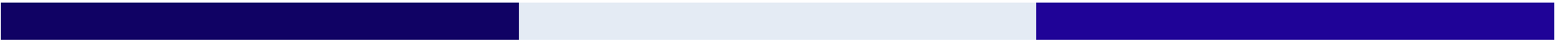


Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος
«Διαχείριση Υδατικών Πόρων»



Χρήσεις νερού και περιορισμοί στη διαχείριση υδατικών πόρων

Ανδρέας Ευστρατιάδης & Δημήτρης Κουτσογιάννης
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Κατηγορίες χρήσεων νερού

Καταναλωτικές χρήσεις:

- ❑ Προϋποθέτουν απολήψεις από το φυσικό υδατικό σύστημα (πηγές νερού), σε ποσότητες και απαιτήσεις σε ποιοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζονται από την αντίστοιχη χρήση.
- ❑ Το εξερχόμενο νερό διατίθεται στους καταναλωτές, μέσω έργων μεταφοράς και δικτύων διανομής.
- ❑ Μετά την χρήση, μέρος της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού επιστρέφει, άμεσα ή έμμεσα, στο φυσικό σύστημα, με διαφοροποιημένη την ποιοτική του κατάσταση.

Μη καταναλωτικές χρήσεις:

- ❑ Το νερό χρησιμοποιείται στην πηγή, χωρίς να μεταβάλλονται τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του και χωρίς να απομακρύνεται από το φυσικό σύστημα.
- ❑ Συνήθως διατυπώνονται με τη μορφή περιορισμών.

