

# **Υδραυλική & Υδραυλικά Έργα**

## **5<sup>ο</sup> εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών**



# **Υδρευτικές καταναλώσεις**

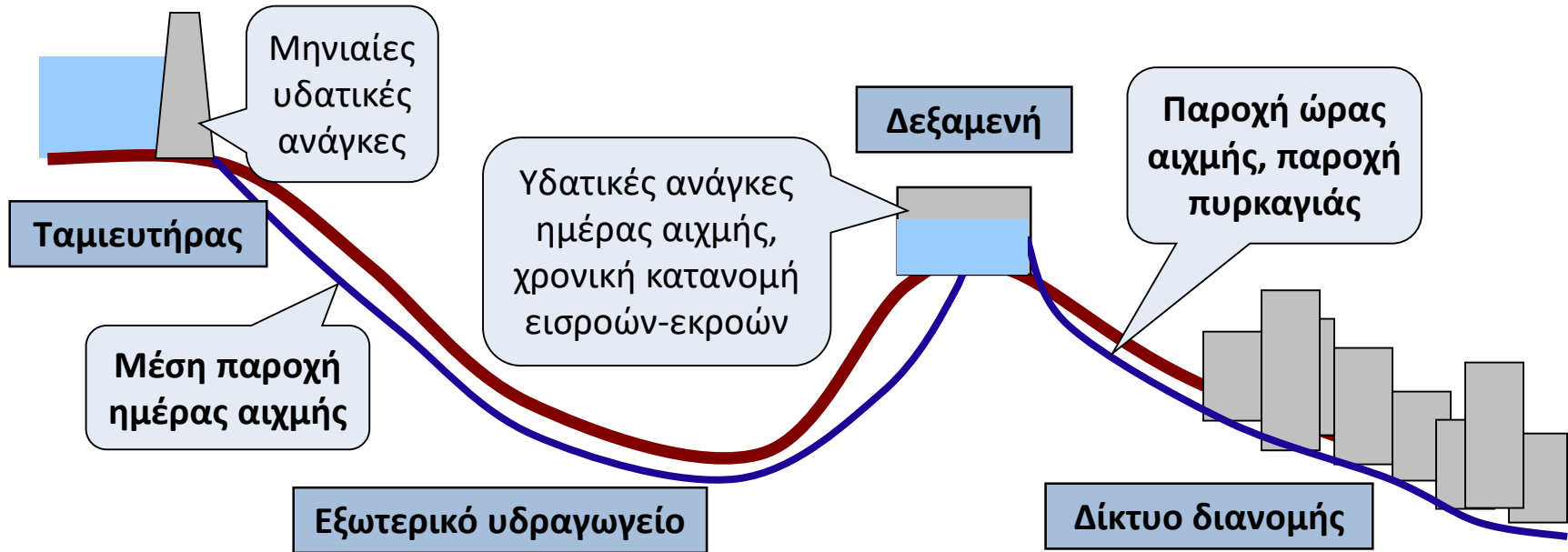
---

**Ανδρέας Ευστρατιάδης, Παναγιώτης Κοσσιέρης  
& Χρήστος Μακρόπουλος**

**Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Αθήνα, 2019**

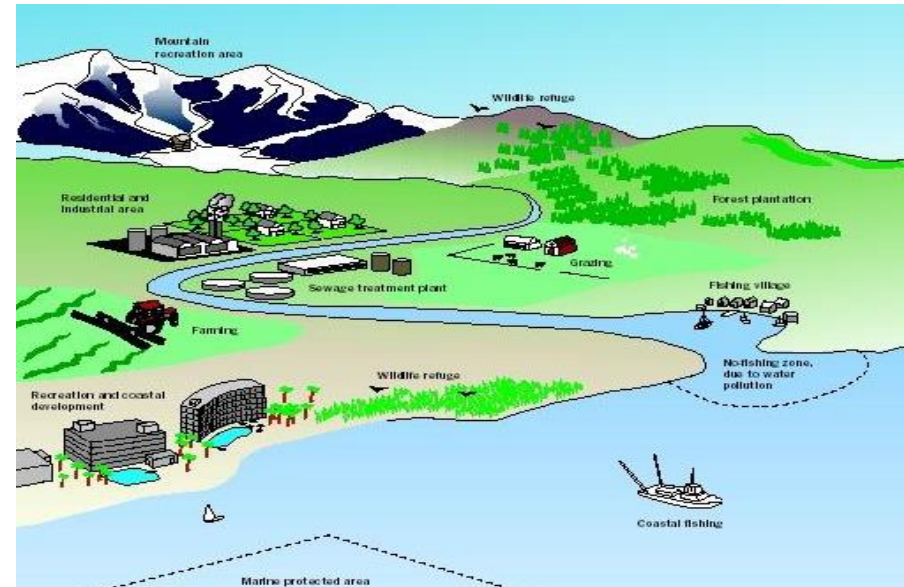
# Μεγέθη σχεδιασμού υδρευτικών έργων



- ❑ **Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων (ταμιευτήρας)** → διαστασιολόγηση με βάση τη μηνιαία κατανομή των υδρευτικών αναγκών του έτους σχεδιασμού
- ❑ **Εξωτερικό υδραγωγείο** → διαστασιολόγηση με βάση τις συνθήκες κατανάλωσης της δυσμενέστερης ημέρας του έτους σχεδιασμού
- ❑ **Δίκτυο διανομής** → διαστασιολόγηση με βάση τις συνθήκες κατανάλωσης της δυσμενέστερης ώρας του έτους σχεδιασμού (μεγιστοποίηση ζήτησης για τις συνήθειες χρήσεις, με ταυτόχρονη εκδήλωση πυρκαγιάς)
