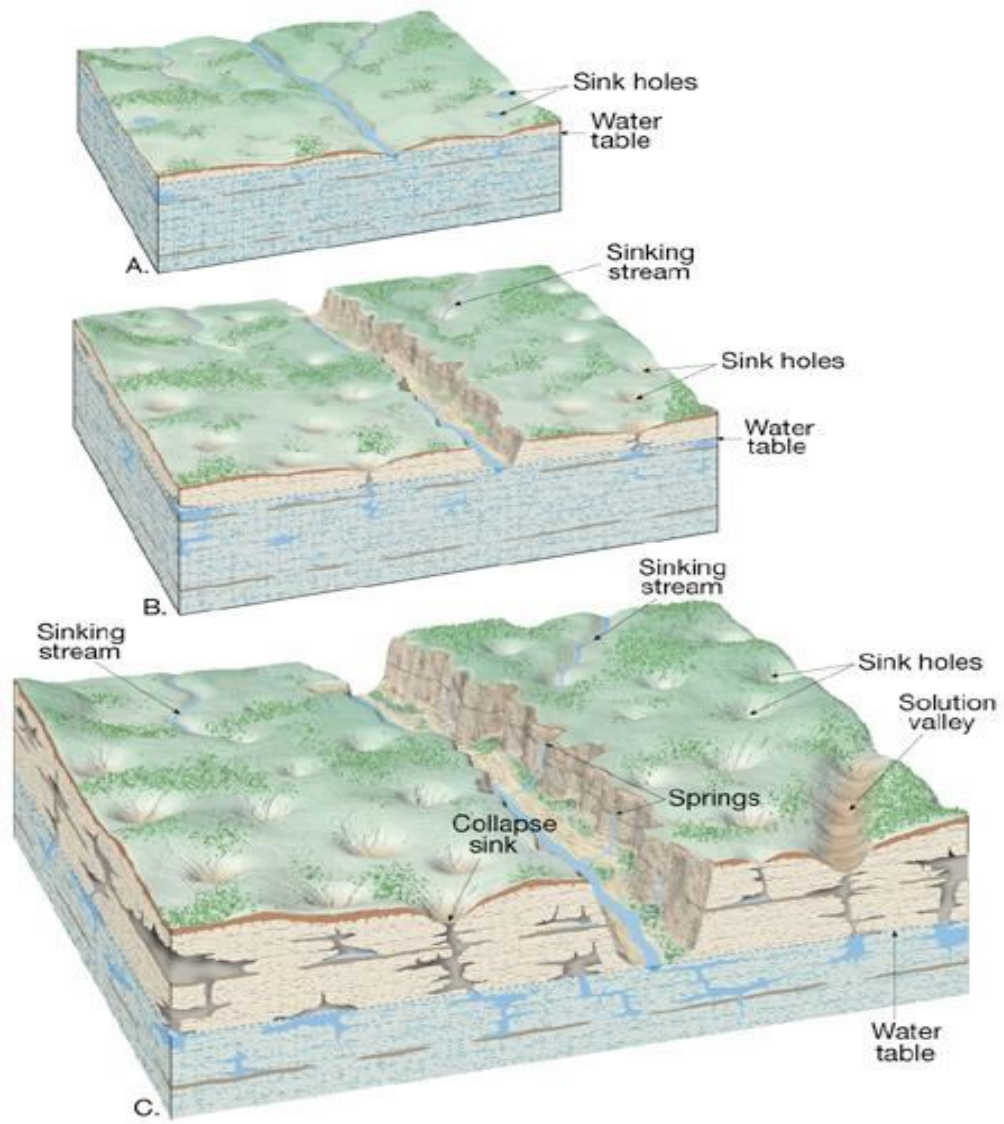
Lago di Doberdò, Ιταλία

7. Στενές κοιλάδες

Κοιλάδες στενές, βαθιές με απότομα μέχρι κατακόρυφα τοιχώματα. Δημιουργούνται με την κατακόρυφη διάβρωση των βρόχινων νερών που συνδυάζονται κατά περιόδους με επιφανειακή ροή που προκύπτει από βροχή ή τήξη χιονιών. Μπορούν να παράγονται και από την πτώση της οροφής υπογείων σπηλαίων.

8. Τυφλές κοιλάδες

Όταν επιφανειακά ρέοντα ύδατα κινούνται σε μη ασβεστολιθικές περιοχές μπορούν να διανοίξουν μία ομαλώς διαβρωσιγενή κοιλάδα. Αν όμως, περαιτέρω, εισέλθουν σε γειτονική ασβεστολιθική περιοχή, τα ρέοντα ύδατα θα χαθούν κινούμενα πλέον υπόγεια, οπότε η διανοιχθείσα κοιλάδα θα περατωθεί ως τυφλή μέχρι και του ασβεστολιθικού υποβάθρου.



9. Πόλγες

- Είναι καρστικές πεδιάδες, που παράγονται είτε με την συνένωση δολινών και ουβάλων είτε με διαβρωσιγενείς παράγοντες, που συνδυάζονται με μία επιφανειακή ταπείνωση. Η τελευταία αυτή οφείλεται είτε σε κατάρρευση υπογείων θόλων και σπηλαίων είτε σε τεκτονικά αίτια.
- Το μήκος μιας πόλγης ανέρχεται σε 10-20km η δε επιφανειακή της έκταση κυμαίνεται από 2-400 km². Το δάπεδο μιας πόλγης είναι συνήθως επίπεδο, ενώ τα πρανή της πεδιάδας αυτής έχουν μεγάλη κλίση.
- Στις παρυφές των βάσεων τους οι πόλγες φέρουν αποχετευτικά ανοίγματα, τις **καταβόθρες**, που συνδέονται με σύστημα υπογείων αγωγών και σπηλαίων. Οι καταβόθρες αυτές αποστραγγίζουν την πόλγη αλλά σε περίπτωση υψηλών βροχοπτώσεων ή απόφραξης των καταβοθρών η αποχέτευση καθίσταται αδύνατη και η πόλγη μετατρέπεται περιοδικά σε λίμνη.

