



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε το σύνδεσμο: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

# ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Ι

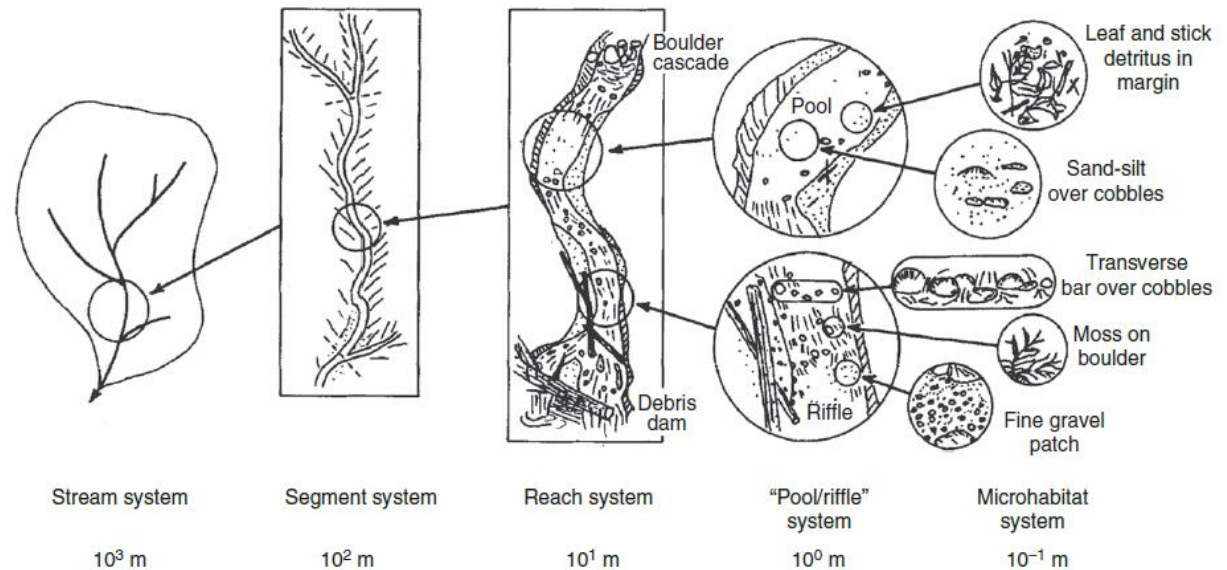
*Μορφολογία λεκάνης απορροής*

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

# Εισαγωγή

- Κίνηση και τη συμπεριφορά των φερτών υλών σε δύο χωρικές κλίμακες

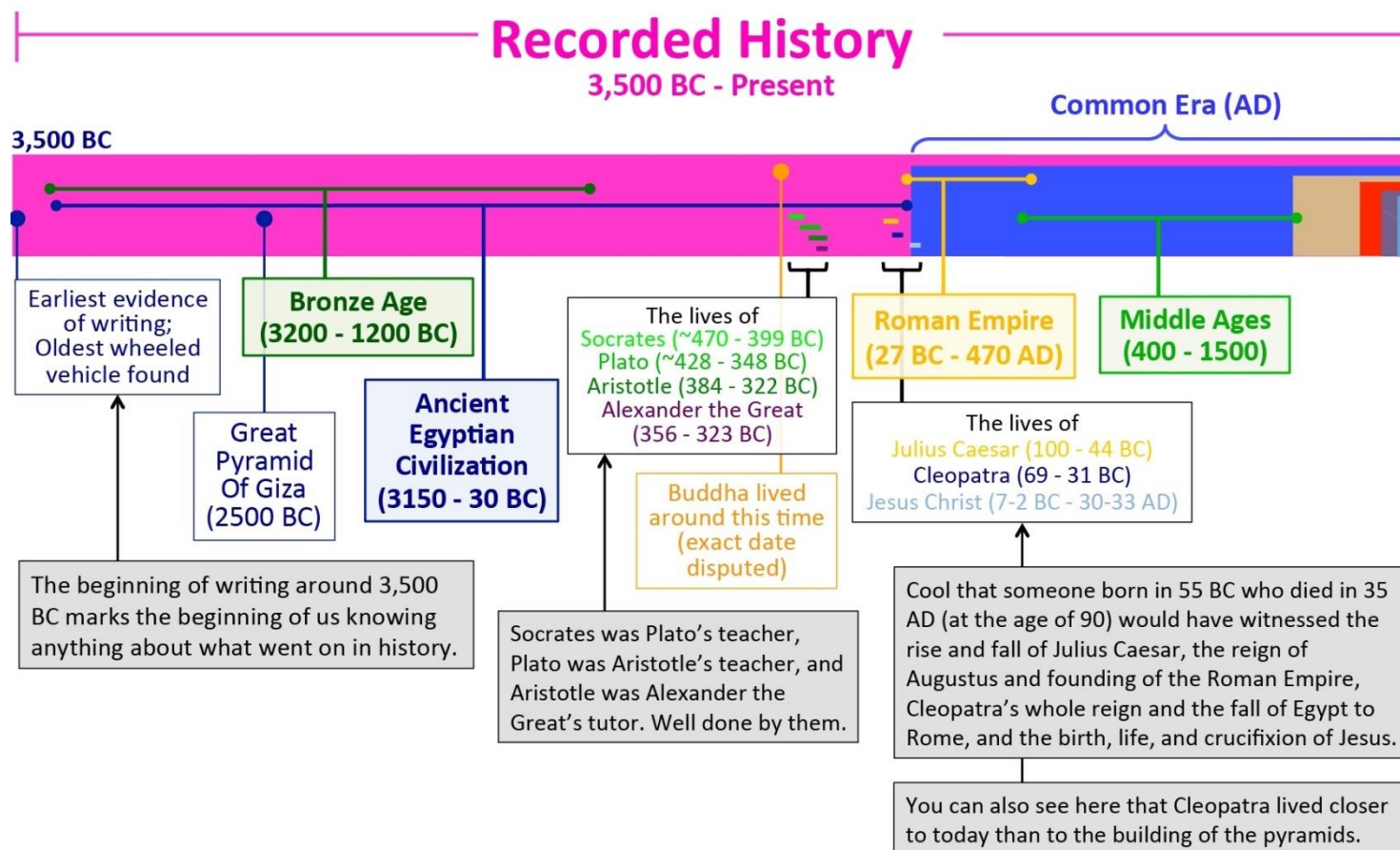
- Λεκάνη απορροής
- Τμήμα ποταμού



**Πηγή:** Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

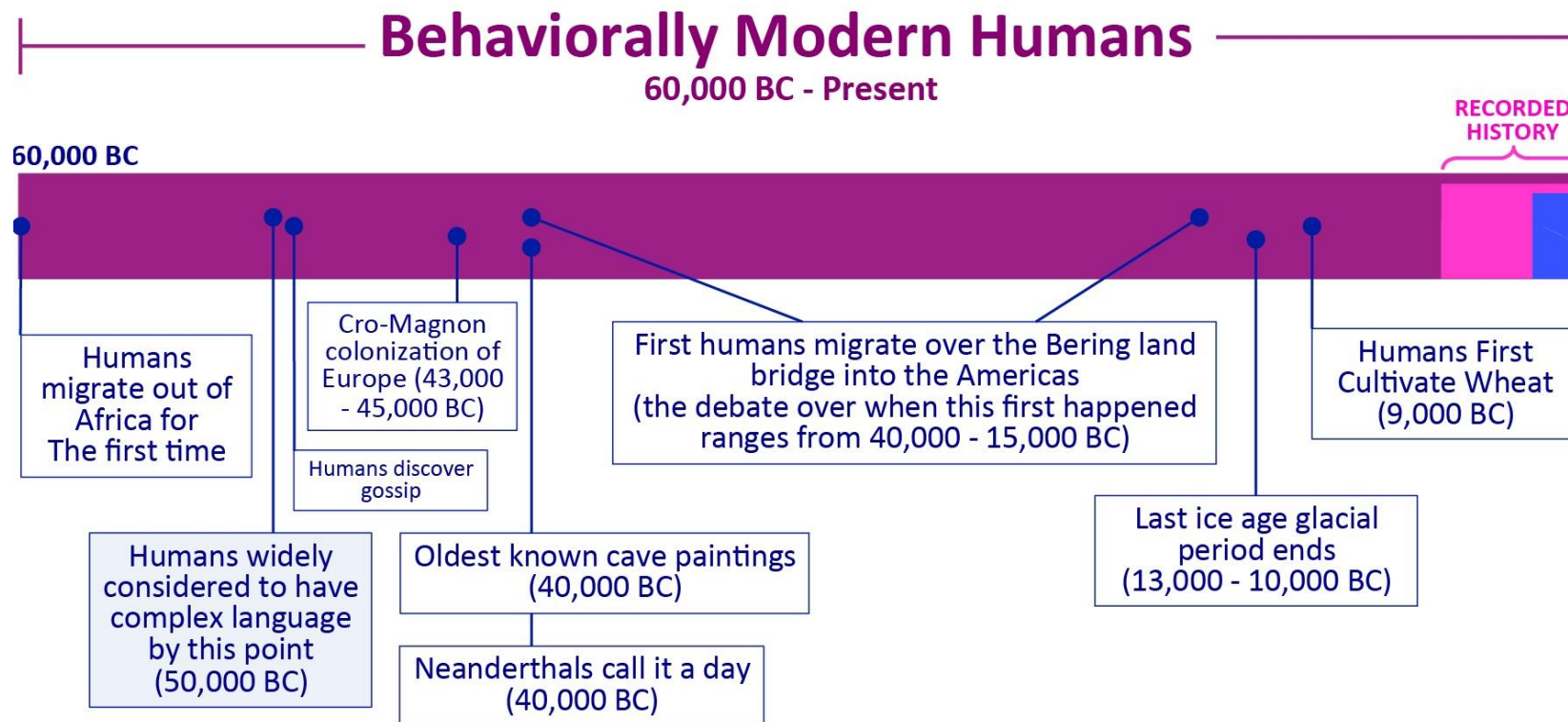
# Χρονικές κλίμακες

## καταγεγραμμένη ιστορία



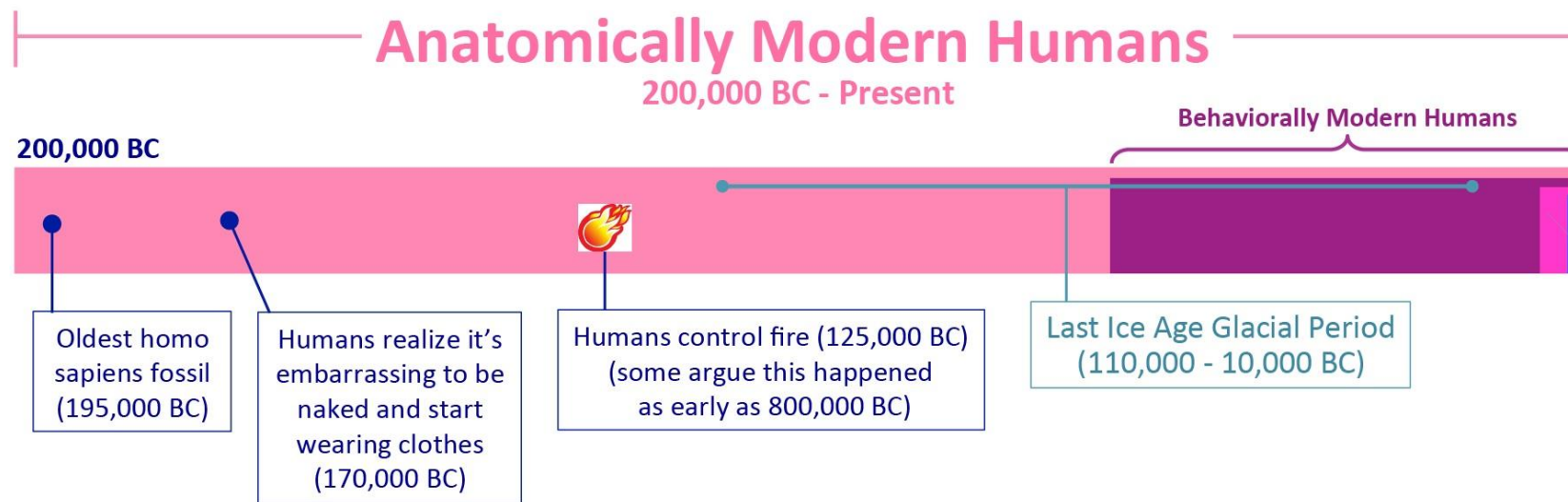
# Χρονικές κλίμακες

## εμφάνιση σύγχρονου ανθρώπου



# Χρονικές κλίμακες

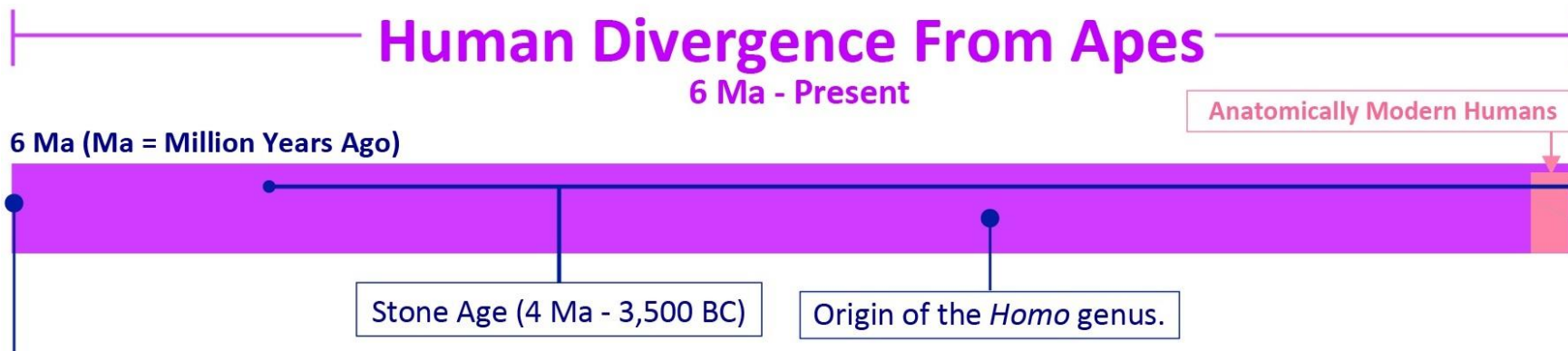
## εμφάνιση ανθρώπου





# Χρονικές κλίμακες

## διαχωρισμός ανθρώπου-πιθήκου



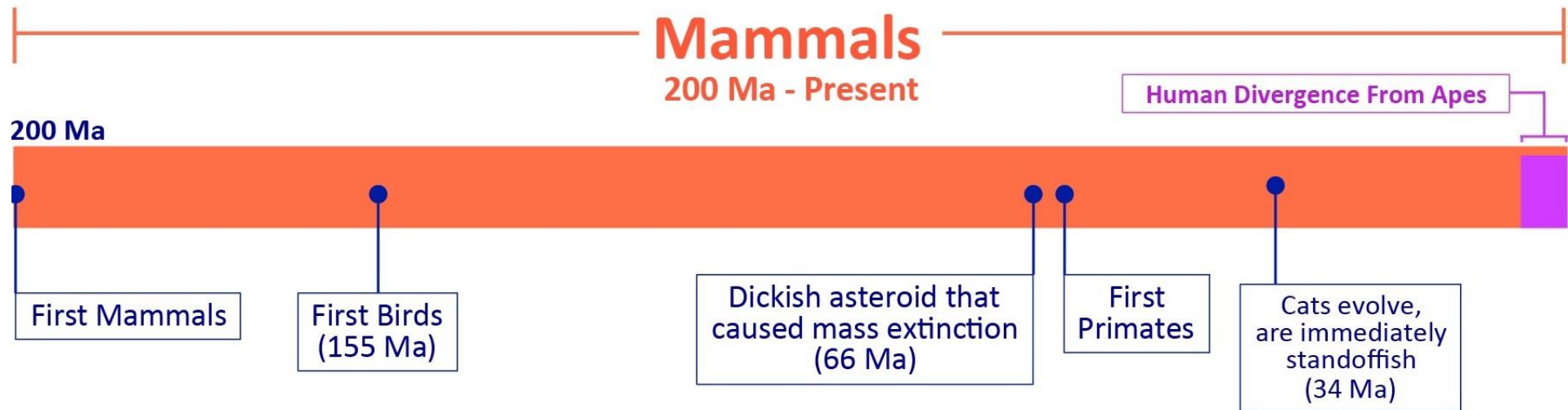
Hominini Tribe splits. One side would lead to the *Pan* genus (which turned into the modern chimpanzee). The other side led to the *Homo* genus, which eventually became humans. This is the last time chimps and humans had a living common ancestor.

