



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/>

ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Εισαγωγή

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

Ορισμός

- **Υδρολογία**

- Η επιστήμη που ασχολείται με την παρουσία του νερού στη γη, την κυκλοφορία του, τις φυσικές και χημικές ιδιότητές του και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον
- Η επιστήμη η οποία περιγράφει την εμφάνιση, την κυκλοφορία και τη διανομή του νερού της γης, καθώς και την αλληλεπίδραση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων με το περιβάλλον
- Η επιστήμη που ασχολείται με όλες τις διεργασίες που εντάσσονται στον υδρολογικό κύκλο ή στον κύκλο του νερού

Μεταφορά

- Κατακρημνίσματα
- Επιφανειακή απορροή
- Ροή σε υδατορέματα
- Διήθηση
- Εκφόρτιση υπόγειου νερού
- Πηγές

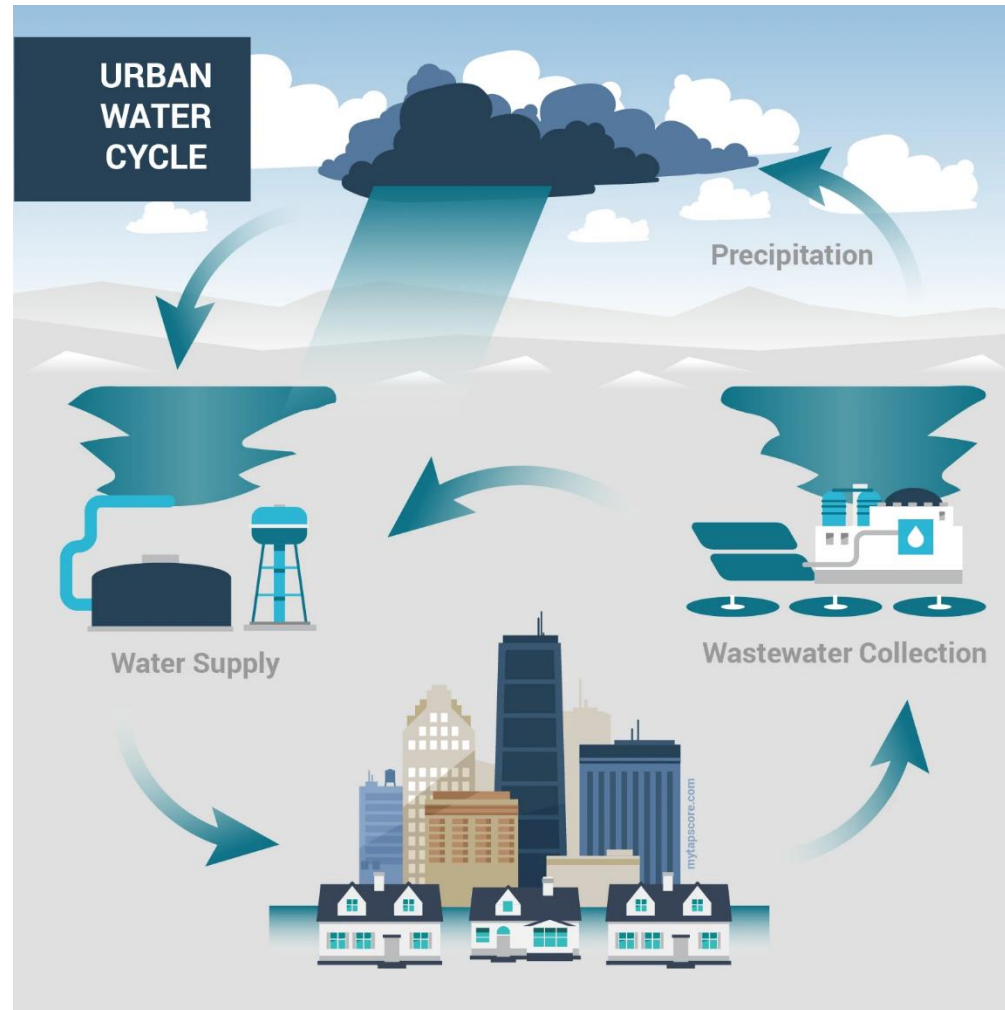
Αποθήκευση

- Αποθήκευση νερού στη θάλασσα
- Αποθήκευση νερού στην ατμόσφαιρα
- Αποθήκευση νερού σε πάγους και χιόνια
- Αποθήκευση γλυκού νερού
- Αποθήκευση υπόγειου νερού

Μεταβολή

- Εξάτμιση
- Εξατμισοδιαπνοή
- Εξάχνωση
- Συμπύκνωση
- Απορροή από λιώσιμο του χιονιού

Η ανθρώπινη διάσταση



Διεπιστημονικό πεδίο

- Ρευστομηχανική/υδραυλική
- Μετεωρολογία
- Χημεία
- Ωκεανογραφία
- Δασολογία
- Γεωλογία
- Γεωπονία
- ...

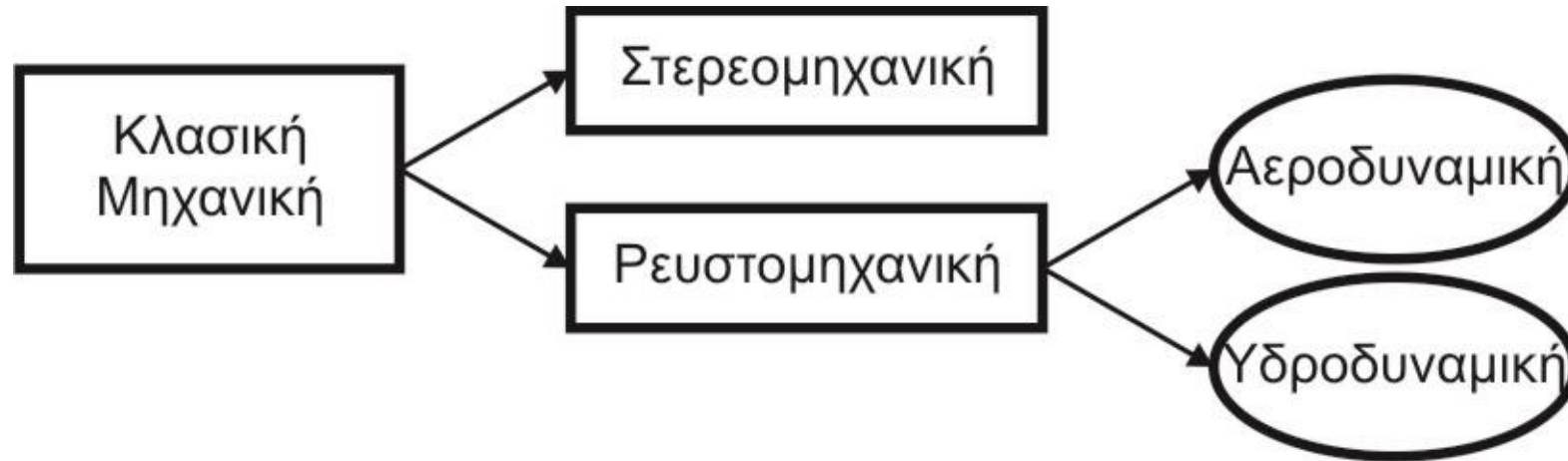
Ιστορική εξέλιξη

- **Αρχαιότητα**
 - Πλάτωνας
 - Μάρκος Βιτρούβιος
- **17^{ος} αιώνας (σύγχρονη υδρολογία)**
 - Perrault → μετρήσεις βροχόπτωσης και εξάτμισης στο Σηκουάνα
 - Mariotte → εκτίμηση παροχής ποταμού
 - Halley → μέτρηση της εξάτμισης στη Μεσόγειο θάλασσα
- **18^{ος} αιώνας (πειραματική εποχή)**
 - Υδραυλική
 - Σωλήνας Pitot
 - Επιστόμιο Borda
 - Μυλίσκος Woltman

