



ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

Αριστείδης Κουτρούλης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΜΠ 531: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

Ακαδημαϊκό έτος 2021-2022

Αριστείδης Κουτρούλης
28210 37764
akoutroulis@isc.tuc.gr
K3.A1

Εργασία (project), 30% του βαθμού - υποχρεωτική
Τελική γραπτή εξέταση, 70% του βαθμού

ΜΠ 531: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΣΤΟΧΟΣ

- Κατανόηση βασικών εννοιών και εφαρμογή τυπικών υπολογιστικών τεχνικών υδραυλικής αγωγών υπό πίεση και με ελεύθερη επιφάνεια.
- Σχεδιασμός έργων μεταφοράς νερού (αγωγούς υπό πίεση, αντλιοστάσια).
- Σχεδιασμός έργων υδροδότησης (δεξαμενές, δίκτυα διανομής).
- Χρήση μοντέλων υδραυλικής ανάλυσης δικτύων (EPANET).
- Σχεδιασμός αστικών δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων & όμβριων.
- Εξοικείωση με σχετικούς τεχνικούς όρους και στοιχεία μελετών (τεχνική έκθεση, γενική διάταξη έργων σε οριζοντιογραφία, μηκοτομές αγωγών).
- Συνεργασία για επίλυση σύνθετων προβλημάτων σχεδιασμού.

ΜΠ 531: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

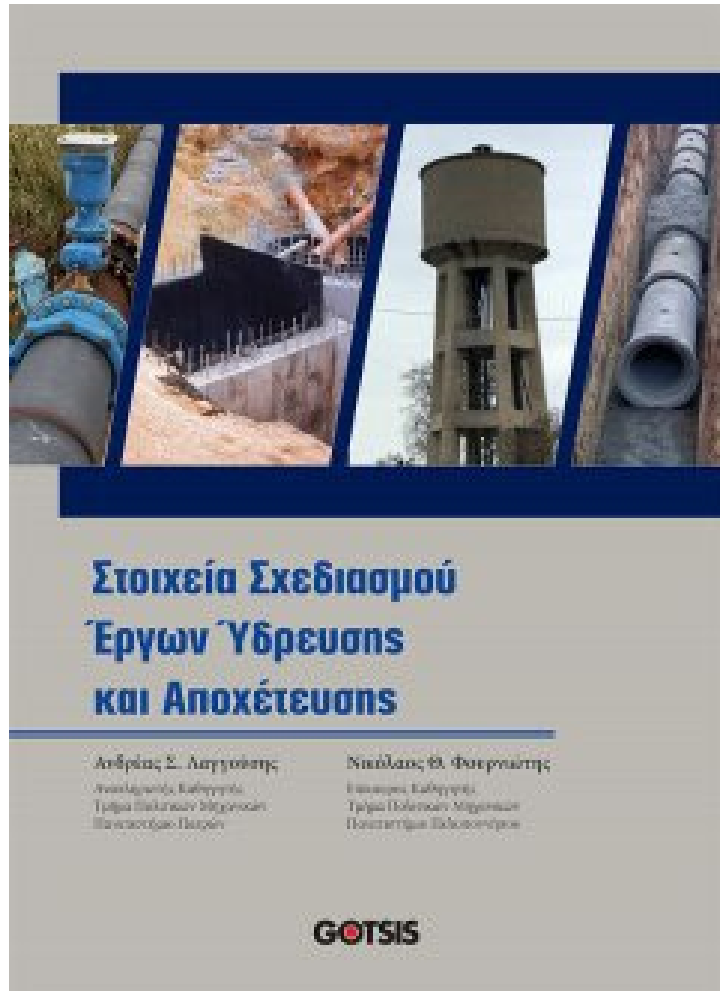
- Project: Σχεδιασμός Ύδρευσης και Αποχέτευσης οικισμού

▪ Βοηθήματα

- ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020 Ιωάννης Κ. Τσάνης
- Σημειώσεις Αστικών Υδραυλικών Έργων – Υδρευτικά Έργα, Δ. Κουτσογιάννης, και
Α. Ευστρατιάδης: <http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1518/>
- Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης, Δ. Κουτσογιάννης:
<http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/123/>



ΜΠ 531: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ



**Στοιχεία Σχεδιασμού Έργων
Ύδρευσης και Αποχέτευσης**

**Ανδρέας Λαγγούσης
Νικόλαος Φουρνιώτης**

2020 - 722σ. - 29x21εκ.