This split 6 million years ago marked the beginning of a long series of botches by our side of the Hominini tribe in the quest to become human. 2.3 million years ago was the beginning of the official *Homo* genus, which then led to another series of underwhelming missteps before we finally got to *Homo sapiens*. You can see how long it took to get from ape-like to human above. That's a *lot* of purple.

And as we saw on the previous timeline, even when we hit the lighter pink color all the way on the right, we were hardly on top of things yet. The bright pink Recorded History section is such a small part of this it doesn't even make up one pixel of width, so it's gone.

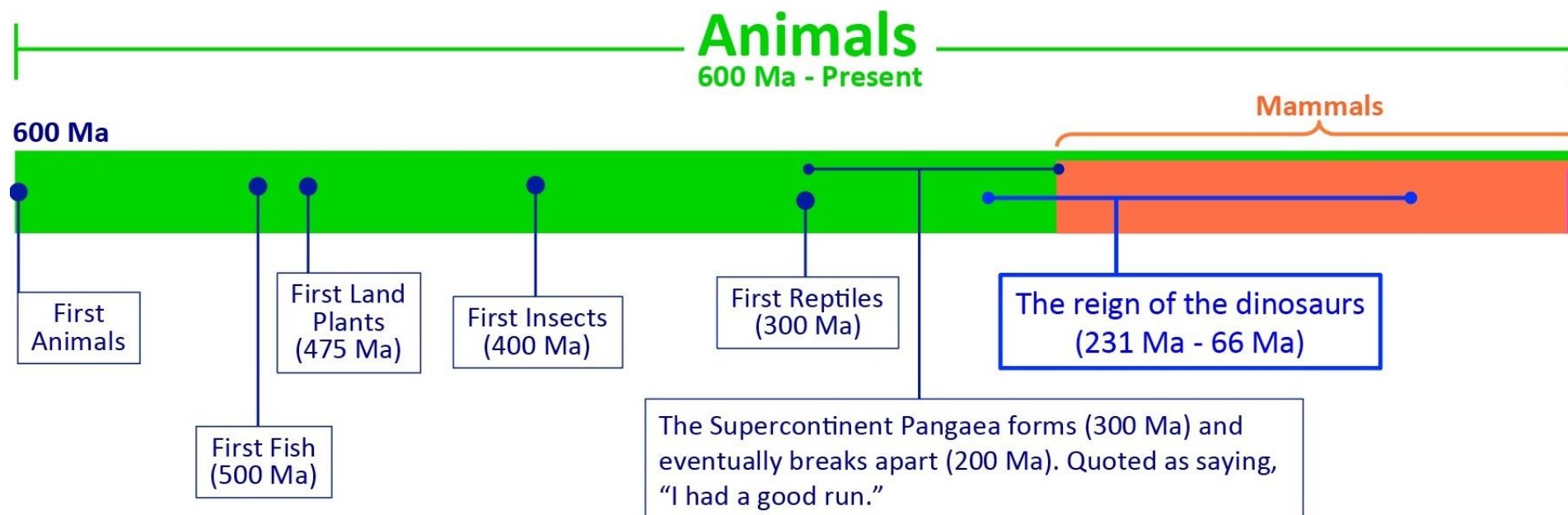
# Χρονικές κλίμακες

Θηλαστικά



# Χρονικές κλίμακες

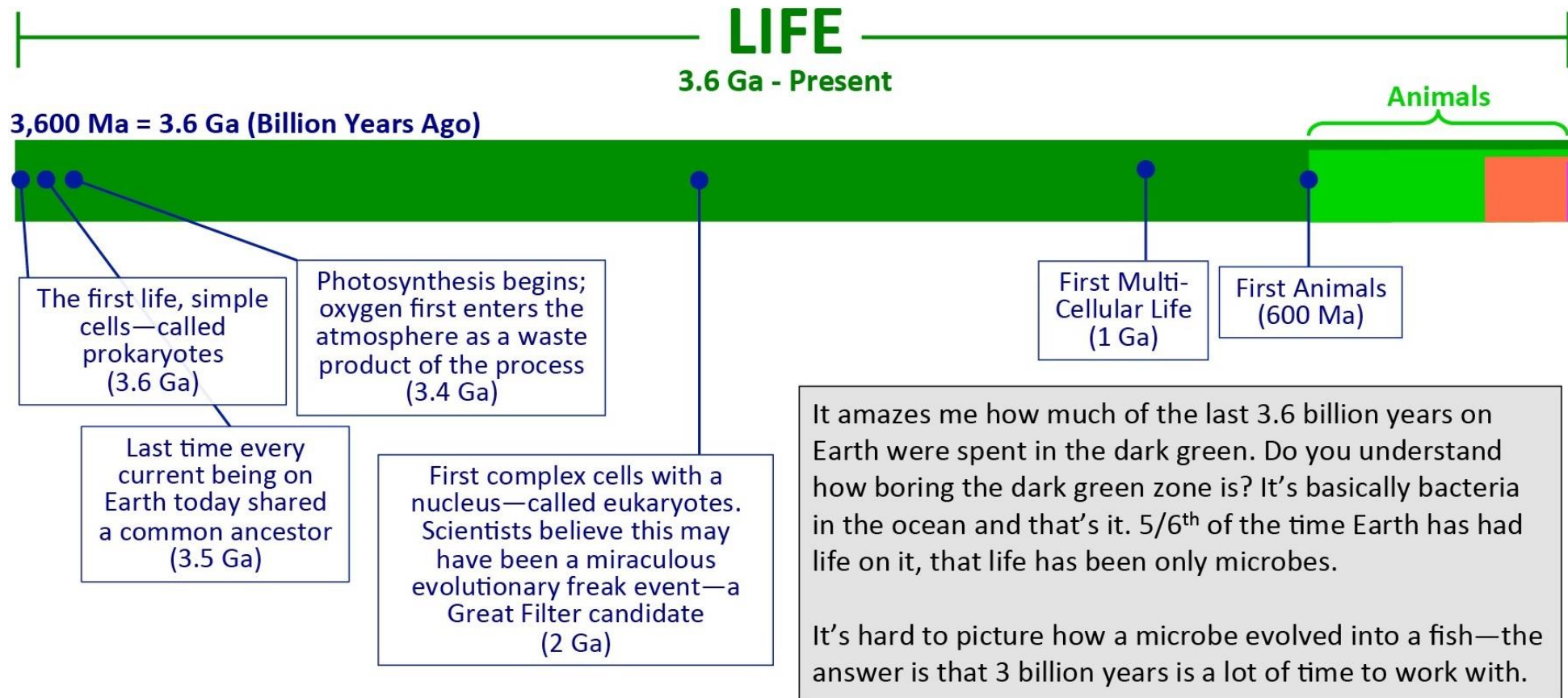
ζώα





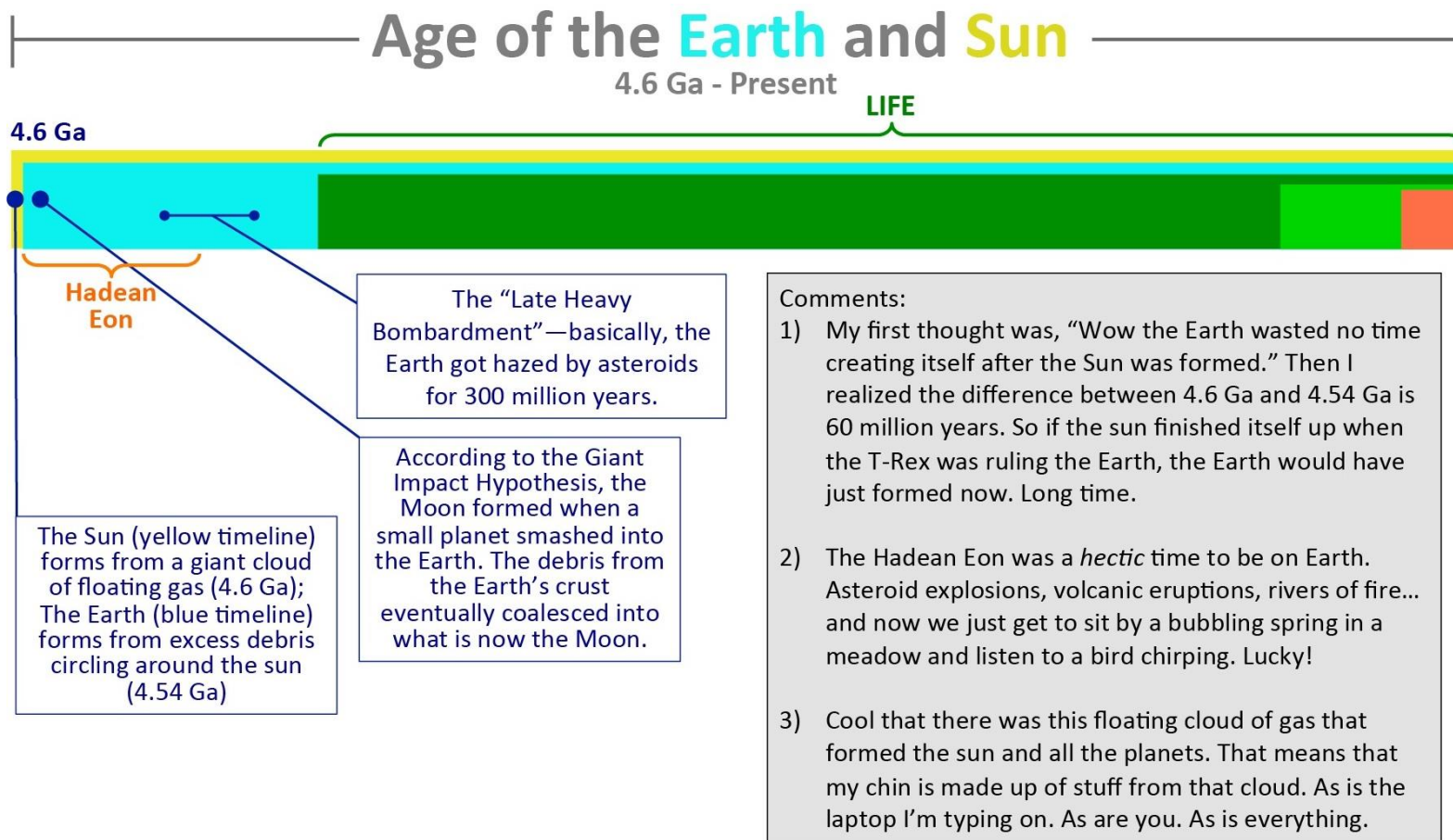
# Χρονικές κλίμακες

## εμφάνιση ζωής

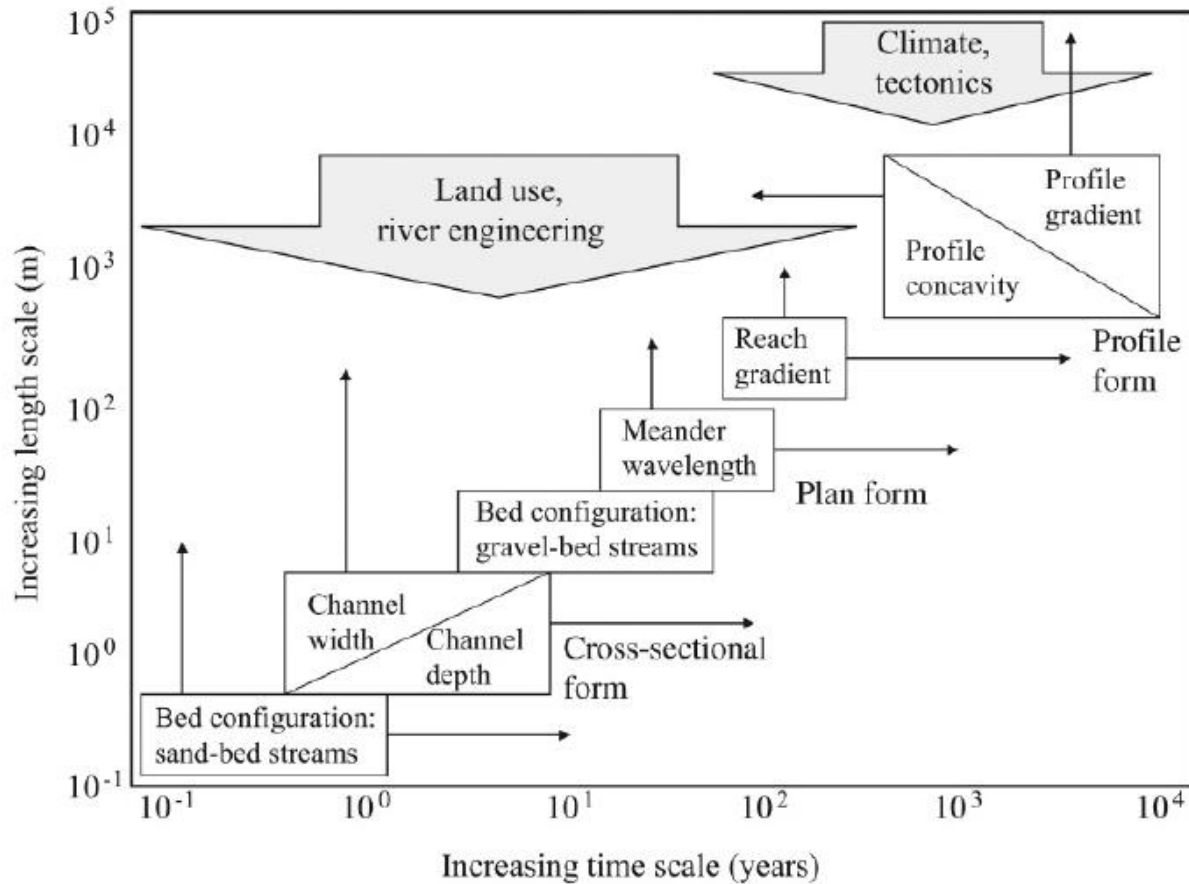


# Χρονικές κλίμακες

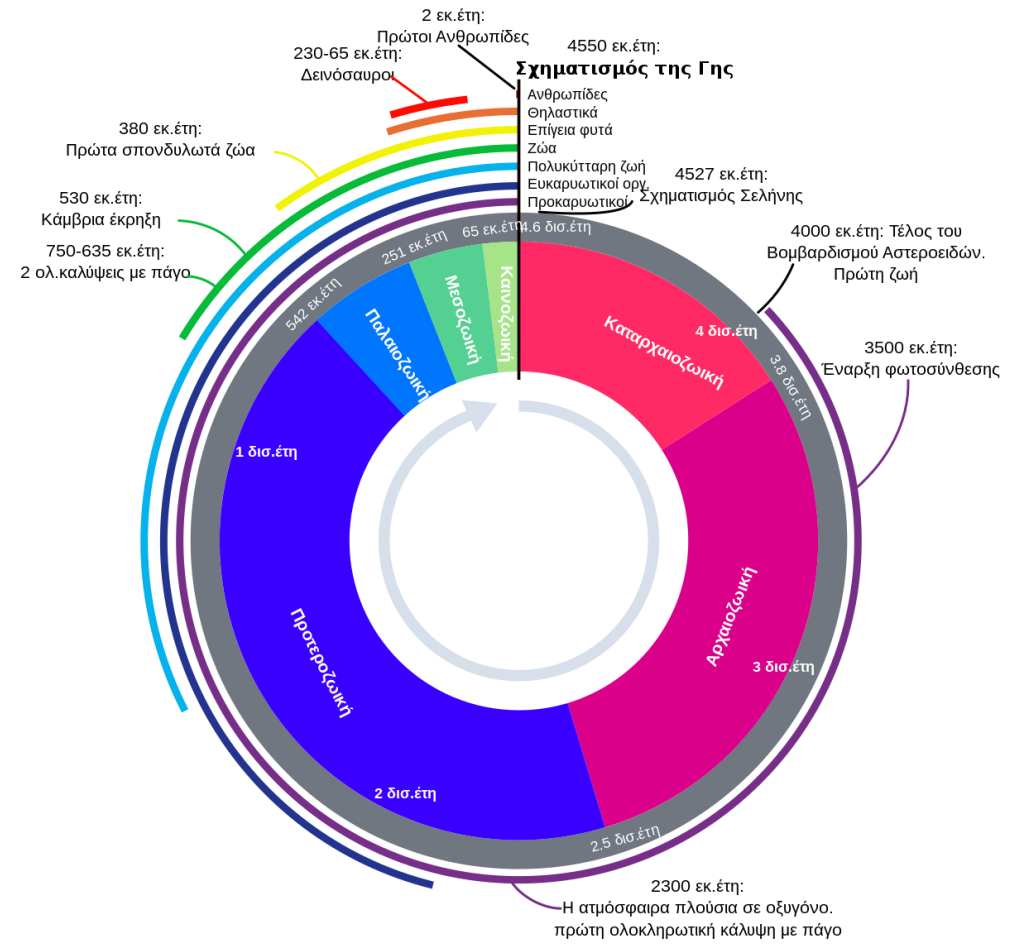
## ηλικία γης-ήλιου



# Κλίμακες



**Πηγή:** Wohl, E. (2015). Chapter 9: Rivers in the Critical Zone. Developments in Earth Surface Processes, 19, Elsevier, 267-293.