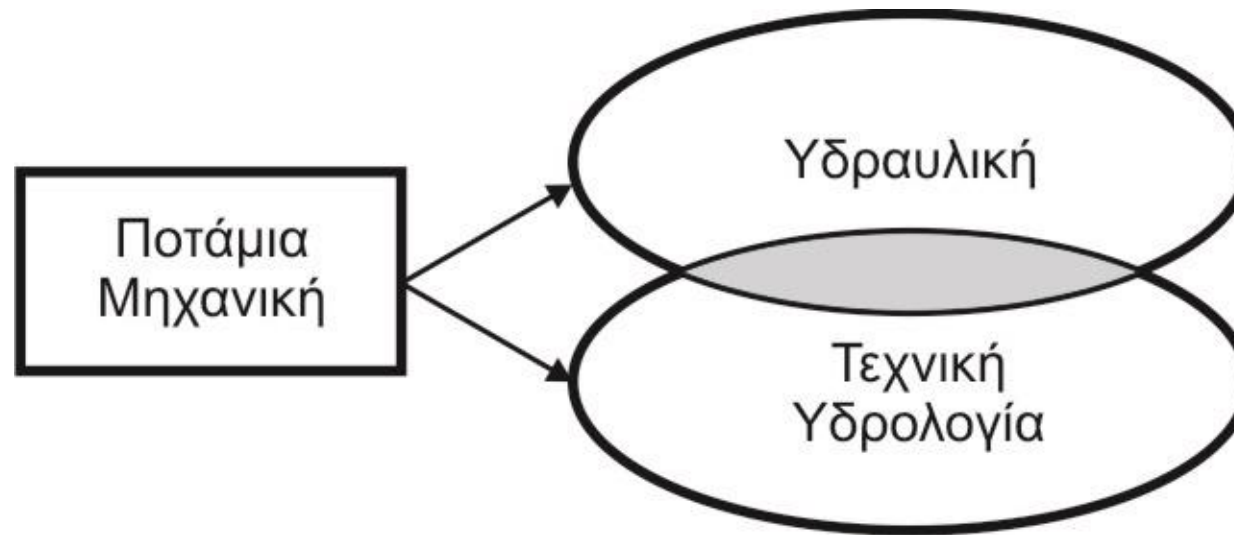
Ιστορική εξέλιξη

- **20^{ος} αιώνας (οργανωμένη έρευνα)**
 - Sherman → μοναδιαίο υδρογράφημα
 - Horton → διήθηση εδάφους
- **1950 - σήμερα (η εποχή των Η/Υ)**
 - Θεωρητικές μέθοδοι
 - Υπολογιστικές λύσεις
 - Αριθμητικά μοντέλα
 - Αξιόπιστες μετρήσεις