ISBN: 978-960-9427-89-0

ΜΠ 531: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

■ Πρόγραμμα

FEBRUARY							MARCH							APRIL							MAY						
M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S
								1	2	3	4	5	6					1	2	3							1
							7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8
							14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15
21	22	23	24	25	26	27	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22
28							28	29	30	31				25	26	27	28	29	30		23	24	25	26	27	28	29
																					30	31					





ΜΠ 531: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Χρήση νερού
- Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και υδατική διαθεσιμότητα
- Εισαγωγή στα υδραυλικά έργα - Ιστορική εξέλιξη υδραυλικών έργων
- Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Χρήση νερού
- Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και υδατική διαθεσιμότητα
- Ιστορική εξέλιξη υδραυλικών έργων
- Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Άρδευση

Χρήση νερού – Υδραυλικά Έργα



buildnet.gr; agronews.gr; financialtribune.com

Ενέργεια

Χρήση νερού – Υδραυλικά Έργα



Three Gorges Dam/China/22500MW



Itaipu Dam/Brazil/14000MW

russiatrek.org; nuclear.duke-energy.com; wikipedia.org



Ναυσιπλοΐα

Χρήση νερού – Υδραυλικά Έργα



lh4.ggpht.com
footage.framepool.com
mrcmekong.org



Αντικείμενο

Όλα τα έργα που γίνονται με σκοπό την αξιοποίηση των υδατικών πόρων και κάλυψη των πάσης φύσεως αναγκών των οικισμών και των τουριστικών περιοχών, των γεωργικών και βιομηχανικών περιοχών, της αναψυχής και της προστασίας και διατήρησης του περιβάλλοντος, κατά συνέπεια και η επεξεργασία του νερού και των λυμάτων.