- ❑ **Δεξαμενή ρύθμισης** → διαστασιολόγηση με βάση **συνδυαστικά μεγέθη** του εσωτερικού δικτύου και του εξωτερικού υδραγωγείου

# Συνιστώσες αστικών χρήσεων νερού και παράγοντες που τις επηρεάζουν

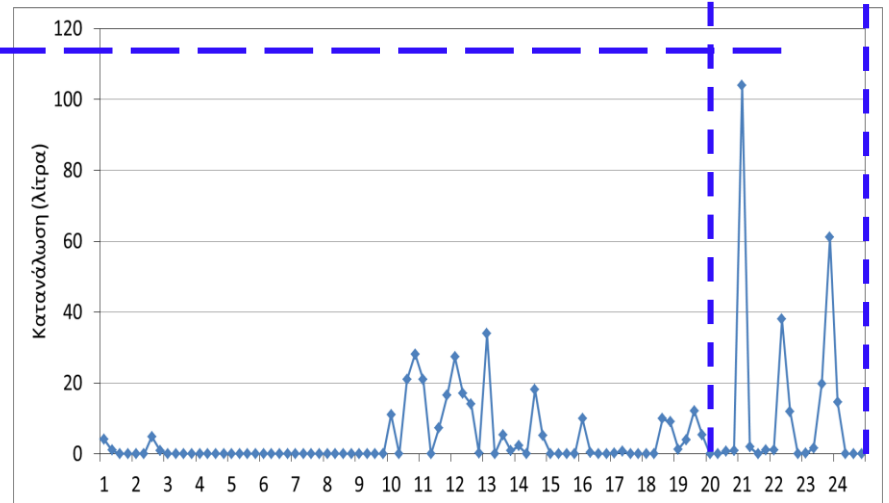
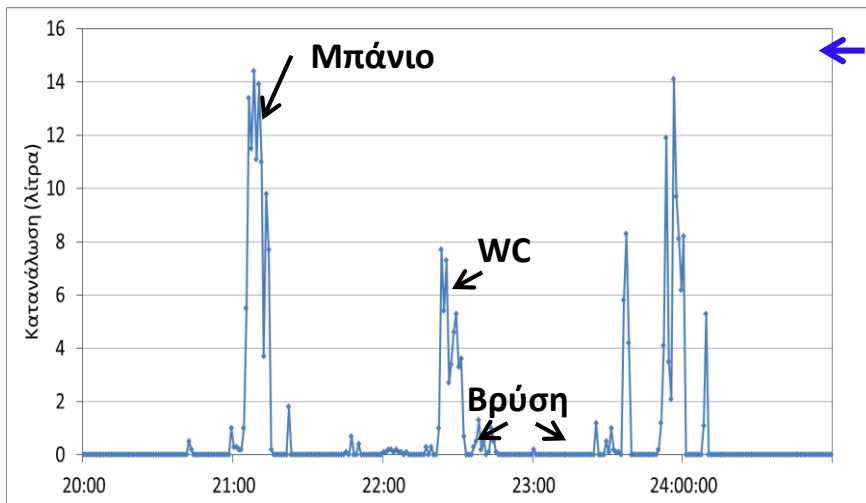
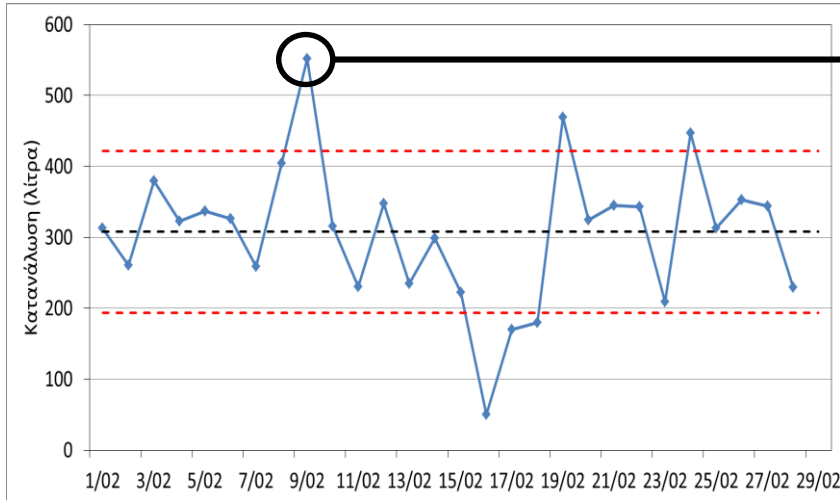
- ❑ Οικιακή χρήση μόνιμου πληθυσμού
- ❑ Εποχιακή οικιακή χρήση (παραθεριστικές περιοχές)
- ❑ Τουριστική χρήση (ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια)
- ❑ Βιομηχανική/βιοτεχνική χρήση
- ❑ Δημόσια και δημοτική χρήση (πάρκα και λοιποί χώροι πρασίνου, νοσοκομεία, σχολεία, εκκλησίες, δημόσιες υπηρεσίες, κλπ.)
- ❑ Μη οικιακή γεωργική χρήση (μικρής κλίμακας καλλιέργειες)
- ❑ Νερό που διατίθεται για πυρόσβεση
- ❑ Απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού



## Η οικιακή κατανάλωση εξαρτάται από:

- ❑ Κλιματικές συνθήκες
- ❑ Διαθεσιμότητα και ποιότητα νερού
- ❑ Βιοτικό και μορφωτικό επίπεδο
- ❑ Κοινωνικά πρότυπα
- ❑ Τεχνολογία οικιακών συσκευών
- ❑ Τιμολογιακή πολιτική
- ❑ Μέτρα διαχείρισης της ζήτησης

# Χρονικές κλίμακες κατανάλωσης νερού σε επίπεδο κατοικίας



# Εκτίμηση χαρακτηριστικών μεγεθών οικιακής και τουριστικής ζήτησης

- Ο **ετήσιος όγκος νερού**  $V_E$  για οικιακή και τουριστική ζήτηση εκτιμάται από τη σχέση:

$$V_E = q \Pi T_E$$

όπου  $q$  η ειδική (μέση κατά κεφαλή) κατανάλωση,  $\Pi$  ο πληθυσμός σχεδιασμού και  $T_E$  η διάρκεια μέσα στο έτος στην οποία αφορά η υπόψη χρήση:

- $q$  (L/ημέρα/κάτοικο): η ειδική κατανάλωση λαμβάνει διαφορετικές τιμές ανάλογα με το τύπο της ζήτησης (μόνιμοι κάτοικοι, παραθεριστές, τουρίστες κτλ.)
  - $\Pi$  (κάτοικοι): ο πληθυσμός σχεδιασμού αναφέρεται στο πέρας της ωφέλιμης ζωής των έργων ύδρευσης (συνήθως 40 έτη) και προκύπτει ύστερα από πρόβλεψη
  - $T_E$  (ημέρες): η διάρκεια λαμβάνει διαφορετικές τιμές ανάλογα με το τύπο της ζήτησης (οικιακή χρήση: 365 ημέρες, θερινή τουριστική χρήση: ~180 ημέρες)
- Η **μέση ημερήσια παροχή**  $Q_E$  για κάθε οικιακή ή τουριστική χρήση υπολογίζεται ως:

$$Q_E = q \Pi = V_E / T_E$$

- Αφού ολοκληρωθούν οι υπολογισμοί ανά τύπο ζήτησης, τα παραπάνω μεγέθη προστίθενται (εφόσον οι χρήσεις εκδηλώνονται **την ίδια χρονική περίοδο**), και προκύπτουν οι **συνολικοί ετήσιοι όγκοι** και οι **μέσες παροχές σχεδιασμού**.