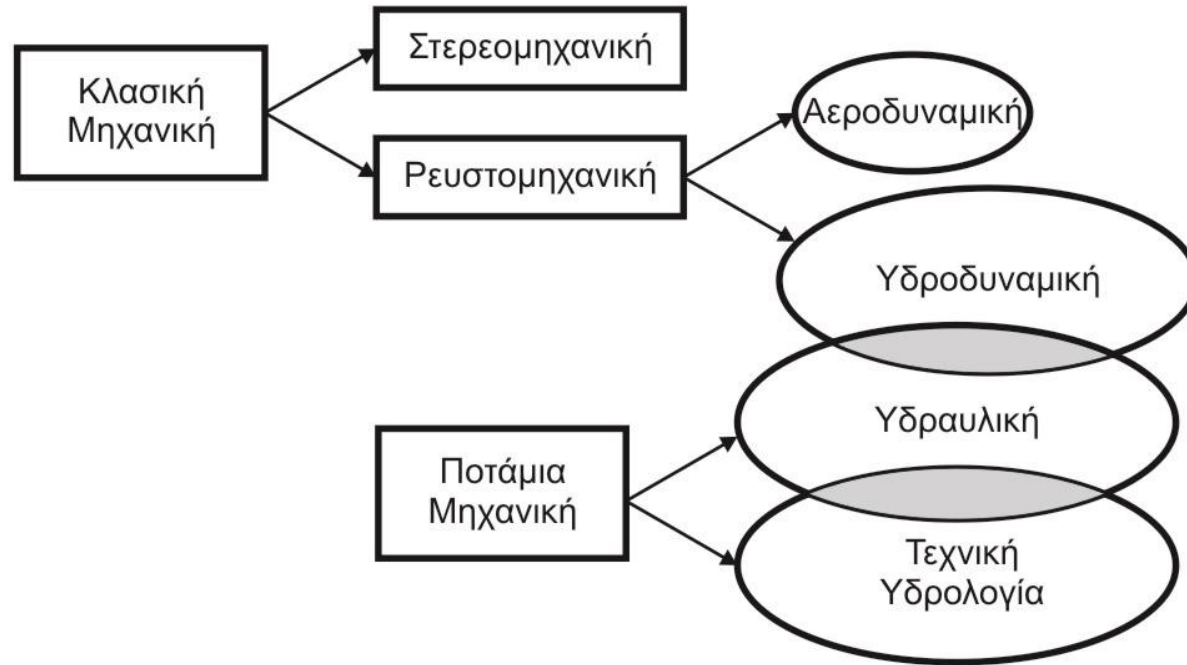
Επιστημονικά πεδία



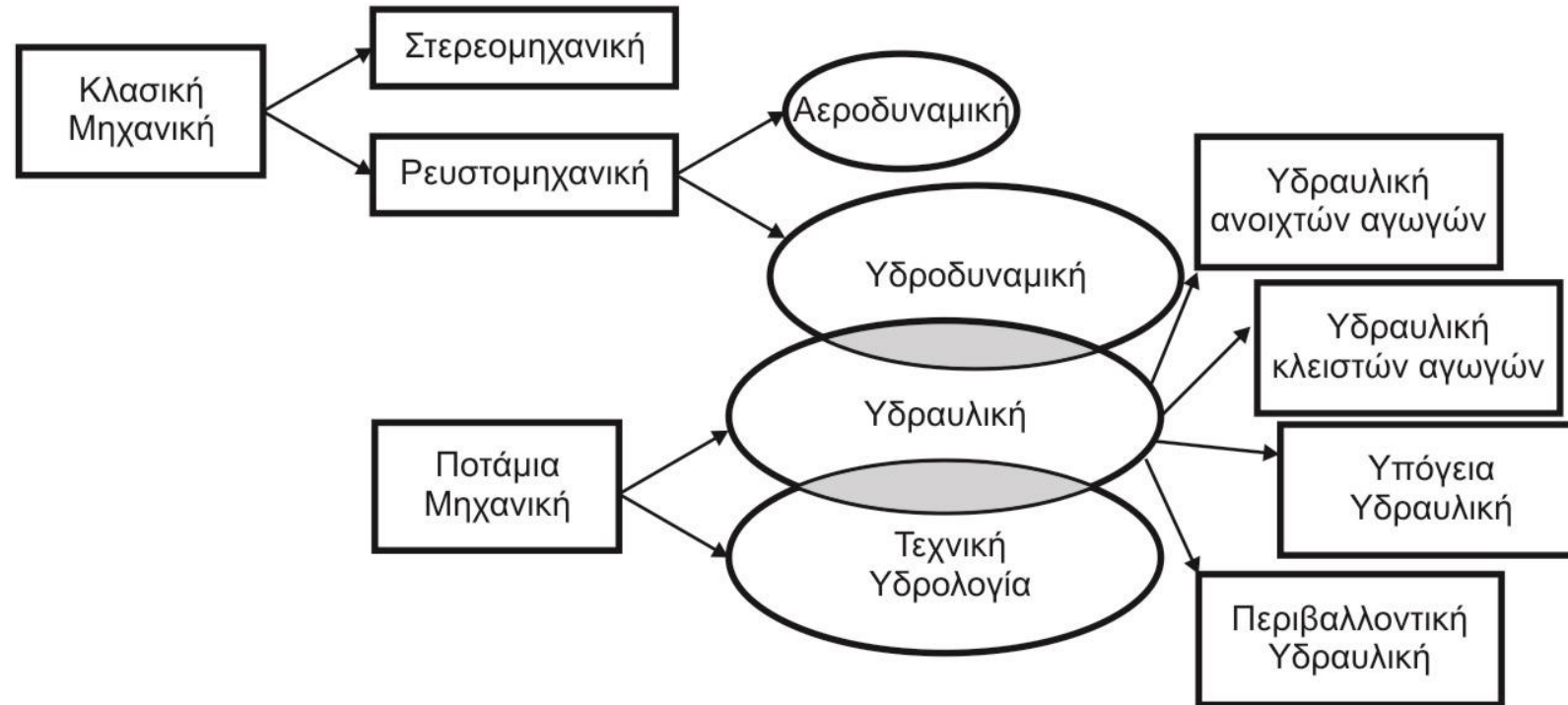
Επιστημονικά πεδία



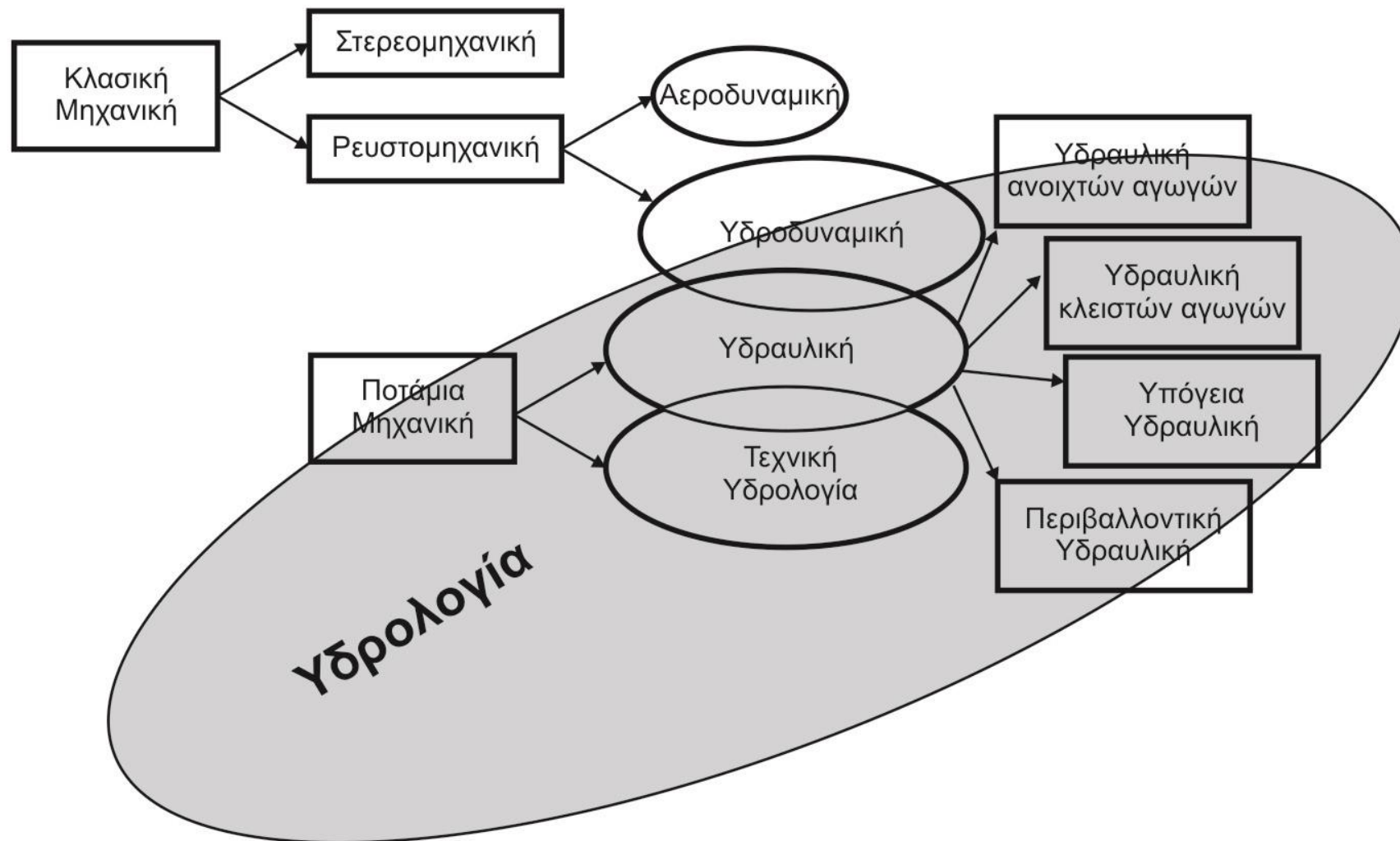
Επιστημονικά πεδία



Επιστημονικά πεδία



Επιστημονικά πεδία



Υδρολογικές μεταβλητές

Μεταβλητή	Χαρακτηριστικά	Μονάδες
Κατακρήμνιση	Ύψος Ένταση Διάρκεια	mm mm/h h
Εξάτμιση	Ρυθμός Ύψος	mm/day, mm/month, mm/year mm
Διήθηση	Ρυθμός Ύψος	mm/h mm
Παρεμπόδιση	Ισοδύναμο ύψος	mm/time
Κατακράτηση	Ισοδύναμο ύψος	mm/time
Απορροή	Παροχή Όγκος Ισοδύναμο ύψος	m ³ /s m ³ mm

Υδρολογικές μεταβλητές

Μεταβλητή	Χαρακτηριστικά	Μονάδες
Είσοδος Κατακρήμνιση —	Ύψος Ένταση Διάρκεια	mm mm/h h
Εξάτμιση	Ρυθμός Ύψος	mm/day, mm/month, mm/year mm
Διήθηση ΑΠΩΛΕΙΕΣ	Ρυθμός Ύψος	mm/h mm
Παρεμπόδιση	Ισοδύναμο ύψος	mm/time
Κατακράτηση	Ισοδύναμο ύψος	mm/time
= Απορροή Έξοδος	Παροχή Όγκος Ισοδύναμο ύψος	m ³ /s m ³ mm

Χωρική κλίμακα

- Παγκόσμια κλίμακα
- Ήπειρος
- Χώρα
- Υδατικό διαμέρισμα
- Λεκάνη απορροής
- Ποταμός/υδατόρεμα
- Υδραυλική κατασκευή

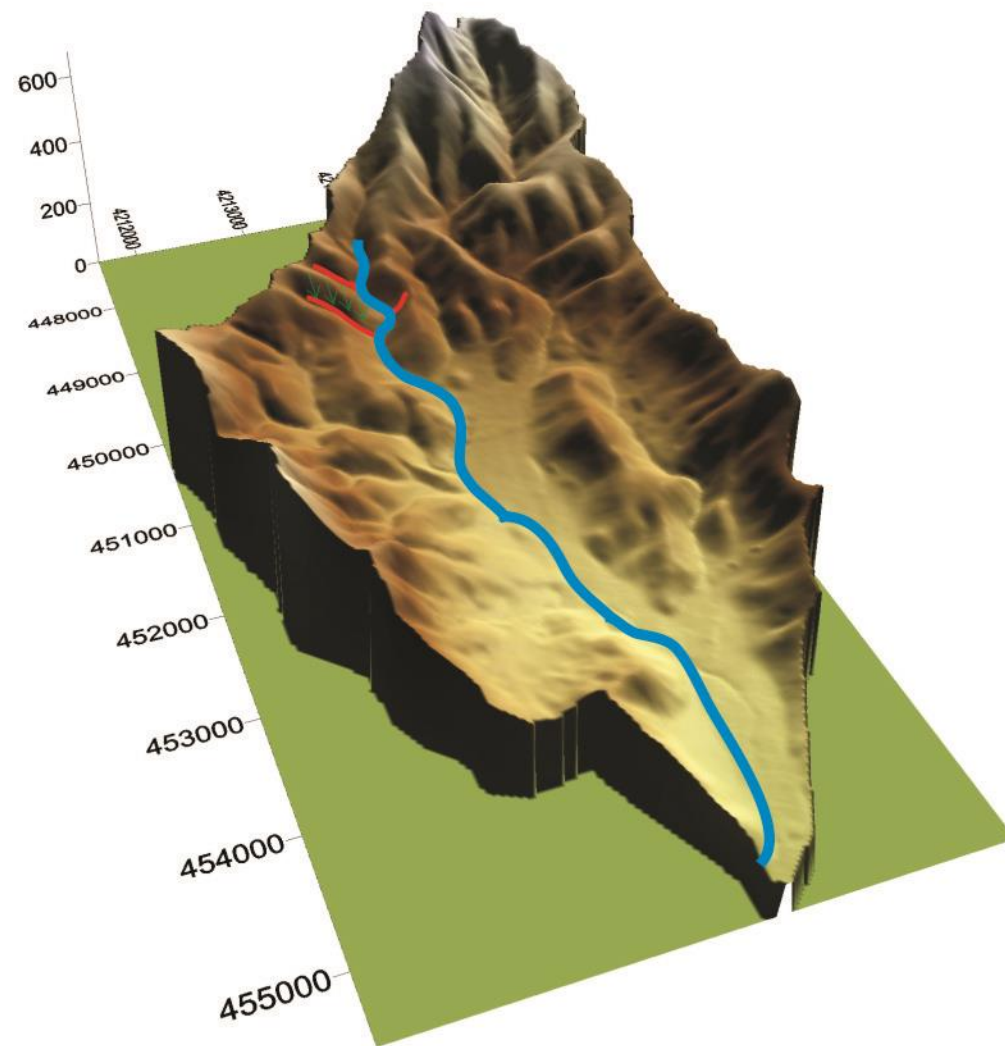
Υδατικά διαμερίσματα



- 14 υδατικά διαμερίσματα
- 46 λεκάνες απορροής
- 1781 επιφανειακά υδατικά συστήματα
- 565 υπόγεια υδατικά συστήματα