- Αν οι καταβόθρες συγκοινωνούν με Λεκάνες υψηλότερων περιοχών μπορούν αντί να αποχετεύουν να αποδίδουν νερό δηλαδή να μεταβάλλονται σε βωκλυζιανές πηγές που χαρακτηρίζονται ως εσταβέλλες.
- Συχνά στις πόλγες συναντούμε μικρές ή μεγάλες αβαθείς λίμνες και ασβεστολιθικούς Λόφους, υπολείμματα των διαλυθέντων ασβεστολίθων που καλούνται Hum (π.χ. Λυκαβηττός).
- Στις Πόλγες μπορεί να αναπτύσσεται υδρογραφικό δίκτυο και να καλύπτονται από αλλουβιακές προσχώσεις, άμμους και αργίλους που συνιστούν εύφορο έδαφος και αυτό έχει σημαντική σημασία από γεωργικής εκμετάλλευσης.
- Στην Ελλάδα οι πιο γνωστές πόλγες είναι η πόλγη της Κωπαΐδας στην Βοιωτία, του Λασιθίου στην Κρήτη και η πεδιάδα της Τρίπολης.



Πόλη Νίδας



Πόλη Λασιθίου

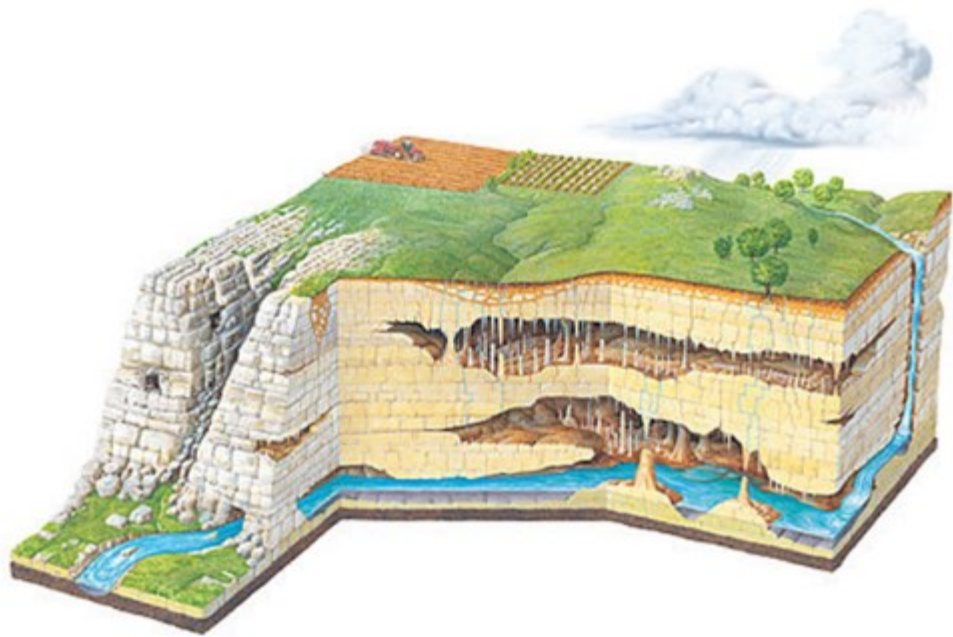
Υπόγειες Καρστικές Μορφές

1. Καταβόθρες
2. Σπήλαια

1. Καταβόθρες

- Οι καταβόθρες είναι χάσματα σε ασβεστολίθους στα οποία τα επιφανειακά ρέοντα ύδατα εισέρχονται και συνεχίζουν την πορεία τους υπόγεια μέσα από ένα σύστημα υπογείων αγωγών, στοών, σπηλαίων και αγωγών λαβυρινθώδους μορφής. Η δημιουργία τους διευκολύνεται με την εκλεκτική διαλυτοποίηση των ασβεστόλιθων σε θέσεις προϋπάρχοντος ρήγματος.
- Σύμφωνα με τον Philippon, οι καταβόθρες διακρίνονται σε **καταρροφικές** και σε **πυλοειδείς**.
- Οι **καταρροφικές** έχουν πινακοειδή μορφή, αναπτύσσονται στα βαθύτερα σημεία της καρστικής κοιλάδας και καλύπτονται από προσχώσεις. Έτσι, οι καταβόθρες αυτές λόγω βραδείας καταρρόφησης του νερού μεταβάλλονται σε λίμνες και έλη.
- Οι **πυλοειδείς** καταβόθρες είναι χάσματα ή μεγάλες οπές σε σχήμα πυλώνα. Επειδή φράσσονται εύκολα από κορμούς δένδρων και άλλα υλικά, τα επιφανειακά νερά κατακλύζουν την Καρστική κοιλάδα. Για να αποφευχθεί η απόφραξη των πυλοειδών καταβοθρών τοποθετούνται προ του στομίου των προστατευτικά κιγκλιδώματα.