**Πηγή:** [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

# Διάβρωση εδάφους

- **Γεωλογική διάβρωση**
  - Υδραυλική δράση
  - Μηχανική δράση
  - Χημική δράση
- **Υδρογραφικό δίκτυο στη λεκάνη απορροής**
  - Ανασκάπτει και κατατρώγει την κοίτη
  - Κατακερματίζει και διαλύει τα πετρώματα στην επιφάνεια του εδάφους
  - Απομακρύνει υλικά: μητρικό πέτρωμα, προϊόντα αποσάθρωσης, ιζήματα

# Σύστημα εδάφους-διάβρωσης

- **Μηχανισμός**
  - Αποσύνδεση κόκκων του εδάφους
  - Μεταφορά
- **Παράγοντες**
  - Σταγόνες βροχής
  - Επιφανειακή απορροή
- **Εξαρτάται**
  - Διαβρωτικότητα νερού
  - Διαβρωσιμότητα εδάφους

# Διαβρωτικότητα

- **Βροχή**
  - Μέγεθος σταγόνας
  - Ταχύτητα πτώσης
  - Ένταση βροχής
  - Γωνία πρόσπτωσης
  - ...
- **Απορροή**
  - Λόγος τροφοδοσίας
  - Βάθος ροής
  - Ταχύτητα ροής
  - ...



# Διαβρωσιμότητα

- Ιδιότητες εδάφους
- Βλάστηση
- Τοπογραφία
- Χρήσεις γης
- Γεωλογία

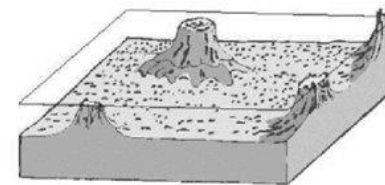
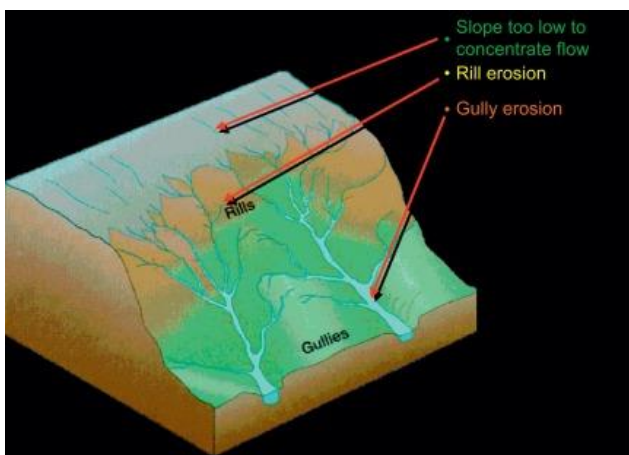
# Προβλήματα

- Απόπλυση και υποβάθμιση των εδαφών στις ορεινές ζώνες
- Πρόσχωση των πεδινών κοιτών
- Καταστροφή υδραυλικών έργων
- Διακοπή συγκοινωνίας
- Μετατόπιση κοίτης ποταμών
- Πρόσχωση λιμνών, λιμανιών, παραλιών
- Προώθηση Δέλτα στη θαλάσσια ζώνη
- Μεταφορά ρύπανσης από τους επιφανειακούς στους υπόγειους υδροφορείς

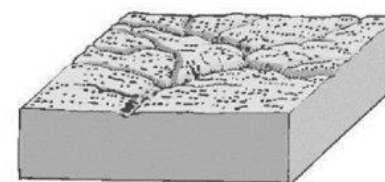
# Κύριες μορφές διάβρωσης

- Επιφανειακή διάβρωση
- Αυλακωτή διάβρωση
- Χαραδρωτική διάβρωση

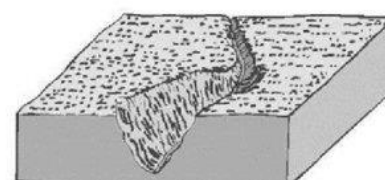
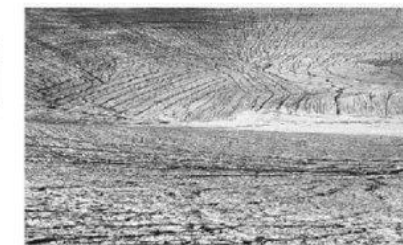
συγκεντρωμένη  
ροή



(a) Sheet erosion



(b) Rill erosion



(c) Gully erosion



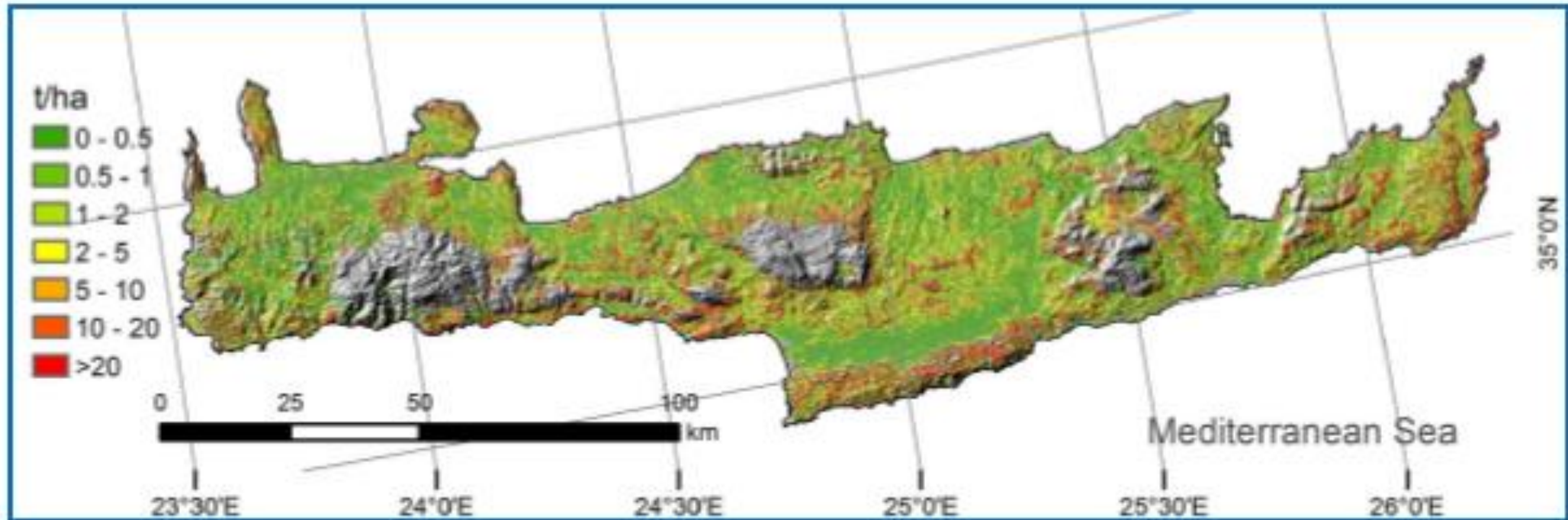
**Πηγή:** Bhunia, G.S., Chatterjee, U., Shit, P.K., Kashyap, A. (2021). Chapter 5 - Wasteland reclamation and geospatial solution: existing scenario and future strategy, Editor(s): Gouri Sankar Bhunia, Uday Chatterjee, Anil Kashyap, Pravat Kumar Shit, Modern Cartography Series, Academic Press, 10, 87-113

**Πηγή:** Bashir, S., Javed, A., Bibi, I., and Ahmad, N. (2018). Soil and water conservation. *Soil Sci. Concep. Appl.*

# Άλλες μορφές διάβρωσης

- **Φαραγγωτή διάβρωση**
  - Χαραδρωτική διάβρωση με μεγάλα βάθη (~50-100 m)
- **Πρανική διάβρωση**
  - Διάβρωση πρανών στην κοίτη του ποταμού
- **Υποσκαπτική διάβρωση**
  - Προσπίπτει το νερό υπό γωνία στην κοίτη
- **Γεωφραγματική διάβρωση**
  - Απόφραξη από αδρομερή υλικά των συμβαλλόντων κλάδων
- **Οπισθοδρομούσα διάβρωση**
  - Διεύρυνση αυλακωτής και χαραδρωτικής διάβρωσης προς τα ανάντη

# Χάρτες διάβρωσης



# Εμπειρικά μοντέλα

- Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (USLE)
- Αναθεωρημένη Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (RUSLE)
- Τροποποιημένη Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (MUSLE)
- Fournier
- Kronfellner-Kraus
- Corbel
- Gavrilovic
- Κουτσογιάννης και Ταρλά
- ...



# USLE

- Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας

ƒ (διαβρωτικότητας βροχής, διαβρωσιμότητας εδάφους, αναγλύφου, φυτοκάλυψης, ελέγχου διάβρωσης)

$$SL(t/ha/year) = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

# Παράμετροι USLE

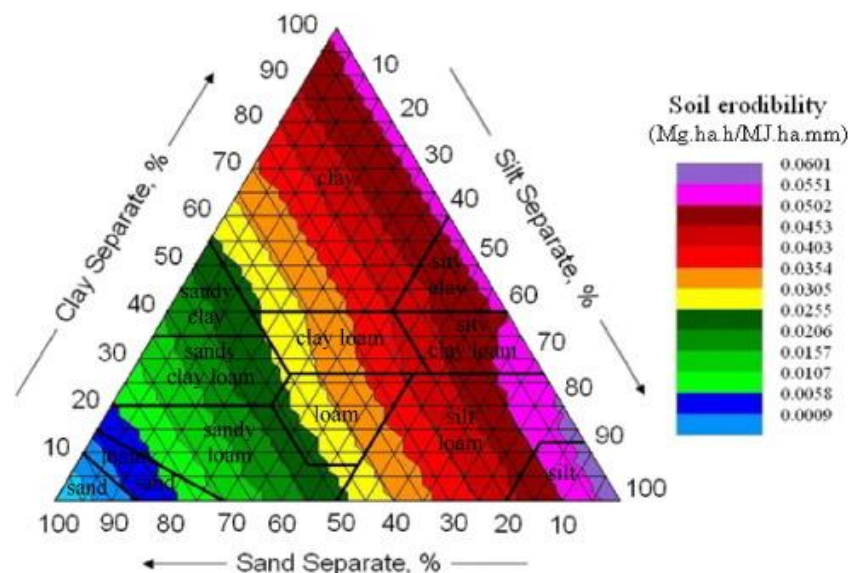
- **R**: Δείκτης διαβρωτικότητας βροχής και υπολογίζεται με βάση την κινητική ενέργεια και το ετήσιο ύψος της βροχής [**MJ mm ha<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>**]
- **K**: Δείκτης διαβρωσιμότητας εδάφους ο οποίος δείχνει την ετήσια υποβάθμιση του εδάφους στην τυπική κλιτύ (μήκος 22 m και κλίση 9%) [**t ha MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>**]
- **L**: Συντελεστής για την επίδραση του μήκους κλιτύος σε σχέση με την τυπική [-]
- **S**: Συντελεστής για την επίδραση της υφιστάμενης κλίσης κλιτύος σε σχέση με την τυπική [-]
- **C**: Συντελεστής για τη φυτοκάλυψη και τις χρήσεις γης [-]
- **P**: Συντελεστής για την προστασία κατά της υποβάθμισης [-]

# Διαβρωσιμότητα εδάφους

- Τάση για δημιουργία συσσωματωμάτων
- Υφή κόκκων
- Σύσταση κόκκων
- Χημικά και οργανικά χαρακτηριστικά εδαφών
- Συνοχή και συνάφεια κόκκων

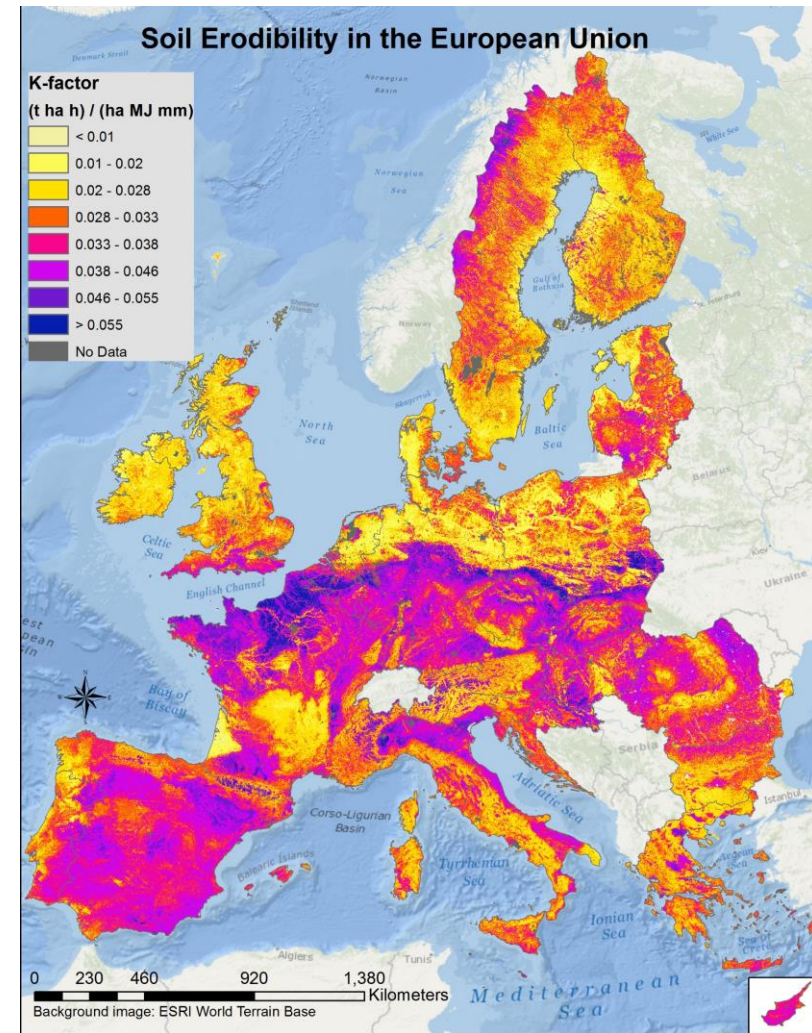
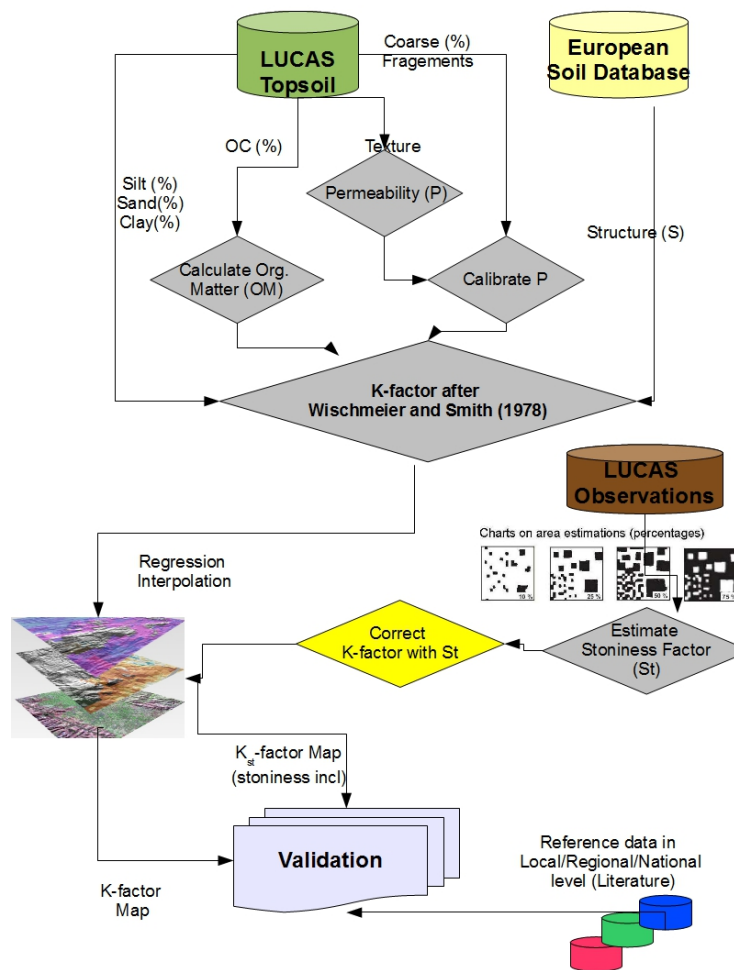
# Δείκτης διαβρωσιμότητας

- Δείκτης διαβρωσιμότητας = Μέση διατμητική αντοχή / Διαπερατότητα



**Πηγή:** Vaezi, A.R., Hasanzadeh, H., Cerdà, A. (2016) Developing an erodibility triangle for soil textures in semi-arid regions, NW Iran, CATENA, 142, 221-232.

