

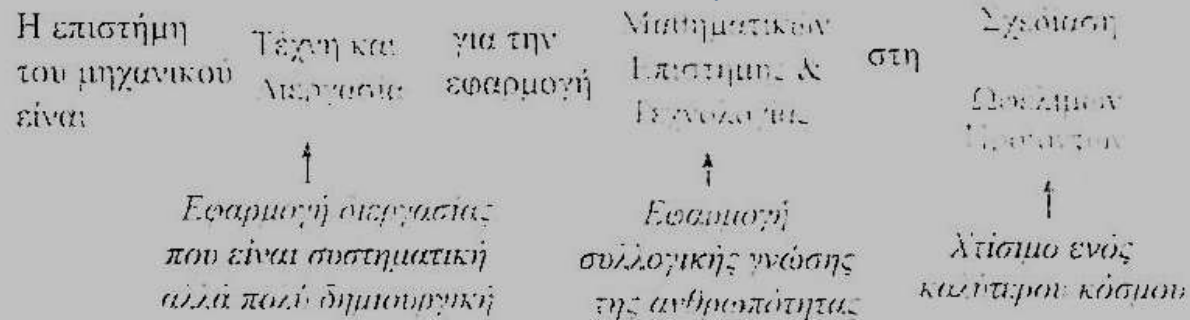
Υδραυλική (Ανοικτοί και κλειστοί αγωγοί)

1. Εισαγωγικό μάθημα | 2. Βασικές
έννοιες

Δρ Μ. Σπηλιώτης
Επ. Καθηγητή Δ.Π.Θ.

Επιστήμη του Μηχανικού

Όχι μόνο αυτά, ολιστική προσέγγιση, νεώτερη αντίληψη



ΣΧΗΜΑ 1.3 Μία σύνοψη των ιδεών γύρω από την επιστήμη του μηχανικού.

Διεργασία: συστηματική και αποτελεσματική λήψη αποφάσεων

Μηχανική

- Μηχανική: Κίνηση υλικών σωμάτων
- Μηχανική Ρευστών: Κίνηση υγρών και αερίων
- Παλιότερα: Διάσταση μηχανικής ρευστών και Υδραυλικής, σήμερα η Υδραυλική είναι υποσύνολο της Μηχανικής Ρευστών

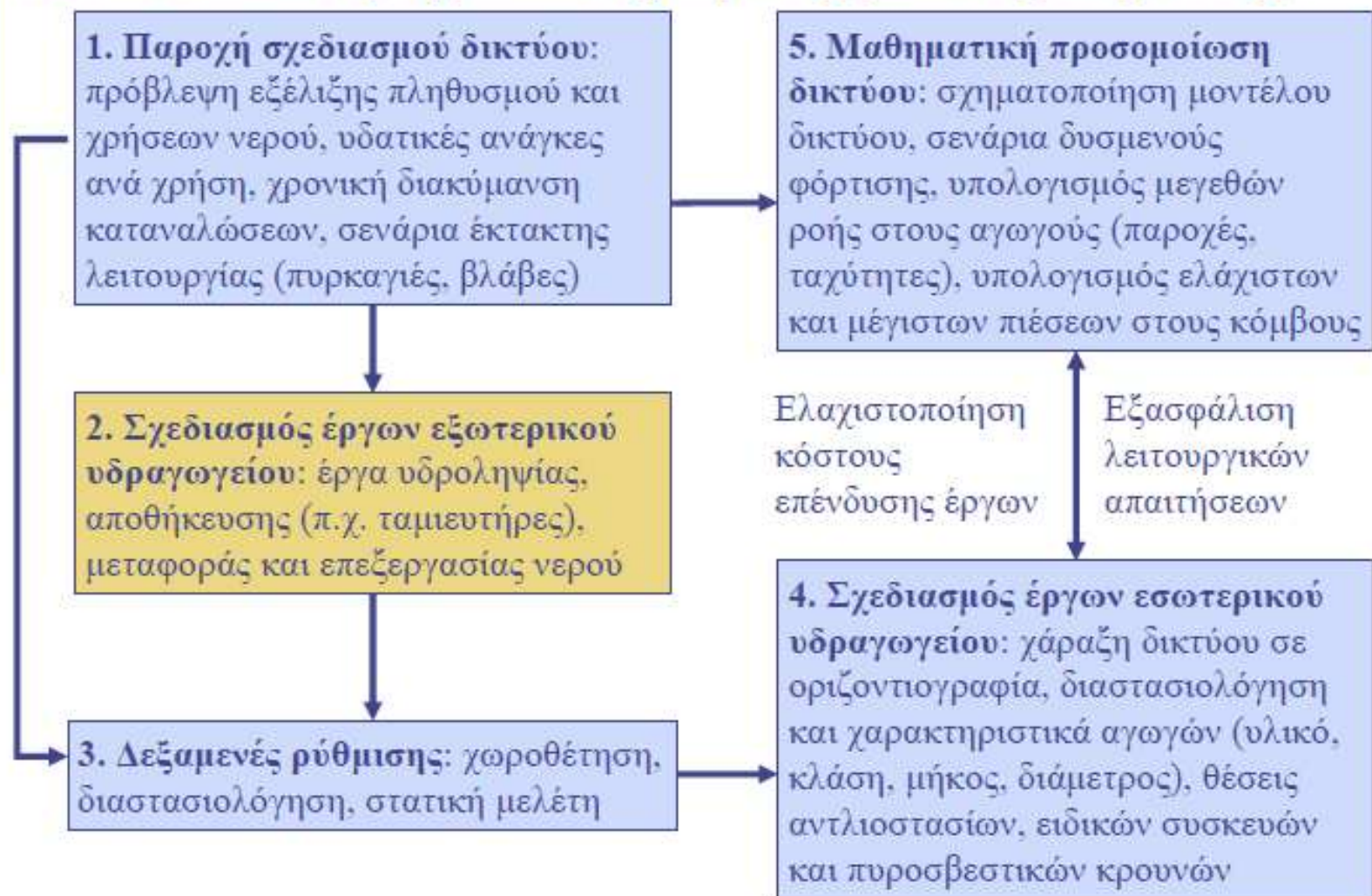
Μάθημα

- Εξέταση με ανοικτές σημειώσεις και βιβλία
- Προτεινόμενο βιβλίο Καθ. Ι Σούλη, σημειώσεις από το eclass
- Έμφαση σε ασκήσεις, μικρές ερωτήσεις κρίσεως πολλές φορές σε είδος μικρής άσκησης
- Μπόνους από ασκήσεις για παράδοση, ανάγκη επικοινωνίας με διδάσκοντα, προφορική εξέταση
- Κριτική ικανότητα όχι «παπαγαλία»

Τμήματα Ολοκληρωμένης Υδραυλικής μελέτης

- Προσδιορισμός παροχών (αβεβαιότητα)
- Σχεδιασμός έργων εξωτερικού υδραγωγείου, έργα συλλογής νερού και μεταφοράς από την πηγή.
Δεξαμενές, ταμιευτήρες
- Υδραυλική προσομοίωση δικτύων μεταφοράς εσωτερικού και εξωτερικού υδραγωγείου (υδραυλική επίλυση)
- Βελτιστοποίηση δικτύου
 - Συμπερίληψη της αβεβαιότητας
 - Αποτελεσματικός σχεδιασμός για πολλαπλά κριτήρια
- Αλληλεπίδραση της υδραυλικής μελέτης με το βέλτιστο ή αποτελεσματικό σχεδιασμό

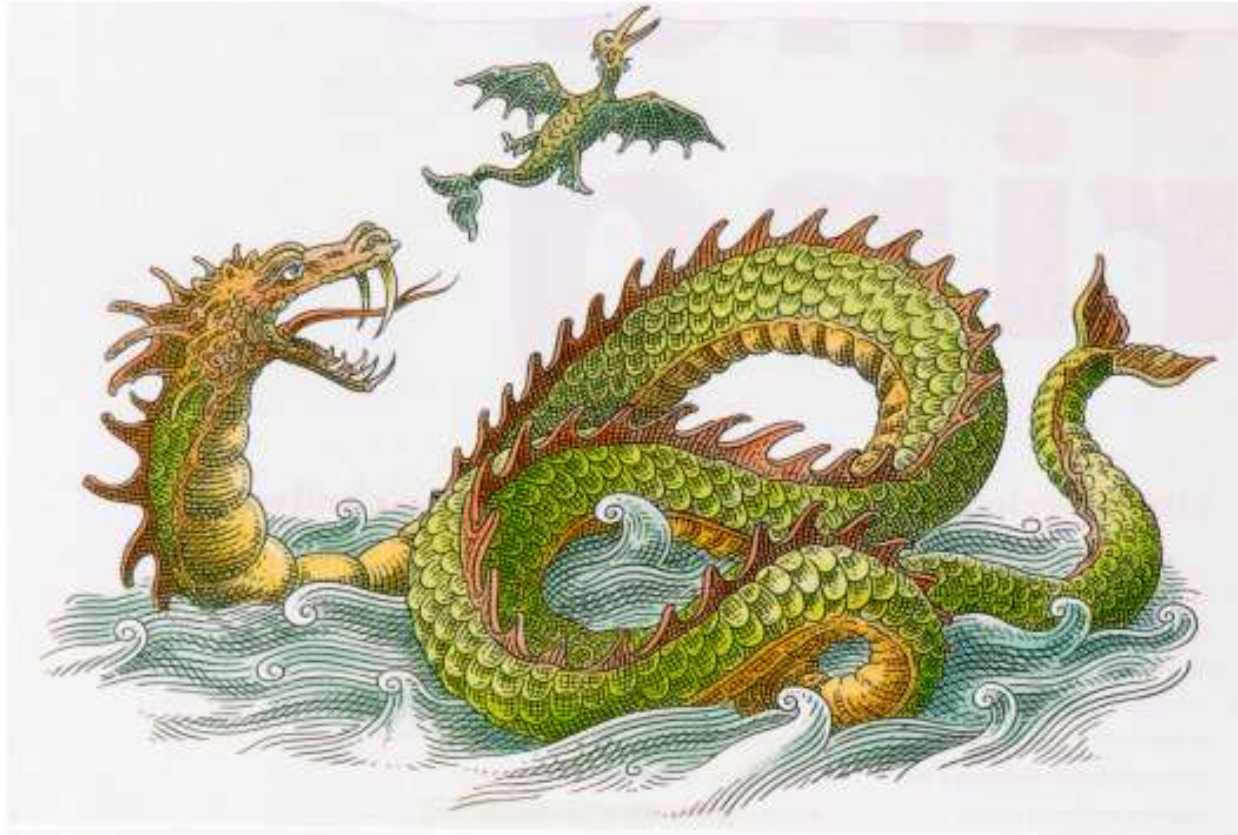
Στάδια εκπόνησης ολοκληρωμένης μελέτης ύδρευσης



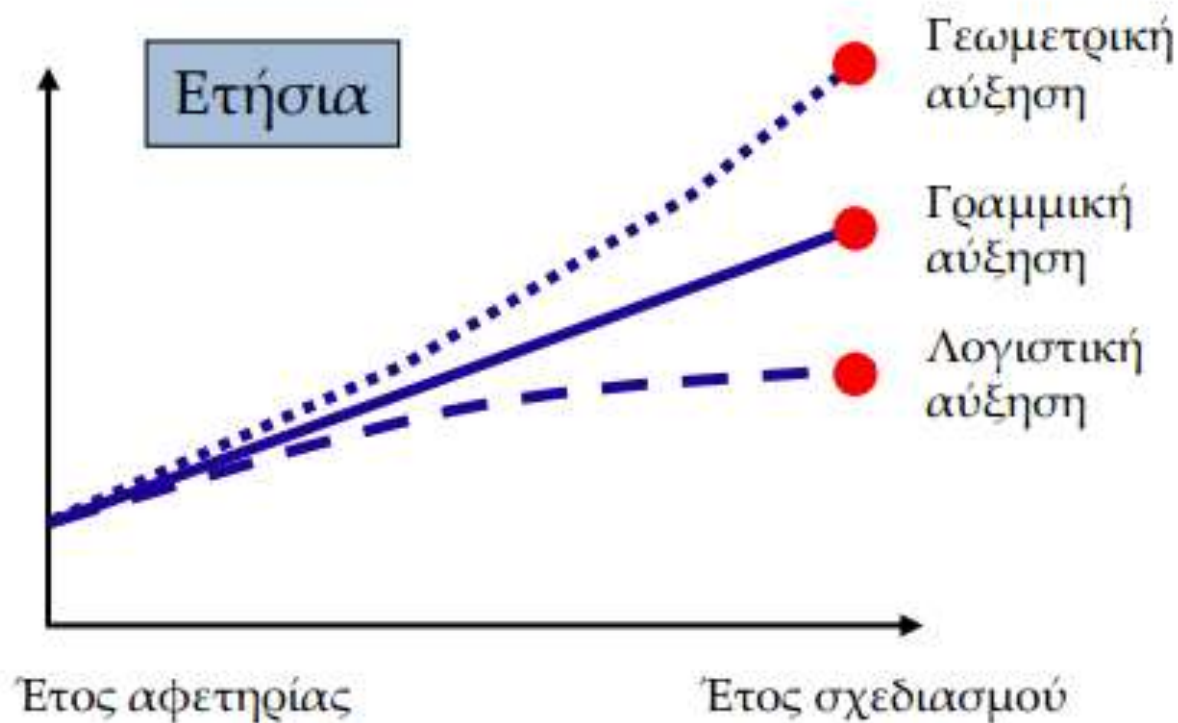
Αβεβαιότητες

- Στις περισσότερες υδρολογικές παραμέτρους και συνεπώς στην παροχή σχεδιασμού
- Στην ανθρώπινη κατανάλωση και την αιχμή της \Rightarrow Στην παροχή σχεδιασμού
- Στην εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων (π.χ. τραχύτητα)
- Σχεδιασμός και διαχείριση των δικτύων

Αβεβαιότητα



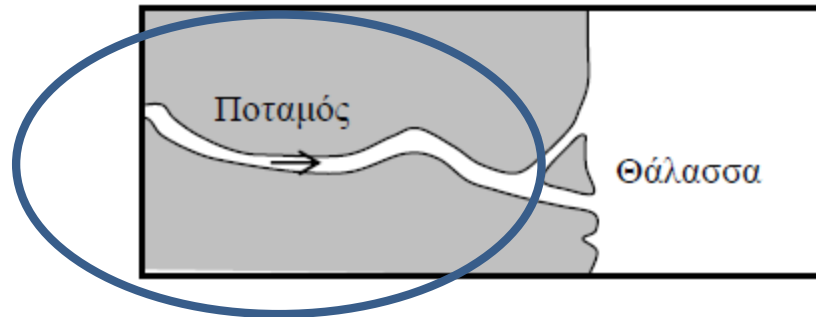
Σενάρια αύξησης πληθυσμού ---ζήτηση νερού για αστική κατανάλωση (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2014)