Καταβόθρα Κάψια, Αρκαδία



SCIENCEPHOTOLIBRARY



2. Σπήλαια

- Τι είναι σπήλαιο; «Σπήλαιο θεωρείται κάθε φυσικό έγκοιλο, που εμφανίζεται στο ανώτερο τμήμα του φλοιού της γης και το οποίο είναι τόσο μεγάλο ώστε να μπορεί μέσα να χωράει να μπει ένας άνθρωπος»
 - Το άνοιγμα του σπηλαίου δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται στην επιφάνεια της γης.
 - Ο ορισμός βασίζεται καθαρά σε ανθρωποκεντρικούς παράγοντες, και ειδικότερα στην προσβασιμότητα από τον άνθρωπο. Δεν έχει να κάνει με γεωλογικούς παράγοντες.
 - Μικρότερων διαστάσεων ανοίγματα τα ονομάζουμε απλώς έγκοιλα.
 - Ή βραχοσκεπές

Τύποι σπηλαίων

Δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Σπήλαια, που σχηματίστηκαν με μηχανικές διεργασίες
- Σπήλαια, που σχηματίστηκαν με χημικές διεργασίες

Σπήλαια από μηχανικές διεργασίες

Σπήλαια, που σχηματίστηκαν από την φυσική δράση ενός υλικού πάνω σε ένα άλλο. Δηλαδή, κύριος παράγοντας δημιουργίας η διάβρωση από τριβή.

1. Τεκτονικά σπήλαια
2. Αιολικά σπήλαια
3. Παράκτια (θαλασσογενή) σπήλαια
4. Σπήλαια κατάπτωσης
5. Σπήλαια διάβρωσης
6. Σπήλαια παγετώνων

1. Τεκτονικά σπήλαια

Σχηματίζονται από την μετακίνηση, πτύχωση ή διολίσθηση πετρωμάτων

- Εμφανίζονται κατά μήκος ρηγμάτων ή επιπέδων στρώσεως
- Μικρών διαστάσεων

2. Αιολικά σπήλαια

Σχηματίζονται από την διαβρωτική δράση λεπτών σωματιδίων που μεταφέρονται από τον αέρα

- Μικρών διαστάσεων
- Σχηματίζονται σε ψαμμίτες-ιλυόλιθους



3. Παράκτια (θαλασσογενή) σπήλαια

Σχηματίζονται από την συνεχή δράση των κυμάτων στα πετρώματα της ακτογραμμής



4. Σπήλαια κατάπτωσης

Σχηματίζονται από κατάπτωση μεγάλων βράχων που λόγω διάταξης δημιουργούν συνεχή ανοίγματα



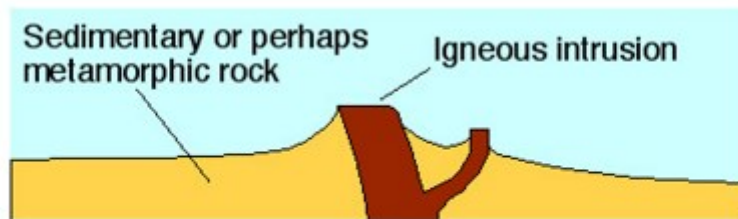
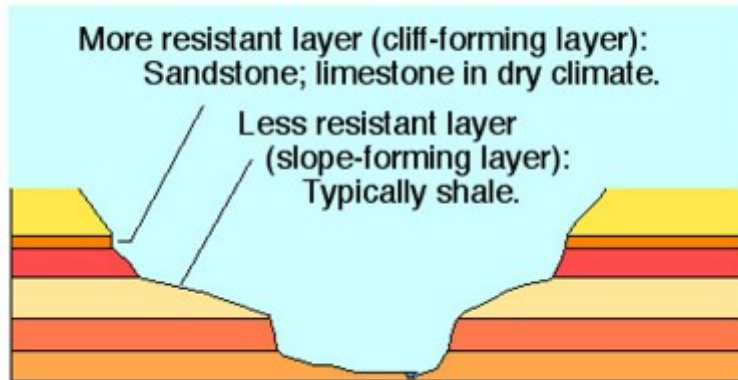
5. Σπήλαια διάβρωσης

Σχηματίζονται από μηχανική αποσάθρωση μαλακών πετρωμάτων που υπόκεινται σκληρότερων.

➤ Μικρών διαστάσεων (βραχοσκεπές)

Differential Erosion:

Different rock types erode to give different slopes.



LBR 3/2002



6. Σπήλαια παγετώνων

Σύραγγες σχηματίζονται στις άκρες των παγετώνων μεταξύ πάγου και υποκείμενου.



Σπήλαια που σχηματίστηκαν από χημικές διεργασίες

- Σπήλαια πάγου
- Σπήλαια λάβας
- Σπήλαια διάλυσης – Καρστικά σπήλαια

6.1. Σπήλαια πάγου

Σχηματίζονται σε μάζες πάγου από την κίνηση νερού. Όταν έχει λιώσει αρκετός πάγος η κίνηση αέρα τα διευρύνει

- Πλημμυρίζουν καθημερινά με το λιώσιμο του πάγου
- Μικρή διάρκεια ζωής
- Σε μήκος πολλά χιλιόμετρα