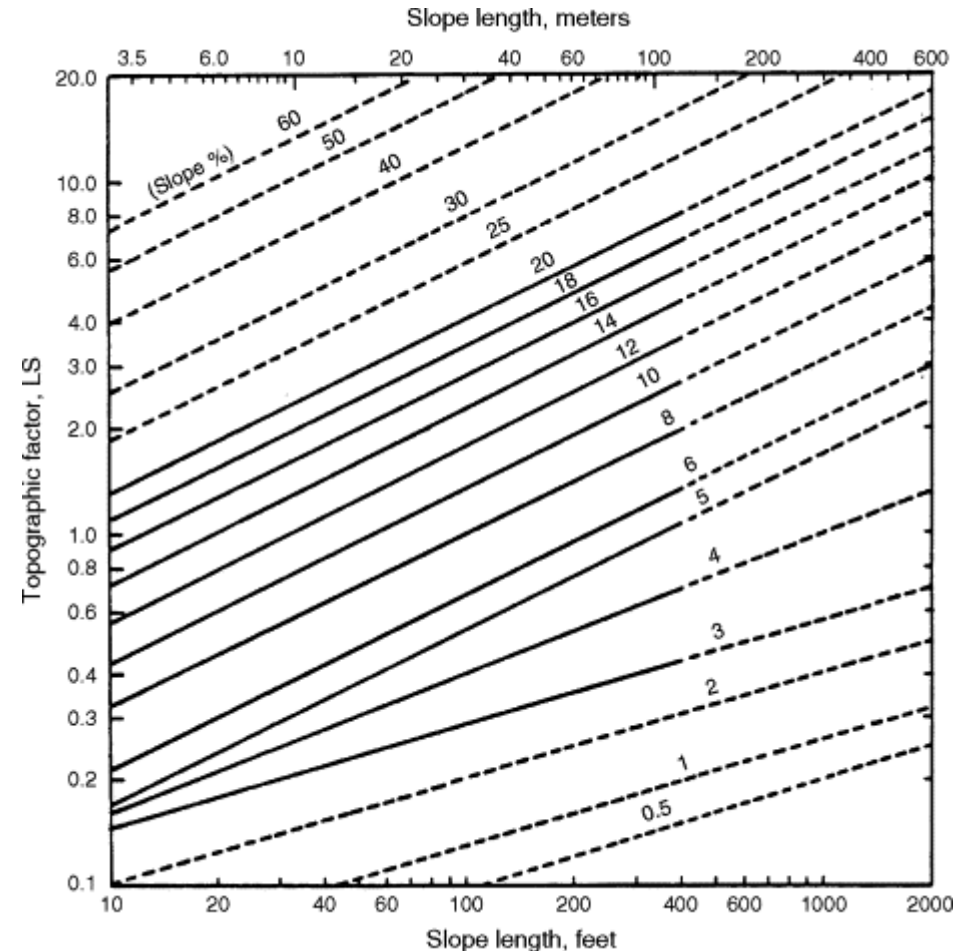
# Παράμετρος K



Πηγή: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu>

# Τοπογραφία

- Κλίσεις εδάφους
- Μήκος λεκάνης απορροής
- Τραχύτητα εδάφους





# Βλάστηση

- Προστατεύει την επιφάνεια του εδάφους από τη σύγκρουση με τις σταγόνες
- Παρεμπόδιση → μείωση επιφανειακής απορροής
- Αύξηση διηθητικότητας εδάφους
- Αυξάνει την τραχύτητα → μείωση της ταχύτητας ροής
- Ριζόστρωμα → συγκράτηση εδάφους μηχανικά

# Παράμετροι βλάστησης

- Πυκνότητα φυλλώματος
- Ύψος βλάστησης
- Βαθμός κάλυψης εδάφους
- Πυκνότητα ριζών
- Στρώμα ξερών φύλλων
- Κατανάλωση νερού από το κάθε φυτό

# Μεταβολές στη βλάστηση

- Υλοτόμηση
- Καλλιέργειες
- Διαχείριση δασών και λιβαδιών: αλλαγή χρήσεων γης
- Πυρκαγιές

# Παράμετρος C

Land cover type	Value	Source
Bare areas	0.35	Yang et al. (2003)
Wetlands	0.05	Yang et al. (2003)
Inland water body	0.01	Yang et al. (2003)
Irrigated cropping	0.1	Yang (2014)
Rainfed cropping	0.07	Yang (2014)
Pasture	0.08	Yang (2014)
Sedges	0.05	Bakker et al. (2008)
Shrubs (Dense)	0.01	Bakker et al. (2008)
Shrubs (Sparse)	0.1	Bakker et al. (2008)
Trees (Dense)	0.01	Yang (2014)
Trees (Sparse)	0.03	Yang et al. (2003)
Grassland	0.06	Yang (2014)
Forbs	0.05	Bakker et al. (2008)
Alpine grasses	0.05	Bakker et al. (2008)
Hummock grasses	0.08	Yang et al. (2003)
Tussock grasses	0.08	Yang et al. (2003)

**Πηγή:** Teng, H., Viscarra Rossel, R.A., Shi, Z., Behrens, T., Chappell, A., Bui, E. (2016) Assimilating satellite imagery and visible–near infrared spectroscopy to model and map soil loss by water erosion in Australia, *Environmental Modelling & Software*, 77, 156-167

# Παράμετρος P

Χρήση γης	P
Πυκνή βλάστηση	1
Αραιή βλάστηση	0.8
Αστική περιοχή	1
Υδάτινος όγκος	1
Θαμνώδης έκταση	1
Καλλιέργειες	0.5
Αγρανάπαυση	0.9
Γυμνό έδαφος	1

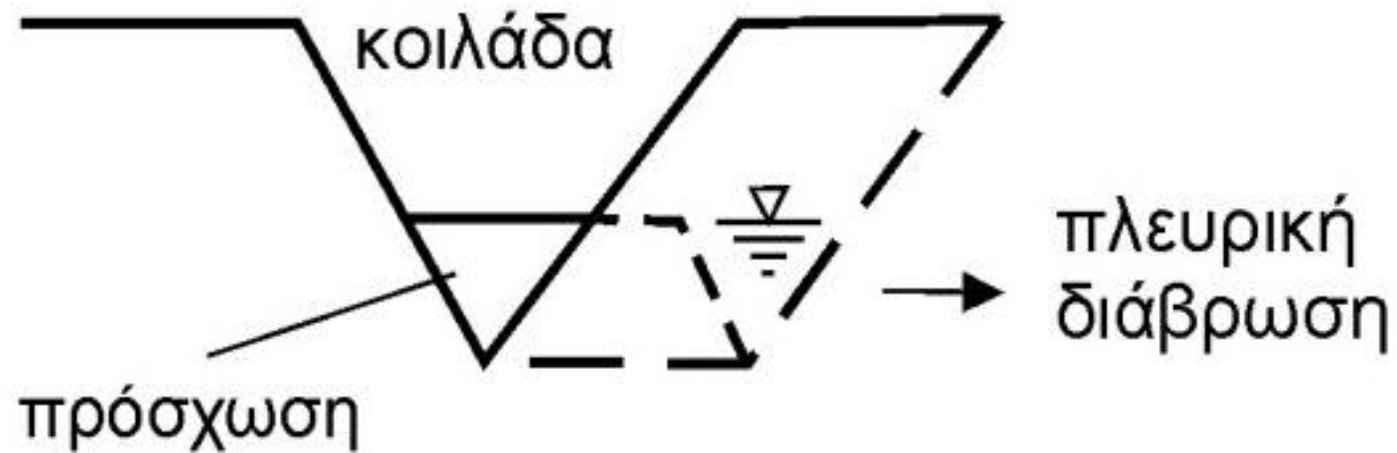
# Δίαιτα ποταμού

- **Βαθμιαία προσαρμογή κλίσης και διατομής**
  - Επιφανειακή απορροή
  - Στερεοπαροχή
- **Κορεσμός: μόνιμη δίαιτα**
- **Αμετάβλητα στατιστικά χαρακτηριστικά της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής**
- **Χρονική κλίμακα**
  - Μεγάλη σε σχέση με την ανθρώπινη κλίμακα
  - Μικρή σε σχέση με τη γεωλογική κλίμακα



# Σχηματισμός διατομής

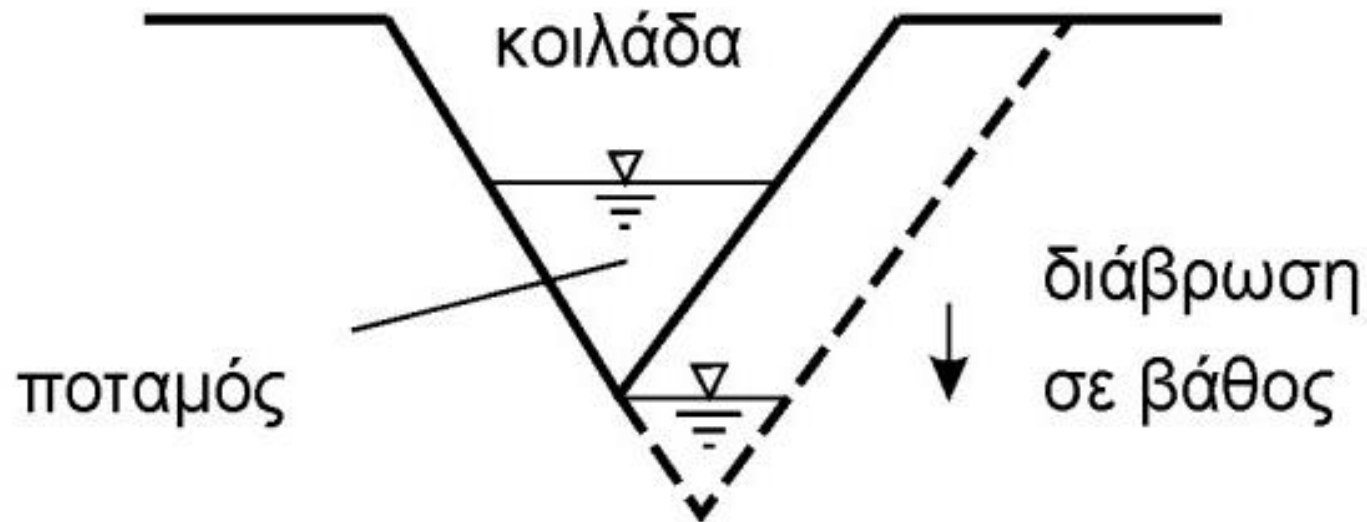
1<sup>ο</sup> στάδιο: κοιλάδα σε σχήμα V