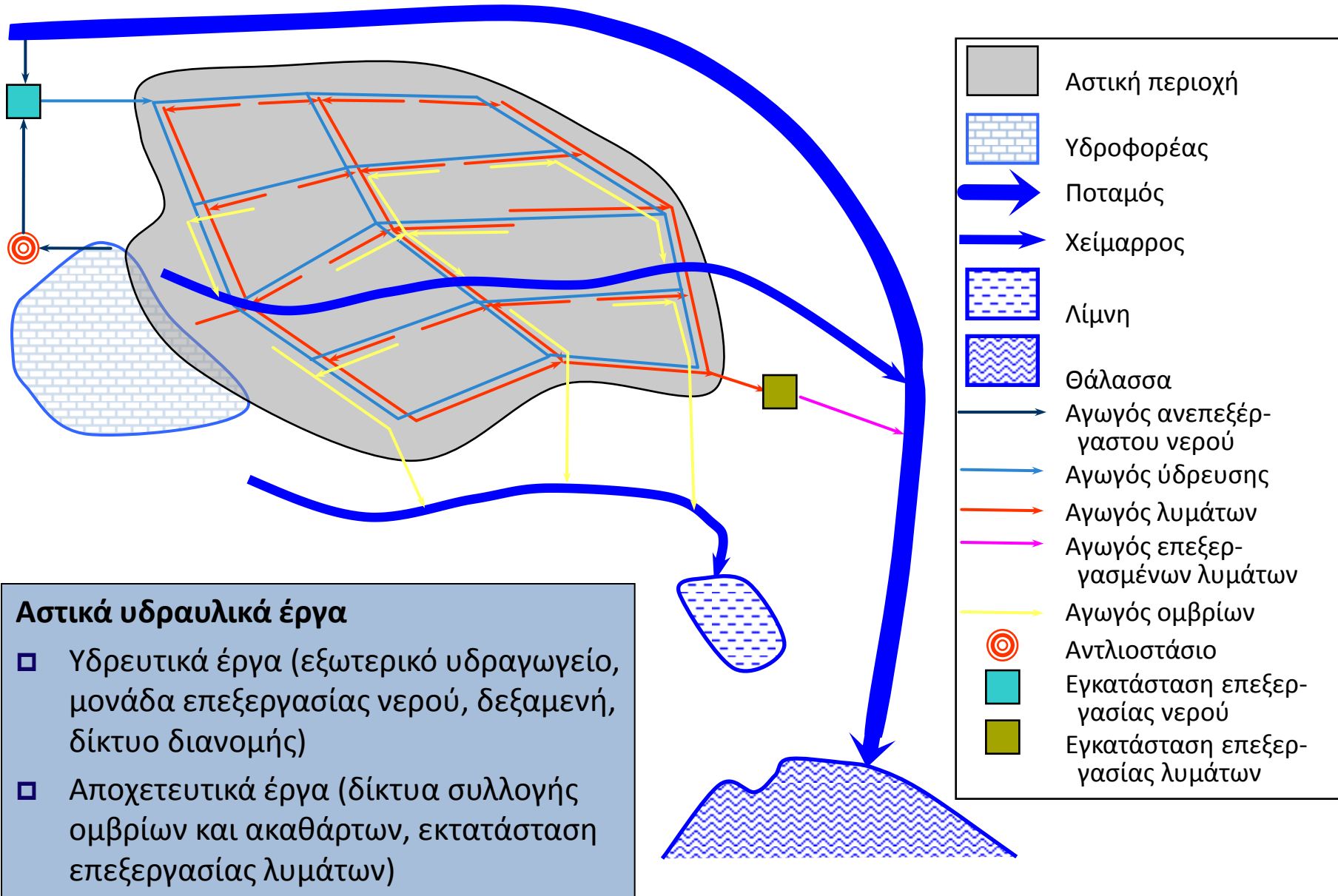
Καταναλωτικές χρήσεις

- ❑ Ύδρευση
- ❑ Άρδευση
- ❑ Κτηνοτροφία
- ❑ Βιομηχανία
- ❑ Ψύξη Α/Η σταθμών (παραγωγή ενέργειας)

Μη καταναλωτικές χρήσεις

- ❑ Παραγωγή Υ/Η ενέργειας
- ❑ Ιχθυοκαλλιέργεια
- ❑ Αναψυχή (π.χ. ιαματικός τουρισμός, οικοτουρισμός)
- ❑ Περιβαλλοντικές χρήσεις (τήρηση ορίων ποιότητας νερού, οικολογική παροχή, προστασία οικοσυστημάτων)
- ❑ Ναυσιπλοΐα (πλωτοί ποταμοί)

Αστικά υδρουστήματα



Αστική υδρευτική χρήση: Συνιστώσες και παράγοντες που την επηρεάζουν

- **Συνιστώσες αστικής υδατικής κατανάλωσης:**
 - Οικιακή χρήση μόνιμου πληθυσμού
 - Εποχιακή οικιακή χρήση (παραθεριστικές περιοχές)
 - Τουριστική χρήση (ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια)
 - Βιομηχανική/βιοτεχνική χρήση
 - Δημόσια και δημοτική χρήση (πάρκα, νοσοκομεία, δημόσιες υπηρεσίες, κτλ.)
 - Μη οικιακή γεωργική χρήση (π.χ. μικρής έκτασης καλλιέργειες)
 - Νερό που διατίθεται για πυρόσβεση
 - Απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού
- **Παράγοντες που επηρεάζουν την οικιακή κατανάλωση:**
 - Διαθεσιμότητα και ποιότητα νερού
 - Κλιματικές συνθήκες
 - Βιοτικό και μορφωτικό επίπεδο – κοινωνικά πρότυπα
 - Παλαιότητα αγωγών και πολιτική συντήρησης δικτύου διανομής
 - Τιμολογιακή πολιτική και θεσμικά μέτρα ελέγχου της ζήτησης

Αστική υδρευτική χρήση: Χαρακτηριστικά μεγέθη στην Ελλάδα και ζητήματα διαχείρισης

□ Χαρακτηριστικά μεγέθη:

- Μέση ημερήσια οικιακή χρήση μόνιμων κατοίκων: 150-200 L/d/κάτοικο (αυξάνει σημαντικά σε ημιαστικές περιοχές και προάστια λόγω άρδευσης κήπων κτλ.)
- Μέση ημερήσια οικιακή χρήση παραθεριστών: 200-250 L/d/κάτοικο
- Μέση ημερήσια τουριστική χρήση: 250-350 L/d/κλίνη
- Ετήσια κατανάλωση στην Ελλάδα: 920 hm³ (~12% συνολικής κατανάλωσης)
- Ετήσια κατανάλωση στην Αθήνα (έτος 2014): 420 hm³ (> 100 m³/κάτοικο)
- 80% της κατανάλωσης επιστρέφει στο αποχετευτικό δίκτυο

□ Διαχειριστικές όψεις της υδρευτικής χρήσης:

- Θεσμικά κατοχυρωμένα (Ν. 1739/1987, Ν. 3199/2003) ως η χρήση νερού με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα.
- Προϋποθέτει πολύ υψηλό (>90%) επίπεδο αξιοπιστίας (99% για το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας).
- Εκτός από την ποσοτική της διάσταση, εισάγει και ποιοτικούς περιορισμούς στη διαχείριση των υδατικών πόρων.
- Παρουσιάζει σχετικά μικρή ελαστικότητα (δεν υπάρχουν μεγάλα περιθώρια αυξομειώσεων την κατανάλωσης).

Αρδευτικά υδρουσστήματα

□ Εγγειοβελτιωτικά έργα:

- Αρδευτικά έργα
 - Έργα συλλογής και αποθήκευσης νερού
 - Έργα μεταφοράς μεγάλης κλίμακας (τάφροι, διώρυγες, δίκτυα αγωγών υπό πίεση)
 - Τοπικά συστήματα διανομής (εντός της αρδευτικής μονάδας – αγροτεμαχίου)
- Αποστραγγιστικά έργα (απαγωγή πλημμυρών και στραγγιδίων, διάθεση σε φυσικούς αποδέκτες)

□ Μέθοδοι άρδευσης:

- Επιφανειακή άρδευση
 - με κατάκλυση (μη ελεγχόμενη)
 - με λωρίδες (περιορισμένης διάχυσης)
 - με αυλάκια (μικρές παροχές)
- Άρδευση με καταιονισμό (εκτόξευση τεχνητής βροχής σε πυκνά διαστήματα)
- Στάγδην άρδευση (εφαρμογή στο ριζόστρωμα – υψηλή αποδοτικότητα, υψηλό κόστος)



Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών

□ Θεωρητικές ανάγκες καλλιέργειας σε νερό:

- Ποσότητα νερού που απαιτείται για την πλήρη ανάπτυξη μιας καλλιέργειας, σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και περιοχή.
- Περιλαμβάνουν την ποσότητα που καταναλώνεται για τη διαπνοή (η οποία πραγματοποιείται στους πόρους της χλωρίδας και ιδίως των φυλλωμάτων) και τον σχηματισμό των ιστών του φυτού, και την ποσότητα που εξατμίζεται από το έδαφος ή τα υγρά μέρη του φυτού.
- Σε πλήρως ξηρές συνθήκες (απουσία υγρασίας), οι θεωρητικές υδατικές ανάγκες ταυτίζονται με την δυνητική εξατμοδιαπνοή (PET).
- Η PET εκτιμάται με βάση την δυνητική εξατμοδιαπνοή της λεγόμενης καλλιέργειας αναφοράς και κατάλληλους φυτικούς συντελεστές, που εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης και την εποχή.