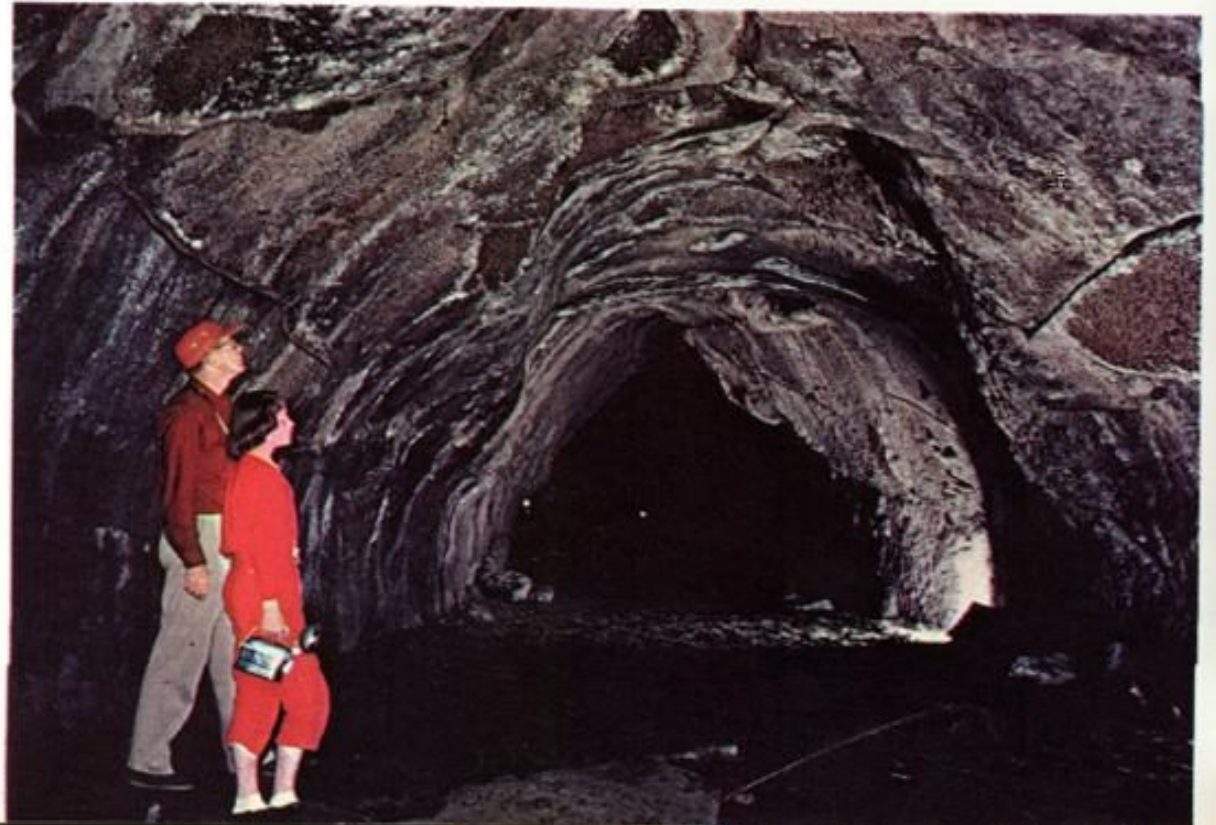
6.2. Σπήλαια λάβας

Σχηματίζονται σε ενεργά ηφαιστειακά συστήματα όταν η ροή λάβας ή μάγματος στερεοποιείται εξωτερικά και εσωτερικά συνεχίζει να ρέει.

- Σχηματίζει πολύπλοκα λαβυρινθοειδή συστήματα σηράγγων
- Σε μήκος ανάπτυξη πολλών χιλιομέτρων

NOT ALL CAVES ARE
FORMED IN LIMESTONE

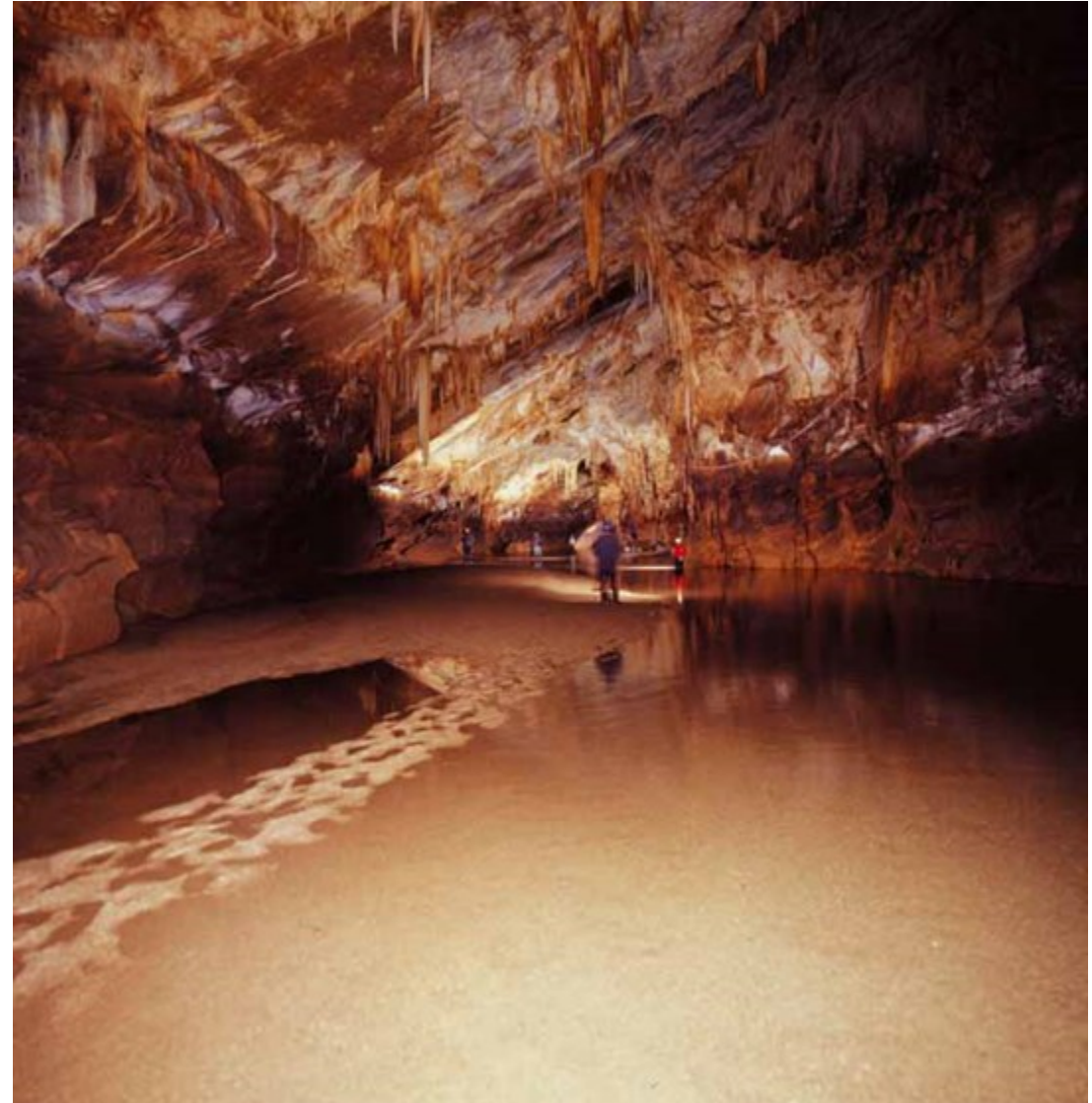
LAVA CAVES such as Subway Cave in Lassen National Forest, California (below), are remnants of past volcanic activity. They result when a flowing stream of lava solidifies on the outside while molten lava continues to flow below the surface, finally leaving an empty tunnel. Several hundred are located in Lava Beds National Monument, California.