Λεκάνες απορροής

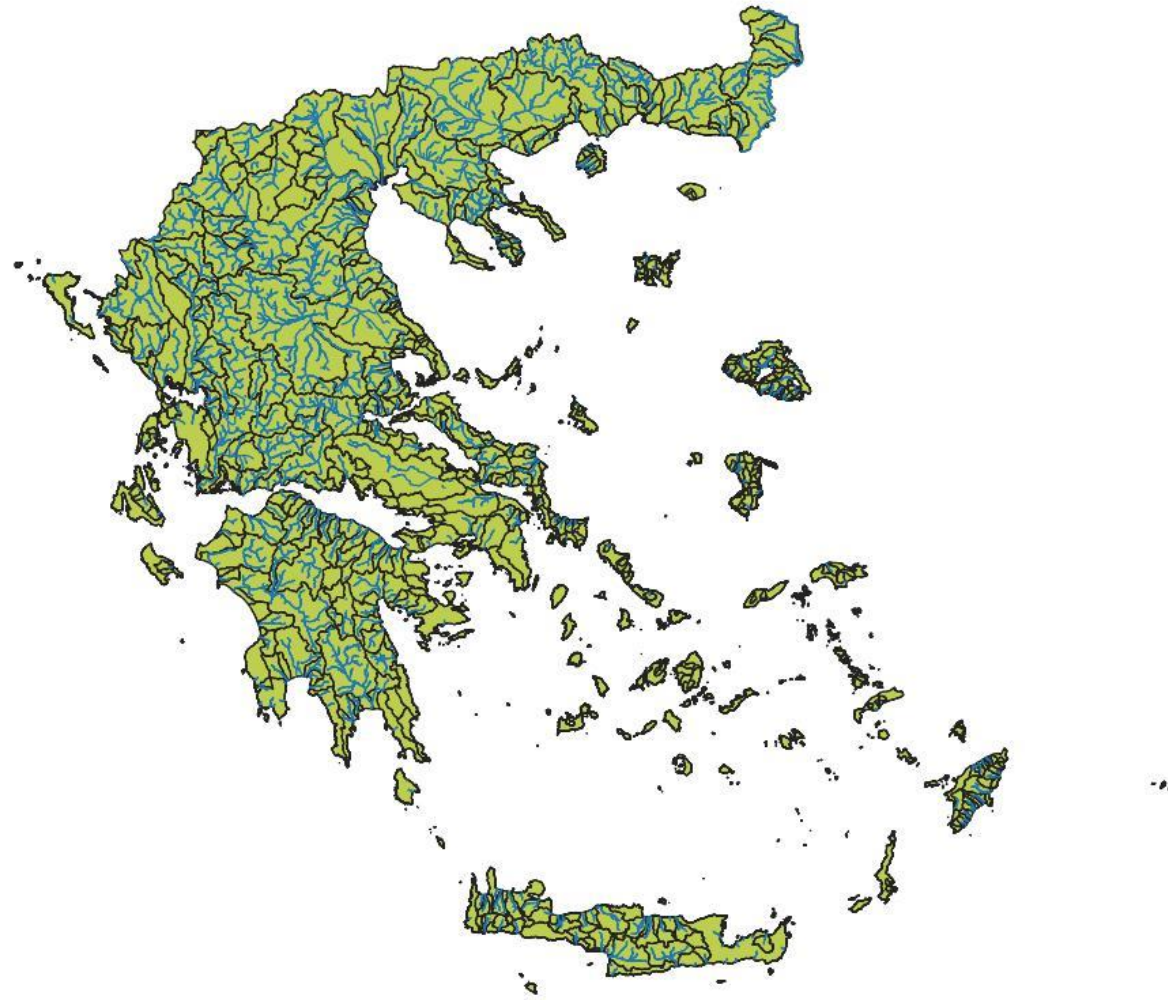
- **Μικρό μέγεθος**
 - Μέχρι 5~10 km²
- **Μεσαίο μέγεθος**
 - Μέχρι 100~5000 km²
- **Μεγάλο μέγεθος**
 - Μεγάλα ποτάμια συστήματα



Λεκάνες απορροής



Ποταμοί/υδατορέματα



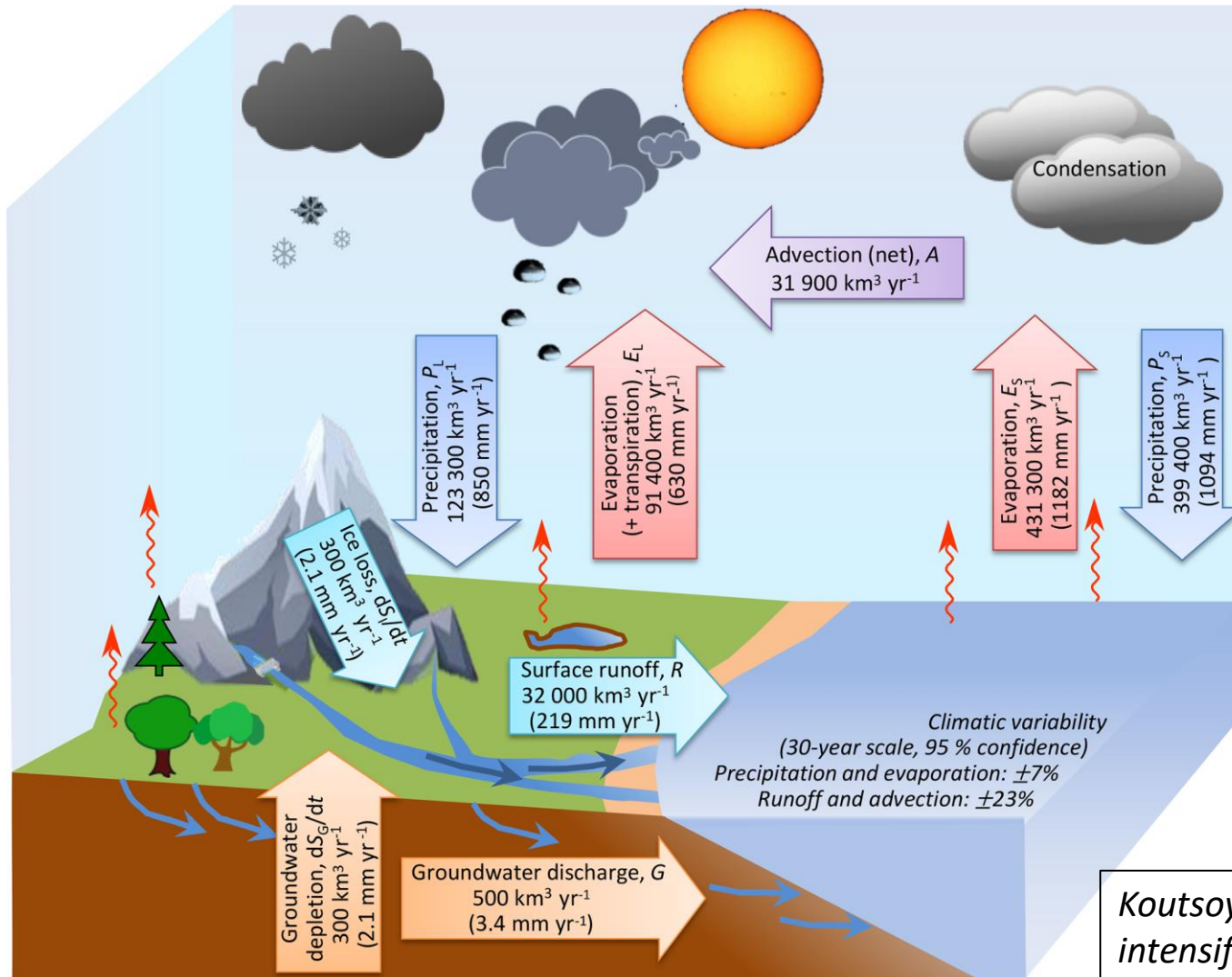
Χρονική κλίμακα

- Ωριαία
- Ημερήσια
- Εβδομαδιαία
- Μηνιαία
- Ετήσια

Παγκόσμια κατανομή νερού

	Όγκος (x 1000 km ³)	Συνολικό Ποσοστό (%)	Ποσοστό επί του αλμυρού νερού (%)	Ποσοστό επί του γλυκού νερού (%)	Ποσοστό επί του ανανεώσιμου νερού (%)
Ωκεανοί	1338000	96.54		0.037	
Παγετώνες	24364	1.76	99.00		
Υπόγεια νερά	23400	1.69		69.6	
Λίμνες	176.4	0.01	0.95	30.1	
Ατμόσφαιρα	12.9	0.00093	0.0063	0.26	87.0
Βάλτοι	11.5	0.00083		0.033	11.0
Ποταμοί	2.1	0.00015		0.0061	2.0
«Βιολογικό» νερό	1.1	0.00008		0.0032	
Άθροισμα	1385968	100	100	100	