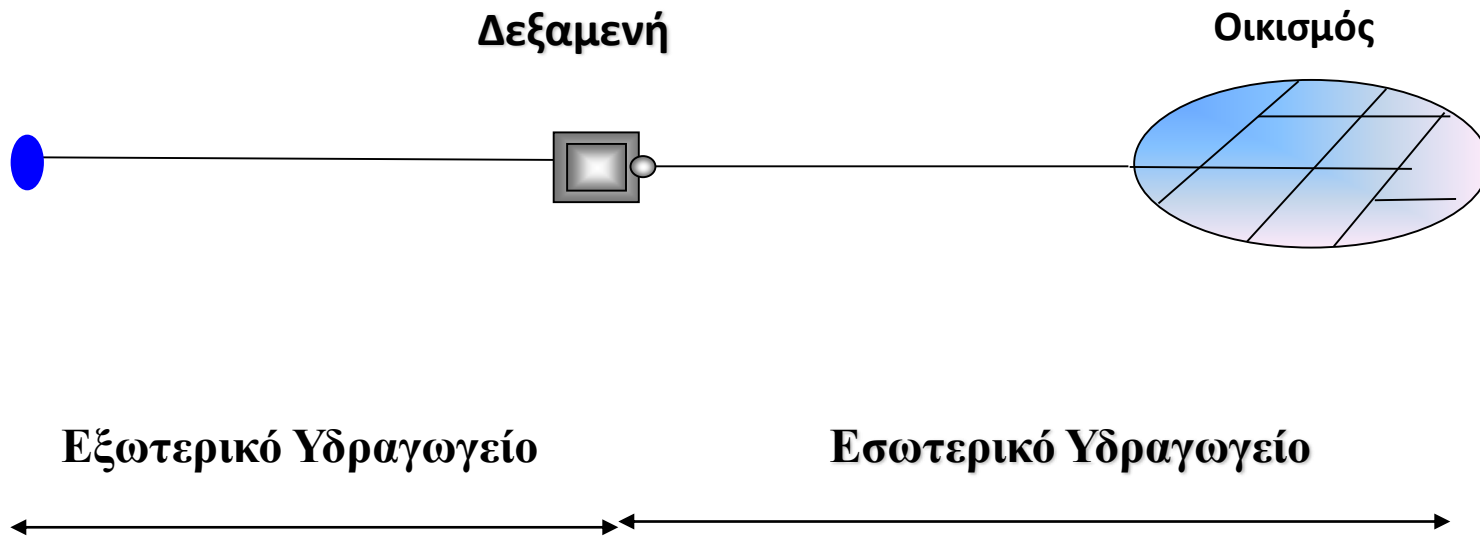
Πεδίο εφαρμογής: Σωληνοειδείς ροές

- Σωληνοειδείς ροές: Είναι οι ροές που η μορφή τους έχει το σχήμα ενός σωλήνα. Η κατά μήκος διάσταση είναι πολύ πιο σημαντική σε σχέση με την εγκάρσια. Ροή μονοδιάστατη.
- Συνήθεις περιπτώσεις: **Μονοδιάστατη μόνιμη ροή, πολλές φορές και ομοιόμορφη**
- **Κατηγοριοποίηση: Ροή με ελεύθερη επιφάνεια, ροή σε κλειστούς αγωγούς**

Η ροή ενός ποταμού ή φυσικού υδατορρευματος, αν και η διατομή του διαφέρει καθ' όλο το μήκος, μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μονοδιάστατη και να αναλυθεί με βάση τις αντίστοιχες αρχές.



Υδραγωγείο



Εφαρμογές μαθήματος

- Διαστασιολόγηση εσωτερικού υδραγωγείου ύδρευσης (κλειστοί αγωγοί υπό πίεση)
- Διαστασιολόγηση εξωτερικού υδραγωγείου (υπό πίεση ή με ελεύθερη επιφάνεια)
- Αποχετεύσεις ακαθάρτων και ομβρίων (ανοικτοί αγωγοί θεώρηση ομοιόμορφης ροής)
- Αρδεύσεις – στραγγίσεις (ανοικτοί και κλειστοί αγωγοί)
- Αντιπλημμυρικός σχεδιασμός (ανοικτοί φυσικοί αγωγοί μη ομοιόμορφη ροή γενικά)
- Υδροδυναμικά έργα

Κατάταξη εφαρμογών

Άμεση εφαρμογή:

- Υδραγωγεία Ύδρευσης
- Δίκτυο αποχέτευσης (ανοικτοί αγωγοί)
- Συλλογικά και ατομικά δίκτυα άρδευσης
- Υδροδυναμικά έργα
- Ροή σε φυσικούς αγωγούς

Ιστορική αναδρομή ανάπτυξη πολιτισμών και τεχνολογία υδατικών πόρων

- Γεωργική επανάσταση
- Σημασία των υδραυλικών έργων (αρδευτικά δίκτυα) στους πρώτους πολιτισμούς στη Μεσοποταμία, το Νείλο και την Κίνα
- Αριστοτέλης: μελέτη για τις συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου
- Αρχαίες πόλεις και επίπεδο υγιεινής
- Μεγάλα υδραυλικά έργα από τους ρωμαίους, υψηλής ανθεκτικότητας
- Πτώση υγιεινής στη Δύση κατά το Μεσαίωνα και επιδημίες σε αστικούς πληθυσμούς
- Ανεπάρκεια γνώσεων και στασιμότητα
- Αναγέννηση

Ανάπτυξη κρατών και πολιτισμών είχαν ως προϋπόθεση την ανάπτυξη έργων και μέτρων διαχείρισης υδατικών πόρων

Πλάνες της αρχαίας εποχής και επιστημονική έρευνα

- Τάρταρον: μεγάλο υπόγειο ρεύμα (Όμηρος) ή υδάτινος πυρήνας (Πλάτωνας)
- Αριστοτέλης: Μετεωρολογικά

Ρωμαϊκός πολιτισμός: υδραγωγεία

Nîmes (αρχαία Νεμαυσός,
Υδραγωγείο Pont du Gard)



Ρώμη (Porta
Maggiore)



Ρωμείο Υδραγωγείο ιστορικές στρεβλώσεις



Επίσης,
Μεγάλα
Υδραυλικά
έργα
Αράβων



Χρήση υδραγωγείων στην αρχαιότητα και το μεσαίωνα

- Αν και η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων νερού στις πόλεις ήταν δυνατή με τα υδραγωγεία, η διανομή γινόταν αποκλειστικά από πηγάδια ή κρήνες, καθώς δεν ήταν δυνατή η διανομή του νερού υπό πίεση (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2016).
- Η κατασκευή δικτύων διανομής υπό πίεση ξεκίνησε στις μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις τον 17ο αιώνα, όταν και κατέστη δυνατή η μαζική κατασκευή σωλήνων από χάλυβα ή χυτοσίδηρο, υλικών δηλαδή ανθεκτικών στις εσωτερικές υδροστατικές πιέσεις.
- Ώθηση από τη βιομηχανική επανάσταση



Κρήνη στην Αθήνα
Ξυλογραφία Μ. Α. Βίδα (1858)



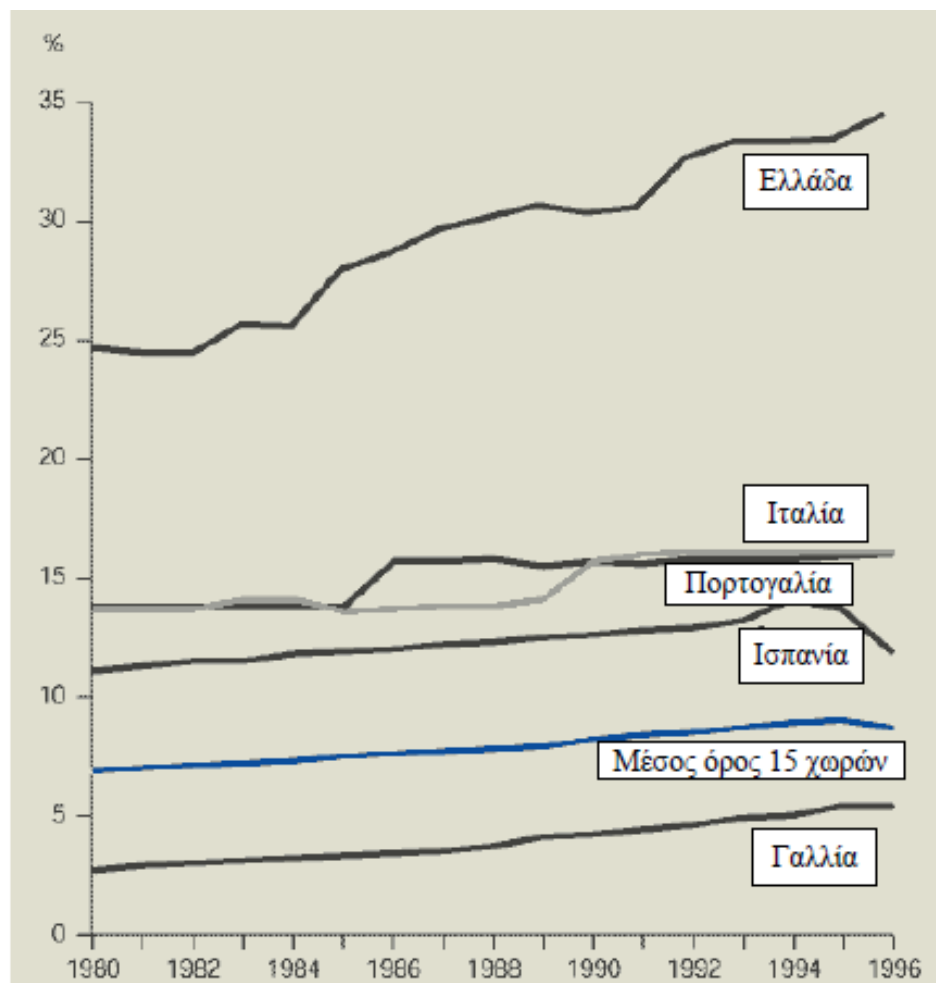
Υδροληψία σε γειτονιά
της Αθήνας (1933)

Νεώτερη ώθηση

- Δημιουργία αποχετευτικών δικτύων στις Δυτικές μητροπόλεις
- Βιομηχανική επανάσταση
- Μεγάλη ώθηση της επιστήμης και της τεχνικής, Υδραυλικής (και του ανθρώπινου πνεύματος γενικότερα)
 - Χρήση αντλιών
 - Κατασκευή φραγμάτων
 - Επινόηση της Υδρολογίας
 - Εγκαταστάσεις υγιεινής
- Ανεπτυγμένες χώρες του Βορρά, υπερεπάρκεια υδατικού δυναμικού, πρόβλημα ποιότητας σε αντίθεση με το Νότο
- Επινόηση της διαχείρισης υδατικών πόρων
- Προκλήσεις
 - Κλιματική αλλαγή
 - Αύξηση πληθυσμού
 - Οικονομική ξηρασία
- Ολοκληρωμένη διαχείριση και προσαρμοστική διαχείριση
- Τεχνολογία Υδατικών Πόρων και παραγωγική ανασυγκρότηση χώρας

Εγγειοβελτιωτικά έργα στην Ελληνική πραγματικότητα

- Βασική προϋπόθεση ανάπτυξης αρχαίων πολιτισμών
- Ελλάδα πρώτο εγγειοβελτιωτικό: 1856
- Μεγάλη ώθηση εξαιτίας του προσφυγικού προβλήματος
- Πτώση στη δεκαετία 40-50
- Σημαντική αύξηση μέχρι το 1980
- Προβλήματα σωστής ένταξης των εγγειοβελτιωτικών έργων στη ΔΥΠ
- Προβλήματα κακής συντήρησης και κακής λειτουργίας
- Ανταγωνιστικότητα ελληνικής γεωργίας και παραγωγική ανασυγκρότηση



Σχ. 1 Αρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης (Πηγή: FAO, Eurostat/NewCronos).

Νεώτερη εκτίμηση κατά Κουτσογιάννη, 2015

Συγκεκριμένα, το ποσοστό των αρδευόμενων γεωργικών γαιών στην Ελλάδα ανέρχεται στο 32% του συνόλου, ενώ περίπου το 60% των πεδινών εδαφών αρδεύεται (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001). Ειδικότερα, από τα συλλογικά εγχειριστικά έργα αρμοδιότητας του Υπουργείου Γεωργίας αρδεύεται ποσοστό 40% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης, δηλαδή 5 200 000 στρέμματα επί συνόλου 13 200 000. Από αυτά το 35–40% με επιφανειακές μεθόδους, το 50–55% με συστήματα καταιονισμού, και το 10% με στάγδην άρδευση και λοιπά συστήματα μικροαρδεύσεων (Υπουργείο Γεωργίας, 2002). Το υπόλοιπο 60% των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας αρδεύεται από ιδιωτικά αρδευτικά έργα (Υπουργείο Γεωργίας, 2002). Αν και τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στα ποσοστά και του καταιονισμού και της στάγδην άρδευσης (π.χ. στην Κρήτη η στάγδην άρδευση φτάνει το 80%· Περιφέρεια Κρήτης, 2002), η αποτελεσματικότητα των αρδεύσεων έχει ακόμα σημαντικά περιθώρια βελτίωσης.

Έργα υδρεύσεων- αποχετεύσεως

- Ανυπαρξία βασικών έργων αποχέτευσης σε μικρούς οικισμούς
- Έλλειψη δικτύων σε μικρούς οικισμούς, ανάγκη παρακολούθησης και μείωσης απωλειών δικτύων-παλαίωση δικτύων
- Μεγάλη ανισομέρεια στη χώρα

Αντιπλημμυρική προστασία

- Προτεραιότητα στην κατασκευή **ενός δικτύου ομβρίων σε αστικό περιβάλλον** (δίκτυο αποκεντρωτικό, **χρήση ορθολογικής μεθόδου** και **ομοιόμορφης ροής ανοικτών αγωγών (τεχνικοί αγωγοί)**)
- Διόδευση πλημμύρας ή θεώρηση μόνιμης ροής σε φυσικούς αγωγούς **μη σταθερή διατομή και τραχύτητα, μη ομοιόμορφη ροή**
 - Υποπρόβλημα: **μελέτη φερτών υλικών**

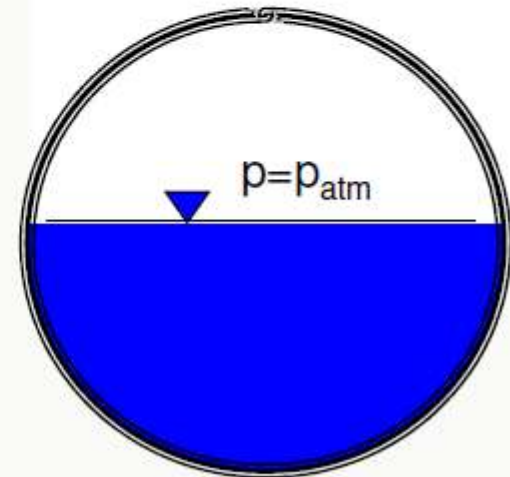
Ανοικτοί αγωγοί: σχηματίζουν ελεύθερη επιφάνεια:

- φυσικοί
- τεχνικές κατασκευές

- Natural flows: rivers, creeks, floods, etc.