**Πηγή:** Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Σχηματισμός διατομής

2<sup>ο</sup> στάδιο: σχήμα σκάφης



Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Σχηματισμός διατομής

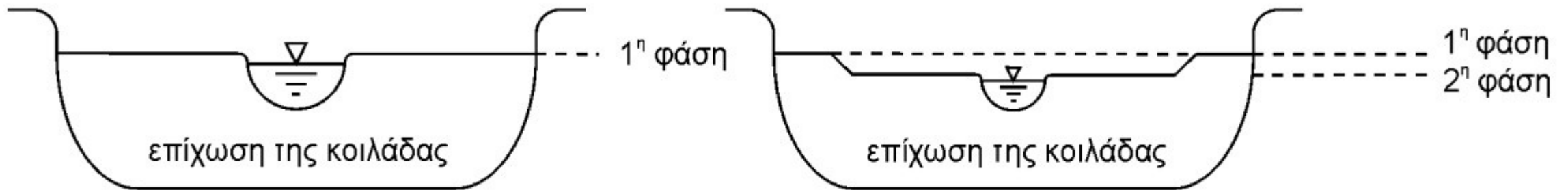
3<sup>ο</sup> στάδιο/α' φάση: μαίανδροι



Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Σχηματισμός διατομής

3<sup>ο</sup> στάδιο/β' φάση: διάβρωση

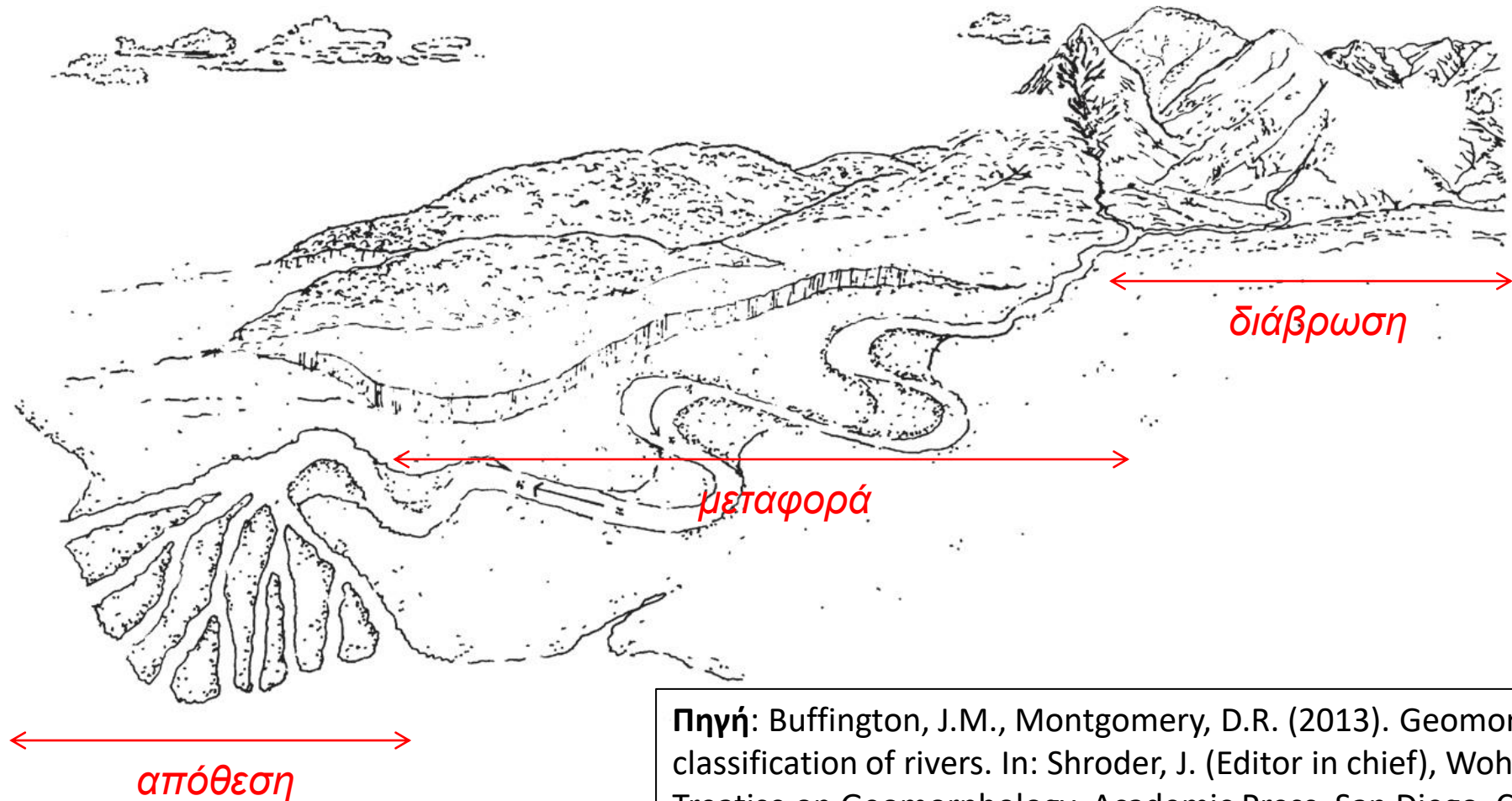


**Πηγή:** Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Βασικά φαινόμενα

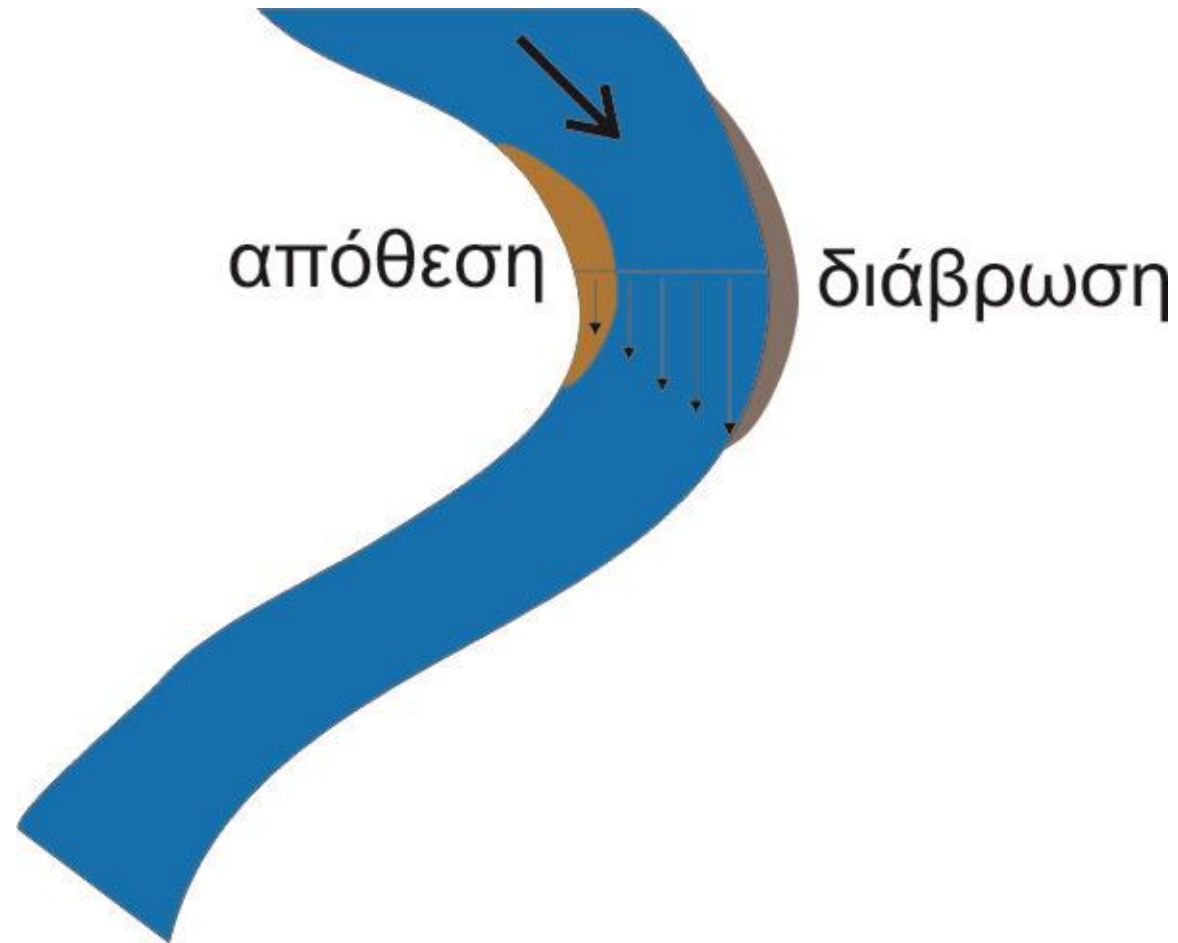
- **Διάβρωση**
  - Πετρώματα
  - Αποσάθρωση
- **Μεταφορά**
  - Σύρση
  - Αιώρηση
  - Απόπλυση
- **Απόθεση**
  - Ποτάμια κοίτη
  - Πλημμυρικό πεδίο

# Βασικά φαινόμενα



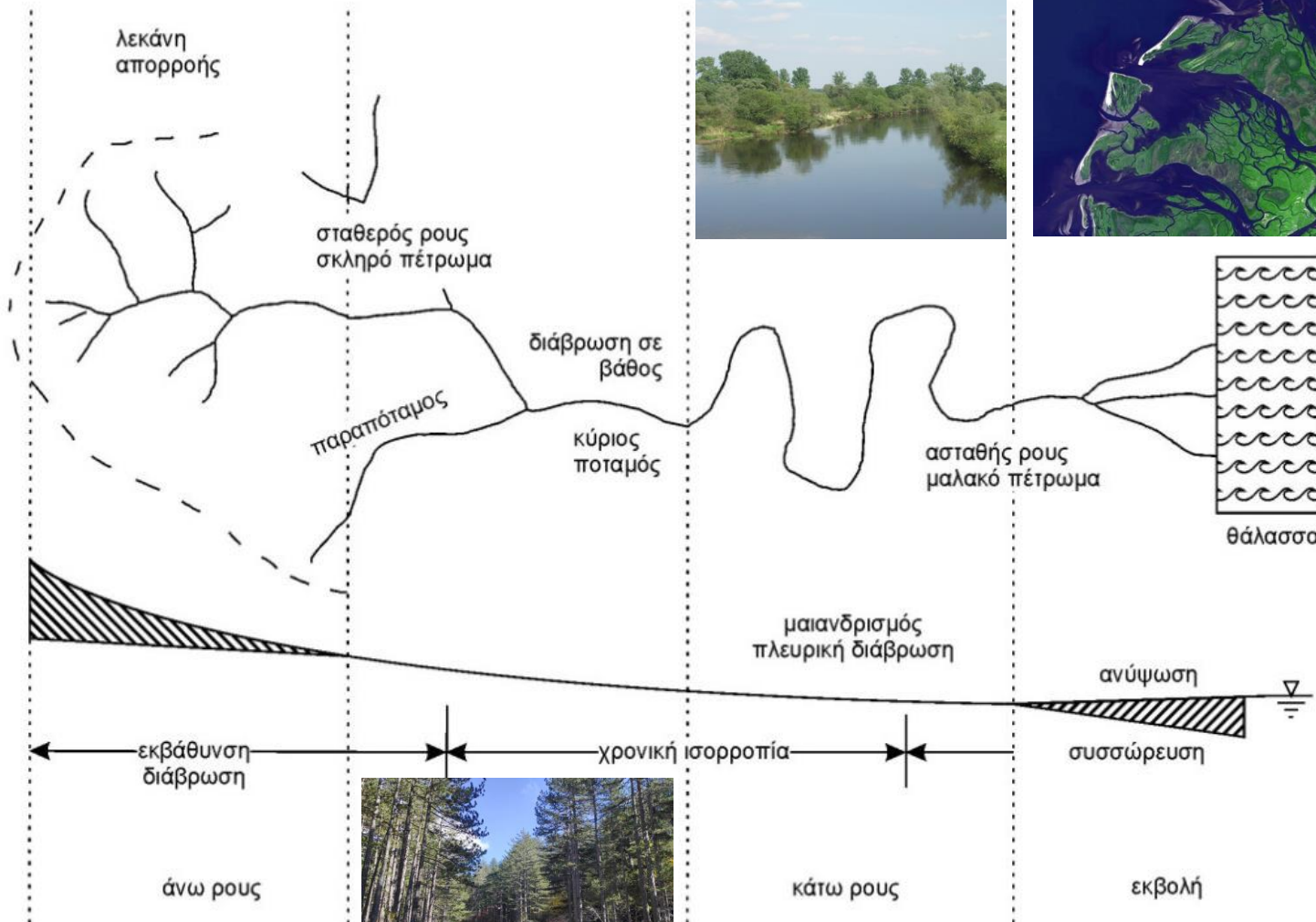
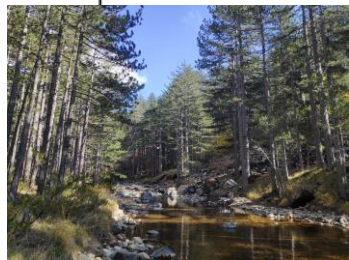
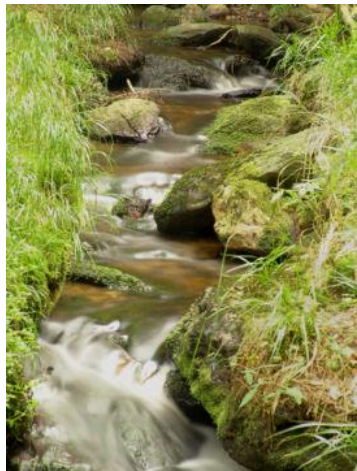
**Πηγή:** Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

# Σε όλες τις κλίμακες!





# Ρους ποταμού



**Πηγή:** Vollmers, H.J. (1990). Flussbau. Vorlesungsskriptum, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, München-Neubiberg.

# Άνω ρους

- Υψηλή οροσειρά: χείμαρρος
- Μεγάλες υψομετρικές διαφορές
- Διάβρωση σε βάθος
- Πολύ λεπτόκοκκα υλικά έως κροκάλες: θρυμματισμός
- Πολλοί μικροί παραπτώαμοι
- Ακανόνιστος ρους + μικρά ευθύγραμμα τμήματα
- Κοιλάδες χωρίς κοίτη

# Μέσος ρους

- Μέση οροσειρά ή λόφοι: ποταμός μέσης οροσειράς
- Εξισορροπημένες διαφορές
- Πλευρική διάβρωση + συσσώρευση φερτών υλικών ή / ισορροπία
- Φορτία σε αιώρηση + σύρση: θρυμματισμός
- Λίγοι μεγάλοι παραπτόταμοι
- Εκτεταμένος ρους + συχνές ήπιες καμπύλες
- Πλατιές κοίτες κοιλάδων

# Κάτω ρους

- Χαμηλό υψόμετρο / πεδιάδα: υδατόρεμα
- Αβαθής
- Πλευρική διάβρωση + συσσώρευση φερτών υλικών
- Φορτία σε αιώρηση + σύρση: άμμος
- Καθόλου παραπτώταμοι
- Μεγάλες καμπύλες
- Μικρά ύψη οχθών + μικρή ανάπτυξη κοιλάδων

# Εκβολή

- **Δέλτα**
- **Ακανόνιστες μεταβολές της μορφολογίας**
  - Επίδραση ανέμου
  - Παλίρροια
  - Θαλάσσια ρεύματα
- **Απόθεση λεπτόκοκκης άμμου + λάσπης**

# Τύποι ποταμών

Ευθύγραμμος



Μαίανδρος



Πλεξοειδής





# Μαιανδρισμός



# Μαιανδρισμός

- Σειρά διαδοχικών καμπύλων τμημάτων
- Ροή → μεγαλύτερη κλίση
- Εμπόδια → αλλαγή διεύθυνσης ροής
- Διάβρωση → Μεταφορά → Απόθεση
- Αλλαγή κοίτης
- Μαιανδρισμοί
- Σταθεροποιημένος → αργές μεταβολές