Παγκόσμια κατανομή νερού



Koutsoyiannis, D. (2020). Revisiting the global hydrological cycle: is it intensifying?, *Hydrology and Earth System Sciences*, 24, 3899–3932

Τεχνική Υδρολογία

- **Σχεδιασμός υδραυλικών έργων**
 - Έργα αξιοποίησης των Υδατικών Πόρων
 - Έργα ελέγχου και διατήρησης των Υδατικών Πόρων
- **Έμφαση στην επιφανειακή απορροή**
 - Όχι μόνο!
- **Συμφασμένη με την Υδραυλική**
 - Λεκάνη απορροής
 - Ποταμός

Ανοιχτοί αγωγοί

- **Ροή με ελεύθερη επιφάνεια**
 - Διευθέτηση υδατορέματος
 - Αντιπλημμυρικά έργα
 - Εγγειοβελτιωτικά έργα
 - Φράγματα
 - Αποχετευτικά δίκτυα

Ανοιχτοί αγωγοί

- Ροή με ελα

- Διευθέτησ
- Αντιπλημ
- Εγγειοβελ
- Φράγμα
- Αποχετευτικά



Ανοιχτοί αγωγοί

- Ροή με ελα
- Διευθέτησ
- Αντιπλημ
- Εγγειοβελ
- Φράγμα
- Αποχετευτικά



Ανοιχτοί αγωγοί

- Ροή με ελα
- Διευθέτησ
- Αντιπλημ
- Εγγειοβελ
- Φράγμα
- Αποχετευτικά



Ανοιχτοί αγωγοί

- Ροή με ελα
- Διευθέτησ
- Αντιπλημ
- Εγγειοβελ
- Φράγμα
- Αποχετευτικά



Ανοιχτοί αγωγοί

- Ροή με ελεύθερη επιφάνεια
 - Διευθέτηση
 - Αντιπλημμύξεις
 - Εγγειοβελτιώσεις
 - Φράγματα
 - Αποχετευτικά



Κλειστοί αγωγοί

- **Ροή υπό πίεση**
 - Δίκτυο ύδρευσης
 - Εγγειοβελτιωτικά έργα
 - Υδροδυναμικά έργα

Κλειστοί αγωγοί

- Ροή υπό πίεση
- Δίκτυο ύδρευσης
- Εγγειοβελτιώσεις
- Υδροδυναμική



Κλειστοί αγωγοί

- Ροή υπό πίεση

- Δίκτυο ύδρευσης
- Εγγειοβελτιώσεις
- Υδροδυναμική



Κλειστοί αγωγοί

- Ροή υπό πίεση

- Δίκτυο ύδρευσης
- Εγγειοβελτιώσεις
- Υδροδυναμική



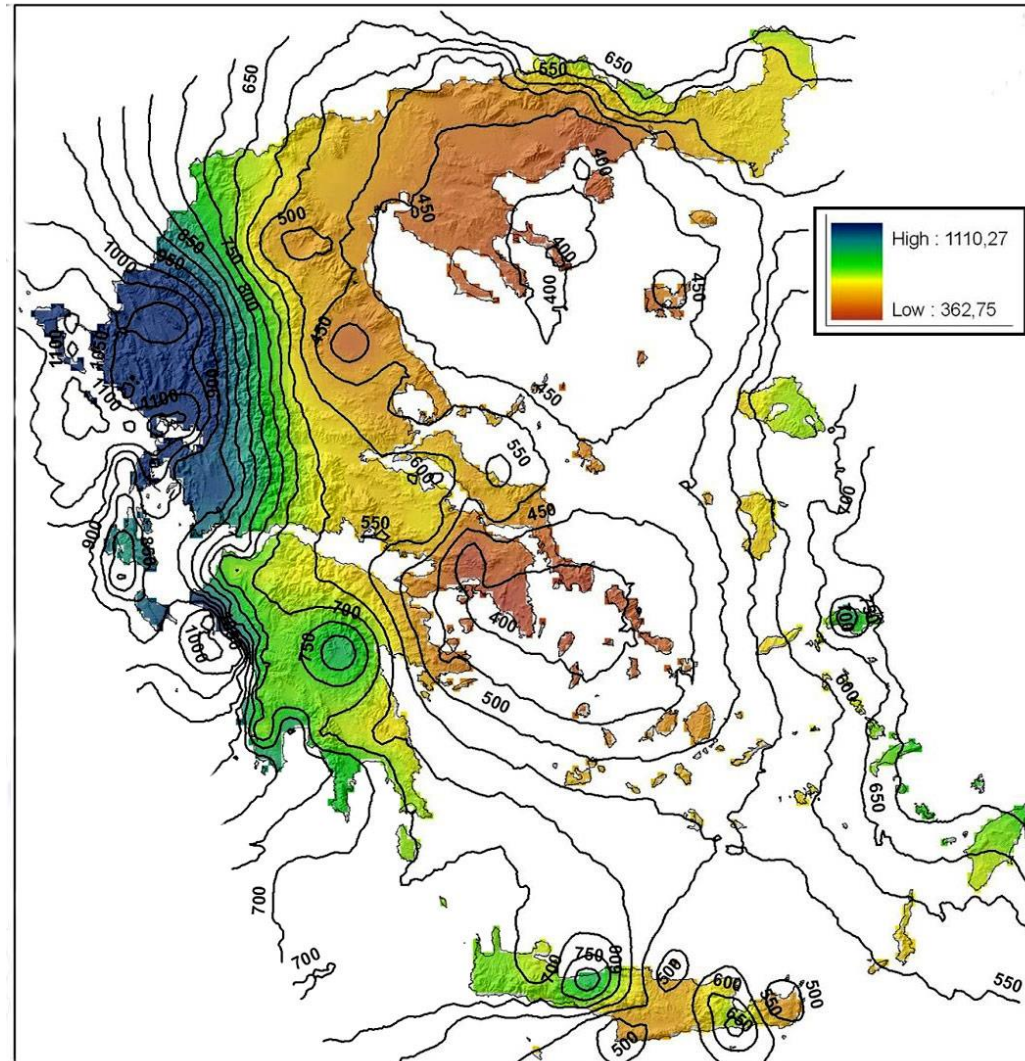
Υπόγεια υδραυλική

- **Ροή σε πορώδες μέσο**
 - Εγγειοβελτιωτικά έργα → διήθηση
 - Διαχείριση υπόγειου υδατικού δυναμικού
 - Γεωτρήσεις/πηγάδια
 - Υφαλμύρυνση
 - Υπόγειες διαφυγές
 - Φράγματα
 - Δεξαμενές