- Human-made systems: fresh-water aqueducts, irrigation, sewers, drainage ditches, etc.



1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΟΤΑΜΩΝ

Διαφορές μεταξύ τεχνητών και φυσικών ανοικτών αχμών

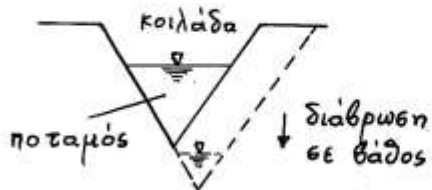
Τεχνητοί ανοικτοί αχμοί

- Σταθερότητα γεωμετρίας της διατομής
- Σταθερότητα τραχύτητας παρειών
- Δεν υπόκεινται σε προσχώσεις και διαβρώσεις
- Δεν υπάρχει υδρόβια βλάστηση

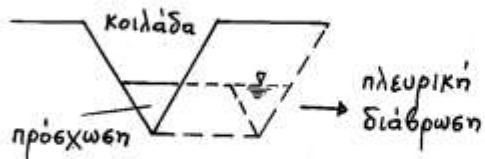
Φυσικοί ανοικτοί αχμοί

- Ο πυθμένας δεν είναι σταθερός, υπόκειται σε διαβρώσεις και εναποθέσεις φερτών υλών
- Η ροή μεταφέρει σημαντική ποσότητα στερεών υλών σε αώρηση και ως φορτίο κοίτης

Σχηματισμός ποταμού (σε εγκάρσια τομή)



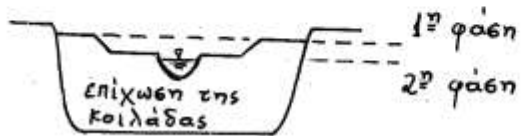
1^ο στάδιο



2^ο στάδιο



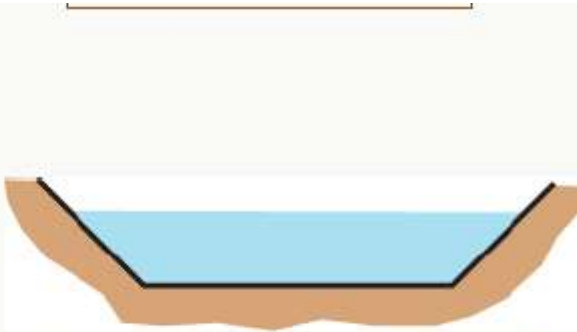
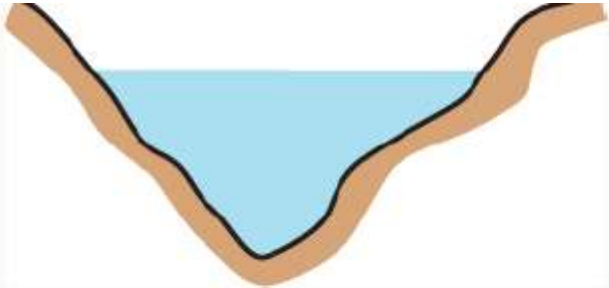
3^ο στάδιο



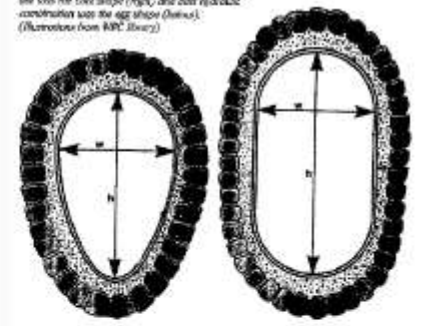
3^ο στάδιο

Πολυπλοκότητες σε ποτάμια υδραυλική

- Μεταβολή της διατομής
- Ανεπάρκεια επίλυσης μόνο με την κλασσική υδραυλική ανοικτών αγωγών
- Αλληλεπίδραση με τη λεκάνη απορροής
- **Ποτάμι: ζωντανός οργανισμός**
- Απαραίτητα γνωστικά παιδεία: υδραυλική και ειδικευμένη υδραυλική, υδρολογία, ιδιαίτερη αναφορά στο υποσύνολο των φερτών υλικών, παράμετροι ποιότητας νερού, οικολογικές παράμετροι και τελικά τεχνικές λήψης απόφασης



Early tunnel designs used "capacity" to estimate
the size for level design (right), and then hydraulic
construction with the egg shape (left).
(Illustration from RFD Library)



Ψυττάλεια: Πλήρης λειτουργία το 2004



Τεχνολογία Υδατικών Πόρων και παραγωγική ανασυγκρότηση χώρας

- Εκσυγχρονισμός (κάκιστη λειτουργία) και δημιουργία αρδευτικών έργων
- Έργα αποχέτευσης ομβρίων και αποχετεύσεων (έργο προστασίας περιβάλλοντος αλλά και αναπτυξιακό, π.χ. κατάσταση με μη στεγανούς βόθρους σε παραλιακούς τουριστικούς οικισμούς)
- Συντήρηση, επέκταση και αντικατάσταση πολλές φορές κακοσχεδιασμένων δικτύων ύδρευσης
- Αντιπλημμυρικός σχεδιασμός, ιδιαίτερα για τη Μέγα –Πόλη της Αθήνας
- Περιβαλλοντική προστασία
- Διαχείριση υδατικών Πόρων (ύπαρξη αξιόλογου υδατικού δυναμικού, κάποιες φορές «κακώς κατανεμημένου»)
- Νέες προκλήσεις: Κλιματική αλλαγή, ένταση ακραίων φαινομένων

Υδραυλική σε σχέση με τη μηχανική
ρευστών και την υδρολογία

Μηχανική ρευστών και Υδραυλική

- Μηχανική ρευστών: Εμπερικλείει την υδραυλική (νεώτερη αντίληψη μετά τη θεώρηση του οριακού στρώματος)
- Υδραυλική: Ροή μονοδιάστατη, χρήση ημιεμπιρικών σχέσεων για τις απώλειες ενέργειας, σε πολλές εφαρμογές ομοιόμορφη ροή. «Απλή θεωρία», έμφαση στις εφαρμογές
- Παλιότερα: Ανταγωνισμός μεταξύ των δύο σχολών

Υδραυλική και υδρολογία

- Υδρολογία: ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων και νόμων για τις διάφορες διαδικασίες του υδρολογικού κύκλου και ιδιαίτερα για τη χωροχρονική εξέλιξη των υδρολογικών φαινομένων (Τσακίρης, 2013)
- Υδραυλική, εμπερικλείεται στην υδρολογία, **οι επινοήσεις της υδραυλικής (προ-) υπήρξαν και εξελίξεις για τον κλάδο της υδρολογίας**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Υδρολογία: - Νερά της Γης
 - Εμφάνιση, κυκλοφορία, διανομή αυτών
 - Φυσικές και χημικές ιδιότητες
 - Αλληλεπίδραση με το περιβάλλον
- Τεχνική Υδρολογία: - Εφαρμοσμένος τομέας
 - Προβλήματα του νερού που εχετίζονται με τη μελέτη και λειτουργία των υδραυλικών έργων
- Υδρολογικός κύκλος: - Κυκλοφορία νερού στη φύση μεταξύ ωκεανών - ατμόσφαιρας - Ήρας - ωκεανών.
 - Αέρια κατάσταση: υδρατμοί
 - Στερεά κατάσταση: χιόνι, χαλάζι
 - Αρχή υδρολογικού κύκλου:
 - Δεν υφίσταται
 - μπορεί να τοποθετηθεί στην ατμόσφαιρα

Χρυσάνθου, 2013

Ο υδρολογικός κύκλος



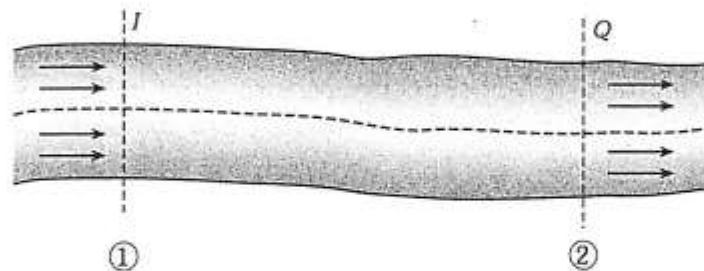
Υπέρβαση υδραυλικής

Διόδευση, ένα πολύπλοκο υδραυλικό
πρόβλημα με υδρολογικές μεθόδους

12.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ

Με την διέλευση μιας πλημμύρας διαμέσου ενός επιφανειακού υδροφορέα (ενός τμήματος ποταμού ή ενός ταμιευτήρα) παρατηρείται μια μείωση της αιχμής της πλημμύρας που συνοδεύεται από μια καθυστέρηση. Αν για παράδειγμα διοδευθεί μια πλημμύρα μέσω ενός τμήματος φυσικού υδατορεύματος (Σχ. 12.1) με υδρογράφημα εισροής που φαίνεται στο Σχ. 12.2 στο υδρογράφημα εκροής, στη θέση 2 παρατηρείται μια μείωση της αιχμής και μια χρονική επιβράδυνση εμφάνισής της.

Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι στα φυσικά υδατορεύματα υπάρ-

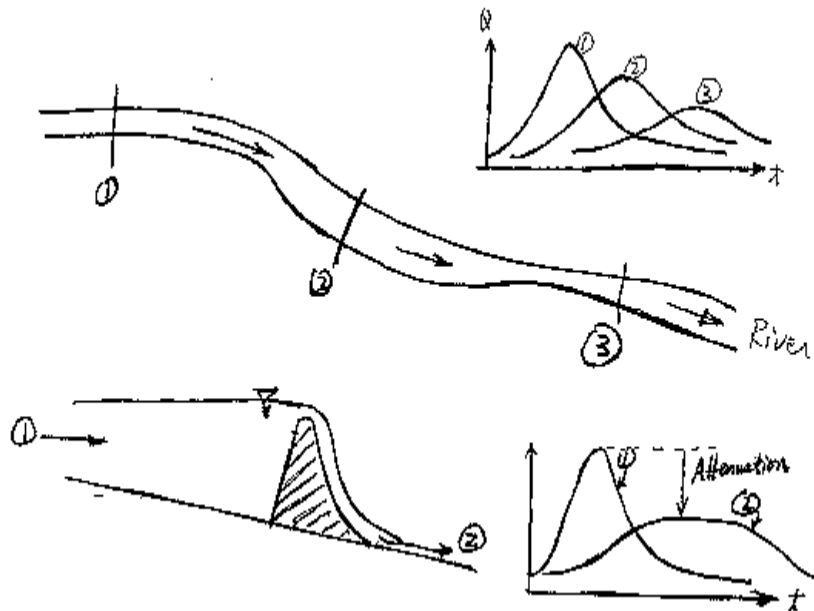


Σχ. 12.1: Διόδευση διαμέσου του τμήματος ποταμού από τη θέση 1 στη θέση 2.

- * Σύμφωνα με τον Nash (1960) το πρόβλημα της διόδευσης έχει τρεις όψεις:
- Με γνωστά το υδρογράφημα εκροής και την κωρητικότητα του υδροφορέα να υπολογιστεί το υδρογράφημα εισροής. Περίπτωση που συναντάται όταν ο υδρομετρικός σταθμός βρίσκεται κατάντι του φράγματος και πρέπει να βρεθεί το υδρογράφημα της φυσικής λεκάνης ανάντη του φράγματος.
 - Με γνωστά το υδρογράφημα εισροής και εκροής να υπολογισθεί η αποθήκευση. Περίπτωση που συναντάται όταν μελετάται η κωρητικότητα ενός τμήματος υδατορεύματος με υδρομετρικούς σταθμούς και στα δύο του άκρα.
 - Με γνωστό το υδρογράφημα εισροής και γνωστά τα χαρακτηριστικά κωρητικότητας/αποθήκευσης να υπολογισθεί το υδρογράφημα εκροής. Η τελευταία αυτή περίπτωση είναι η συνηθέστερη στα προβλήματα διόδευσης πλημμύρας.

Αποτελέσματα της διόδευσης

- Ανακούφιση αιχμής
- Χρονική επιβράδυνση αιχμής



- Πλημμύρα: αβραθής ροή (συνήθως βαθμιαίως μεταβαλλομένη)

- Εξίσωση διατηρήσεως της μάζας (συνεχείας)
- Εξίσωση διατηρήσεως ενέργειας
- Εξίσωση διατηρήσεως ποσότητας κινήσεως


Λόγω πολυπλοκότητας του φαινομένου συνήθως στηρίζομαστε σε προσεγγιστικές υδρολογικές μεθόδους (στηρίζονται κύρια στη διατήρηση της μάζας και σε μία υπόθεση για την αποθηκευτικότητα)

Μεθοδολογίες Επίλυσης

Οι χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες διόδευσης είναι δύο:

α) *Υδρολογική*. Η πρόβλεψη της εξέλιξης της πλημμύρας βασίζεται στην εξίσωση της συνέχειας και σε μια συνάρτηση της χωρητικότητας του συστήματος. Αν ο φορέας διαμέσου του οποίου γίνεται η διόδευση είναι ταμιευτήρας απαιτείται επιπλέον και μια συνάρτηση που συνδέει την παροχή εκροής με την αποθήκευση του φορέα. Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν δεδομένα πλημμύρας εισόδου και προβλέπουν τα χαρακτηριστικά της πλημμύρας εξόδου. Οι μέθοδοι αυτές δεν οινούν πληροφορίες για την πλήρη χωροχρονική εξέλιξη της πλημμύρας και δεν απαιτούν γνώσεις των χαρακτηριστικών του φορέα.

β) *Υδραυλική*. Η μαθηματική αναπαράσταση της εξέλιξης της πλημμύρας βασίζεται στη χρησιμοποίηση των εξισώσεων ασταθούς ροής σε ανοικτούς αγωγούς (Εξισώσεις Saint Venant). Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας δίνουν όλες τις πληροφορίες κατά τη διέλευση μιας πλημμύρας μέσω ενός υδρογραφικού δικτύου, χρησιμοποιούν όμως στοιχεία που σπάνια είναι γνωστά και οι παραδοχές που γίνονται για την απλοποίηση και την επίλυση των εξισώσεων ανατρέπουν σε κάποιο βαθμό την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μεθόδων αυτών.



Διατήρηση της μάζας

Μέθοδοι διόδευσης πλημμυρών:

Υδραυλικές:

Εξίσωση συνέχειας }
Εξίσωση ποσότητας } Εξισώσεις Saint Venant
κίνησης }

- Σύστημα δύο μερικών διαφορικών εξισώσεων υπερβολικού τύπου
- Αριθμητική επίλυση των παραπάνω εξισώσεων
- Απαιτούν πολλά δεδομένα (γεωμετρικά, υδραυλικά)
- Απαιτούν πολλούς υπολογισμούς
- Δεν χρειάζονται ρύθμιση
- Τυχόν μεταβολές του ποταμού λόγω τεχνικών έργων μπορούν να ληφθούν υπόψη.