# Σχηματισμός



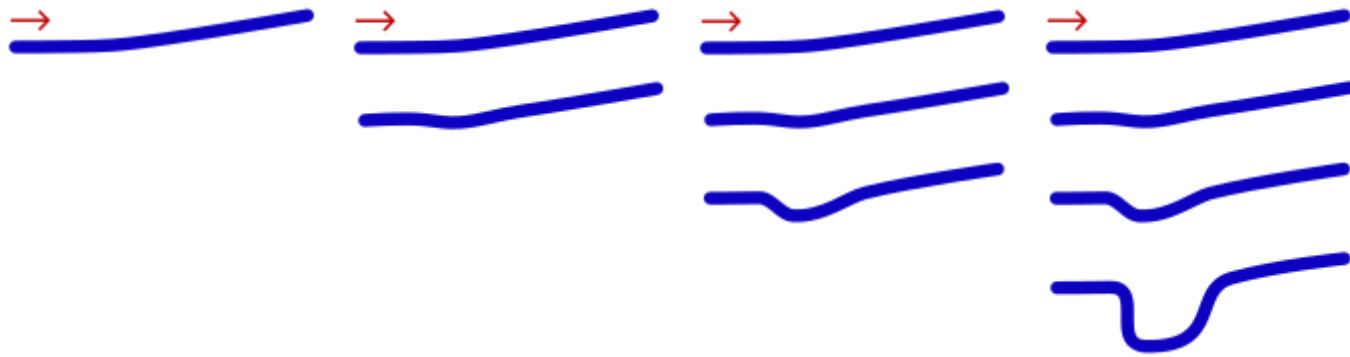
# Σχηματισμός



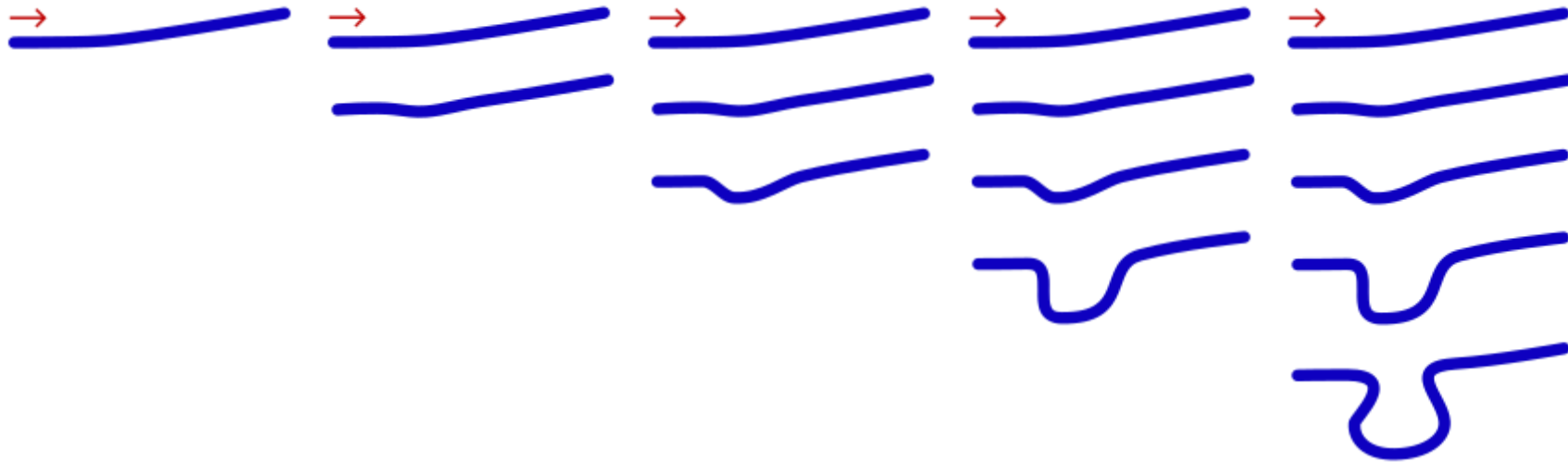
# Σχηματισμός



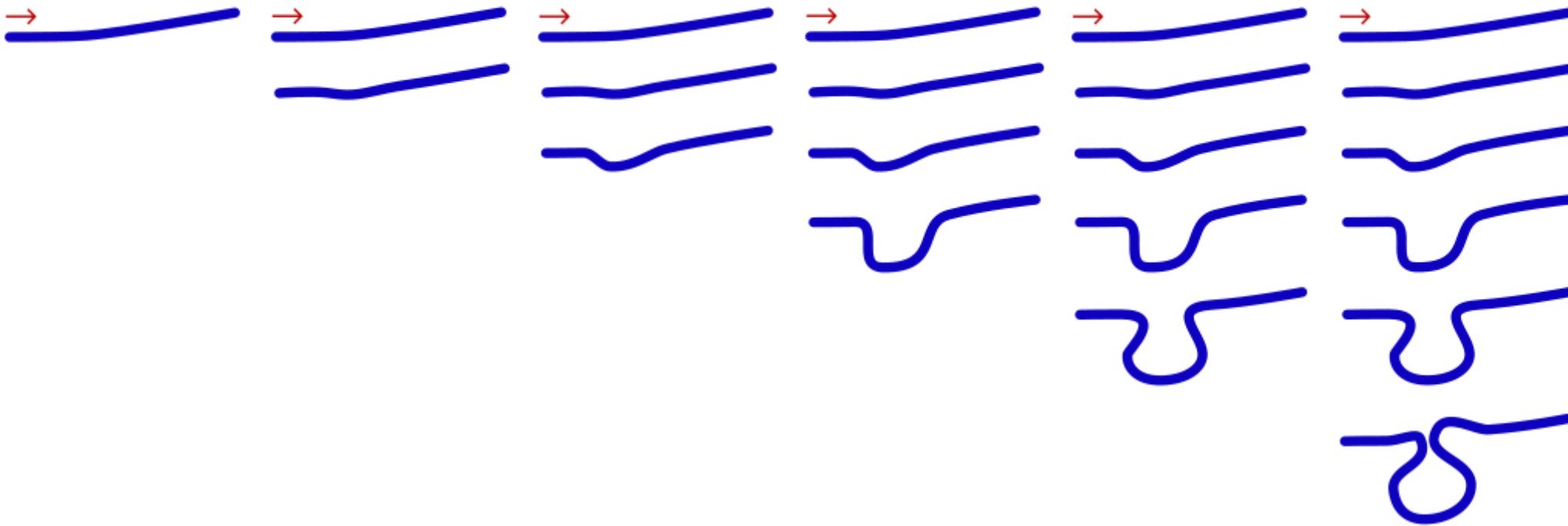
# Σχηματισμός



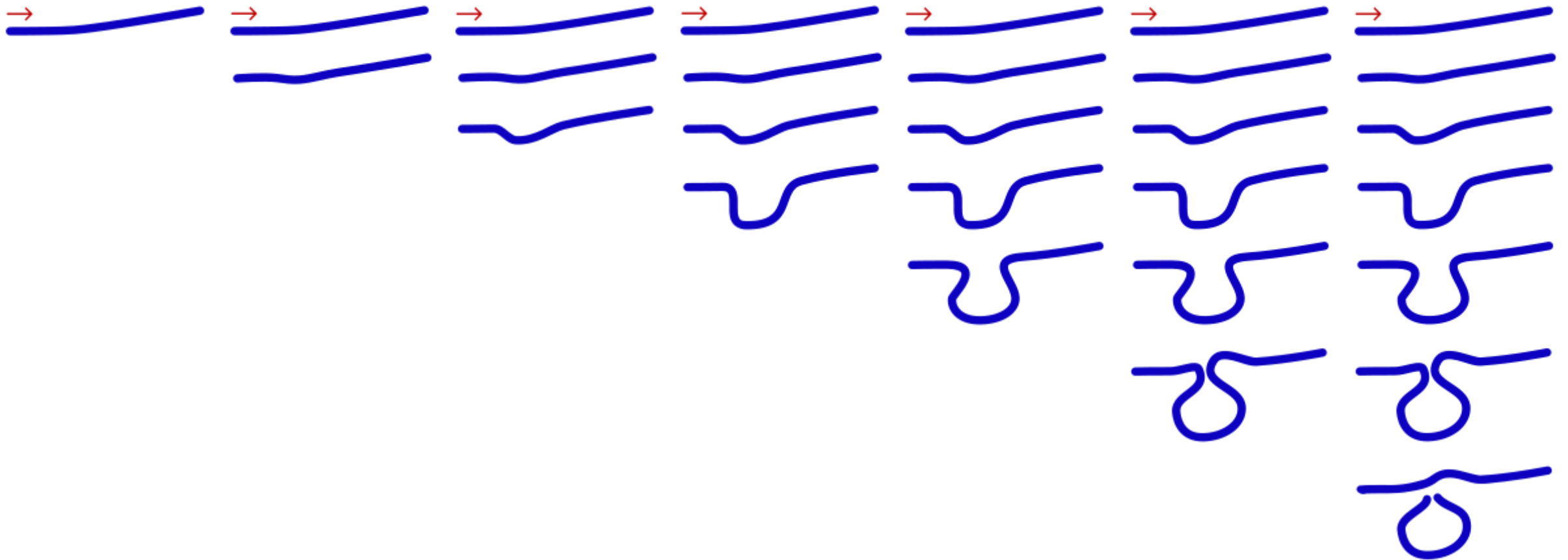
# Σχηματισμός



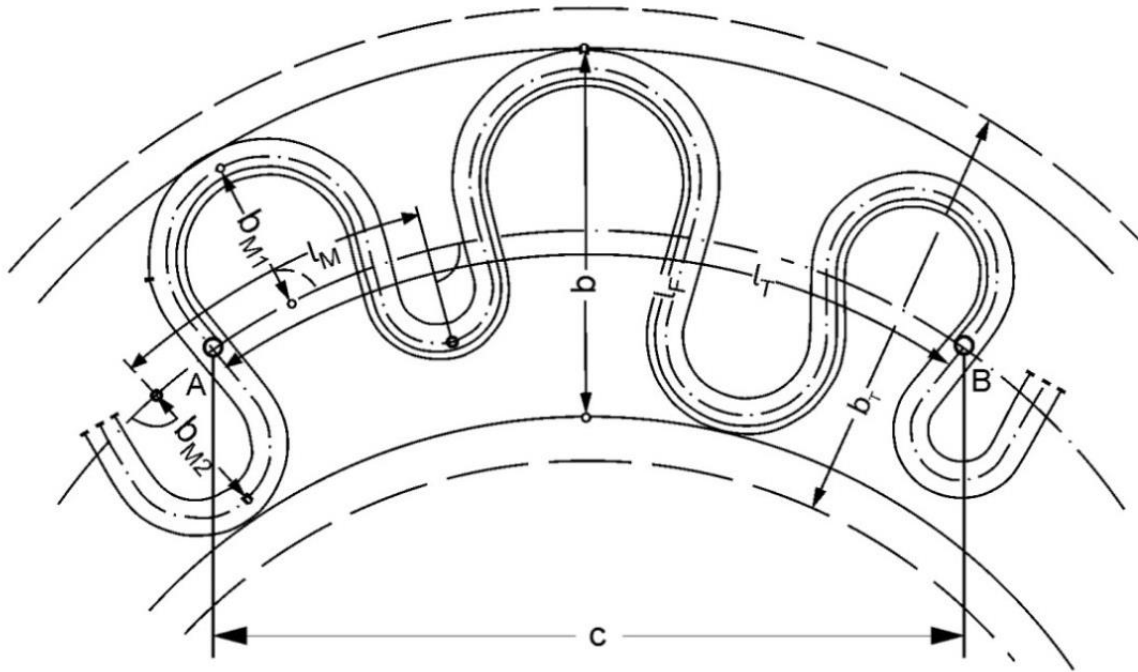
# Σχηματισμός



# Σχηματισμός



# Μεγέθη

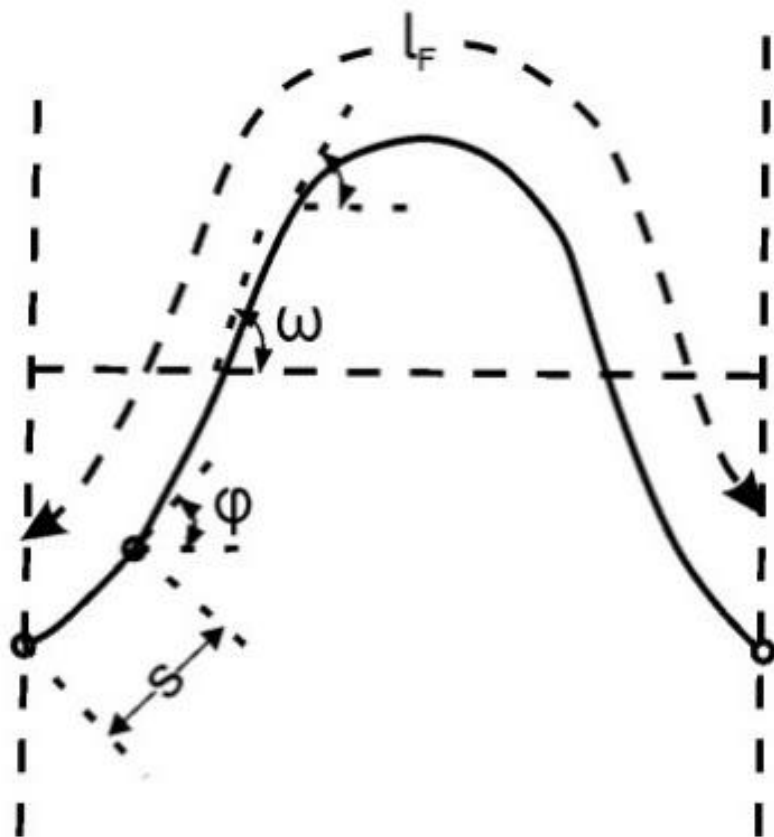


- $b \rightarrow$  πλάτος μαιανδρικής ζώνης
- $b_M = b_{M1} + b_{M2} \rightarrow$  πλάτος μαιάνδρου
- $l_M \rightarrow$  μήκος μαιάνδρου
- $b_T \rightarrow$  πλάτος κοιλάδας
- $l_F \rightarrow$  μήκος ποταμού AB
- $l_T \rightarrow$  μήκος κοιλάδας AB
- $c \rightarrow$  απόσταση AB
- $e_L = (l_F - l_T) / l_T \rightarrow$  ανάπτυγμα ροής
- $e_F = (l_F - c) / c \rightarrow$  ανάπτυγμα ποταμού
- $e_T = (l_T - c) / c \rightarrow$  ανάπτυγμα κοιλάδας

Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).



# Γεωμετρία μαιάνδρων

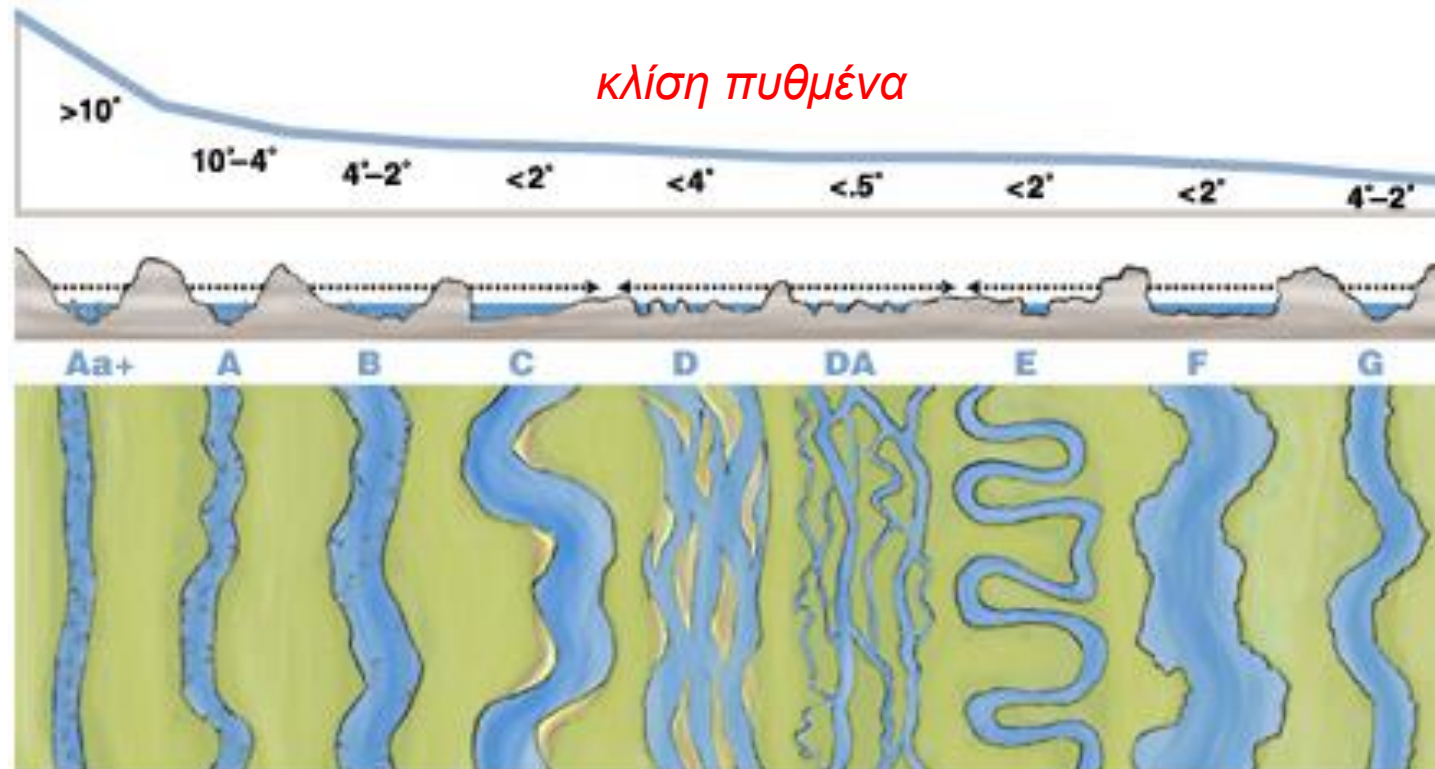


$$\phi = \omega \sin\left(\frac{s}{l_f} 360^\circ\right)$$

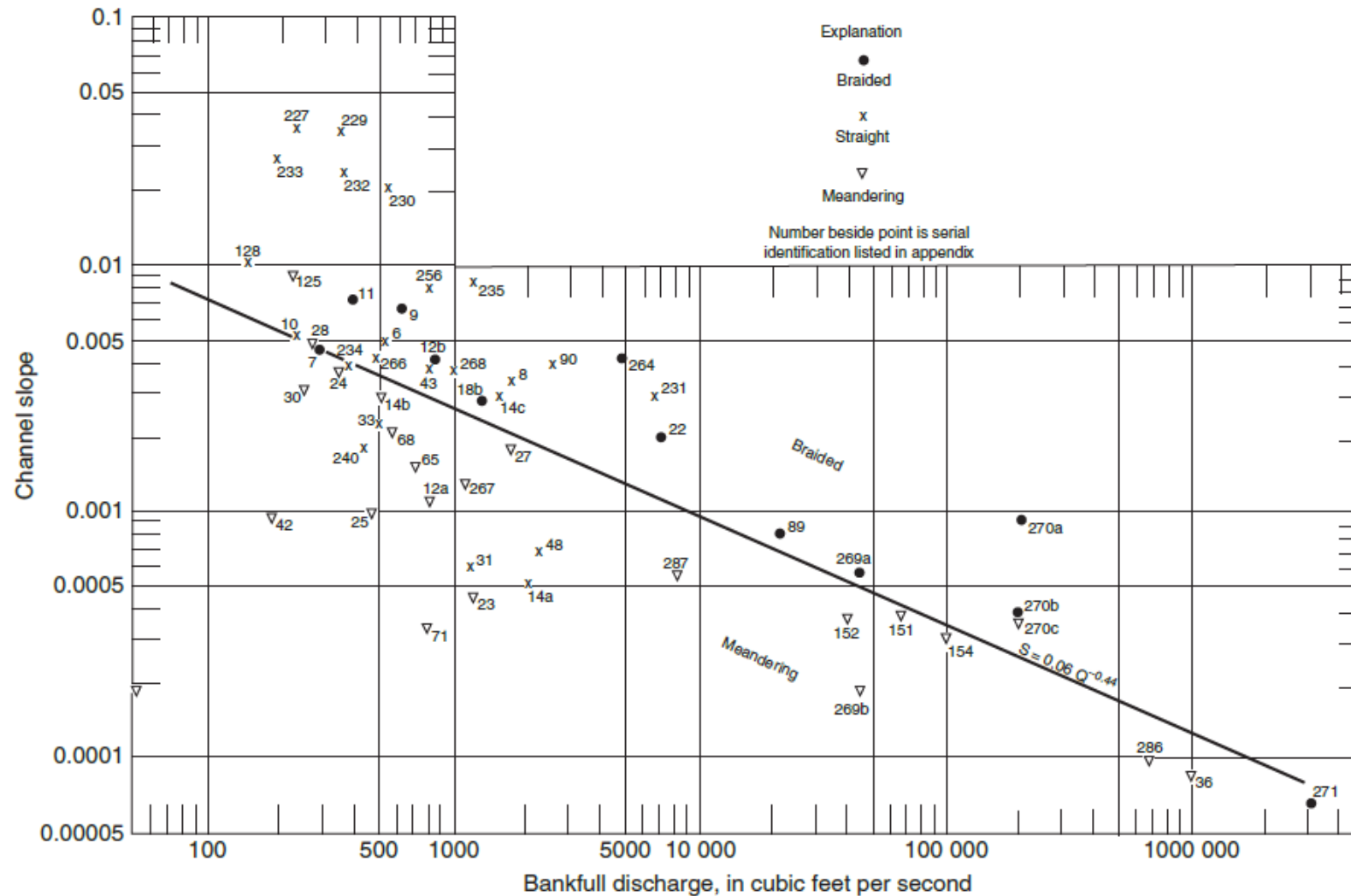
- $\omega = \phi_{\max}$
- $\omega_0$ 
  - $\omega < \omega_0 \rightarrow$  σε ανάπτυξη
  - $\omega = \omega_0 \rightarrow$  καλώς ανεπτυγμένος
  - $\omega > \omega_0 \rightarrow$  υπερανάπτυξη

Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Συσχέτιση με την κλίση

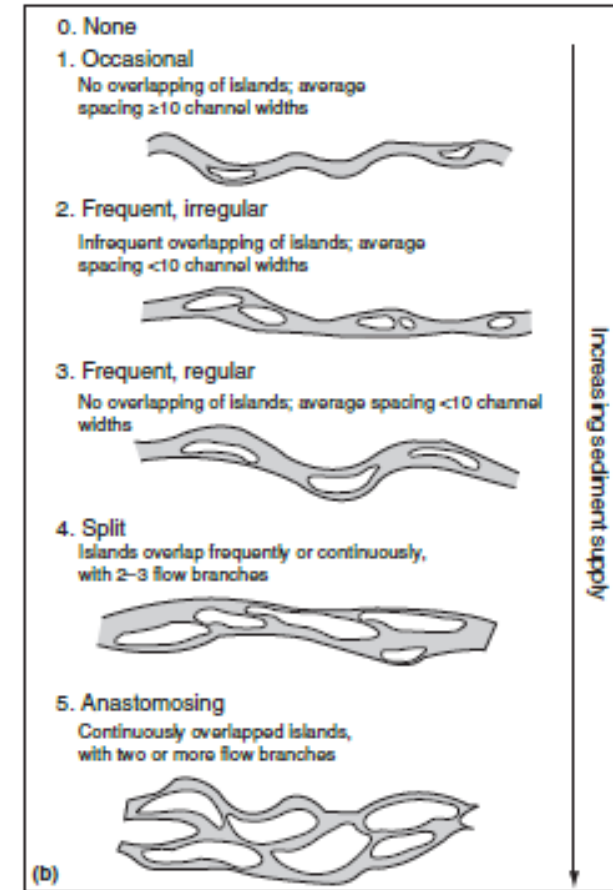
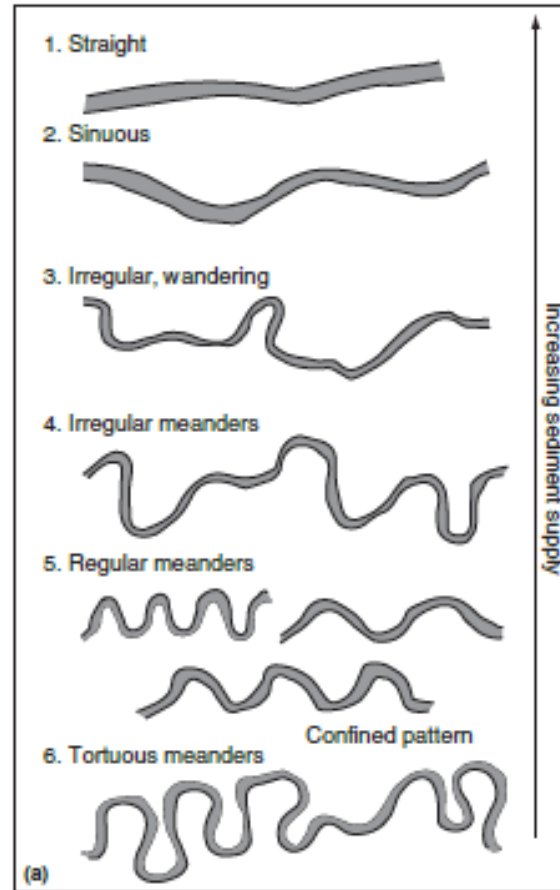
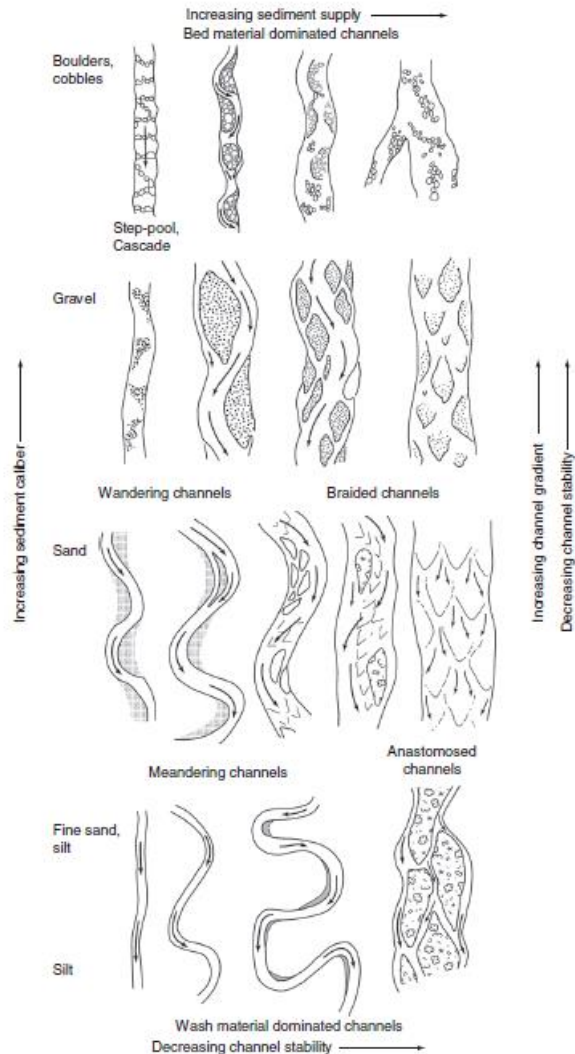


# Συσχέτιση με κλίση και παροχή



**Πηγή:** Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

# Συσχέτιση με εδαφικό υλικό



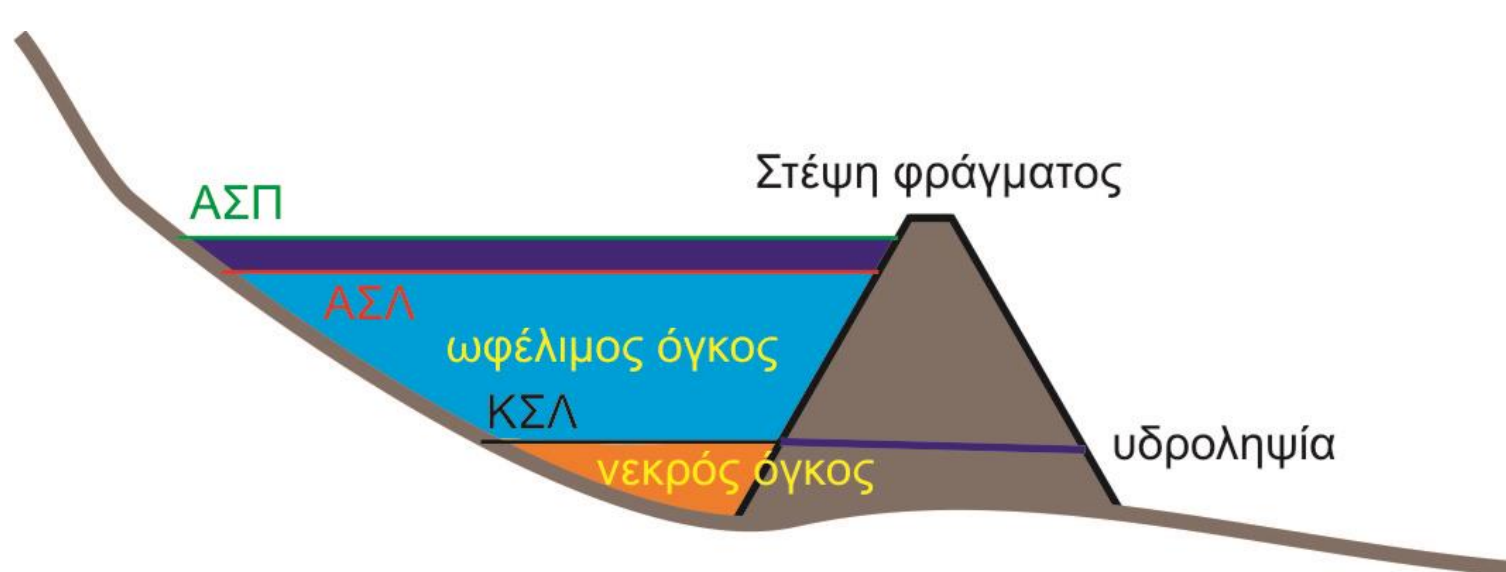
**Πηγή:** Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

# Εφαρμογή

- Λεκάνη απορροής με έκταση  $A=123.57 \text{ km}^2$ , αποτελείται κατά 45% από υλικά υψηλής διαβρωσιμότητας, 35% από υλικά μέτριας διαβρωσιμότητας και 20% από υλικά χαμής διαβρωσιμότητας. Αν η ετήσια μέση βροχόπτωση είναι 457 mm να βρεθεί ο νεκρός όγκος αν τα ποσοστά του εδαφικού υλικού στη λεκάνη είναι: Άργιλος 30%, Ιλύς 45%, Άμμος 25% και η ωφέλιμη ζωή του έργου είναι  $T=100$  έτη. Να θεωρηθεί ότι η λειτουργία του ταμιευτήρα ανήκει στην κατηγορία I.

# Στάθμες

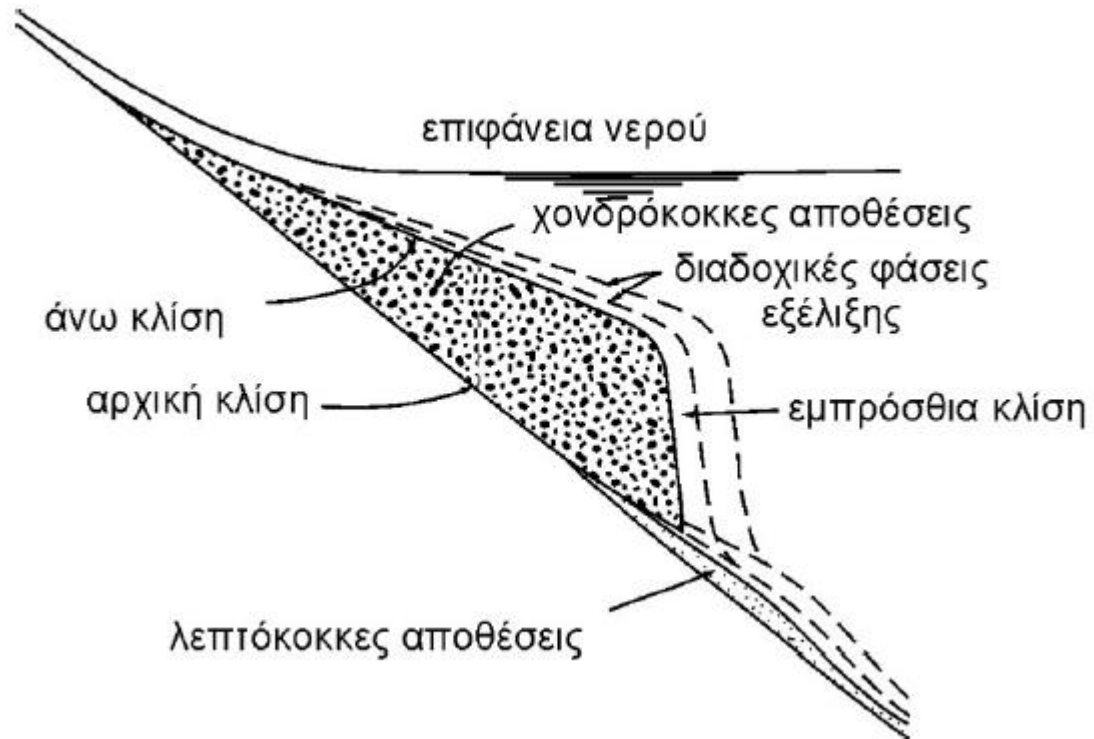
- Κατώτερη στάθμη Λειτουργίας (ΚΣΛ)
- Ανώτατη Στάθμη Λειτουργίας (ΑΣΛ)
- Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας (ΑΣΠ)
- Στέψη φράγματος



# Νεκρός όγκος

- **Είναι ο όγκος που εναποτίθεται στον πυθμένα του ταμιευτήρα λόγω διάβρωσης**
  - Απόσπαση
  - Μεταφορά
- **Στερεό φορτίο**
  - Απόπλυση
  - Φορτίο κοίτης σε αιώρηση
  - Φορτίο κοίτης σε σύρση

# Μηχανισμός απόθεσης φερτών υλών



- Περιοχή αποθέσεων στην είσοδο του ταμιευτήρα: **χονδροκόκκο υλικό**
- Περιοχή Δέλτα: **χονδροκόκκο υλικό**
- Περιοχή αποθέσεων κατάντη του Δέλτα: **λεπτόκοκκο υλικό**

Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).



# Αριθμητικό μοντέλο

- Κουτσογιάννης και Ταρλά, 1987

$f$  (διαβρωσιμότητας, κατακρήμνισης)

$$SL(t/km^2/year) = 15\gamma e^{3P}$$

# Συντελεστής $\gamma$

- Γεωλογικός συντελεστής

$$\gamma = \kappa_1 \rho_1 + \kappa_2 \rho_2 + \kappa_3 \rho_3$$

- Συντελεστές διαβρωσιμότητας  $\kappa$

- Υψηλή (αλλούβια, φλύσχης)  $\kappa_1=1.0$
- Μέτρια (μάργες, ψαμμίτες, σχιστόλιθοι)  $\kappa_2=0.5$
- Χαμηλή (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μεταμορφωμένα, εκρηξιγενή)  $\kappa_3=0.1$

# Λειτουργία ταμιευτήρα

- **Κατηγορίες ταμιευτήρα με βάση τη λειτουργία**
  - I Αποθέσεις σχεδόν πάντα βυθισμένες
  - II Σημαντικές πτώσεις στάθμης
  - III Άδειοι ταμιευτήρες
  - IV Ταμιευτήρες που δέχονται φορτίο κοίτης

# Στερεοπορροή → Όγκος

- Αρχική πυκνότητα αποθέσεων (άργιλος, ιλύς, άμμος)

$$W_0 = W_C p_C + W_M p_M + W_S p_S$$

$W_C$	πυκνότητα αργίλου
$p_C$	ποσοστό αργίλου
$W_M$	πυκνότητα ιλύος
$p_M$	ποσοστό ιλύος
$W_S$	πυκνότητα άμμου
$p_S$	ποσοστό άμμου

- Τελική πυκνότητα μετά από  $T$  έτη

$$W_T = W_0 + 0.4343K \frac{T}{T-1} (\ln T) - 1$$

# Πυκνότητες

- **I Αποθέσεις σχεδόν πάντα βυθισμένες**
  - $W_C=416 \text{ kg/m}^3$
  - $W_M=1200 \text{ kg/m}^3$
  - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$
- **II Σημαντικές πτώσεις στάθμης**
  - $W_C=561 \text{ kg/m}^3$
  - $W_M=1400 \text{ kg/m}^3$
  - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$
- **III Άδειοι ταμιευτήρες**
  - $W_C=641 \text{ kg/m}^3$
  - $W_M=1500 \text{ kg/m}^3$
  - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$
- **IV Ταμιευτήρες που δέχονται φορτίο κοίτης**
  - $W_C=961 \text{ kg/m}^3$
  - $W_M=1700 \text{ kg/m}^3$
  - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$

# Παράγοντας K

- **I Αποθέσεις σχεδόν πάντα βυθισμένες**

- $K_C=256 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=91 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