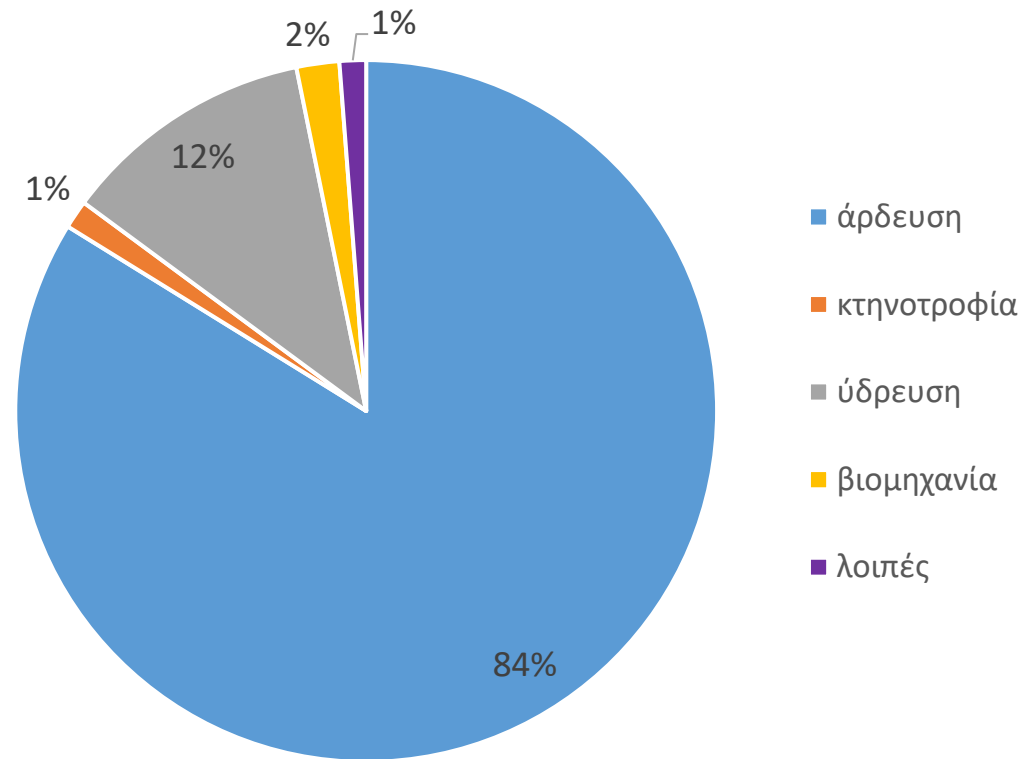
Περιβαλλοντική υδραυλική

- **Διάχυση/διασπορά ρύπου**
 - Ποιότητα νερού («καλή» κατάσταση των υδάτων)
 - Οικολογική παροχή
 - Ιχθυοδιάδρομοι

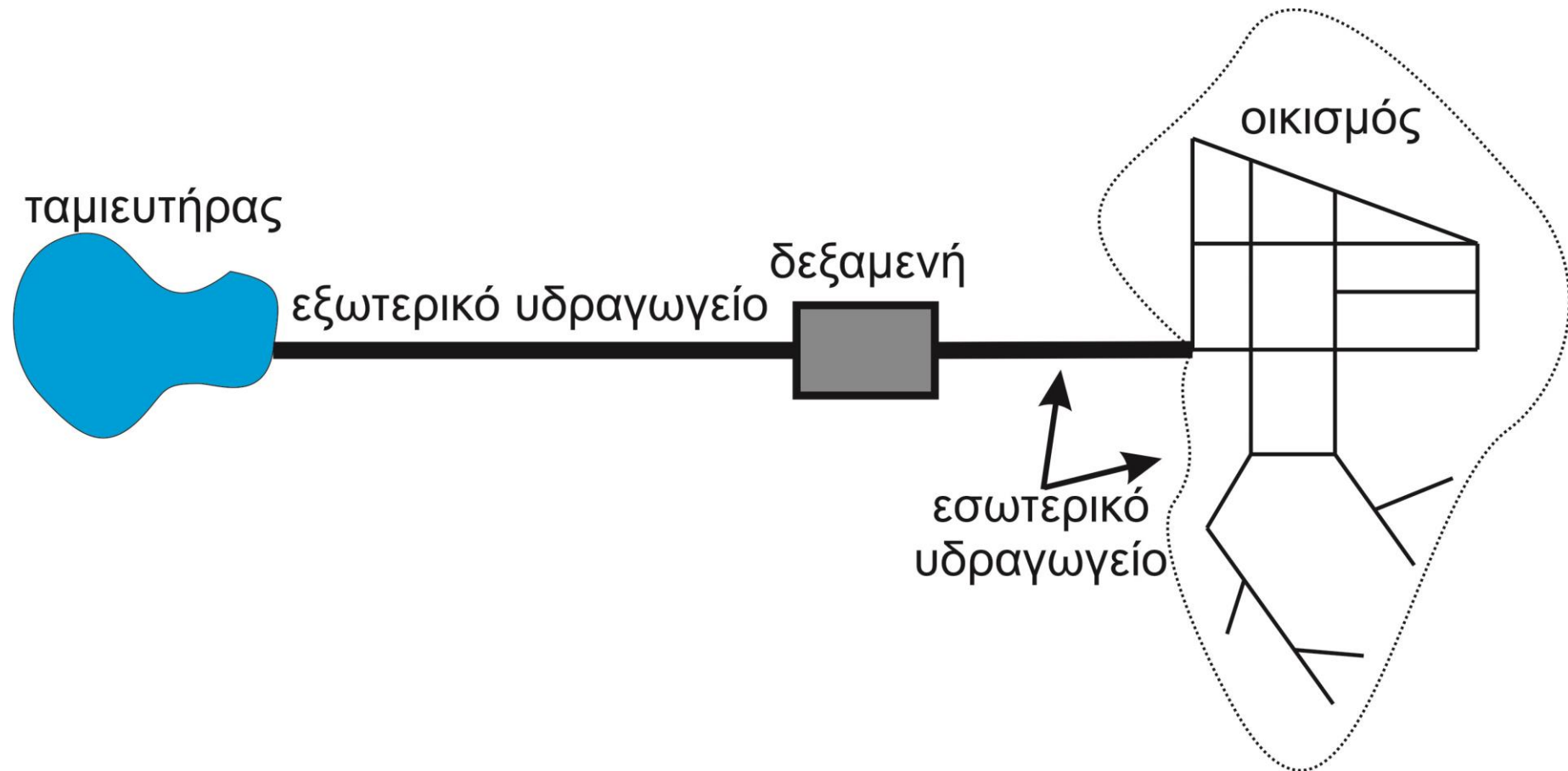
Ύψη βροχής - Ελλάδα



Χρήση νερού - Ελλάδα



Έργα ύδρευσης



Πλημμύρες

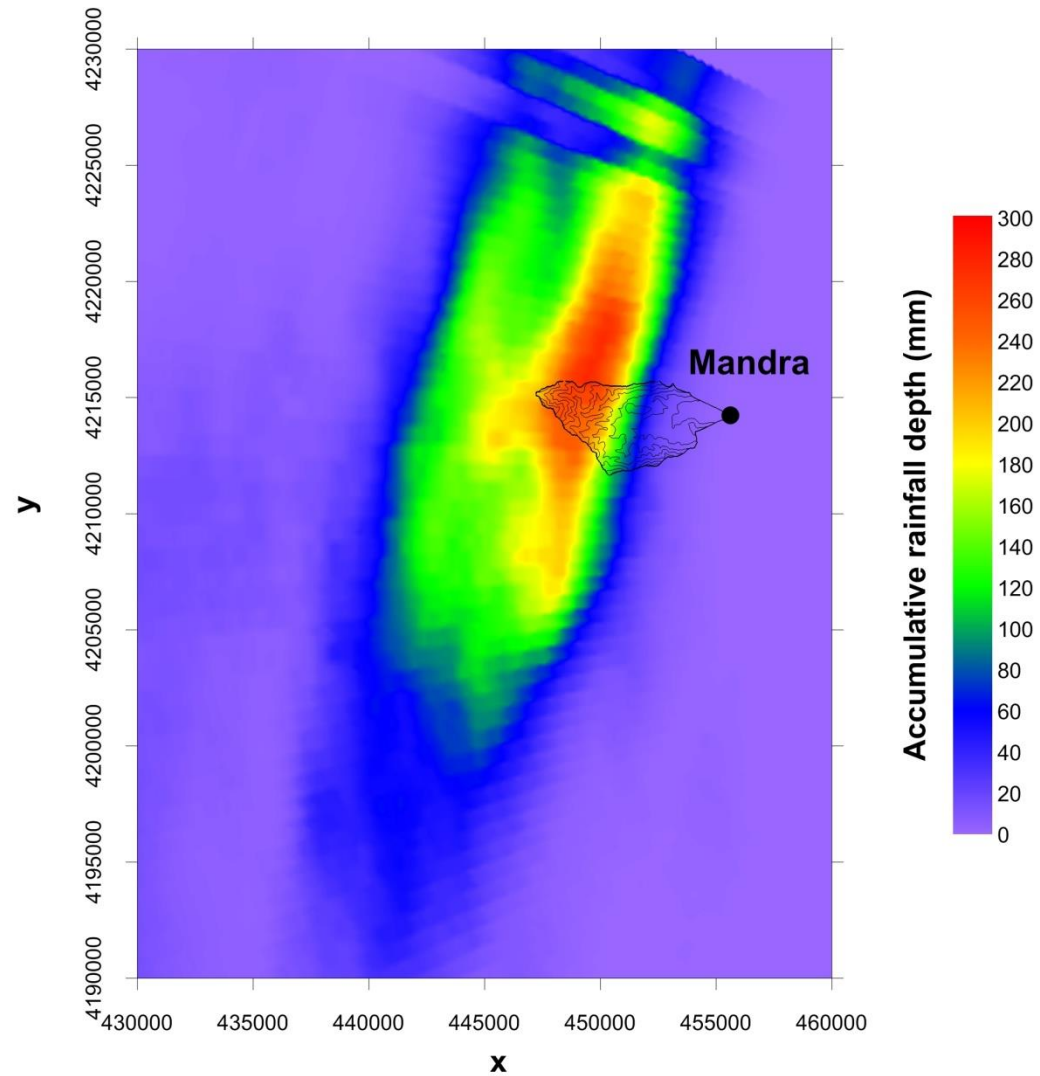
- **Μηχανισμός**
 - Ποτάμια
 - Άμεση λόγω βροχόπτωσης
 - Παράκτια ζώνη
- **Αιτία**
 - Ακραία βροχόπτωση
 - Λιώσιμο χιονιού
 - Αστοχία τεχνικού έργου
- **Χρονική κλίμακα**
 - Βραδεία απόκριση
 - Μέση απόκριση
 - Ταχεία απόκριση