Υδρολογικές:

Εξίσωση συνέχειας }
Σχέση "αποθήκευσης" (εμπειρική) } $V=f(Q)$

- Απλούστερες των υδραυλικών
- Παρέχουν λιγότερο ακριβή αποτελέσματα (σε σχέση προς τις υδραυλικές)
- Χρειάζονται ρύθμιση
- Μελλοντικές μεταβολές του ποταμού λόγω τεχνικών έργων δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη.

Πίν. 1.2 Σημαντικότερες συμβολές στην υδρολογία κατά την περίοδο 1850-1960.

Έτος	Ερευνητής	Συμβολή	Υπο-περιοχή
1851	Mulvaney	Ορθολογική μέθοδος για πλημμυρική παροχή	1
1856	Darcy	Νόμος κίνησης υπόγειων νερών	2α
1863	Dupuit	Προσέγγιση κίνησης υπόγειων νερών	2α
1871	Saint-Venant	Εξίσωσεις μη μόνιμης ροής με ελεύθερη επιφάνεια	1α
1879	Du Boys	Εξίσωση στερεοπαροχής με σύρση	3α
1883	Rippl	Μέθοδος διαστασιολόγησης ταμιευτήρων	1
1891	Manning	Τύπος ταχύτητας σε ροή με ελεύθερη επιφάνεια	1α
1902	Slichter	Θεωρία υπόγειας ροής	2α
1911	Thiessen	Μέθοδος εκτίμησης επιφανειακής βροχόπτωσης	1δ
1911	Green & Ampt	Φυσικά θεμελιωμένο μοντέλο διήθησης	2
1914	Hazen	Ανάλυση συχνοτήτων για πλημμυρικές αιχμές, όγκοι ταμίευσης	4
1914	Forchheimer	Θεωρία υπόγειας ροής	2α
1925	Prandtl	Θεωρία τυρβώδους μεταφοράς	1α
1925	Streeter-Phelps	Εξίσωση διαλυμένου οξυγόνου σε ποτάμια	3β
1928	Meinzer	Μηχανική περιορισμένων υδροφορέων	2α
1931	Richards	Εξίσωση ακόρεστης ροής	2α
1932	Sherman	Μοναδιαίο υδρογράφημα	1
1933	Horton	Θεωρία διήθησης	2
1935	Theis	Εξίσωση υδραυλικής φρεάτων	2α
1936	Shields	Κριτήριο ξεκινήματος στερεοπαροχής	3α
1938	Snyder	Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα	1
1938	McCarthy	Μέθοδος διόδευσης πλημμυρών Muskingum	1α
1940	Hubbert	Θεωρία υπόγειας ροής	2α
1941	Gumbel	Πιθανοτική κατανομή ακροτάτων	4
1944	Thornthwaite	Εκτίμηση δυναμικής εξατμοδιαπνοής	1δ
1945	Clark	Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα	1
1945	Horton	Μαθηματική περιγραφή υδρογραφικών δικτύων	1γ
1948	Penman	Εξίσωση εξατμησης	1δ
1948	Meyer-Peter & Muller	Εξίσωση στερεοπαροχής	3α
1949	Langbein	Σειρές ετήσιων μεγίστων και μερτικής διάρκειας	4

Αρχή:
Ορθολογική
μέθοδος και
νόμος του Darcy

(συνεχίζεται)

Πίν. 1.2 (συνέχεια) Σημαντικότερες συμβολές στην υδρολογία κατά την περίοδο 1850-1960.

Έτος	Ερευνητής	Συμβολή	Υπο-περι-οχη*
1950	Blaney & Criddle	Εξίσωση εξατμοδιαπνοής καλλιεργειών	1
1950	Jacob	Εξίσωση μη μόνιμης υπόγειας ροής	2α
1950	Einstein	Εξίσωση στερεοπαροχής	3α
1951	Hurst	Εμμογή υδρολογικών χρονοσειρών	4
1951	Chow	Τυποποίηση υπολογισμών στατιστικής υδρολογίας	4
1955	Jenkinson	Γενικευμένη κατανομή ακροτάτων	4
1957	Nash	Μοντέλο συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος	1
1957	Philip	Εξίσωση διήθησης	2
1957	Blench	Θεωρία καθεστώτος μορφής υδατορευμάτων	3γ

* 1: επιφανειακή υδρολογία, 2: υπόγεια υδρολογία, 3: φαινόμενα μεταφοράς, 4: στατιστική υδρολογία· α: σχέση με υδραυλική, β: σχέση με περιβαλλοντική τεχνολογία, γ: σχέση με γεωμορφολογία, δ: σχέση με μετεωρολογία

Αστοχίες τεχνικών έργων υποδομής από τη μη ορθή συμπερίληψη πτυχών της υδραυλικής επιστήμης

- Λιμνοδεξαμενές στα νησιά που δεν γέμισαν ποτέ... (μη μέτρηση βροχοπτώσεων) και γενικά υπερδιαστασιολόγηση έργων
- Ταμιευτήρες που γέμισαν από φερτά από υποεκτίμηση της στερεοπαροχής
- Αστοχίες σε γέφυρες
- Αστοχίες φραγμάτων λόγω υπόγειας ροής
- Μη ορθολογική διαχείριση υπογείων υδροφορέων
- Σπασίματα αγωγών λόγω μη ορθολογικού σχεδιασμού των πιέσεων
- Αστοχία δικτύων διανομής λόγω ανεπαρκούς πίεσης



Μετατόπιση μεσοβάθρου γέφυρας στο χείμαρρο Ζηλιάνα
λόγω υποσκαφής

Μηχανισμός φαινομένου τοπικής διάβρωσης

Το βάθρο
αποτελεί εμπόδιο
στην κίνηση του
νερού



- Επιτάχυνση ροής στην περιοχή του βάρου
- Δημιουργία στροβίλων



Φαινόμενο
τοπικής
διάβρωσης

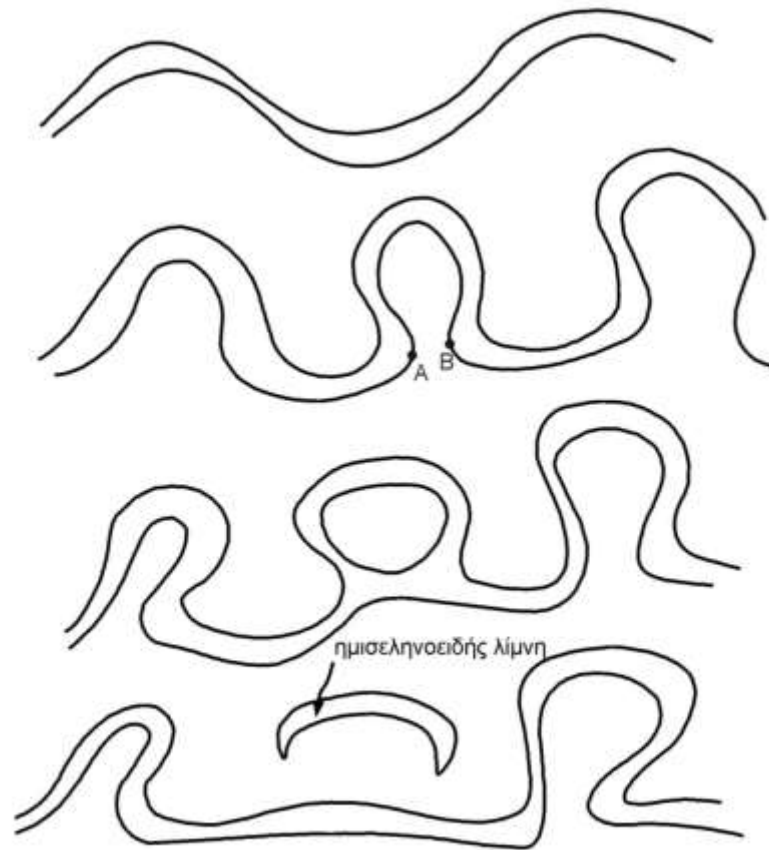
Ρυθμός μεταφοράς
φερτών < ρυθμό
απομάκρυνσης

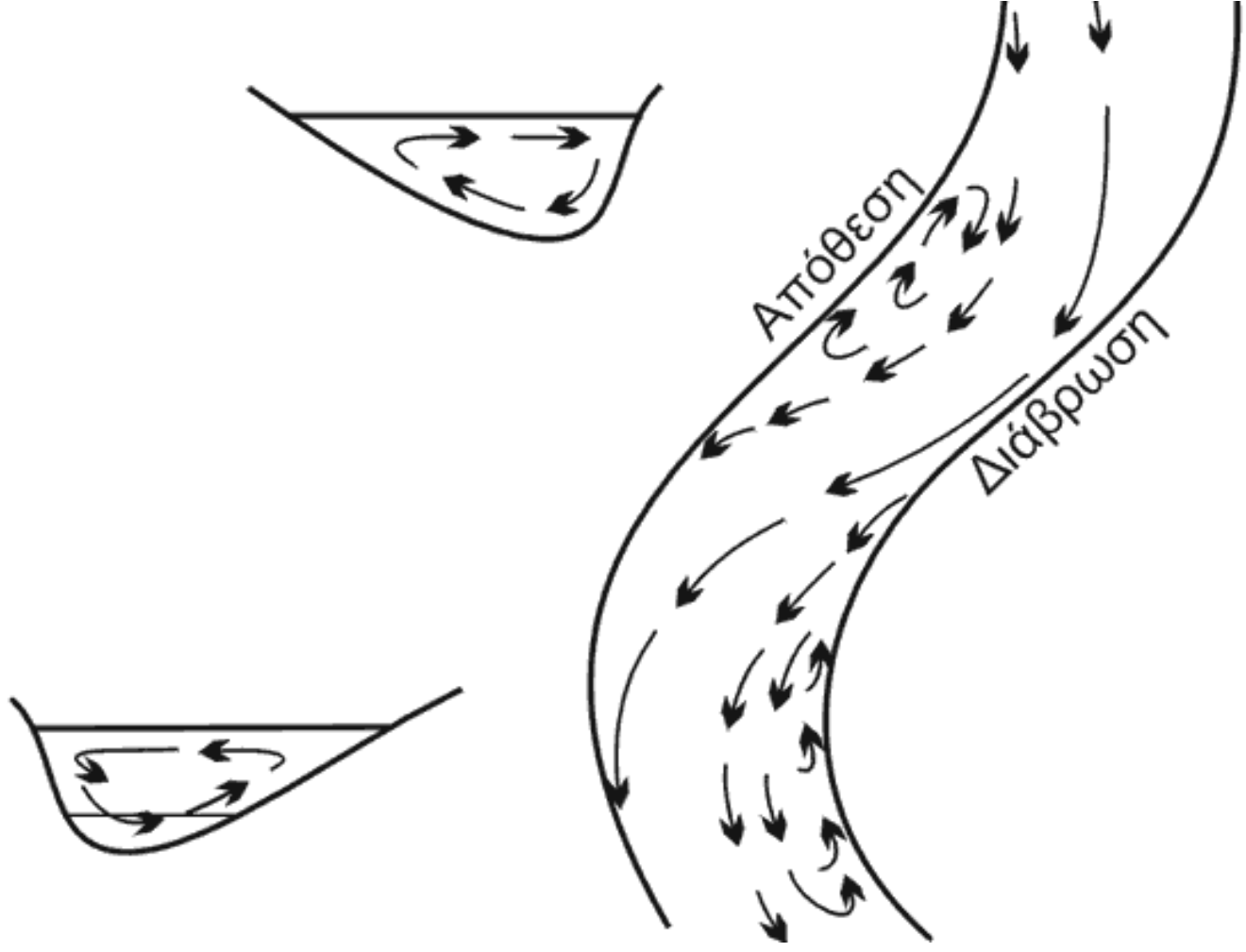


Έναρξη κίνησης
κόκκων στην βάση
του βάρου και
απομάκρυνση τους
μέσω των στροβίλων

Μαιανδρισμός







Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Εισαγωγή-Βασικές Έννοιες-
Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου

Δρ Μ.Σπηλιώτη
Επ. Καθηγήτη ΔΠΘ

Εισαγωγή

- Αύξηση του πληθυσμού \Rightarrow διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό και τροφή
- Ανάπτυξη \Rightarrow δραστηριότητες \Rightarrow αύξηση των αναγκών νερού
- Επομένως, ανάγκη για όλο και μεγαλύτερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων
- Εξαιρετικά περιορισμένη ποσότητα γλυκού νερού στον πλανήτη μας (περίπου 0.33% της συνολικά εκτιμώμενης ποσότητας νερού στη γη)
- Επιτακτική η ανάγκη ανάπτυξης συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης, που αποβλέπουν στη βέλτιστη διάθεση των υδατικών πόρων.

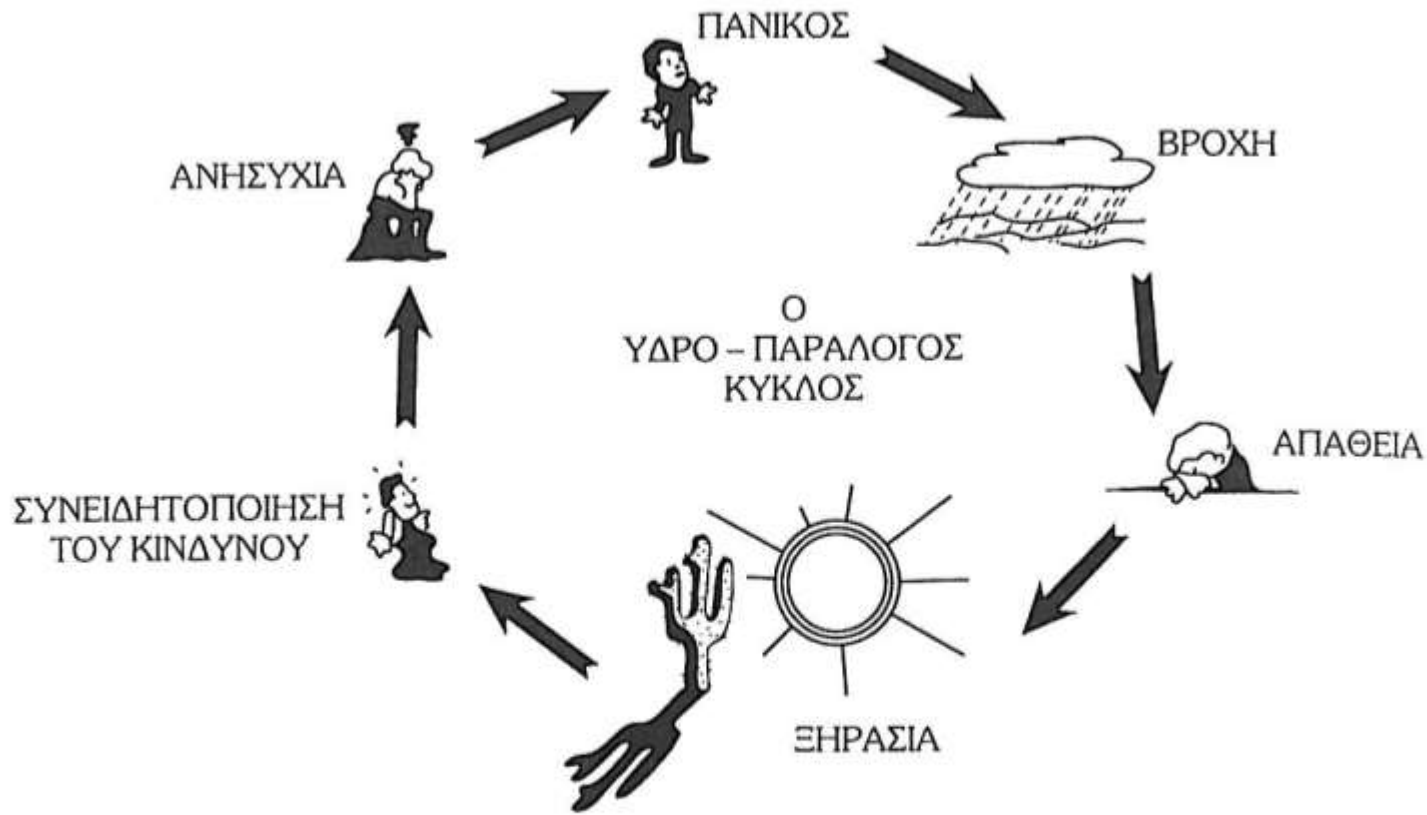
Λειψυδρία

	Φυσικά Αίτια	Ανθρωπογενή Αίτια
Προσωρινή κατάσταση	Ξηρασία (drought)	Έλλειμμα Νερού (water shortage)
Μόνιμη κατάσταση	Ξηρότητα (aridity)	Λειψυδρία Ερημοποίηση (Desertification)