6.3. Σπήλαια διάλυσης – Καρστικά σπήλαια

Σχηματίζονται από την διάλυση του πετρώματος από την δράση του νερού.

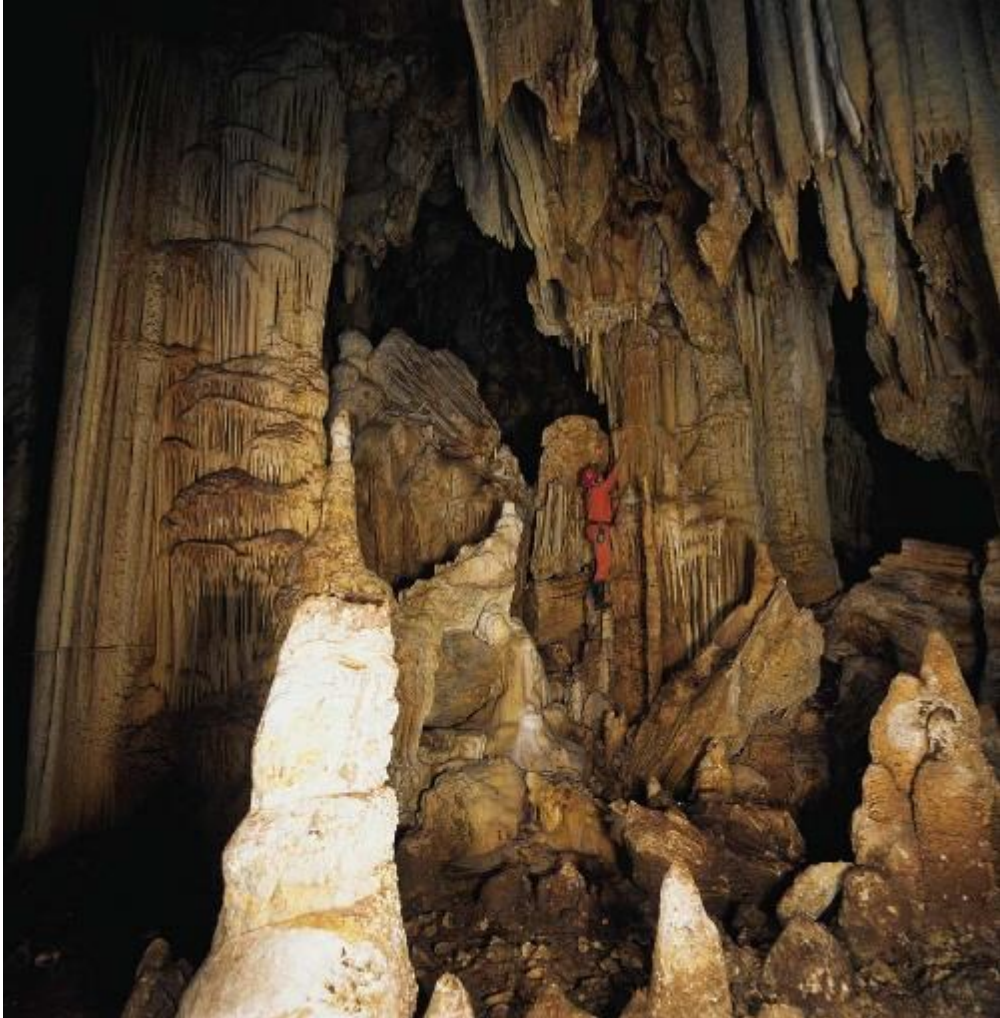
- Περιέχει τους πιο όμορφους σχηματισμούς
- Τα μεγαλύτερα και μακρύτερα σπήλαια
- Σχηματίζονται κυρίως σε ασβεστολιθικά πετρώματα σε γύψο και σε άλας
- Ασβεστόλιθος αποτελείται από ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3)
- Γύψος αποτελείται από ένυδρο θειικό ασβέστιο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$) (μερικά από τα μακρύτερα σπήλαια στον κόσμο)
- Άλας αποτελείται από χλωριούχο νάτριο (NaCl)



Σπηλαιοθέματα

- Σταλακτίτες
- Σταλαγμίτες
- Κολώνες
- Κουρτίνες
- Καταρράκτες
- Γκουρ
- Εκκεντρίτες
- Ελικτίτες
- Μαργαριτάρια των σπηλαίων
- Σπηλαιόγαλα
- Σπαρ