# Μέση κατά κεφαλή κατανάλωση για οικιακή και τουριστική ζήτηση

---

- Η μέση ημερήσια παροχή για κοινή οικιακή ή τουριστική χρήση είναι:

$$Q_E = q \Pi = V_E / T_E$$

όπου  $q$  η ειδική (μέση κατά κεφαλή) κατανάλωση,  $\Pi$  πληθυσμός σχεδιασμού,  $V_E$  ο ετήσιος όγκος νερού και  $T_E$  η διάρκεια μέσα στο έτος στην οποία αφορά η υπόψη χρήση.

- Τυπικές τιμές ειδικής κατανάλωσης (στην Ελλάδα):
  - Οικιακή χρήση **μόνιμων κατοίκων**: 150-200 L/d/κάτοικο
  - Οικιακή χρήση **παραθεριστών**: 200-250 L/d/κάτοικο
  - **Τουριστική χρήση**: 250-350 L/d/κλίνη
- Υδρευτικές ανάγκες **ξενοδοχείων** (ΦΕΚ 43Α/2002, εδάφιο 1.3β):
  - Ξενοδοχεία 5\* και σύνθετα τουριστικά καταλύματα: 450 L/d/κλίνη
  - Ξενοδοχεία 4\*: 350 L/d/κλίνη
  - Ξενοδοχεία 3\*: 300 L/d/κλίνη
  - Ξενοδοχεία 2\*: 250 L/d/κλίνη
  - Ξενοδοχεία 1\*: 150 L/d/κλίνη
  - Αν το ξενοδοχείο διαθέτει κήπο, προστίθενται αρδευτικές ανάγκες 4.0 L/m<sup>2</sup> για χλοοτάπητα και 1.53 L/m<sup>2</sup> για λουλούδια.

# Εκτίμηση χρονικής εξέλιξης πληθυσμού

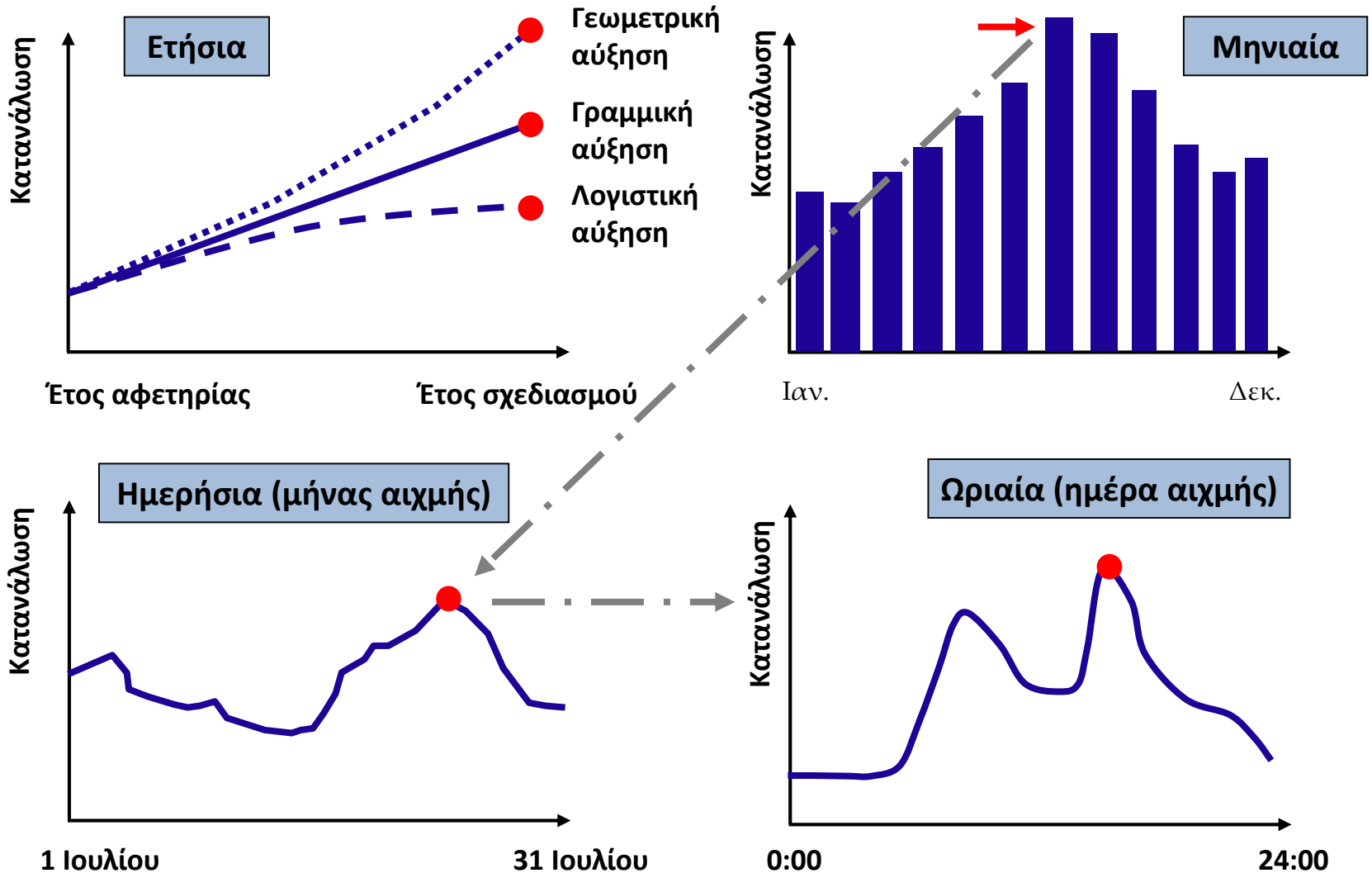
## □ Τυπικά μαθηματικά μοντέλα εξέλιξης πληθυσμού:

- Γραμμική αύξηση:  $\Pi_t = \Pi_0 + a t$
- Γεωμετρική αύξηση (σχέση ανατοκισμού):  $\Pi_t = \Pi_0 (1 + b)^t$
- Λογιστική καμπύλη:  $\Pi_t = \Pi_k / (1 + m e^{-\eta t})$

όπου  $\Pi_0$  ο πληθυσμός αφετηρίας,  $\Pi_t$  ο πληθυσμός μετά από  $t$  έτη,  $\Pi_k$  ο πληθυσμός κορεσμού, και  $a, b, m, \eta$  παράμετροι που εκτιμώνται με βάση ιστορικά δεδομένα δύο ή τριών πρόσφατων απογραφών πληθυσμού.

- Επιπλέον **στατιστικά στοιχεία** που αξιοποιούνται είναι οι απογραφές των μαθητών των σχολείων, των καταναλωτών ρεύματος ή νερού, οι εγγραφές και διαγραφές στα δημοτολόγια, κτλ.
- Ακόμη, λαμβάνονται υπόψη **ποιοτικά στοιχεία** που αφορούν στις μεταβολές των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών, σε γενικό και τοπικό επίπεδο.
- Απαιτείται ξεχωριστή εκτίμηση του αριθμού των **μη μόνιμων κατοίκων** (σύντομης διάρκειας επισκέψεις για επαγγελματικούς ή τουριστικούς λόγους). Συχνά, ο αριθμός των μη μόνιμων κατοίκων είναι πολλαπλάσιος του μόνιμου πληθυσμού.
- Επειδή η μακροχρόνια εξέλιξη του πληθυσμού εξαρτάται από πληθώρα αστάθμητων παραγόντων (π.χ. εσωτερική και εξωτερική μετανάστευση, μεγάλης κλίμακας οικονομικές μεταβολές), η άκριτη χρήση των μοντέλων είναι επισφαλής.

# Χρονικές κλίμακες οικιακής κατανάλωσης





# Λοιπές χρήσεις αστικού νερού

---

## □ Τουριστικές χρήσεις

- Η ζήτηση **συγκεντρώνεται ορισμένες περιόδους του έτους** (π.χ. καλοκαίρι) και δεν **μεταβάλλεται σημαντικά από ημέρα σε ημέρα**.
- Η διακύμανση της κατανάλωσης εντός του 24ώρου είναι λιγότερο έντονη σε σχέση με την οικιακή χρήση των μόνιμων κατοίκων.

## □ Βιομηχανικές-βιοτεχνικές χρήσεις

- Η **ζήτηση εκδηλώνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους** (μόνο τις εργάσιμες ημέρες και ώρες για τις μικρές μονάδες, σε συνεχή βάση για τις μεγάλες βιομηχανίες) και είναι γενικά σταθερή.
- Η εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης γίνεται βάσει τυπικών βιβλιογραφικών συντελεστών, για τον αντίστοιχο κλάδο παραγωγής.

## □ Δημόσιες-δημοτικές χρήσεις

- Συνήθως αποτελούν **μικρό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης** και συνυπολογίζονται με τις οικιακές.