Λειψυδρία: μόνιμη ή περιστασιακή περίπτωση όπου η ζήτηση υπερβαίνει τους αξιοποιήσιμους υδατικούς πόρους. Αίτια:

- Ανθρωπογενή (αύξηση του πληθυσμού, η έλλειψη υποδομών κ.ά)
- Φυσικά
- Συνδυασμός

Ξηρασία: Το φαινόμενο κατά το οποίο οι ποσότητες εισερχόμενου διαθέσιμου νερού σε ένα σύστημα είναι **κάτω από τις κανονικές για μία σημαντική χρονική περίοδο** (Τσακίρης, 2013)



Σχ. 13.1: Ο "υδρο-παράλογος" κύκλος της ξηρασίας.

Το φαινόμενο της ξηρασίας σε αντίθεση με άλλα ακραία γεγονότα όπως πλημμύρες, καταιγίδες κλπ, έχει συνήθως μεγάλη χρονική διάρκεια χωρίς εύκολα να διακρίνεται η αρχή και το τέλος της.

ΔΥΠ / Ορισμοί (1)

- Υδατικός πόρος
- Υδατικό σύστημα
- Υδρολογική λεκάνη ή λεκάνη απορροής

Υδατικός πόρος.

- *Αν και είναι δύσκολο να δοθεί ακριβής ορισμός στον όρο «υδατικός πόρος» γενικά θεωρείται η οποιαδήποτε θέση κυκλοφορίας του νερού στη φύση, όπου συναντάται σε τέτοια μορφή, ώστε να είναι δυνατή η χρησιμοποίησή του από τεχνική και οικονομική άποψη, χωρίς να δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον (Τσακίρης,2007).*
- Μη συμβατικοί Υδατικοί πόροι

Σύστημα

- **γ' νόμος δράσης – αντίδρασης**
- Ο όρος «σύστημα» προέρχεται από το αρχαιοελληνικό ρήμα «συνίστημι» το οποίο σημαίνει «συγκροτώ, συνδυάζω, συνδέω, ενώνω» (Μηλάκης, 2006).
- Αντικείμενο μελέτης, το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο συστατικών (αντικειμένων, ιδεών, ανθρώπων κ.λπ.), μέρος των οποίων ή και όλα συνδέονται ή **αλληλεπιδρούν** μεταξύ τους. Ορισμένα από τα συστατικά του συστήματος μπορεί επίσης να συνδέονται με άλλα συστήματα ή μόνο με ορισμένα συστατικά άλλων συστημάτων (Wilson, 1981). Οτιδήποτε βρίσκεται εκτός του συστήματος αποτελεί μέρος του περιβάλλοντός του, το οποίο με τη σειρά του αποτελεί ένα ακόμη σύστημα.

Συστημική θεώρηση στη ΣΔΥΠ

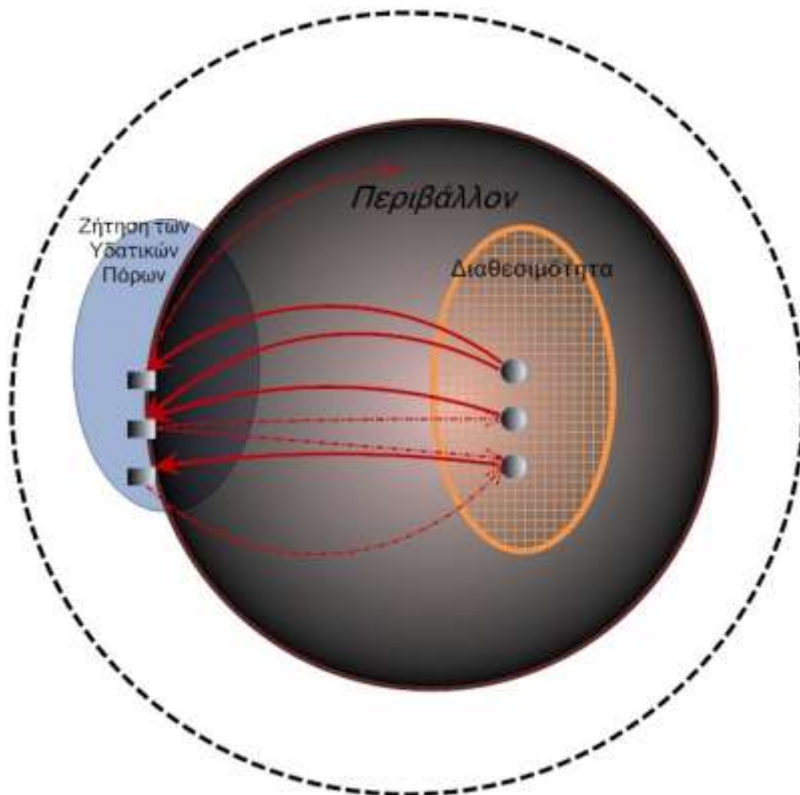
Βασικά χαρακτηριστικά συστήματος:
Ολότητα, Αλληλεπίδραση, Πολυπλοκότητα,
Σχέση με το περιβάλλον του

Κάθε έργο δημιουργεί στο περιβάλλον
ένα σύνολο αντιδράσεων στο
υδατικό σύστημα, στο περιβάλλον
γενικότερα ☞ Συστημική
προσέγγιση

**Διαχείριση Υδατικών Πόρων είναι το
σύνολο των ενεργειών (μέτρα,
έργα, κανονιστικές διατάξεις,
συμφωνίες κλπ.) για την αρμονική
σχέση μεταξύ**

- Υδατικών πόρων
- Κέντρων κατανάλωσης
- Περιβάλλοντος

**τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο
τη διατηρήσιμη ανάπτυξη**



Διαγραμματική Παρουσίαση Υδατικού Συστήματος

Διαθεσιμότητα των
Υδατικών Πόρων

Ζήτηση των
Υδατικών Πόρων

Περιβάλλον

W_{in}

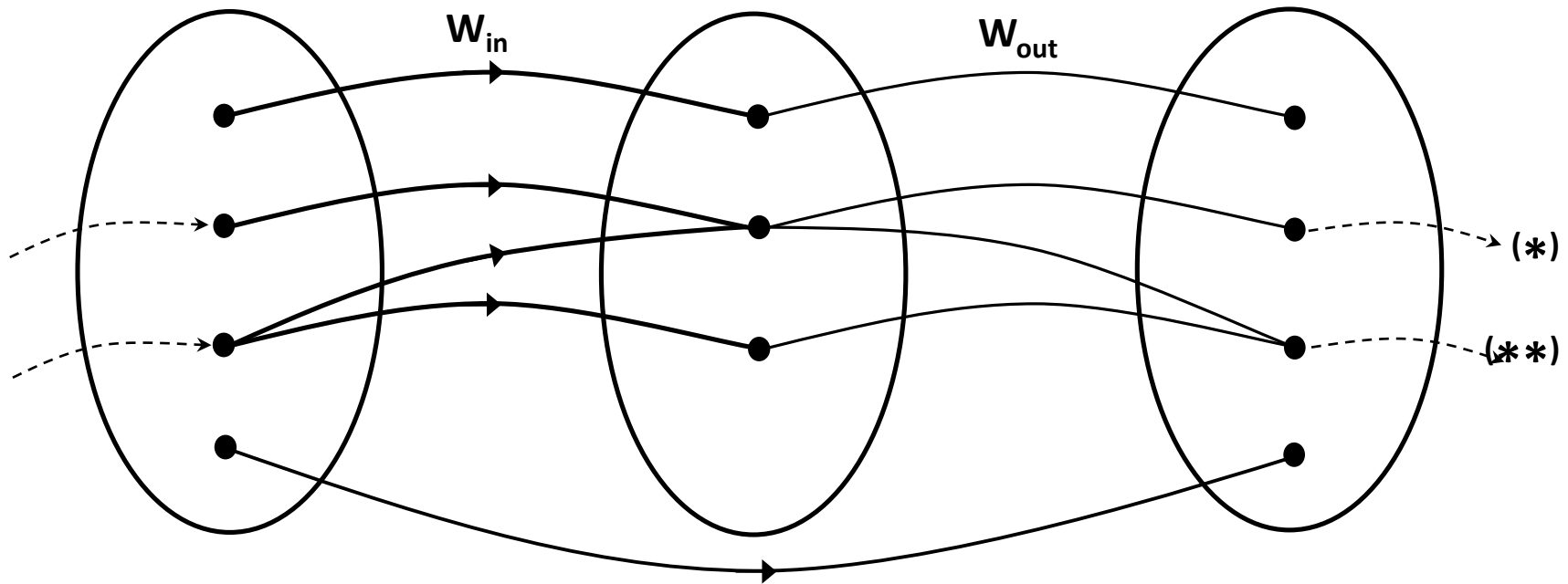
W_{out}

(*)

(*)

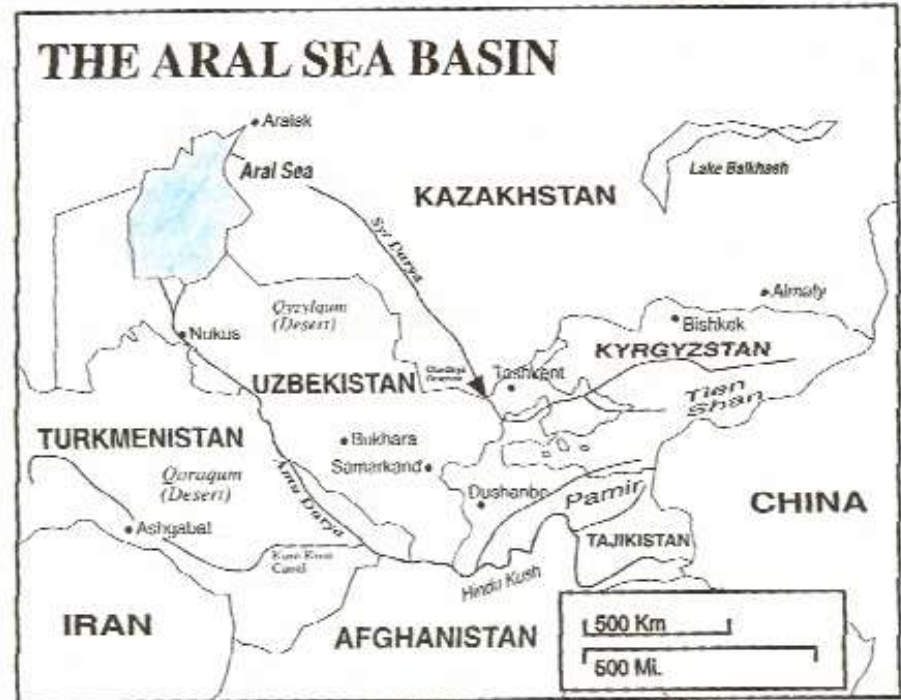
(**)

(**)



Αράλη

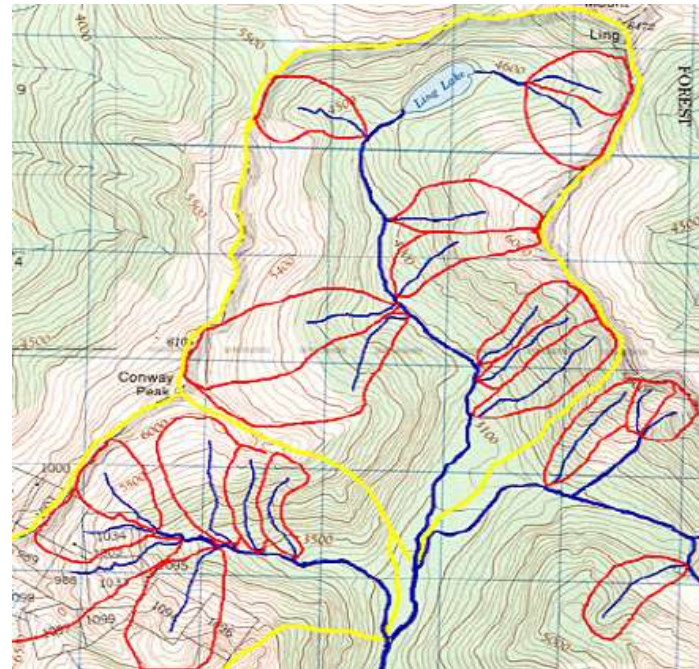
- Όγκος νερού το 1980 = 1/3 του 1960
- Εισροή το 1950 ~ 55km³/έτος
- 1980: ~ 10% της εισροής του 1950
- Πτώση στάθμης 1950-1980: 24m
- Παράλιες πόλεις
- Οικολογική καταστροφή (ακύρωση της αλείας / χαβιαρι)
- Προβλήματα υγείας για 40εκ ανθρώπους
- Οικονομική αδυναμία επανάκαμψης



Τσακίρης, 2011

ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ

- Η νοητή γραμμή που συνδέει τα ψηλότερα σημεία των υψωμάτων της επιφάνειας του εδάφους και διαχωρίζει τη ροή των όμβριων υδάτων.