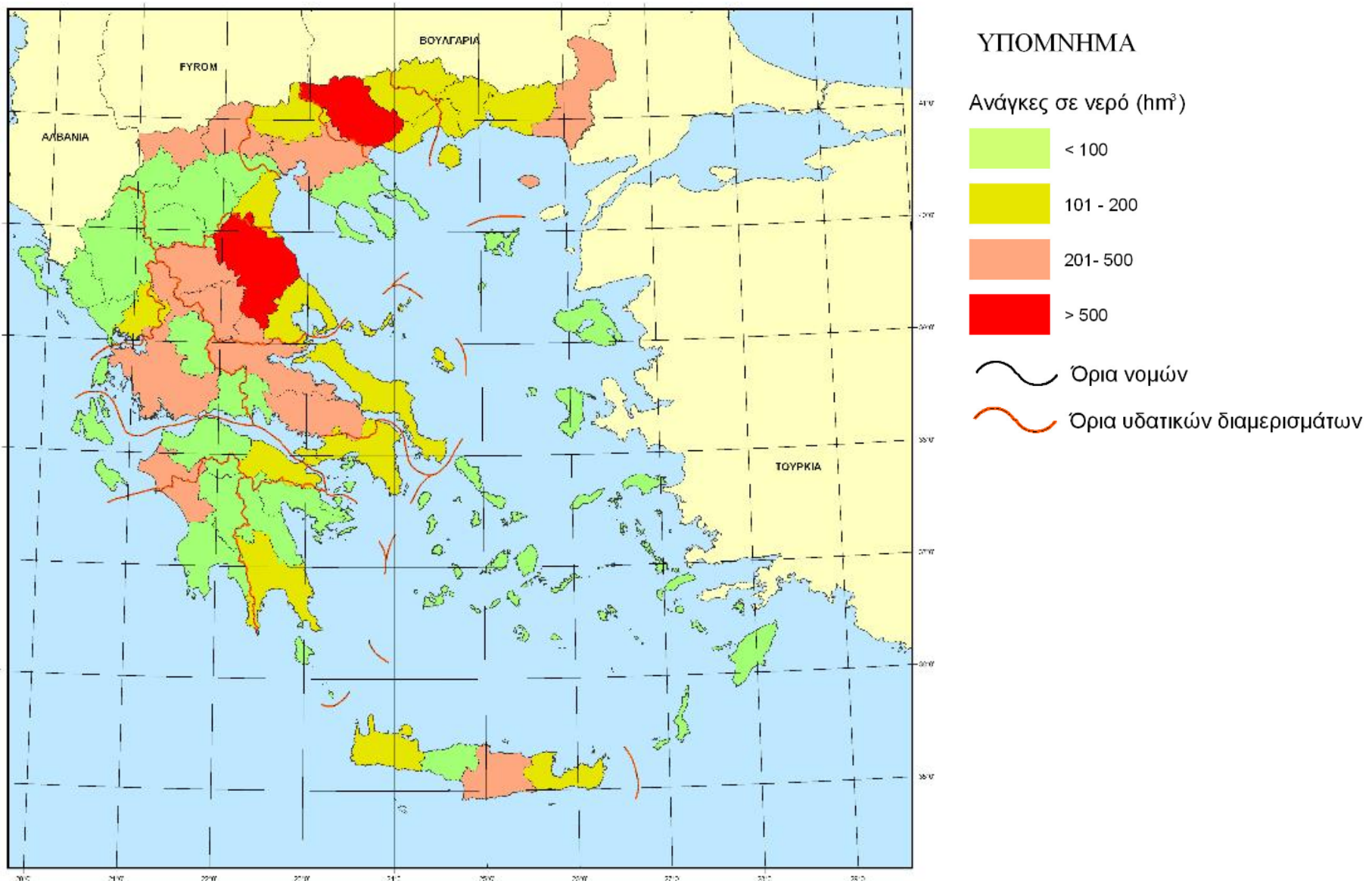
□ Πραγματικές αρδευτικές ανάγκες καλλιέργειας:

- Ποσότητα που πρέπει να δοθεί μέσω των αρδευτικών έργων σε μια καλλιέργεια για την πλήρη ανάπτυξή της, ώστε να καλυφτεί το έλλειμμα εξατμοδιαπνοής.
- Σε αυτές περιλαμβάνονται οι απώλειες των δικτύων μεταφοράς και διανομής του νερού, οι απώλειες κατά την εφαρμογή της μεθόδου άρδευσης (ποσότητα που παροχετεύεται μείον την ποσότητα που αποθηκεύεται στο ριζόστρωμα), και το νερό που απαιτείται για έκπλυση αλάτων και αντιπαγετική προστασία.