Πλημμύρες - Ελλάδα

1970-2010

- 53 πλημμυρικά γεγονότα με απώλειες
- 151 νεκροί
- Οι περισσότεροι νεκροί στο μητροπολιτικό συγκρότημα της Αθήνας → αστικοποίηση
- Ρεκόρ → 44 νεκροί το 1977 (39 στην Αττική)

Μάνδρα 2017



Αντιπλημμυρική προστασία

- **Πολλαπλά επίπεδα**
 - Ποτάμιο σύστημα
 - Αποχετευτικό σύστημα
 - Αστικό περιβάλλον
- **Κατασκευαστικά μέτρα**
 - Έργα ανάσχεσης
 - Έργα διοχέτευσης
- **Ήπιες παρεμβάσεις**
 - Μη κατασκευαστικά μέτρα
 - Ήπια κατασκευαστικά μέτρα

Κατασκευαστικά μέτρα

- Έργα ανάσχεσης

- Φράγματα
- Ελεγχόμενη ανάσχεση

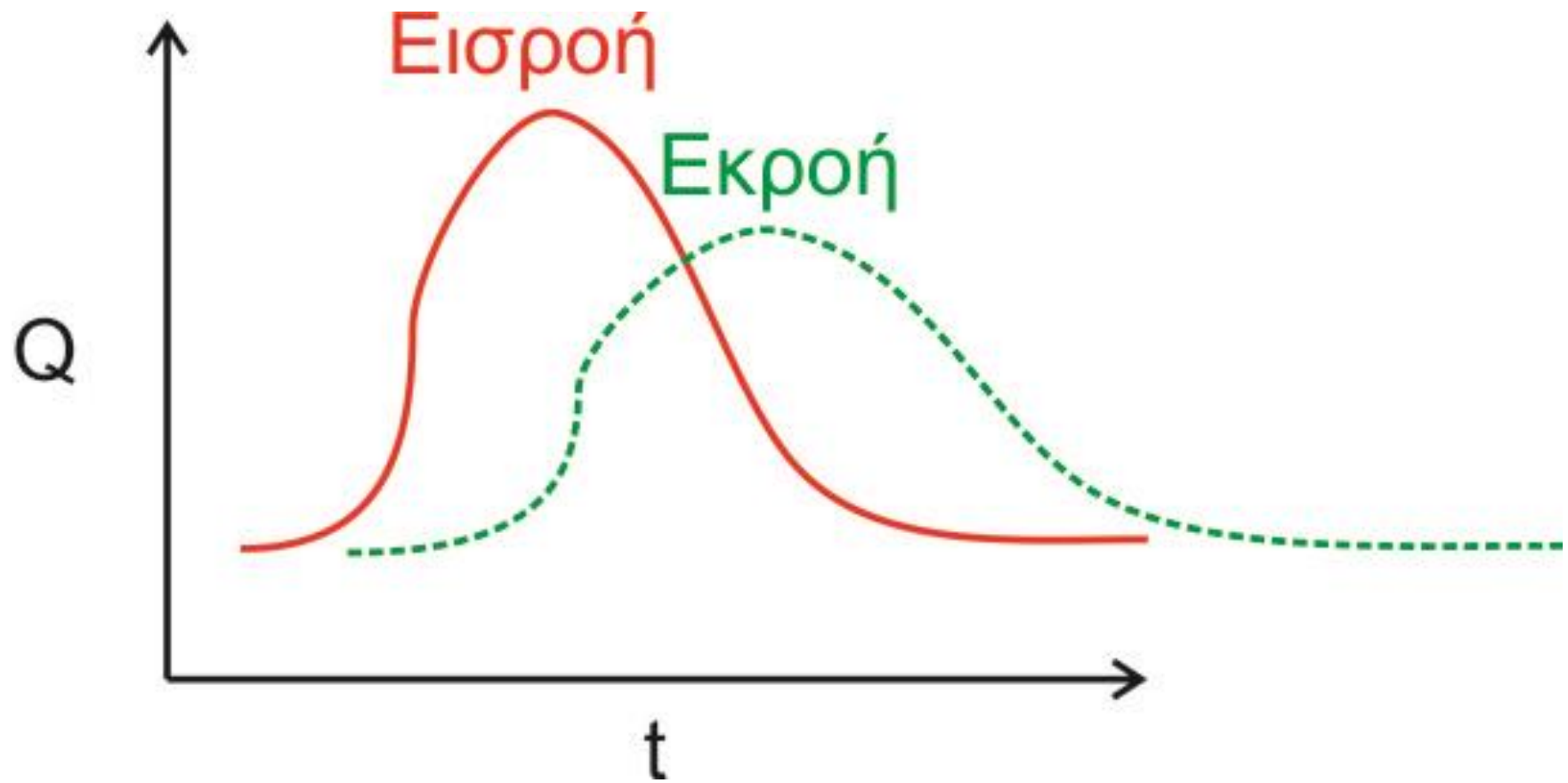


- Έργα διοχέτευσης

- Αναχώματα
- Μερική εκτροπή
- Αποχετευτικό σύστημα ομβρίων



Στόχος



Ήπιες παρεμβάσεις

- **Μη κατασκευαστικά μέτρα**
 - Ανοιχτοί χώροι
 - Ενημέρωση κοινού
 - Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης
- **Ήπιες κατασκευαστικές παρεμβάσεις**
 - Πράσινες στέγες
 - Πορώδη πεζοδρόμια
 - Πράσινες τάφροι

Ήπιες παρεμβάσεις

- **Μη κατασκευαστικά μέτρα**

- Ανοιχτοί χώροι
- Ενημέρωση κοινού
- Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης

- **Ήπιες κατασκευαστικές παρεμβάσεις**

- Πράσινες στέγες
- Πορώδη πεζοδρόμια
- Πράσινες τάφροι



Ήπιες παρεμβάσεις

- **Μη κατασκευαστικά μέτρα**

- Ανοιχτοί χώροι
- Ενημέρωση κοινού
- Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης

- **Ήπιες κατασκευαστικές παρεμβάσεις**

- Πράσινες στέγες
- Πορώδη πεζοδρόμια
- Πράσινες τάφροι



Ήπιες παρεμβάσεις

- **Μη κατασκευαστικά μέτρα**
 - Ανοιχτοί χώροι
 - Ενημέρωση κοινού
 - Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης
- **Ήπιες κατασκευαστικές παρεμβάσεις**
 - Πράσινες στέγες
 - Πορώδη πεζοδρόμια
 - Πράσινες τάφροι