- **II Σημαντικές πτώσεις στάθμης**

- $K_C=135 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=29 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

$$K = K_C \rho_C + K_M \rho_M + K_S \rho_S$$

- **III Άδειοι ταμιευτήρες**

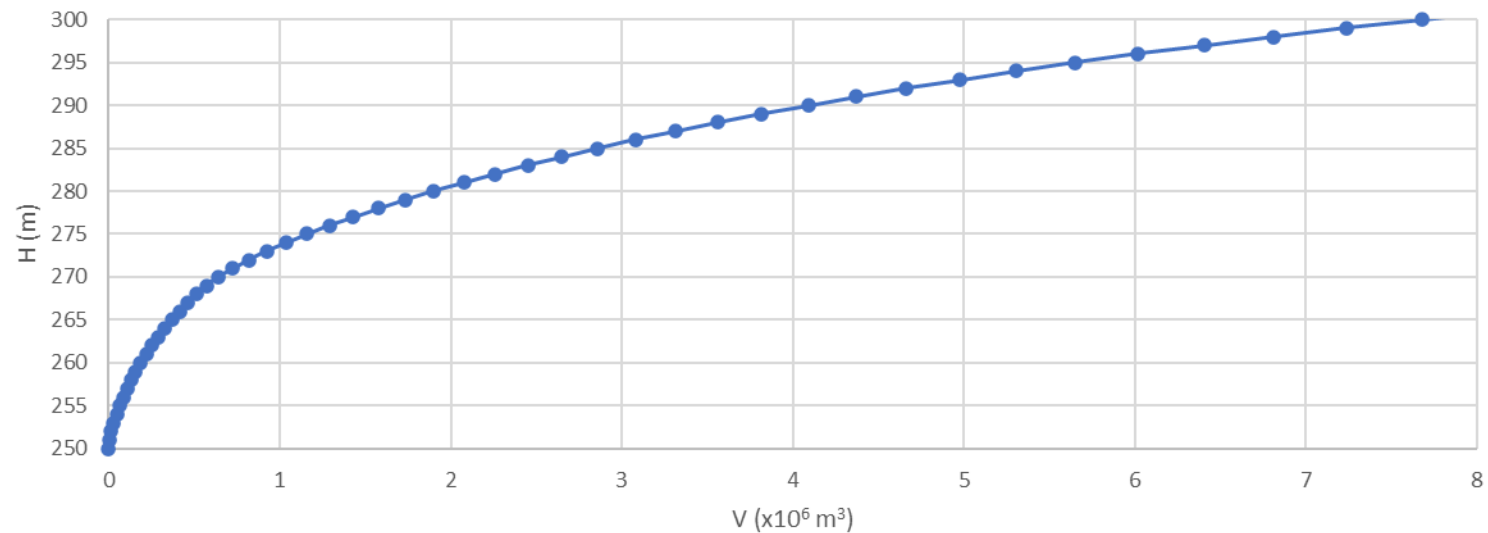
- $K_C=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

- **IV Ταμιευτήρες που δέχονται φορτίο κοίτης**

- $K_C=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

# Εφαρμογή (Συνέχεια)

- Να βρεθεί ποια θα είναι η στάθμη υδροληψίας. Δίνεται η καμπύλη στάθμης-όγκου

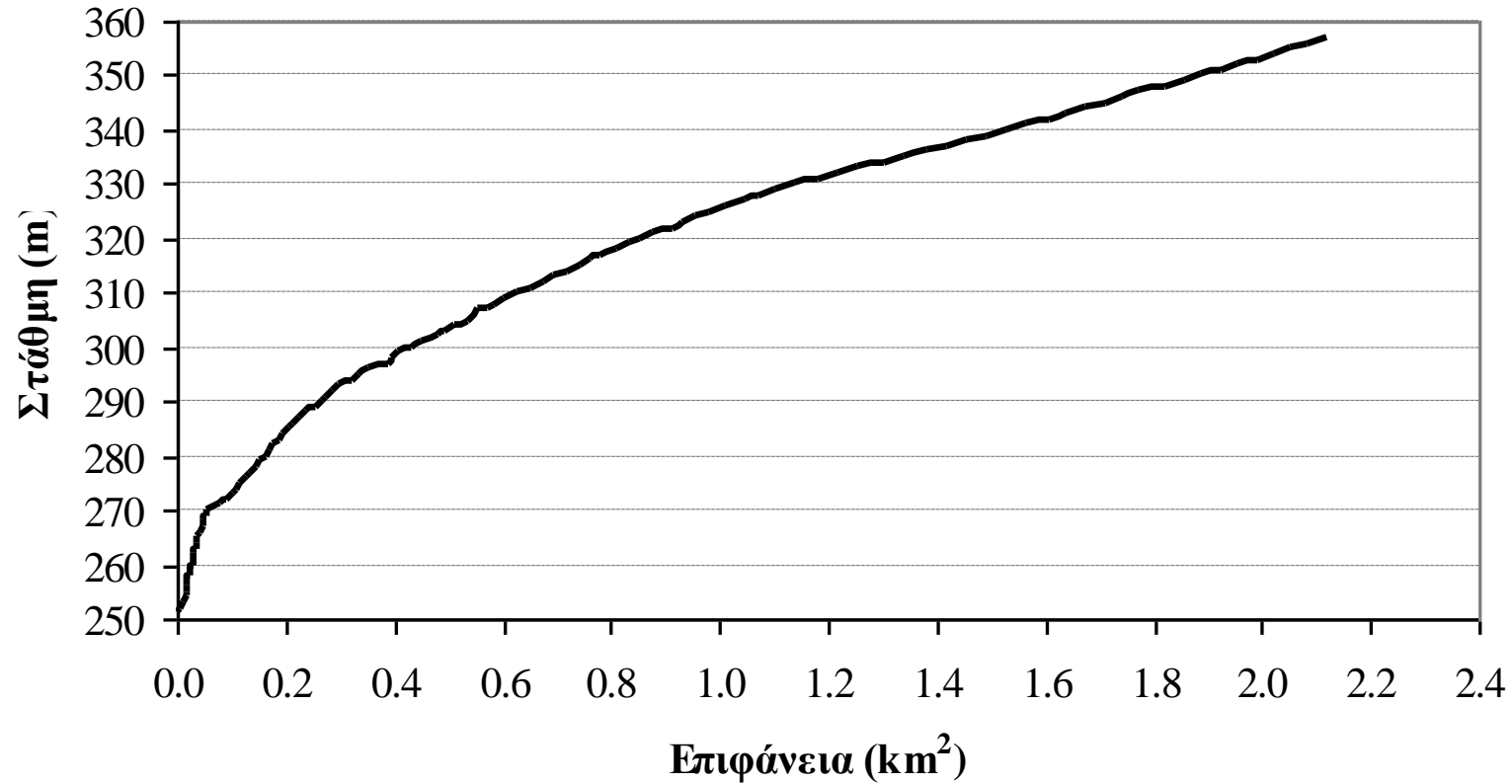


# Καμπύλες

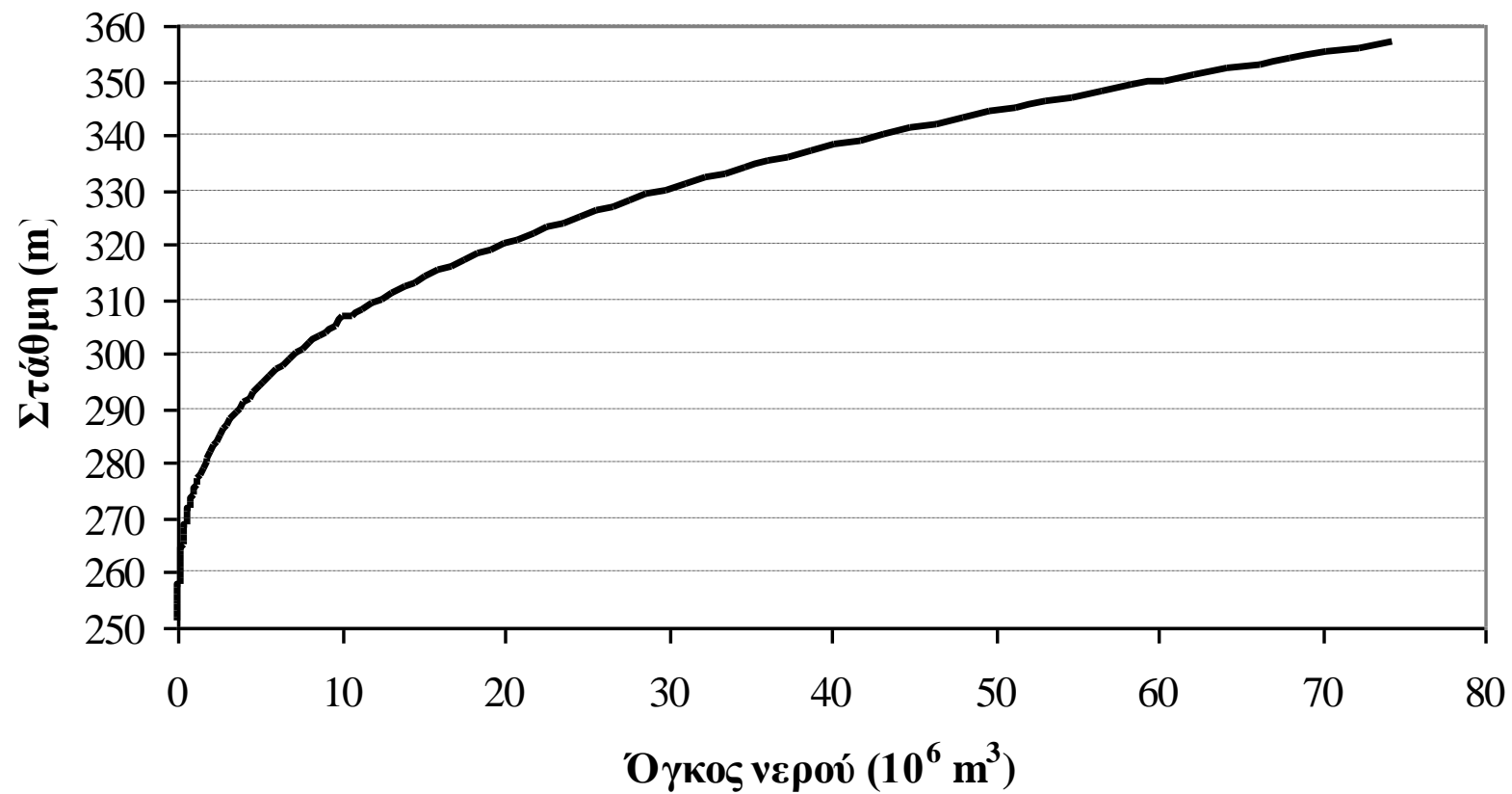
- **Σχέση στάθμης-επιφάνειας**
  - Κατακρήμνιση
  - Εξατμισοδιαπνοή
- **Σχέση στάθμης-όγκου**
  - Υπερχείλιση
  - Απόληψη
  - Υπόγεια ροή



# Στάθμη - Επιφάνεια



# Στάθμη - Όγκος

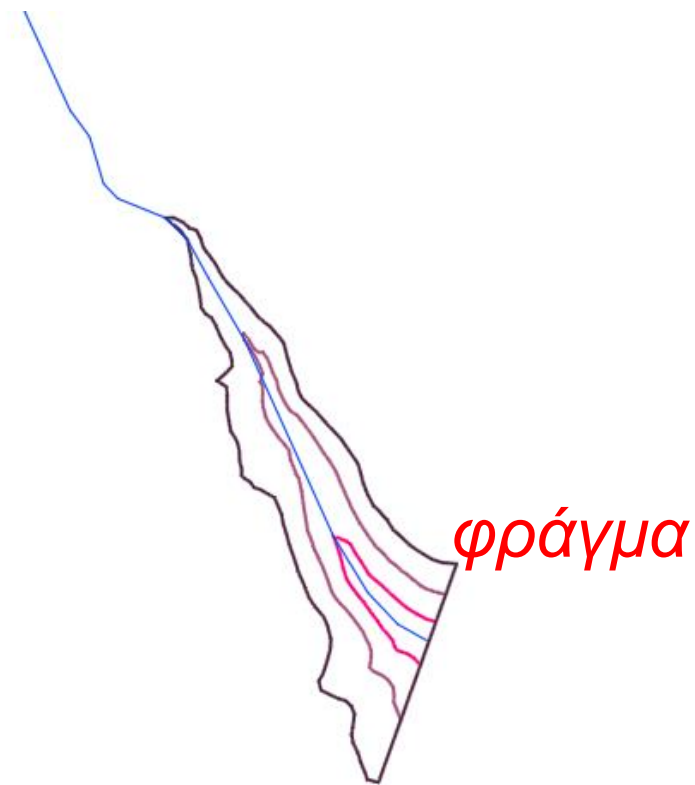
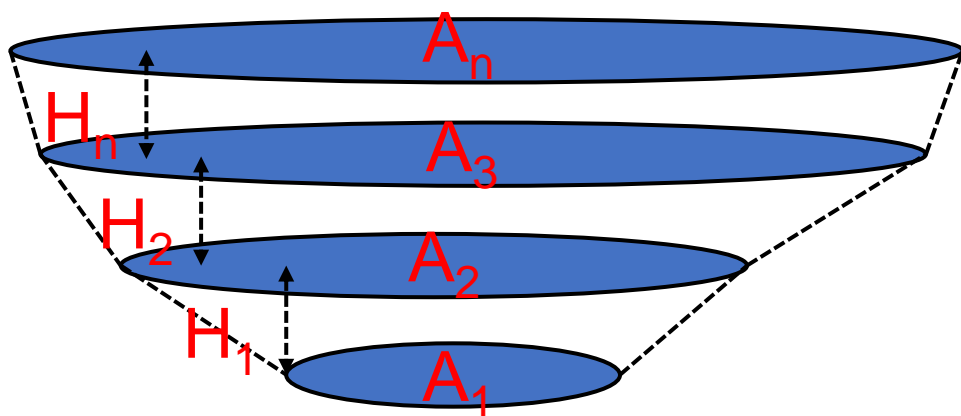


# Αριθμητική ολοκλήρωση

- **Δεδομένα**

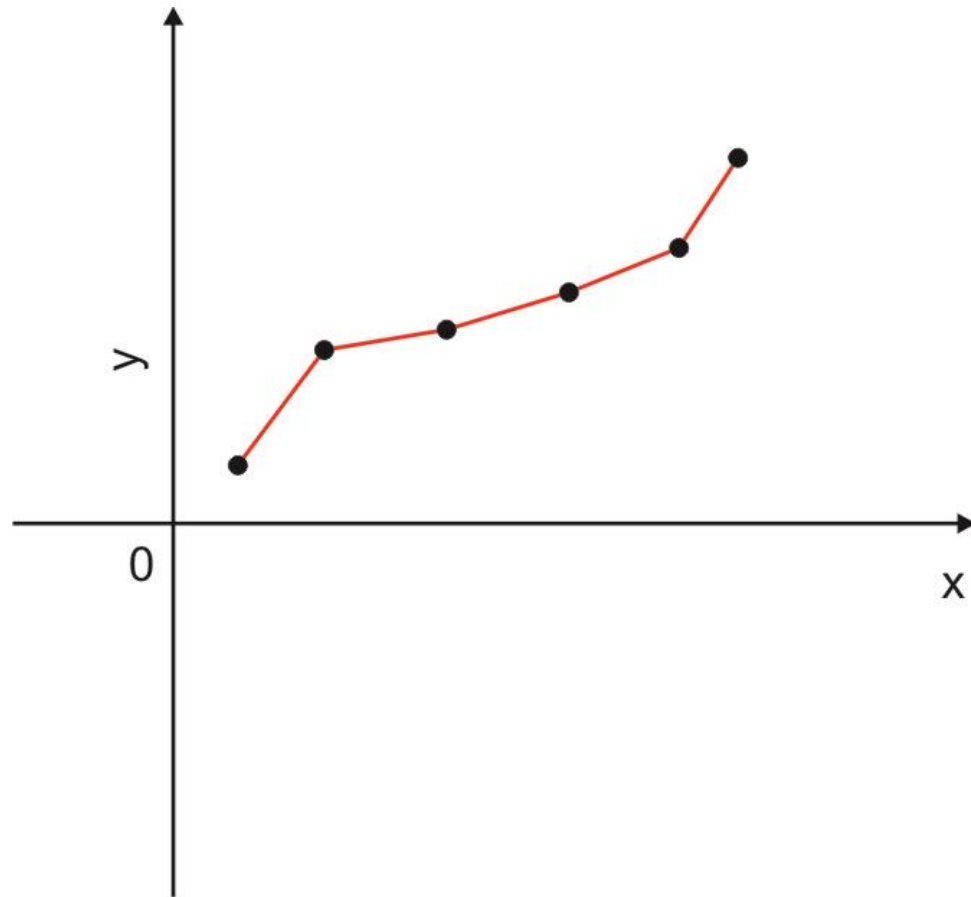
- Στάθμες
- Εμβαδά επιφάνειας

$$V = \left[ \frac{A(H_i) + A(H_{i+1})}{2} \right] (H_{i+1} - H_i)$$



# Πως κινούμαι;

Παρεμβολή



Παλινδρόμηση