Αρδευτική χρήση νερού στην Ελλάδα

- ❑ Οι αγροτικές καλλιέργειες αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή νερού (~ 84%), ως συνέπεια των υδροκλιματικών συνθηκών (ξηρά έως άνυδρα καλοκαίρια).
- ❑ Οι αρδευόμενες εκτάσεις ανέρχονται σε 13 200 000 στρέμματα (~32% της καλλιεργούμενης επιφάνειας της Ελλάδας, ~60% των πεδινών εδαφών)
- ❑ Από συλλογικά εγχειροβελτιωτικά έργα αρδεύεται ποσοστό 40% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης (5 200 000 στρέμματα), από τα οποία το 35 ως 40% με επιφανειακές μεθόδους, το 50 ως 55% με συστήματα καταιονισμού, και το 10% με στάγδην άρδευση και λοιπά συστήματα μικροαρδεύσεων.
- ❑ Το υπόλοιπο 60% των αρδευόμενων εκτάσεων εξυπηρετείται από ιδιωτικά έργα (κυρίως γεωτρήσεις).
- ❑ Το τυπικό επίπεδο αξιοπιστίας που εφαρμόζεται στον σχεδιασμό και διαχείριση των αρδευτικών υδροσυστημάτων είναι 80-90% (σε ετήσια βάση).
- ❑ Η τυπική ετήσια αρδευτική κατανάλωση στην Ελλάδα (λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες στα δίκτυα) εκτιμάται σε 600 m³/στρέμμα (= 600 mm).
- ❑ Εκτιμήσεις ετήσιων αρδευτικών αναγκών στην περιοχή της Θεσσαλίας:
 - Σιτάρι: 120 m³/στρέμμα
 - Αμπέλια: 295 m³/στρέμμα
 - Βιομηχανική ντομάτα: 470 m³/στρέμμα
 - Βαμβάκι: 595 m³/στρέμμα
 - Καλαμπόκι: 625 m³/στρέμμα
 - Δένδρα: 625 m³/στρέμμα
 - Ζαχαρότευτλα: 660 m³/στρέμμα
 - Μηδική-τριφύλλι: 1000 m³/στρέμμα

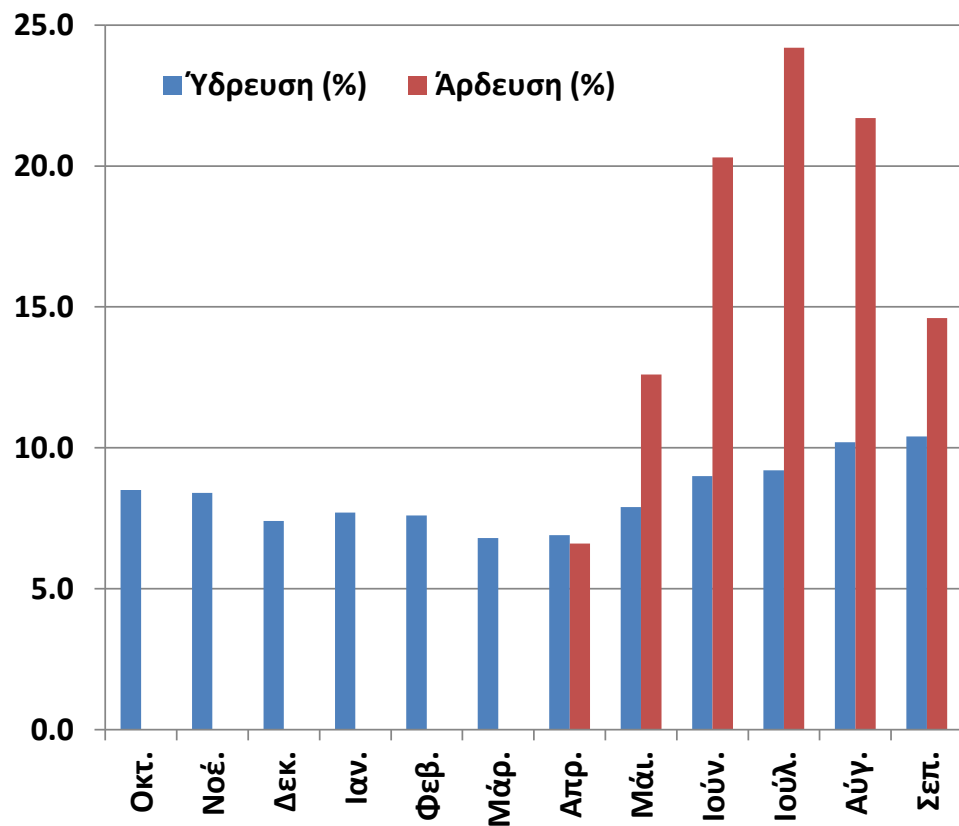
Χωρική κατανομή αρδευτικής κατανάλωσης στην Ελλάδα (κρίσιμος μήνας: Ιούλιος)