Τσακίρης, 2010

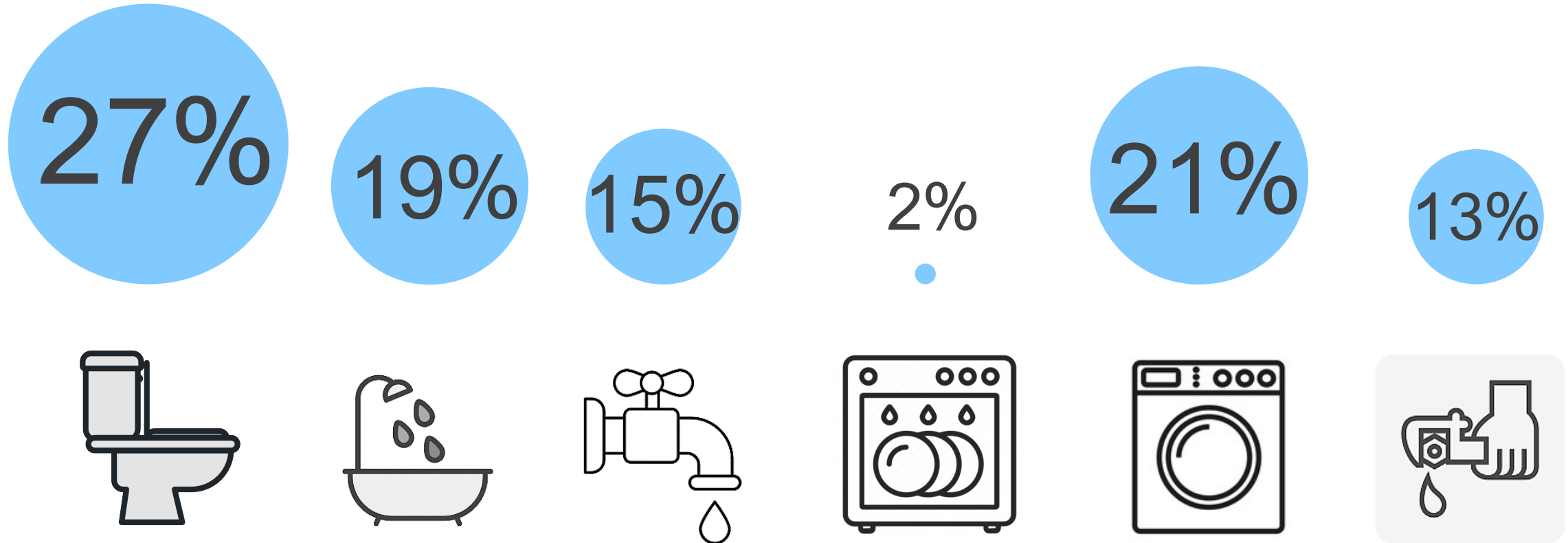
Αστικά υδραυλικά έργα

- Υδρευτικά έργα
 - Υδροδότηση
 - Δίκτυα διανομής
- Αποχετευτικά έργα
 - Όμβρια
 - Ακάθαρτα