Αλιστράτη, Σέρρες



Διρός, Λακωνία



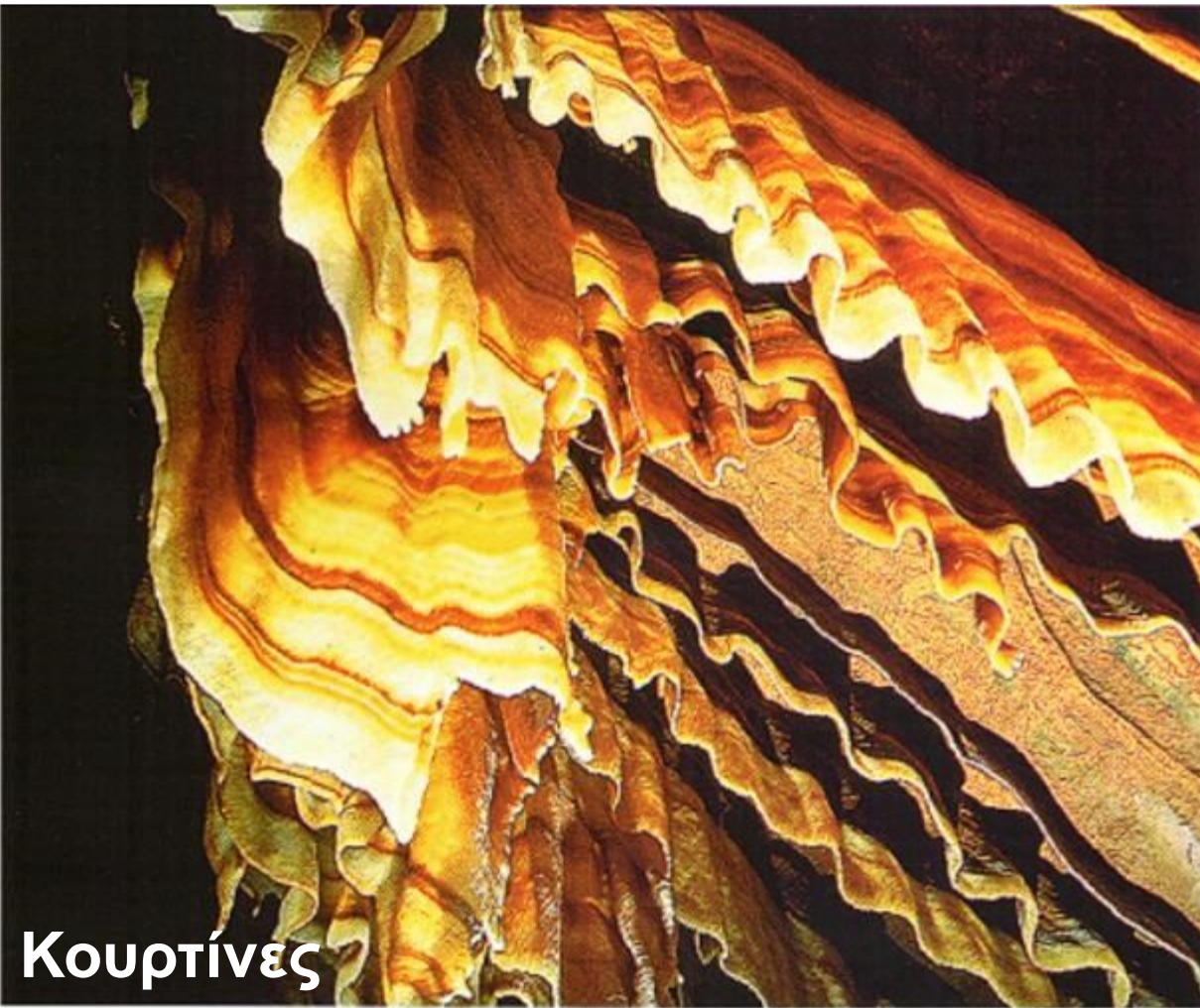
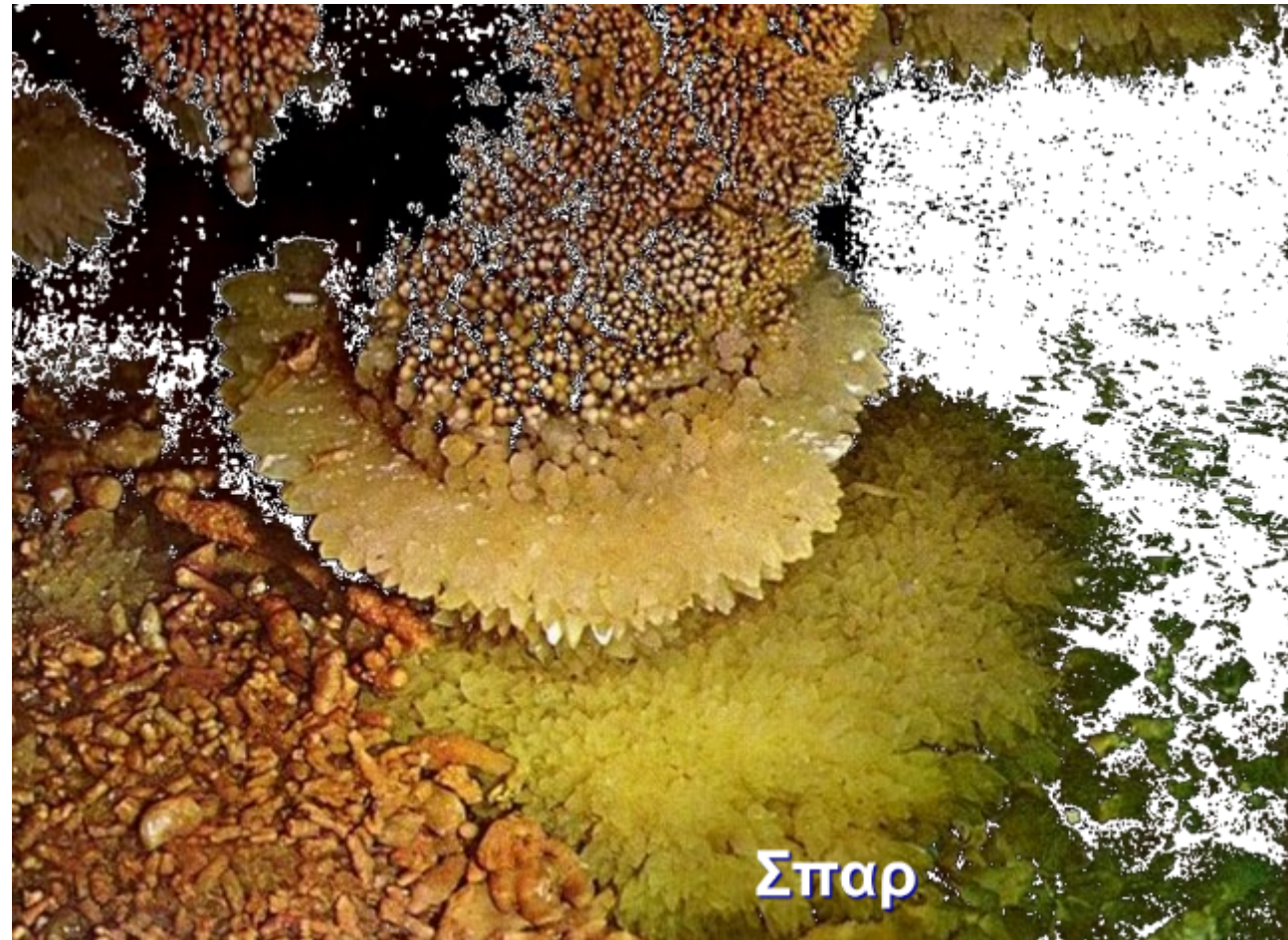