Μηνιαία κατανομή υδρευτικής, αρδευτικής και βιομηχανικής ζήτησης στην Ελλάδα

Τυπικά ποσοστά υδρευτικής ζήτησης στην Αθήνα και αρδευτικής ζήτησης στη Θεσσαλία

Μήνας	Ύδρευση (%)	Άρδευση (%)
Οκτ.	8.5	0.0
Νοέ.	8.4	0.0
Δεκ.	7.4	0.0
Ιαν.	7.7	0.0
Φεβ.	7.6	0.0
Μάρ.	6.8	0.0
Απρ.	6.9	6.6
Μάι.	7.9	12.6
Ιούν.	9.0	20.3
Ιούλ.	9.2	24.2
Αύγ.	10.2	21.7
Σεπ.	10.4	14.6



- Η βιομηχανική ζήτηση γενικά θεωρείται σταθερή, δεδομένου ότι η παραγωγή των βιομηχανικών προϊόντων δεν παρουσιάζει εποχικότητα.
- Εξάιρεση αποτελεί η χρήση νερού για ψύξη ΑΗΣ, που ακολουθεί την ζήτηση και αντίστοιχη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Υδροηλεκτρική ενέργεια

- Η Υ/Η ενέργεια (από έργα μεγάλης κλίμακας) είναι η μοναδική πηγή που είναι **ανανεώσιμη** και, ταυτόχρονα, **οικονομικά βιώσιμη**, καθώς εξασφαλίζει:
 - Μέγιστη απόδοση μεταξύ όλων των πηγών ενέργειας (>90%)
 - Ταχύτατη παραλαβή και απόρριψη φορτίου → κάλυψη αιχμών της ζήτησης
 - Μεσοπρόθεσμο προγραμματισμό της παραγωγής ενέργειας, χωρίς διακυμάνσεις
 - Δυνατότητα αποθήκευσης πλεονάζουσας ενέργειας (αντλησιοταμίευση)
 - Μηδενική υποβάθμιση του φυσικού πόρου
 - Μηδενικές εκπομπές ρύπων
 - Αξιοποίηση νερού και για άλλες χρήσεις (άρδευση, ύδρευση, περιβαλλοντική)
 - Έργα υποδομής που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της περιοχής
 - Μεγάλη διάρκεια ζωής
 - Χαμηλή έκθεση σε μεταβολές τιμών ενέργειας
 - Πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Στην Ελλάδα υπάρχουν 16 μεγάλα Υ/Η έργα (>15 MW), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 3050 MW, που κατά κανόνα λειτουργούν ως έργα **πολλαπλού σκοπού**.
- Το μέσο ετήσιο **εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό** της χώρας έχει εκτιμηθεί σε 15 TWh περίπου, που θα μπορούσε να καλύψει μέχρι το 30% των σημερινών αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια, έναντι σημερινού ποσοστού κάτω από 10%.