## □ Πυροσβεστική χρήση

- Αποτελεί **έκτακτη χρήση**, που διαρκεί ορισμένες ώρες και λαμβάνεται υπόψη μόνο στο **σχεδιασμό του δικτύου διανομής και της δεξαμενής**.
- Η παροχή εκτιμάται με βάση το πλήθος των κρουνών που λειτουργούν ταυτόχρονα (σε συνήθεις οικισμούς θεωρείται ενεργοποίηση δύο κρουνών).

# Εκτίμηση χαρακτηριστικών μεγεθών σχεδιασμού (1)

- Δεδομένου του μέσου ετήσιου όγκου νερού  $V_E$ , η μέση ημερήσια παροχή  $Q_E$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_E = V_E / T_E$$

όπου  $T_E$  η **διάρκεια** μέσα στο έτος στην οποία αφορά η υπόψη χρήση (οικιακή χρήση: 365 ημέρες, θερινή τουριστική χρήση: 180 ημέρες, βιομηχανική-βιοτεχνική χρήση: 250 εργάσιμες ημέρες, μεγάλες βιομηχανίες συνεχούς λειτουργίας: 365 ημέρες).

- Αν έχουμε (από μετρήσεις) τον **μέγιστο ημερήσιο όγκο νερού**  $V_H$ , τότε η **μέγιστη ημερήσια παροχή**  $Q_H$  δίνεται από τη σχέση:

$$Q_H = V_H / T_H$$

όπου  $T_H$  η **διάρκεια της ημέρας**.

- Αν δεν υπάρχουν μετρήσεις, κατά το σχεδιασμό η **μέγιστη ημερήσια παροχή**  $Q_H$  προκύπτει από την μέση ημερήσια παροχή  $Q_E$  σύμφωνα με τη σχέση:

$$Q_H = \lambda_H Q_E$$

όπου  $\lambda_H$  συντελεστής ανομοιομορφίας, διαφορετικός για κάθε χρήση ( $\lambda_H \geq 1$ ).

- **Η μέγιστη ημερήσια παροχή/όγκος χρησιμοποιείται για την διαστασιολόγηση του εξωτερικού υδραγωγείου:**

- $Q_{\Sigma\chi} = Q_H$  για 24ωρη λειτουργία του εξωτερικού υδραγωγείου
- $Q_{\Sigma\chi} = Q_H * (24/T_Y)$  για λειτουργία του εξωτερικού υδραγωγείου  $T_Y$  ώρες

## Εκτίμηση χαρακτηριστικών μεγεθών σχεδιασμού (2)

- Ομοίως, αν έχουμε (από μετρήσεις) τον **μέγιστο ωριαίο όγκο νερού**  $V_{\Omega}$ , τότε η **μέγιστη ωριαία παροχή**  $Q_{\Omega}$  δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{\Omega} = V_{\Omega} / T_{\Omega}$$

όπου  $T_{\Omega}$  η **διάρκεια της ώρας**.

- Αν δεν υπάρχουν αναλυτικές μετρήσεις, η **μέγιστη ωριαία παροχή**  $Q_{\Omega}$  προκύπτει από την **μέγιστη ημερήσια παροχή**  $Q_H$  σύμφωνα με τη σχέση:

$$Q_{\Omega} = \lambda_{\Omega} Q_H$$

όπου  $\lambda_{\Omega}$  συντελεστής ανομοιομορφίας, διαφορετικός για κάθε χρήση ( $\lambda_{\Omega} \geq 1$ ).

- **Η μέγιστη ωριαία παροχή/όγκος χρησιμοποιείται για την διαστασιολόγηση του δικτύου διανομής.**

Οι τελικοί όγκοι και παροχές σχεδιασμού για τα υπό μελέτη υδραυλικά έργα προκύπτουν από συνάθροιση των παραπάνω μεγεθών ( $V_E, V_H, V_{\Omega}, Q_E, Q_H, Q_{\Omega}$ ) όπως αυτά έχουν υπολογιστεί ανά χρήση (γίνεται η υπόθεση ότι οι χρήσεις εκδηλώνονται την ίδια χρονική περίοδο).