Fig. 40. Furred bacon draperies, Kubla Khan Cave, Mole Creek, Tasmania, Australia. Note that the draperies have formed on an inclined ceiling and that dripstone (stalactites) is forming on the ends of some of the draperies. Photo by Garry K. Smith.

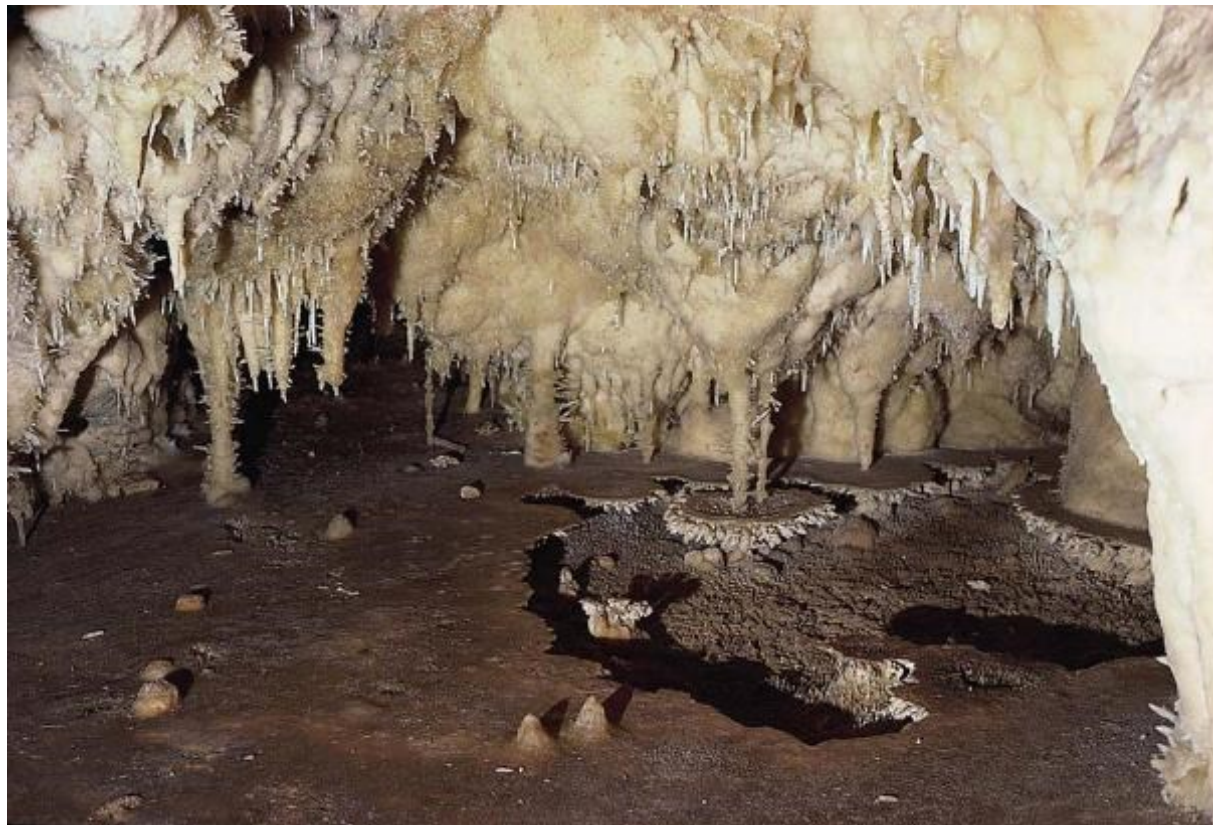




Αλιστράτη



Εκκεντρίτες





Καταρράκτες

A reflection in the pool at the base of the Giant Flowstone in Blanchard Springs Cavern conveys