Υβριδικά έργα – Συστήματα άντλησης-ταμίευσης

- Ανάγκες αποθήκευσης ενέργειας:
 - Παραγωγή πλεονάζουσας νυκτερινής ενέργειας από **συμβατικές μονάδες** (π.χ. θερμοηλεκτρικές), η διακοπή και επανεκκίνηση της λειτουργίας των οποίων είναι τεχνικά δυσχερής και οικονομικά ασύμφορη – παραδοσιακό πρόβλημα διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας σε κλίμακα χώρας
 - Ανεξέλεγκτη παραγωγή ενέργειας από **ΑΠΕ**, που εξαρτώνται από αβέβαιες υδρομετεωρολογικές διεργασίες, χωρίς δυνατότητα διαχείρισης της παραγωγής μέσω αναρρύθμισης (Α/Γ, ΜΥΗΕ, Φ/Β) – σύγχρονο πρόβλημα που γιγαντώθηκε μετά την ευρεία διείσδυση των ΑΠΕ (χωρίς ορθολογικό ενεργειακό σχεδιασμό)
- Αντιμετώπιση του προβλήματος με διάταξη **διπλού ταμιευτήρα και αντλιοστροβίλου**:
 - Παραγωγή ενέργειας τις ώρες ελλείμματος (ανάντη → κατάντη)
 - Αποθήκευση ενέργειας, μέσω άντλησης, τις ώρες περίσσειας (κατάντη → ανάντη)
- Στην πράξη, ο ένας από τους δύο ταμιευτήρες (συνήθως ο κατάντη) έχει πολύ μικρή χωρητικότητα, τόση ώστε να αποθηκεύει τον όγκο νερού μίας ημέρας → προοπτικές ανασχεδιασμού του ενεργειακού συστήματος με σχετικά μικρό κόστος και πολύ υψηλή απόδοση (80% στον κύκλο).
- Μεγάλα έργα αντλησιοταμίευσης στην Ελλάδα:
 - Σφηκιά-Ασώματα (συμβατική παραγωγή 266 GWh, αντλησιοταμίευση 394 GWh)
 - Θησαυρός-Πλατανόβρυση (συμβατική παραγωγή 440 GWh, αντλησιοταμίευση 615 GWh)

Περιβαλλοντικές χρήσεις

- ❑ **Παραδοσιακή θεώρηση:** το περιβάλλον ως παθητικός αποδέκτης των επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία των έργων ανάπτυξης υδατικών πόρων
- ❑ **Σύγχρονη θεώρηση:** το περιβάλλον και τα οικοσυστήματα ως χρήστες νερού, οι ανάγκες των οποίων τίθενται σε υψηλό επίπεδο προτεραιότητας
- ❑ Ο τυπικότερη περιβαλλοντική χρήση αφορά στη διατήρηση μιας **ελάχιστης ροής** σε ποταμούς, σταθερής ή εποχιακά μεταβαλλόμενης, για προστασία των οικοσυστημάτων (οικολογική παροχή ή παροχή περιβαλλοντικής διατήρησης).
- ❑ Η οικολογική παροχή αποτελεί ουσιώδη συνιστώσα του σχεδιασμού των φραγμάτων, εισάγοντας **περιορισμούς** στη λειτουργία τους, καθώς:
 - μειώνει το απολήψιμο δυναμικό των ταμιευτήρων, αφού μέρος του αποθηκευμένου όγκου δεσμεύεται για περιβαλλοντική χρήση
 - επιβάλλει διαφορετικό καθεστώς εκροών σε σχέση με τον προγραμματισμό των άλλων χρήσεων νερού (κυρίως της ενεργειακής παραγωγής σε μεγάλα ΥΗΕ).
- ❑ Άλλοι περιβαλλοντικοί περιορισμοί στη λειτουργία ταμιευτήρων:
 - Κατώτατα όρια στάθμης για πραγματοποίηση απολήψεων (για προστασία των οικοσυστημάτων, διατήρηση καλής ποιότητας νερού, κτλ.)
 - Ανώτατα όρια στάθμης για περιορισμό του κινδύνου υπερχειλίσης
 - Τεχνητές πλημμύρες για διευκόλυνση της κίνησης των φερτών κατάντη