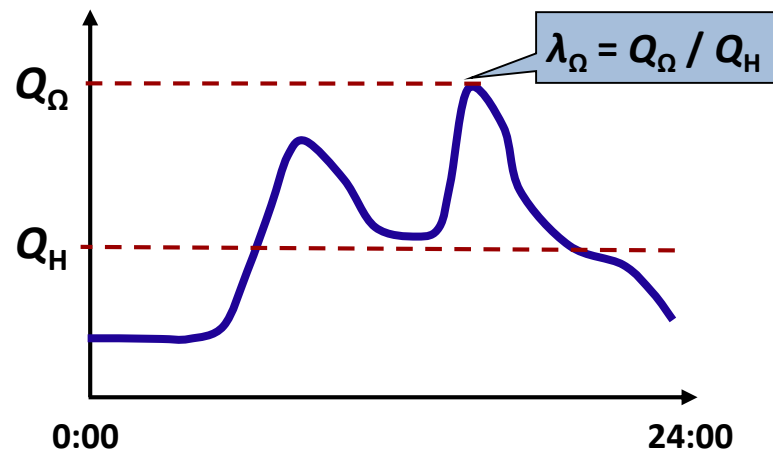
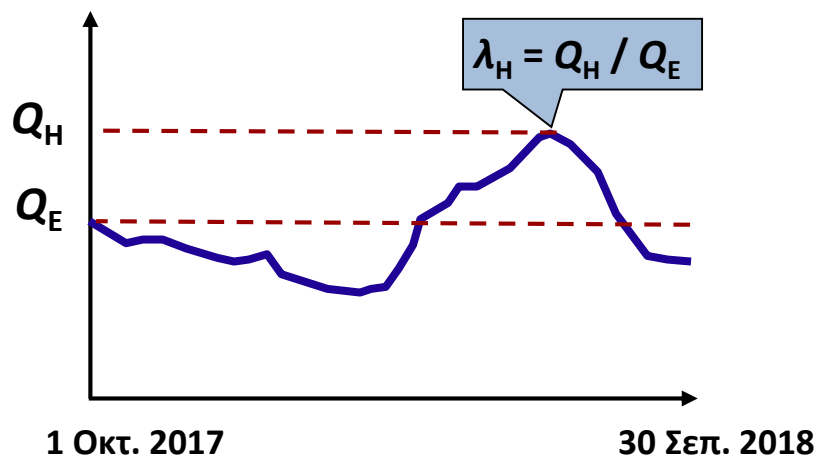
# Ερμηνεία και εκτίμηση συντελεστών αιχμής

## □ Συντελεστής ημερήσιας αιχμής:

- Οικιακή χρήση:  $\lambda_H = 1.5$  (αστικά κέντρα),  $\lambda_H > 2.0$  (οικισμοί με εποχιακό πληθυσμό),  $\lambda_H = 2.0 - 3.0$  (περιοχές με σημαντική ανάπτυξη κήπων)
- Τουριστική-παραθεριστική χρήση:  $\lambda_H < 1.5$  (ξενοδοχεία:  $\lambda_H \rightarrow 1.1$ )
- Βιομηχανική χρήση:  $\lambda_H \rightarrow 1.0$

## □ Συντελεστής ωριαίας αιχμής (σταθερός για όλες τις μέρες του έτους):

- Οικιακή χρήση:  $\lambda_\Omega = 1.5 - 2.5$
- Μικροί οικισμοί, με ελάχιστες νυκτερινές καταναλώσεις:  $\lambda_\Omega = 3.0$
- Τουριστική-παραθεριστική χρήση:  $\lambda_\Omega = 1.5$
- Βιομηχανική χρήση:  $\lambda_\Omega = 24 / T_B$  ( $T_B$ : ώρες λειτουργίας ανά ημέρα)



# Συνιστώσες νερού που εισέρχονται στο δίκτυο

System Input Volume	Authorised Consumption (Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση)	Billed Authorised Consumption (Τιμολογούμενη)	Billed Metered Consumption	Revenue Water (Ανταποδοτικό νερό)	
			Billed Unmetered Consumption		
		Unbilled Authorised Consumption (Μη τιμολογούμενη) <i>Δήμοι</i>	Unbilled Metered Consumption	Non Revenue Water (Μη ανταποδοτικό νερό)	
		Unbilled Unmetered Consumption			
	Water Losses (Απώλειες)	Apparent Water Losses (Φαινόμενικές)	Unauthorised Consumption <i>Κλοπή</i>		Non Revenue Water (Μη ανταποδοτικό νερό)
			Customer Meter Inaccuracies <i>Μετρητές</i>		
Real Losses (Πραγματικές) = διαρροές + υπερχειλίσεις		Leakage on Transmission and Distribution Mains			
		Leakage and Overflows at Reservoirs			
		Leakage on Service Connections up to Metering Point			

(IWA, 2000)

- ❑ Στα δίκτυα διανομής **σημαντικό ποσοστό νερού**, της τάξης του 20-30%, φαίνεται ότι **«χάνεται»** κατά τη μεταφορά από τις μονάδες επεξεργασίας ως την κατανάλωση (αυτό μπορεί να ξεπερνά το 50% για παλιά και κακά συντηρημένα δίκτυα).
- ❑ Οι **απώλειες νερού** (Water Losses) διακρίνονται σε **«φαινομενικές»** (Apparent) και **«πραγματικές»** (Real), και μαζί με τη **«μη τιμολογούμενη κατανάλωση»** (Unbilled Authorised) συνιστούν το **«μη ανταποδοτικό νερό»** (Non-revenue water).