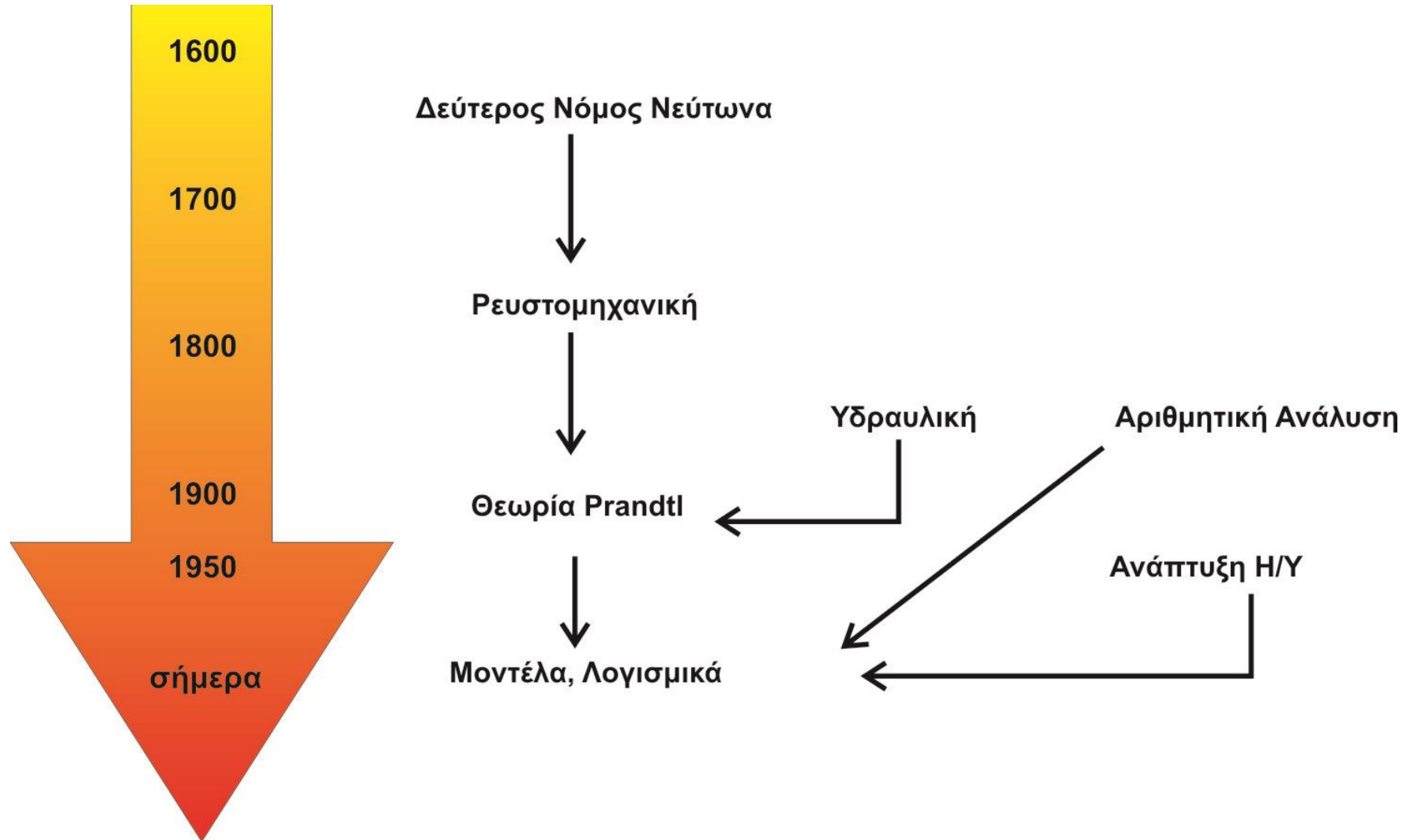
Αρχές σχεδιασμού έργων

- **Πιθανοτικός σχεδιασμός**
- **Προσομοίωση/Πρόβλεψη μεταβλητών**
 - Πείραμα
 - Αριθμητικό μοντέλο
- **Χρήση αριθμητικών μοντέλων**
 - Μικρό κόστος
 - Ασφαλή αποτελέσματα
- **Πείραμα**
 - Σημαντικό κόστος
 - Εγκυρότερα αποτελέσματα;

Αριθμητικά μοντέλα

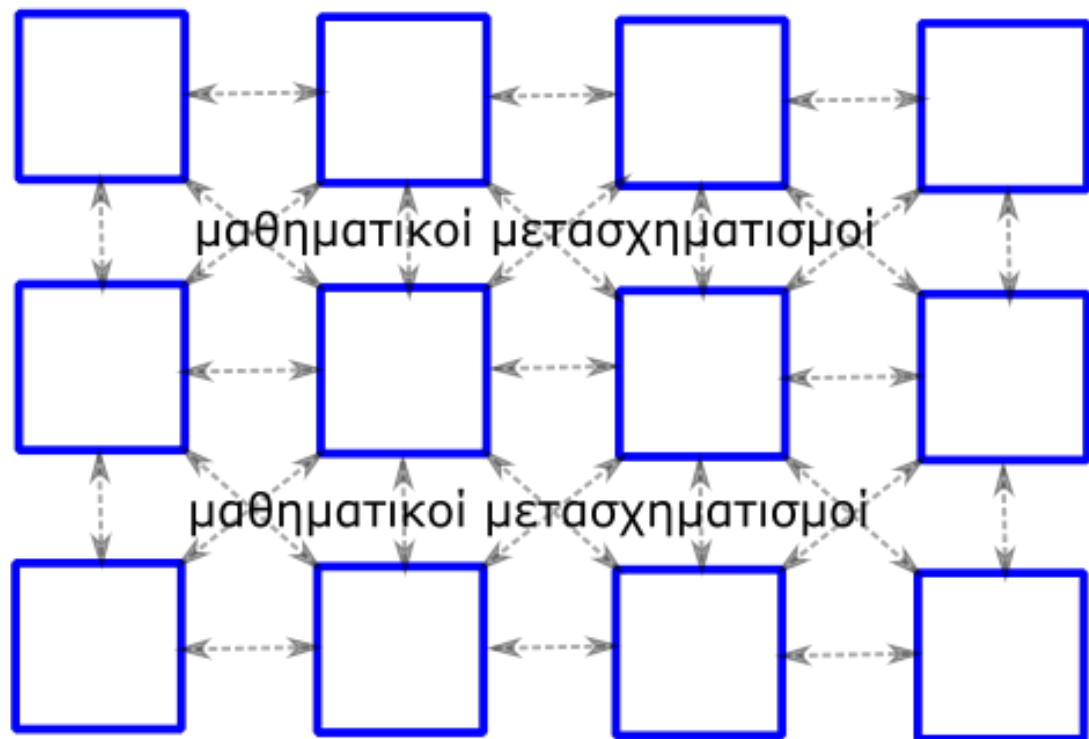
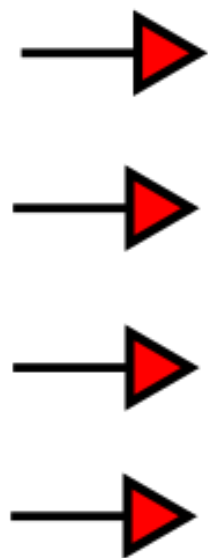
- **Φάσμα μαθηματικών μετασχηματισμών**
 - Ρητή εξίσωση
 - Διαφορική εξίσωση
 - Μερικές Διαφορικές Εξισώσεις (ΜΔΕ)
- **Προσομοίωση φυσικών φαινομένων**
- **Αλγόριθμοι στο πλαίσιο ενός λογισμικού**
 - Το λογισμικό βασίζεται σε ένα μοντέλο
- **Ελεύθερα vs εμπορικά λογισμικά**
 - Ανοιχτού κώδικα ή κλειστού κώδικα

Εξέλιξη

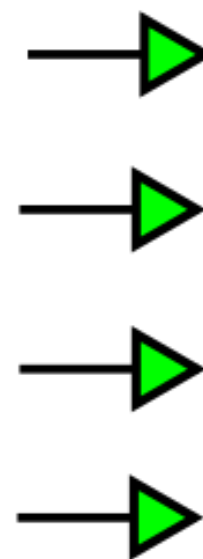


Δομή μοντέλου

Είσοδος



Έξοδος



Παράμετροι

Κριτήρια ταξινόμησης

- Τύπος
- Κατηγορία
- Έξοδος
- Πεδίο εφαρμογής
- Τοπολογία
- Χρονικό βήμα

Τύπος

- **Εμπειρικά**
 - Εμπειρικές/πειραματικές εξισώσεις
- **Εννοιολογικά**
 - Νοητή αναπαράσταση ενός φυσικού φαινομένου κάνοντας τις απαραίτητες αφαιρέσεις και μαθηματικοποιώντας τις διεργασίες
- **Φυσικής βάσης**
 - Επίλυση εξισώσεων που στηρίζονται σε διατυπωμένους φυσικούς νόμους
- **Συσχέτιση δεδομένων**
 - Έξοδος με βάση τη στατιστική/στοχαστική επεξεργασία δεδομένων πεδίου

Κατηγορία

- Βροχόπτωση-απορροή
- Ποτάμια ροή
- Αποχετευτικό δίκτυο
- Μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
- Υπόγεια νερά