Εκτίμηση περιβαλλοντικών ρών ποταμών

- Η βιωσιμότητα των ποτάμιων οικοσυστημάτων εξαρτάται από το υδρολογικό καθεστώς, τα υδραυλικά χαρακτηριστικά ροής, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κοίτης και της παρόχθιας ζώνης, την πραγματοποίηση απολήψεων, την ύπαρξη φυσικών ή τεχνητών φραγμών στη συνέχεια του ποταμού, κτλ.
- Κατά κανόνα, η εκτίμηση των περιβαλλοντικής ρών γίνεται με βάση στατιστικούς δείκτες, όπως ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής (MAF) ή ποσοστημότητα:
 - Γαλλία: 2.5 και 10% της MAF, για υφιστάμενα και νέα έργα, αντίστοιχα
 - Ισπανία: 10% MAF
 - Πορτογαλία: 2.5 έως 5% MAF
 - Μ. Βρετανία, Αυστραλία: Q_{95} (παροχή που είναι διαθέσιμη το 95% του χρόνου)
 - Καναδάς, Βραζιλία: Q_{90} (παροχή που είναι διαθέσιμη το 90% του χρόνου)
- Μελέτες στις ΗΠΑ, ήδη από τη δεκαετία του 1970, έδειξαν ότι η επίτευξη καλών οικολογικών συνθηκών επιτυγχάνεται με τη διατήρηση του 20% της μέσης ετήσιας παροχής κατά την ξηρή περίοδο και του 40% κατά την υγρή (ελάχιστο αποδεκτό 10%).
- Στην Ελλάδα συχνά θεωρείται η μέση παροχή του ξηρότερου μήνα ή η ελάχιστη παροχή μιας χαμηλής περιόδου επαναφοράς (π.χ. 5 ετών).
- Ολοκληρωμένες προσεγγίσεις βασίζονται σε μοντέλα προσομοίωσης ενδιαιτημάτων, που αναπαριστούν τη συμπεριφορά επιλεγμένων ποτάμιων οργανισμών (συνήθως κάποιων ειδών ψαριών), για διάφορες συνθήκες ροής.

Θεσμικό πλαίσιο: Οδηγία 2000/60/ΕΚ

□ Γενικοί στόχοι (μέχρι το 2015):

- Διατήρηση ή αποκατάσταση καλής οικολογικής κατάστασης (Good Ecological Status) για όλα τα επιφανειακά και υπόγεια νερά.
- Διατήρηση της κατάστασης των σωμάτων που ήδη χαρακτηρίζονται από υψηλή οικολογική κατάσταση (High Ecological Status).
- Εξασφάλιση καλών οικολογικών προοπτικών (Good Ecological Potential) για τα βαρέως τροποποιημένα (heavily modified) σώματα (μεταξύ των οποίων ποτάμια στα οποία έχουν κατασκευαστεί μεγάλα φράγματα).

□ Βασικές αρχές:

- Αξιολόγηση οικολογικής κατάστασης με βάση βιολογικούς (πρωτεύον κριτήριο) και υδρομορφολογικούς δείκτες (δευτερεύον κριτήριο).
- Κατάρτιση ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής (μεταξύ των οποίων σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας και λειψυδρίας).
- Πλήρης καταμερισμός και ανάκτηση του κόστους χρήσης του ύδατος, σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων και ο χρήστης πληρώνουν».
- Ενεργός συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων (stakeholders) στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, μέσω δημόσιας διαβούλευσης.
- Προτεραιότητα στον προληπτικό σχεδιασμό και τα μη κατασκευαστικά μέτρα, έναντι της κατασκευής νέων έργων.
- Θεσμική κατοχύρωση περιβαλλοντικών όρων (και επισήμανση εξαιρέσεων).