# Απώλειες νερού στα δίκτυα διανομής

- Πέραν της **τιμολογούμενης κατανάλωσης**, η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση περιλαμβάνει ακόμα τη δωρεάν παροχή νερού σε δήμους και κοινωφελείς οργανισμούς, καθώς και τις ποσότητες που καταναλώνονται για καθαρισμό των δεξαμενών και του δικτύου, και για κατάσβεση πυρκαγιών (**μη τιμολογούμενη**).
- Οι **πραγματικές/φυσικές απώλειες** οφείλονται σε **διαρροές** στις δεξαμενές, τις συνδέσεις των αγωγών (ιδιαίτερα στις οικιακές συνδέσεις) και στις θέσεις των ειδικών συσκευών. Σημαντικός παράγοντας είναι οι **θραύσεις αγωγών** λόγω καταπόνησης από φορτία οχημάτων, έντονες διακυμάνσεις της πίεσης, υδραυλικά πλήγματα, παγετό, κτλ.
  - Φυσικές απώλειες της τάξης του 15% θεωρούνται αποδεκτές, ενώ μείωσή τους κάτω από 10% καθίσταται δυσανάλογα δαπανηρή σε έρευνα και επισκευές.
  - Στα εξωτερικά υδραγωγεία, οι φυσικές απώλειες κυμαίνονται στα επίπεδα του 10%.
- Οι **φαινομενικές/πλασματικές απώλειες** αναφέρονται στο νερό που καταναλώνεται χωρίς να τιμολογηθεί λόγω **πλημμελούς καταμέτρησης, σφαλμάτων μετρητών και παράνομων συνδέσεων** κτλ.

Στον σχεδιασμό, τα αθροιστικά μεγέθη των παροχών  $Q_H$  και  $Q_\Omega$  προσαυξάνονται με βάση το αναμενόμενο ποσοστό απωλειών κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού.

# Σύνοψη μεθοδολογικού πλαισίου

## 1. Καθορισμός χρήσεων νερού και εκτίμηση χαρακτηριστικών μεγεθών:

- 1α. Ειδικές καταναλώσεις ανά τύπο χρήσης (οικιακή, τουριστική, παραθεριστική, βιομηχανική κτλ.)
- 1β. Εκτίμηση πληθυσμού σχεδιασμού και ανάπτυξης της περιοχής (πολεοδομικά στοιχεία, αναπτυξιακά δεδομένα και πρόσφατες απογραφές πληθυσμού περιοχής μελέτης).
- 1γ. Εκτίμηση συντελεστών ανομοιομορφίας  $\lambda_H$  και  $\lambda_\Omega$  ανά χρήση

## 2. Εκτίμηση χαρακτηριστικών παροχών/όγκων ανά χρήση:

- 2α. Μέσος ημερήσιος όγκος ( $V_E$ ) -> Μέση ημερήσια παροχή ( $V_E, Q_E$ )
- 2β. Μέγιστος ημερήσιος όγκος ( $V_H$ ) -> Μέγιστη ημερήσια παροχή ( $Q_H$ )
- 2γ. Μέγιστος ωριαίος όγκος ( $V_\Omega$ ) -> Μέγιστη ωριαία παροχή ( $Q_\Omega$ )

## 3. Συνάθροιση μεγεθών για την εκτίμηση:

- της **ετήσιας** και **μηνιαίας ζήτησης** νερού της περιοχής μελέτης (σχεδιασμός έργων σύλληψης και αξιοποίησης υδατικών πόρων – κατάρτιση προγραμμάτων διαχείρισης υδατικών πόρων)
- της **μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης** (διαστασιολόγηση υδροληπτικών έργων, έργων εξωτερικού υδραγωγείου και δεξαμενής)
- της **μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης**, σε συνθήκες κανονικής και έκτακτης λειτουργίας του δικτύου διανομής (διαστασιολόγηση δικτύου διανομής και λοιπών συνιστωσών εσωτερικού υδραγωγείου)