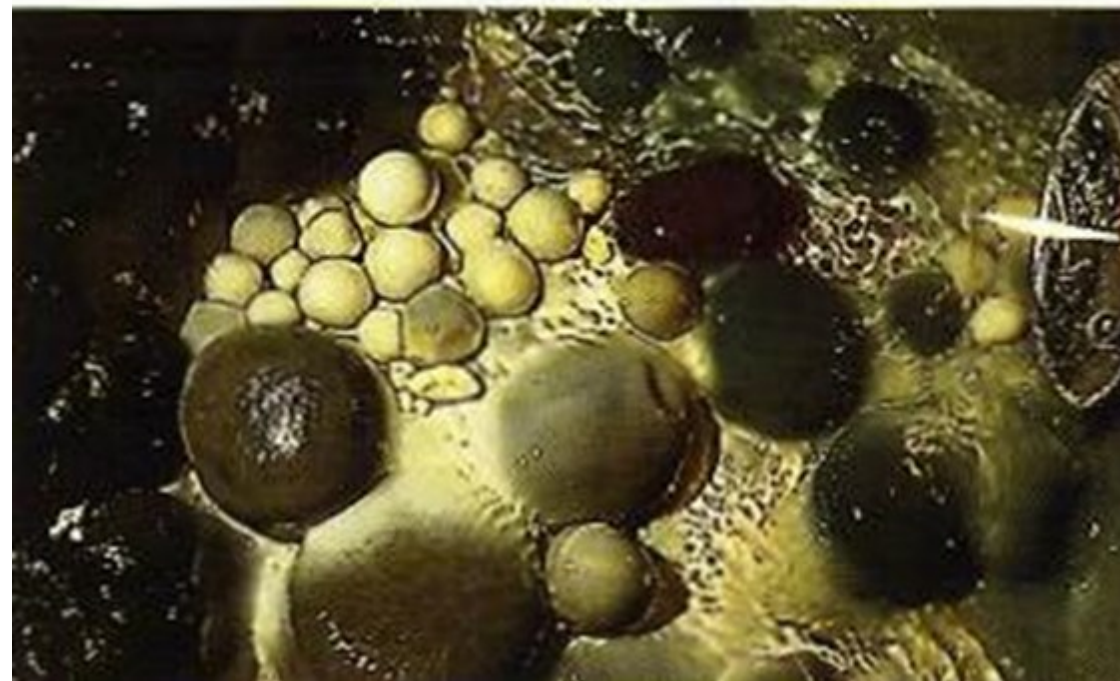


Γκουρ



Σπήλαιο των Λιμνών

Fig. 69. Black and white cave pearls, bottom of Boulder Falls, Lechuguilla Cave, New Mexico. Photo by David Jagnow.



Μαργαριτάρια

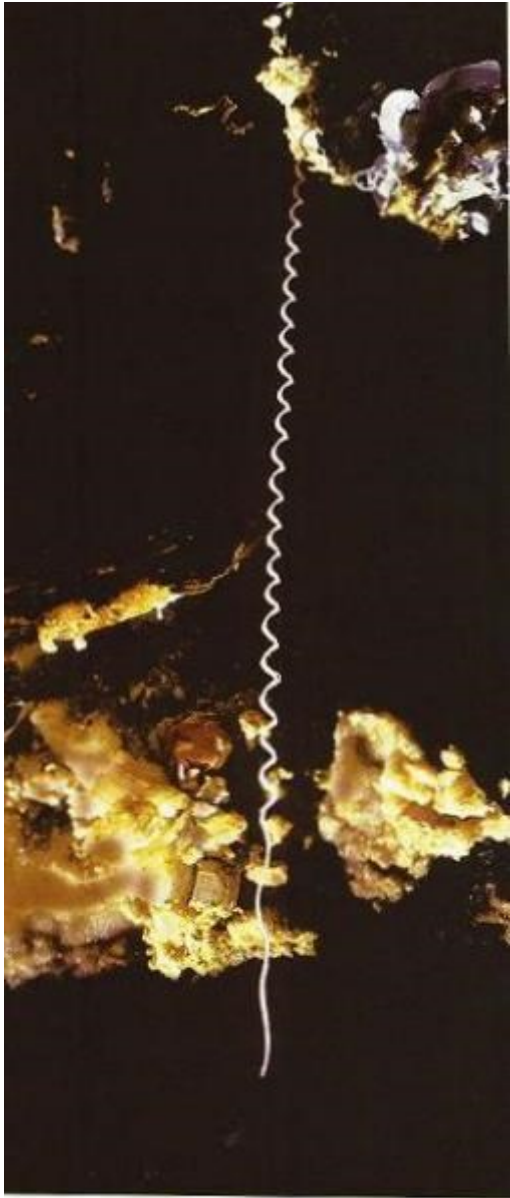


Fig. 44. The Spring, a delicate gypsum rope, Puk Flower Cave, New Zealand. Photo by Werner Jan



Fig. 110. A fried-egg stalagmite, in a western Colorado cave. Photo by Cyndi Mosch.



This unusual gypsum flower is about two and a half inches in diameter and closely mimics the shape of a real flower. Dennis Taylor

- Τα σπήλαια έχουν αποτελέσει αντικείμενα μελέτης των Αρχαιολόγων, Ανθρωπολόγων και Παλαιοντολόγων, μιας και αποτέλεσαν κατοικία των ανθρώπων της Παλαιολιθικής και Νεολιθικής εποχής, αλλά και ζώων.
- Στην **Ελλάδα** υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός σπηλαίων, περισσότερα από **10.000**.
- Τα μεγαλύτερα και σημαντικότερα είναι:
- Το σπήλαιο Διρού Λακωνίας με εντυπωσιακό διάκοσμο και μήκος που ξεπερνά τα 15 km.
- Το Σπήλαιο Αγγίτη (Μααρά) Δράμας με μήκος 11,5km
- Το σπήλαιο Πετραλώνων Χαλκιδικής με ανθρώπινο κρανίο του *Homo heidelbergensis* και οστά θηλαστικών του Πλειστοκαίνου
- το σπήλαιο Καστριών Καλαβρύτων με τις 14 Λίμνες σε τρία διαφορετικά επίπεδα.