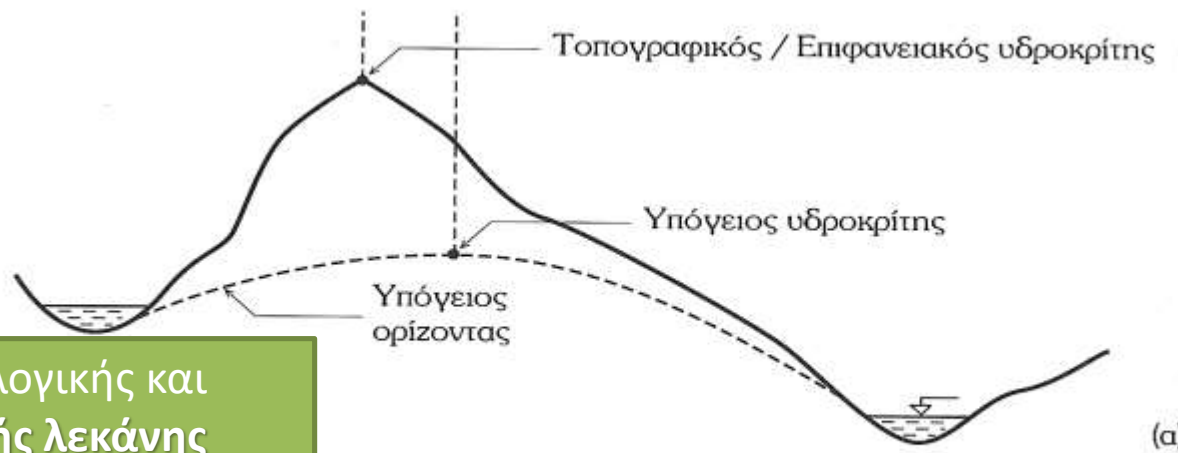
ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ



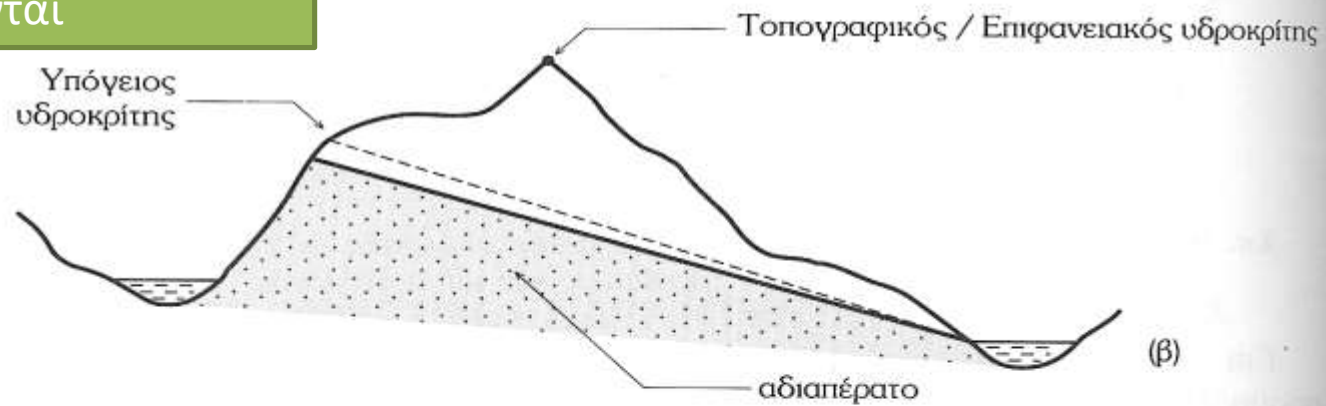
Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2013

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

- Η περιοχή της επιφάνειας της γης που περικλείεται από τον υδροκρίτη
- Το όριο μεταξύ δύο γειτονικών λεκανών απορροής → υδροκρίτης
- Στην περιοχή αυτή συγκεντρώνονται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, που στη συνέχεια καταλήγουν σε ένα κεντρικό σύστημα απομάκρυνσής τους. Το σύστημα αυτό μπορεί να είναι ένα ποτάμι, που καταλήγει στη θάλασσα, ένας χείμαρρος, μία καταβόθρα ή μία λίμνη όπου το νερό συγκεντρώνεται και εξατμίζεται ή απορροφάται από το έδαφος.
- Σε κάθε διατομή υδατορέματος αντιστοιχεί μία λεκάνη απορροής (ή υπολεκάνη για ακρίβεια)
- Για λόγους διευκόλυνσης (σε κατανεμημένα μοντέλα) → η λεκάνη υποδιαιρείται σε επιμέρους **υπολεκάνες**
- **2000/60/ΕΚ Διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής (σύστημα)**

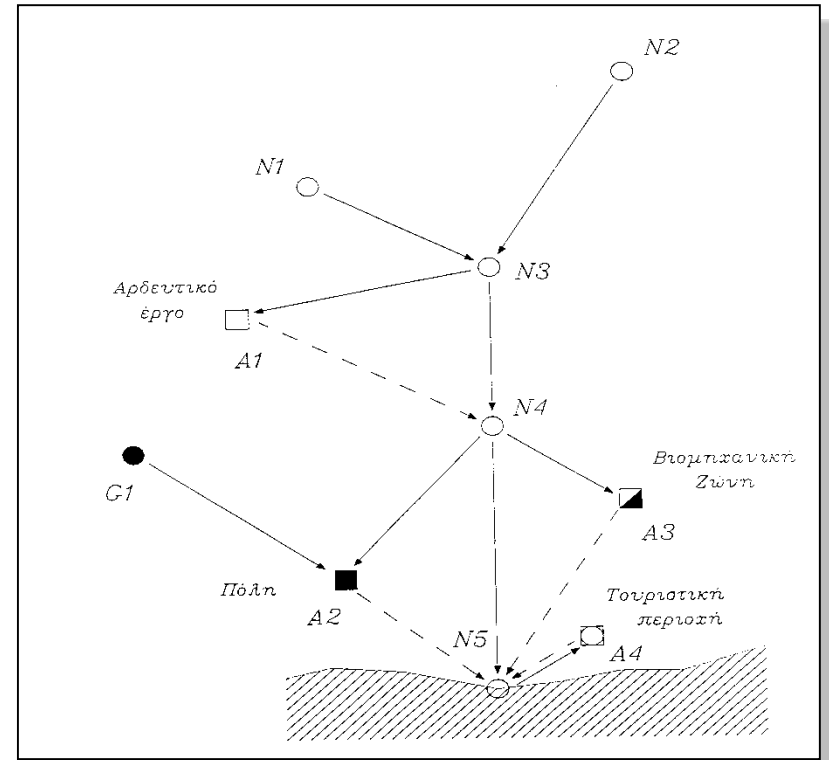
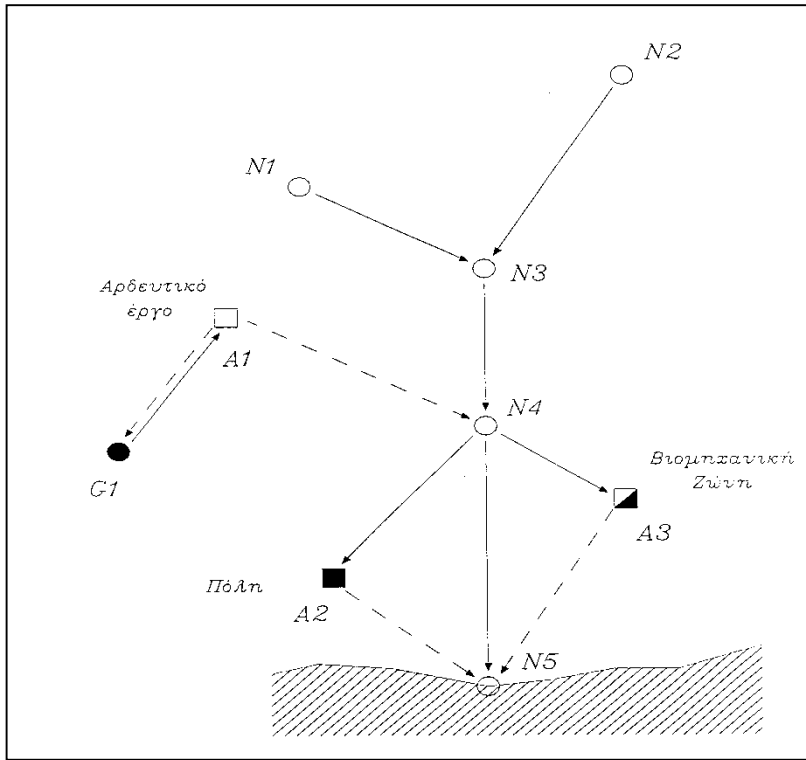


Διαφορά υδρολογικής και
υδρογεωλογικής λεκάνης
--- Δεν ταυτίζονται



- Σχ. 5.2:** Περιπτώσεις απόκλισης στην εκτίμηση της λεκάνης απορροής που γίνεται με βάση τον τοπογραφικό/επιφανειακό υδροκρίτη:
- Το ψηλότερο σημείο του υπόγειου ορίζοντα δεν συμπίπτει με τον τοπογραφικό υδροκρίτη.
 - Η διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών δημιουργεί συνθήκες κατάλληλες για τον υπόγειο υδροκρίτη να βρίσκεται σε διπλανή λεκάνη απορροής.

Λεκάνη απορροής



Υπάρχουσα κατάσταση

Σενάριο 1: Μέσες υδρολογικές συνθήκες

Σενάριο 2: Δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες

Μελλοντική κατάσταση με παράλληλη κατασκευή έργων

Σενάριο 1: Μέσες υδρολογικές συνθήκες

Σενάριο 2: Δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες

ΔΥΠ στον Ελλάδικό χώρο

- Μικρές λεκάνες απορροής και πολλαπλό καθεστώς
- Υδατικά διαμερίσματα
- Μείζων λεκάνη απορροής
- Σχηματοποίηση υδατικού συστήματος με βάση συστημικές αρχές

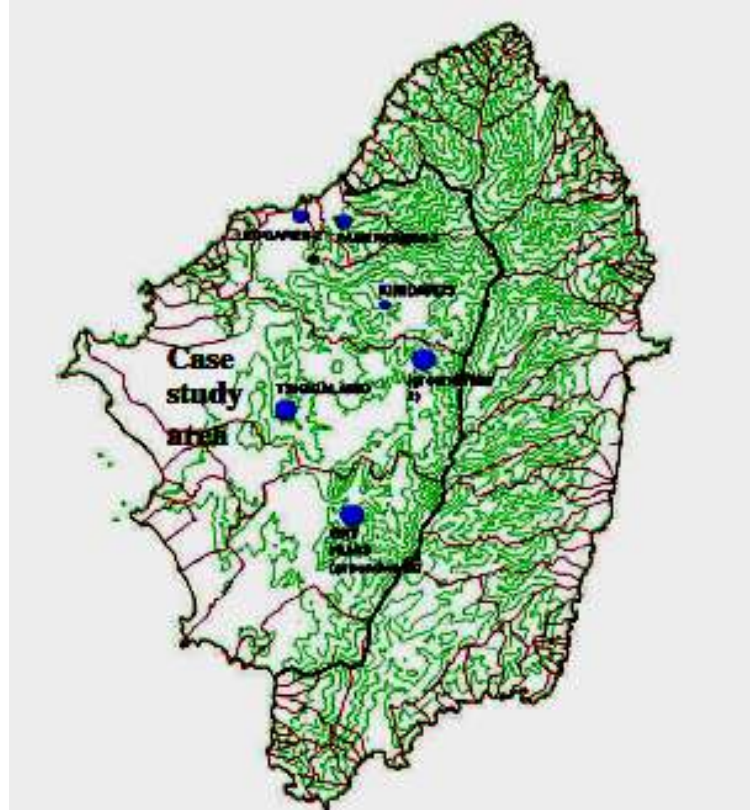
200/60/ΕΚ

Διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής

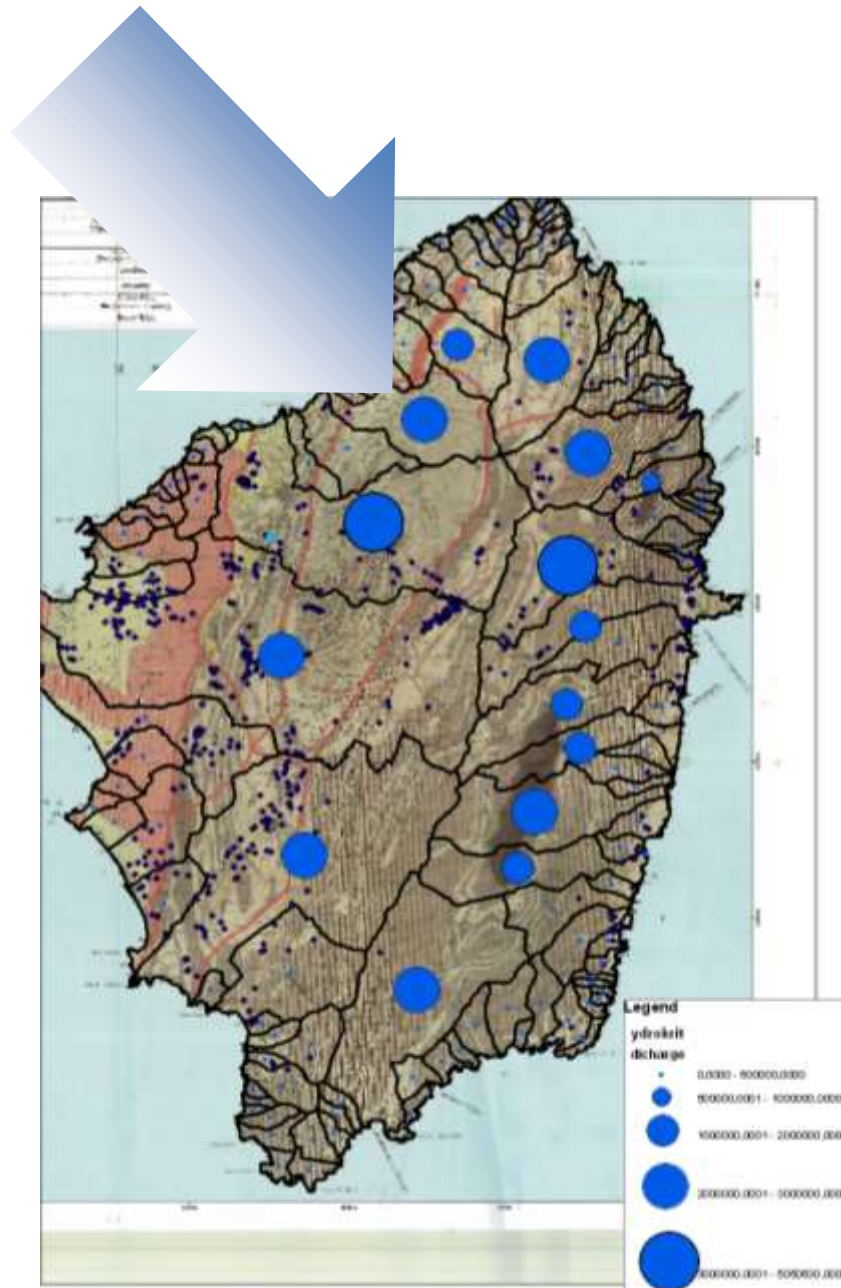
Νάξος, μικρές λεκάνες απορροής

Έννοια μείζονος λεκάνης απορροής

Π.χ. όλη η Νάξος ή το δυτικό τμήμα



- Μέση βροχόπτωση και διασπορά
- Υψόμετρο λεκάνης απορροής
- Μέγεθος λεκάνης απορροής (με προσοχή)
- Γεωλογικοί σχηματισμοί στη λ.α.
- Κλίσεις λ.α και φυτοκάλυψη, σχήμα
- Ανθρωπογενείς δραστηριότητες
- Προσοχή στο καρστ!!!



ΔΥΠ - Ορισμός

Διαχείριση Υδατικών Πόρων είναι το σύνολο των ενεργειών (μέτρα, έργα, κανονιστικές διατάξεις, συμφωνίες κλπ.) για την αρμονική σχέση μεταξύ

- Υδατικών πόρων
- Κέντρων κατανάλωσης
- Περιβάλλοντος

τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο τη διατηρήσιμη ανάπτυξη

Ολοκληρωμένη ΔΥΠ

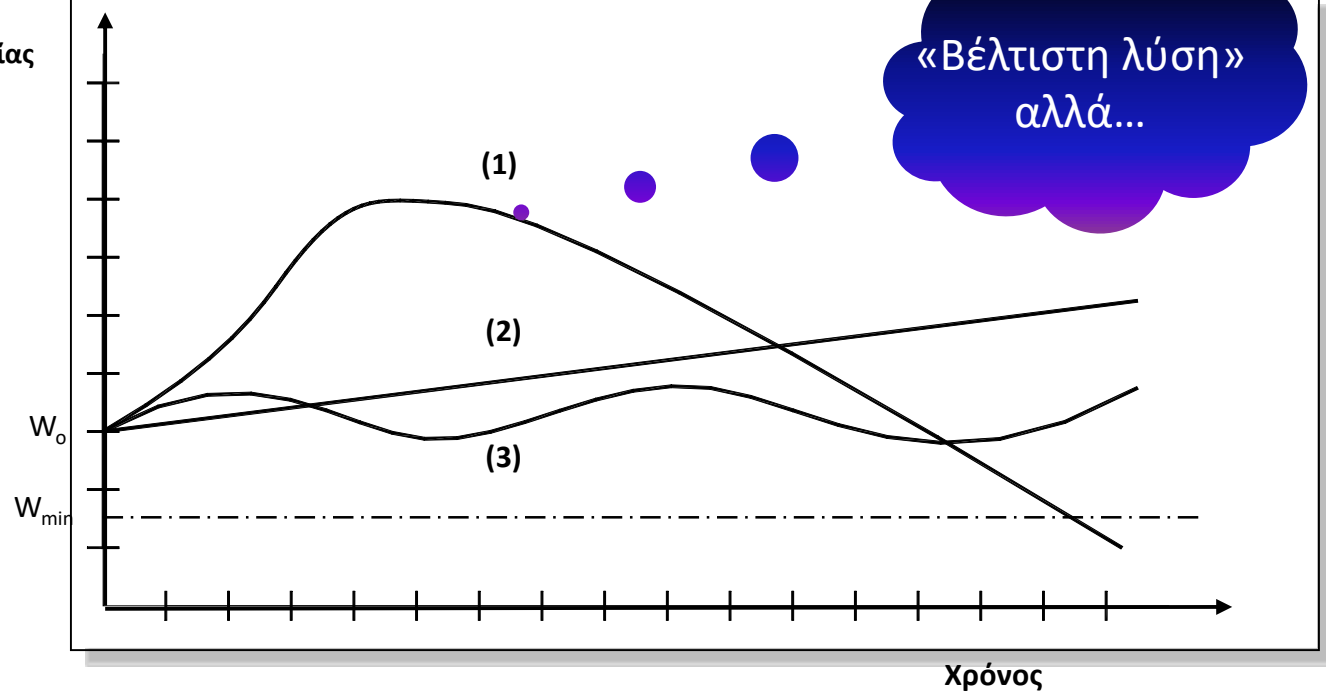


Διατηρησιμότητα της Ανάπτυξης

Δείκτης
Ευημερίας

Τιμές του δείκτη ευημερίας άνω του W_0 , ανάπτυξη διατηρήσιμη

Τιμές του δείκτη ευημερίας κάτω του W_{min} , μη επιβίωση



- Ανάπτυξη που χαρακτηρίζεται:
 - ★ Αποδοτικότητα, μη διατηρησιμότητα, μη επιβίωση
 - 📁 Όχι γρήγορη αποδοτικότητα, διατηρησιμότητα, επιβίωση
 - ✱ Μη αποδοτικότητα, μη διατηρησιμότητα, επιβίωση

Άξονες / Διαστάσεις ΔΥΠ

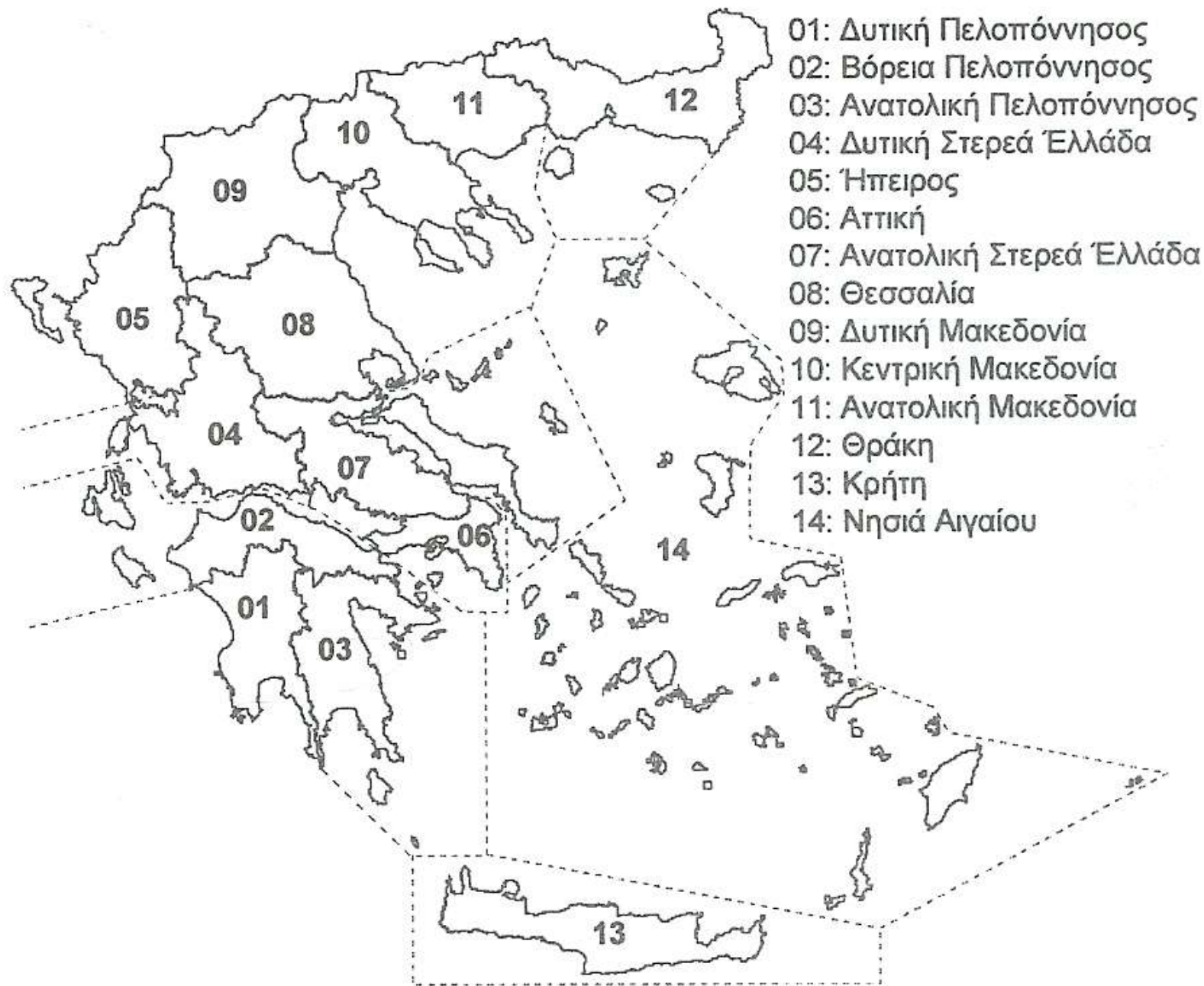


Στόχοι ΔΥΠ

- Παροχή πόσιμου νερού
- Κατά το δυνατόν κάλυψη της ζήτησης (επαρκή ποσότητα και ποιότητα)
- προστασία των υδατικών πόρων και του περιβάλλοντος
- Προστασία από ακραία υδρολογικά φαινόμενα

Δυσχέρειες

- Πολλαπλές χρήσεις υδατικών πόρων
- Υποκειμενικός παράγοντας κατά τη λήψη απόφασης
- Θεσμικό κενό ή πολυαρχία
- Αβεβαιότητα υδρολογικού κύκλου
- Ξηρασία
- Αβεβαιότητα στην αποτίμηση των επιπτώσεων αλλά και στη σύγκριση διαφορετικών κριτηρίων
- Ανάγκη διεπιστημονικής προσέγγισης κατά το στρατηγικό σχεδιασμό
- Ανάγκη συνεργασίας διαφορετικών ομάδων ενδιαφερομένων, υπηρεσιών αλλά δημοκρατικών θεσμών.
- Κλιματική αλλαγή

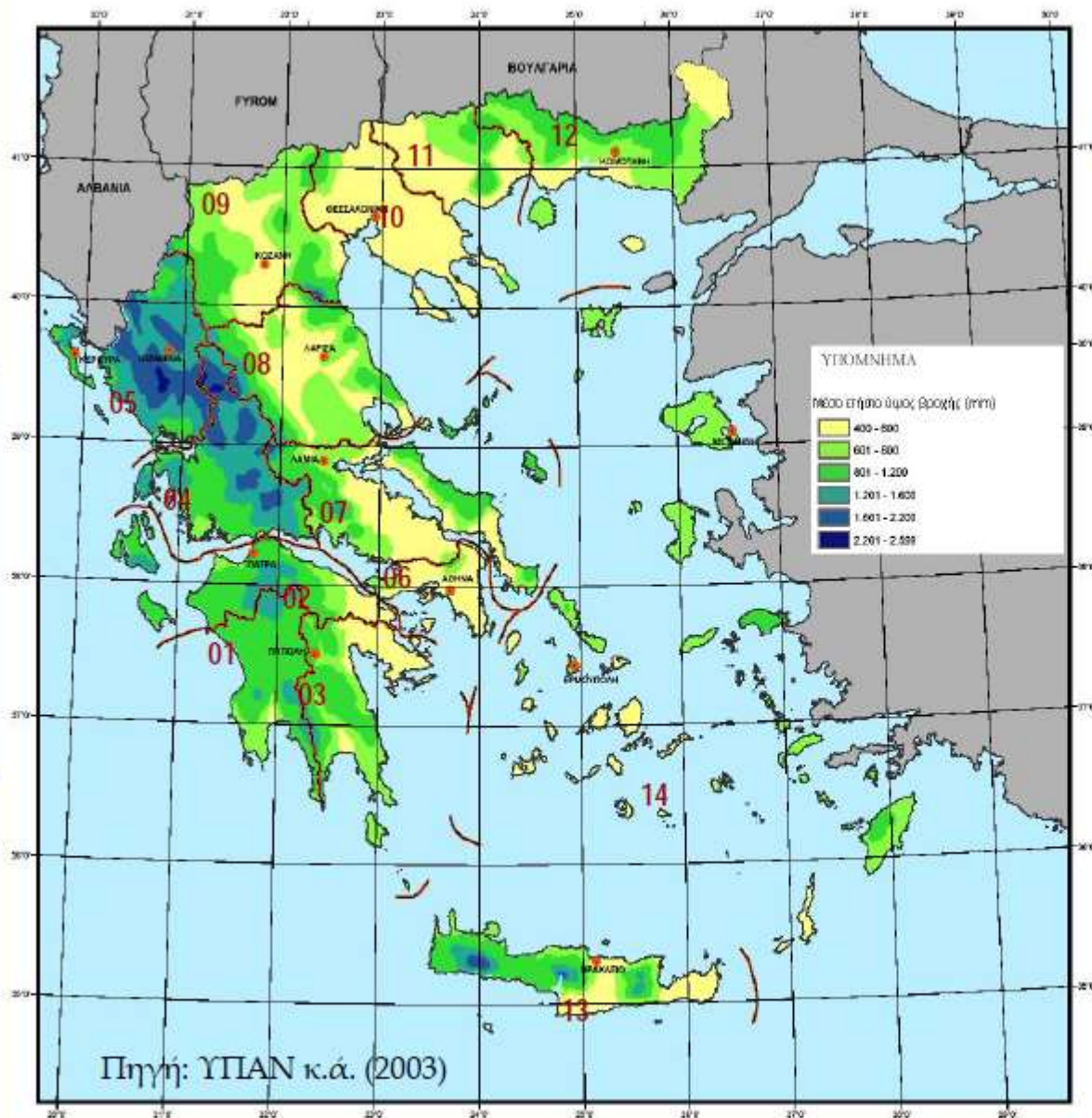


Σχ. 1.5 Διαμερισμός της Ελλάδας σε 14 υδατικά διαμερίσματα.

Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα

Υδατικά Διαμερίσματα

- 01: Δυτική Πελοπόννησος
- 02: Βόρεια Πελοπόννησος
- 03: Ανατολική Πελοπόννησος
- 04: Δυτική Στερεά Ελλάδα
- 05: Ηπειρος
- 06: Αττική
- 07: Ανατολική Στερεά Ελλάδα
- 08: Θεσσαλία
- 09: Δυτική Μακεδονία
- 10: Κεντρική Μακεδονία
- 11: Ανατολική Μακεδονία
- 12: Θράκη
- 13: Κρήτη
- 14: Νησιά Αιγαίου



Πλαίσιο διαχείρισης υδατικών πόρων στην Ελλάδα

- ❑ Επάρκεια νερού στη χώρα, αλλά ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο και στο χρόνο – Συνέπεια οι ελλειμματικές περιοχές (Θεσσαλία, Ανατολική Πελοπόννησος, Νησιά Αιγαίου)
- ❑ Ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χώρο και το χρόνο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς – Απαίτηση περιφερειακών πολιτικών
- ❑ Πολύπλοκο και κατακερματισμένο ανάγλυφο – Συνέπεια μικρές κλίμακες υδρολογικών λεκανών και πολλά υδάτινα σώματα που απαιτούν παρακολούθηση και προστασία
- ❑ Εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από υδατικούς πόρους γειτονικών κρατών – Απαίτηση για διακρατικές συνεργασίες
- ❑ Κυριαρχία των προβλημάτων ποσότητας έναντι της ποιότητας – Αναξιοποίητα επιφανειακά νερά και υπεραντλημένα υπόγεια – Ανάγκη για νέα έργα (μεγάλης κλίμακας, πολλαπλού σκοπού)
- ❑ Ανάγκη συνολικού (διατομεακού) σχεδιασμού και προγραμματισμού για αειφορική ανάπτυξη

Πηγή: ΥΠΙΑΝ κ.ά. (2003)

Διασυνοριακά ποτάμια

Περισσότερα από 150 ποτάμια και 50 μεγάλες λίμνες διεθνώς μοιράζονται από δύο ή περισσότερα κράτη



Διακρατική Υδρολογική λεκάνη Νέστου

Ελλάδα GR
Βουλγαρία BG

Συνολικό μήκος 230km (130 GR, 100 BG)

Επιφάνεια (km²) 2.864 GR
 3.412 BG

Πληθυσμός 41.958 GR
 133.851 BG

Μέση ετήσια απορροή 2076 x 10⁶ m³

Water resources and water exploitation

	Total fresh water resources, long term annual average, thousand m ³ per capita*	Water exploitation index**, %
Belgium	1.9	32
Bulgaria	14.1	6
Czech Republic	1.5	12
Denmark	3.0	4
Germany	2.3	19
Estonia	9.2	15
Ireland	10.7	2
Greece	6.4	13
Spain	2.4	30
France	2.9	17
Italy	2.9	:
Cyprus	0.4	64
Latvia	14.9	1
Lithuania	7.3	9
Luxembourg	3.3	:
Hungary	11.6	5
Malta	0.1	21
Netherlands	5.4	11
Austria	10.1	:
Poland	1.7	18
Portugal	6.9	:
Romania	10.5	3
Slovenia	15.8	3
Slovakia	14.8	1
Finland	20.7	:
Sweden	19.8	1
United Kingdom***	2.9	13
Iceland	532.3	0
Norway	81.1	:
Switzerland	6.9	5
Turkey	3.3	:

* Long term annual average: a minimum 20 years of latest available data. For Malta average based on 1995-2007. Population data: 2008.

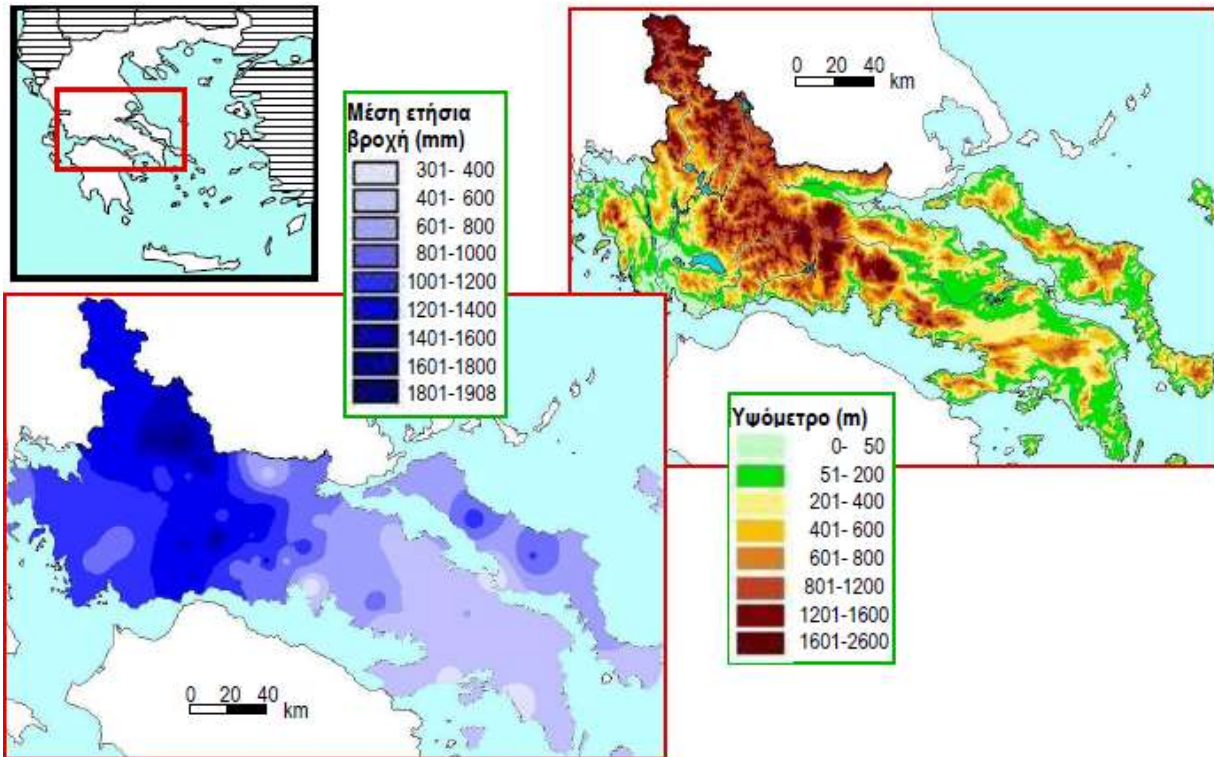
** The water exploitation index represents total water abstracted as a percentage of total freshwater resources. Reference period varies between countries: 2002 data: Hungary, 2004 data: Denmark, Germany; 2005 data: Belgium, Poland, Iceland; 2006 data: Spain, France, the Netherlands, the United Kingdom and Switzerland. 2007 data: other countries.

*** Includes England and Wales for the water exploitation index

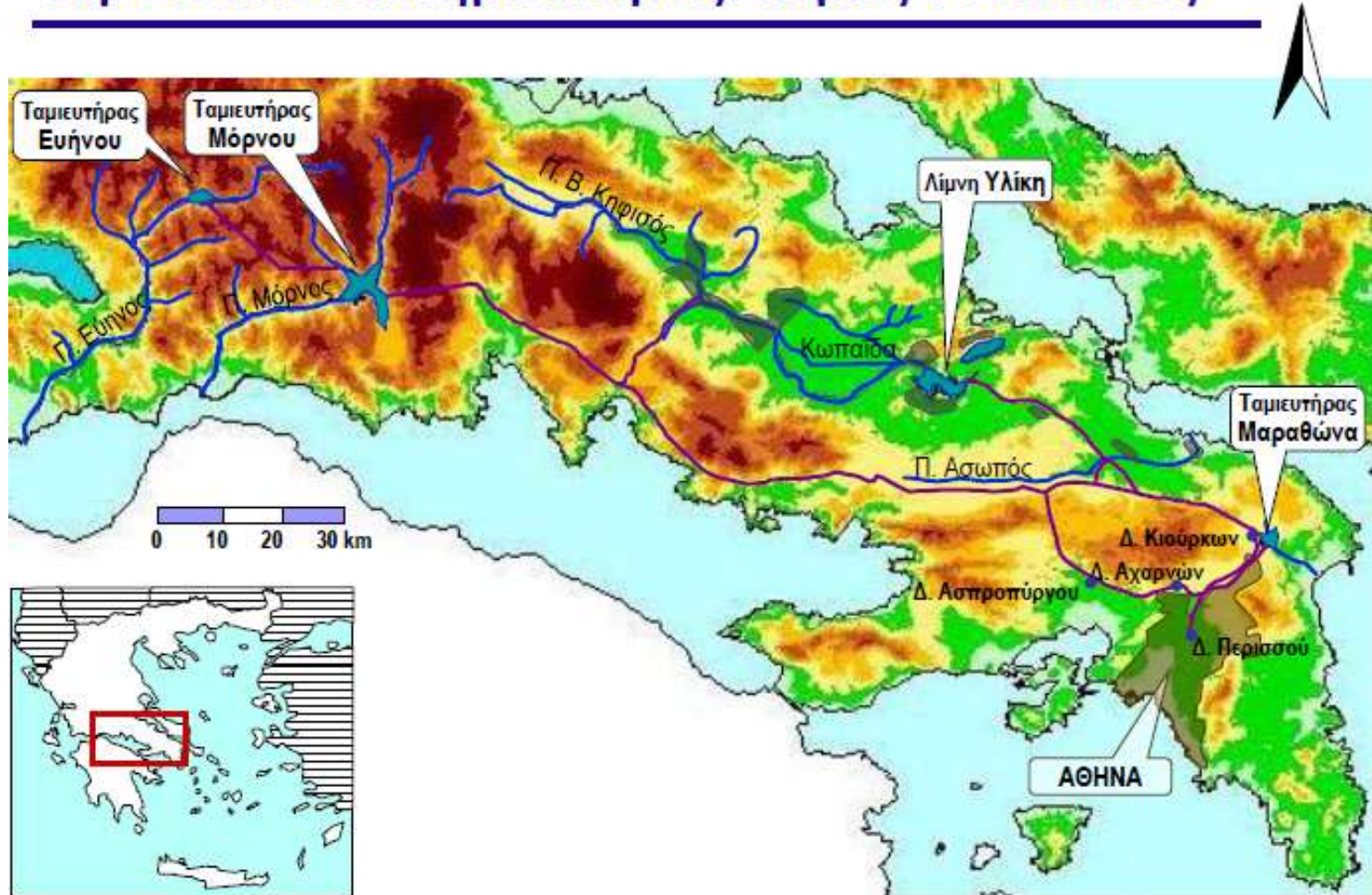
: Data not available

Υδροδοτικό σύστημα Αθήνας διαφοροποίηση διαθεσιμότητας νερού και ζήτησης

Τοπογραφικές και κλιματολογικές συνθήκες

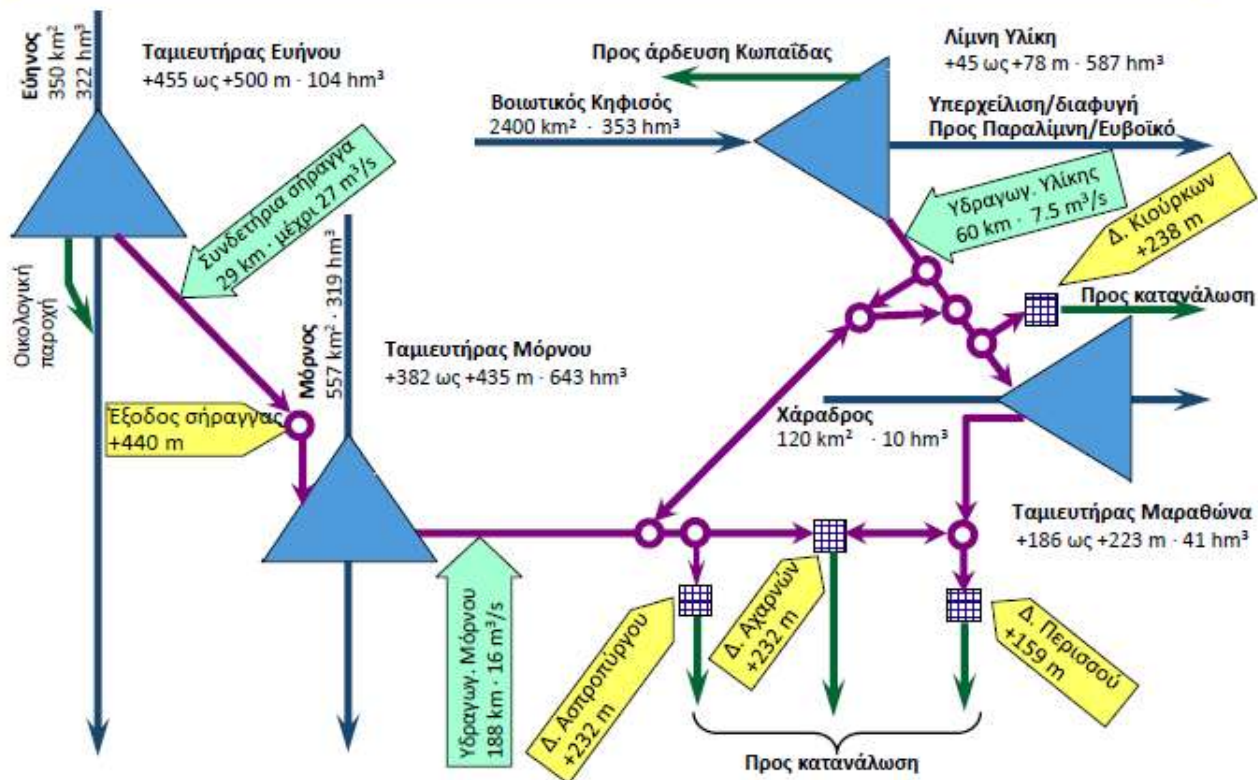


Υδροδοτικό σύστημα Αθήνας: Κύριες συνιστώσες



Μοντελοποίηση

Δομή του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας



+ Γεωτρήσεις (με σωληνώσεις διασύνδεσης) + Αντλιοστάσια + Μικρά υδροηλεκτρικά έργα

Νεώτερες και παλαιότερες αντιλήψεις στη ΔΥΠ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Αλλαγές στα χαρακτηριστικά της ΔΥΠ

ΠΑΛΙΕΣ		ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ
Τομεακή	→	Ολοκληρωμένη
Μονοκριτηριακή	→	Πολυκριτηριακή
Περιοχή που επηρεάζεται	→	Υδατικό Σύστημα
Στατική	→	Διατηρήσιμη, προσαρμοστική
Χωρίς συμμετοχή ενδιαφερομένων	→	Ανοιχτή συμμετοχή ενδιαφερομένων
Συγκεντρωτική	→	Αποκεντρωμένη

Ένα μεγάλο βήμα στην κατεύθυνση των νέων αυτών προσεγγίσεων έγινε με την ψήφιση και εφαρμογή της ευρωπαϊκής Οδηγίας Πλαίσιο για τη Διαχείριση των Υδατικών πόρων. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μία σύντομη αναφορά στην Οδηγία και τις βασικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιεί, καθώς και ο πρώτος απολογισμός της εφαρμογής της Οδηγίας στις χώρες μέλη της κοινότητας.

2. Η ΟΔΗΓΙΑ 2000/60

Εξέταση των υδραυλικών έργων στο ευρύτερο σύστημα

Τσακίρης, 2015

Διαχείριση Υδατικών πόρων και Λήψη Απόφασης

Old	Modern	Old	Modern
Τμηματικό	→ Ολοκληρωμένο	Μοναδικό κριτήριο: Κόστος	→ Πολυκριτηριακό
Μοναδικό κριτήριο	→ Πολυκριτηριακό	Αυστηρή Προτίμηση	→ αναγνώριση των 'γκρίζων' ζωνών ανάμεσα στις προτιμήσεις
Περιοχή επιρροής του έργου	→ Σύστημα νερού	Συμβατικές τιμές	→ ποιοτική ή ασαφής αξιολόγηση των κριτηρίων
Στατική αξιολόγηση συστήματος Υδάτων	→ βιώσιμη, προσαρμοστική προσέγγιση	Στατική	→ Δυναμική
Συγκεντρωτική	→ αποκεντρωμένη		