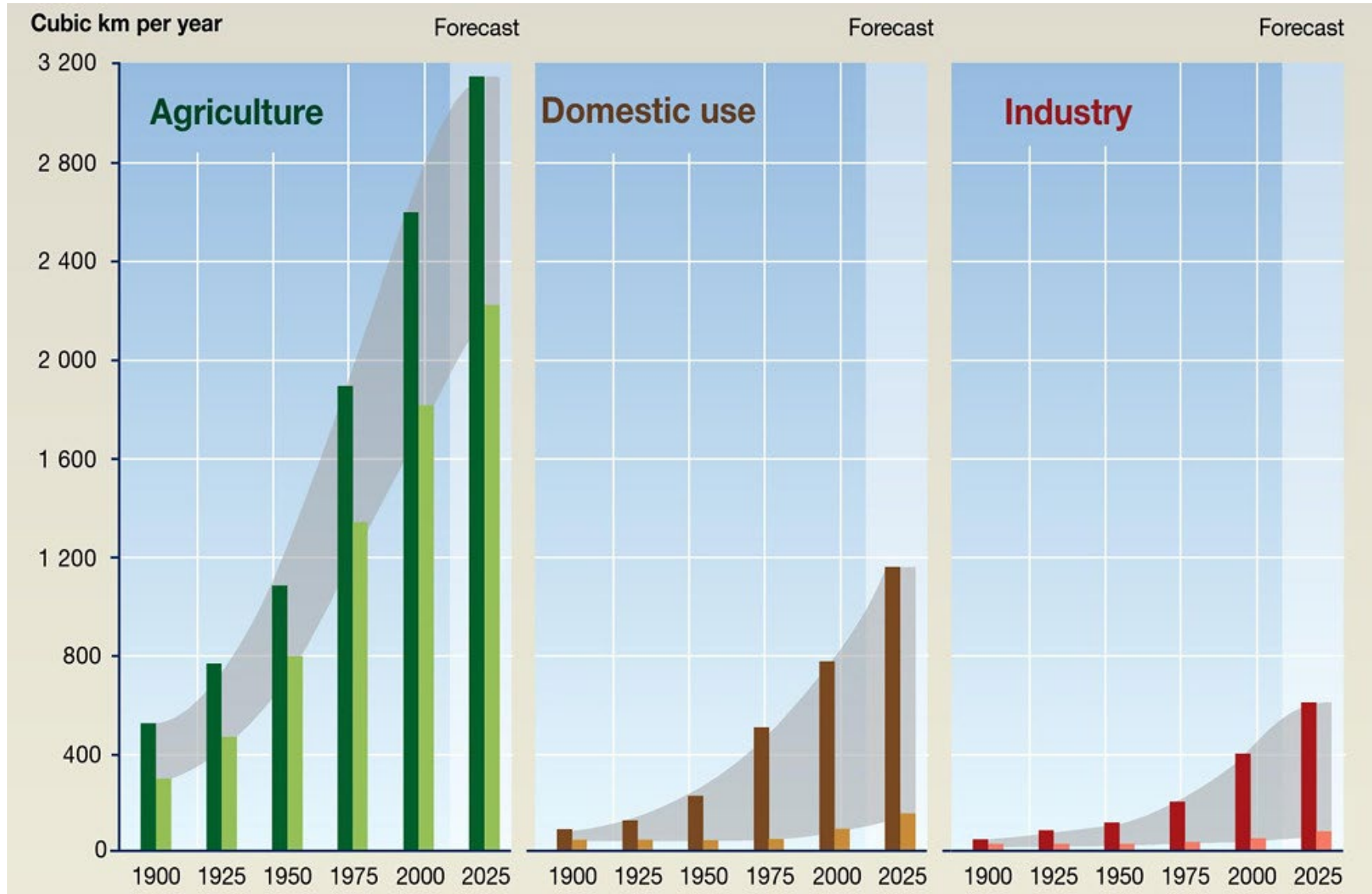
Κουτσογιάννης & Ευστρατιάδης, 2007



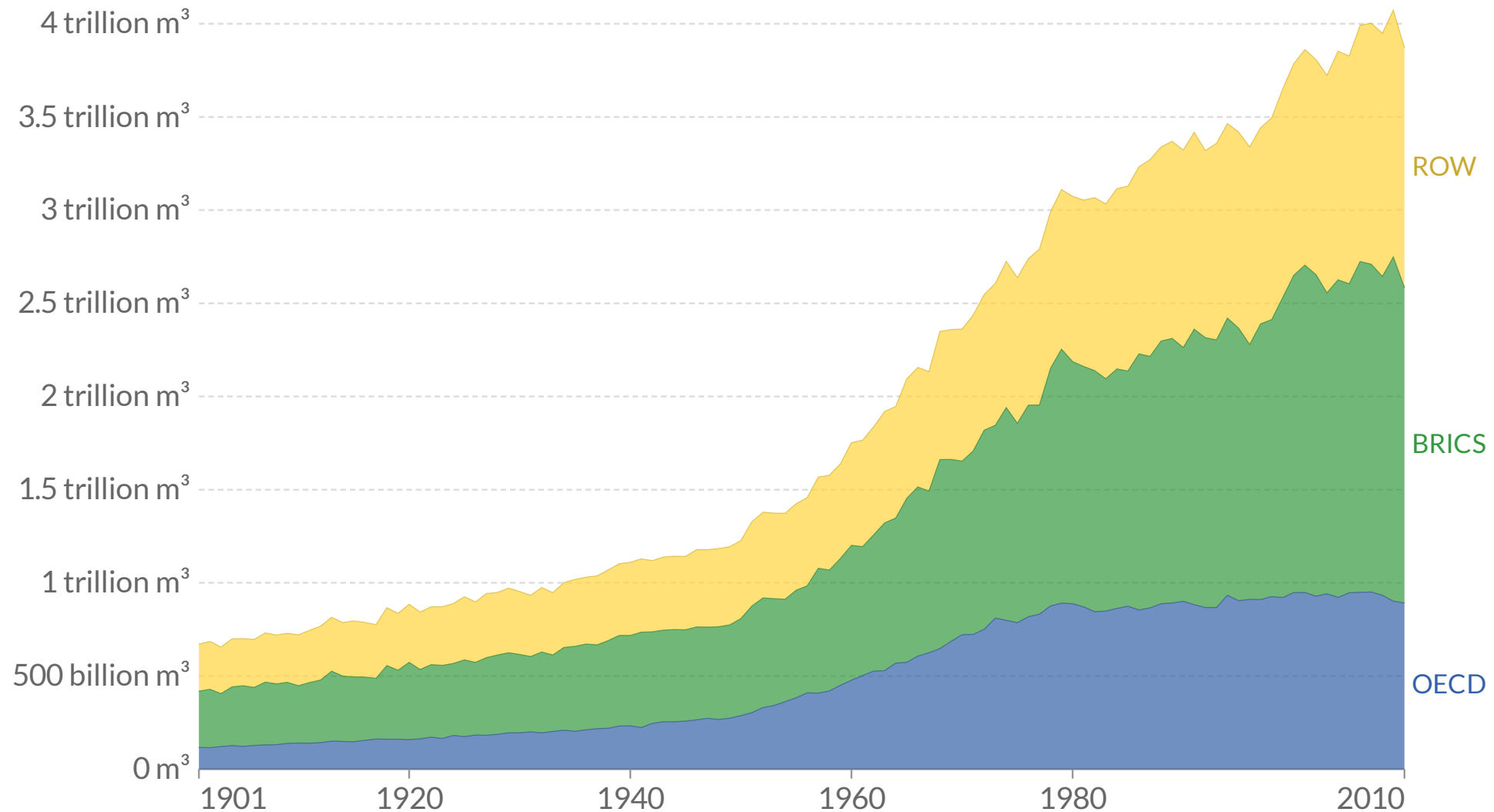
Υδρευση - Οικιακή κατανάλωση νερού



Παγκόσμια χρήση νερού



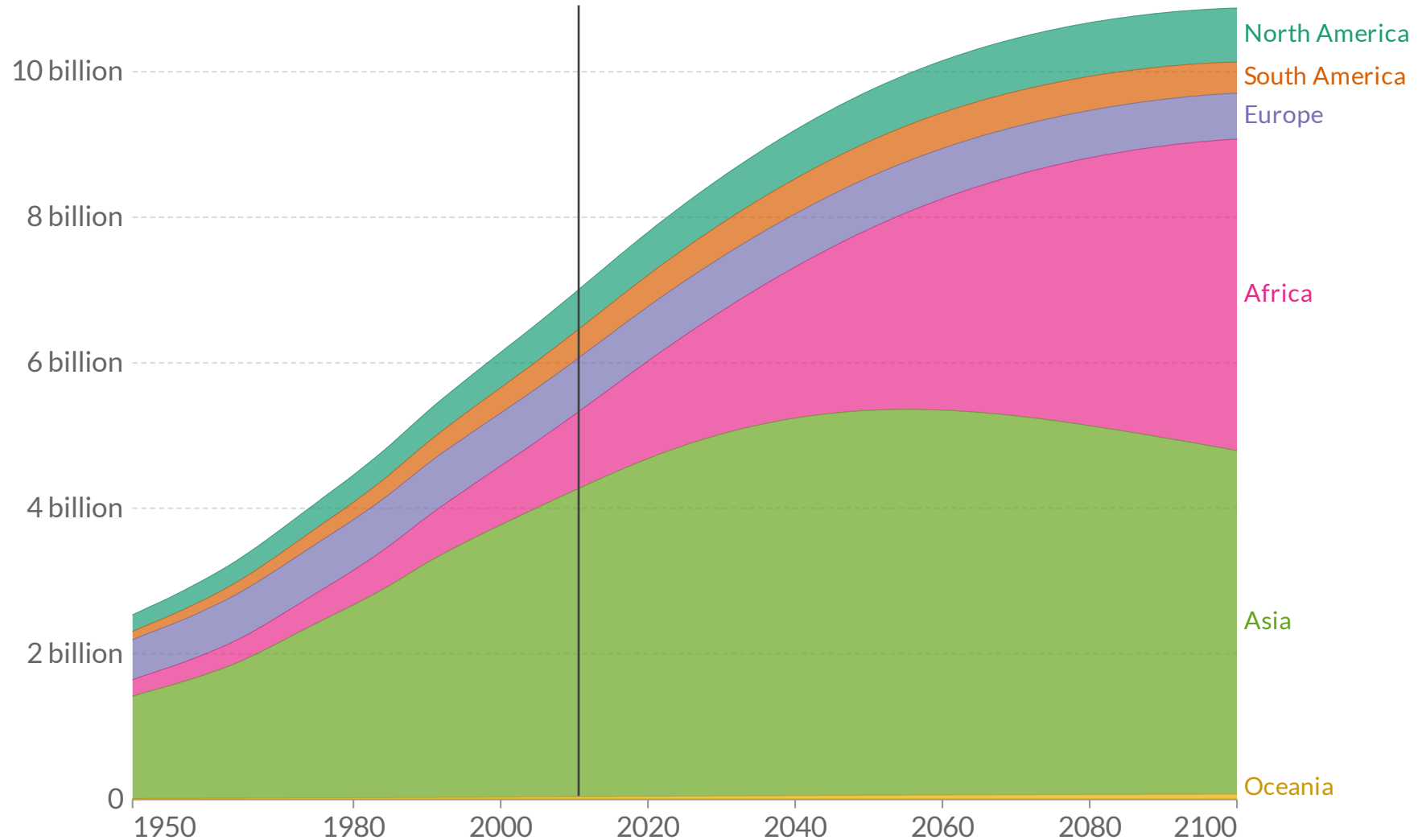
Παγκόσμια χρήση νερού



Source: Global International Geosphere-Biosphere Programme (IGB)

OurWorldInData.org/water-access-resources-sanitation/ • CC BY

Πληθυσμιακή εξέλιξη



Source: Gapminder (v6), HYDE (v3.2), UN (2019)

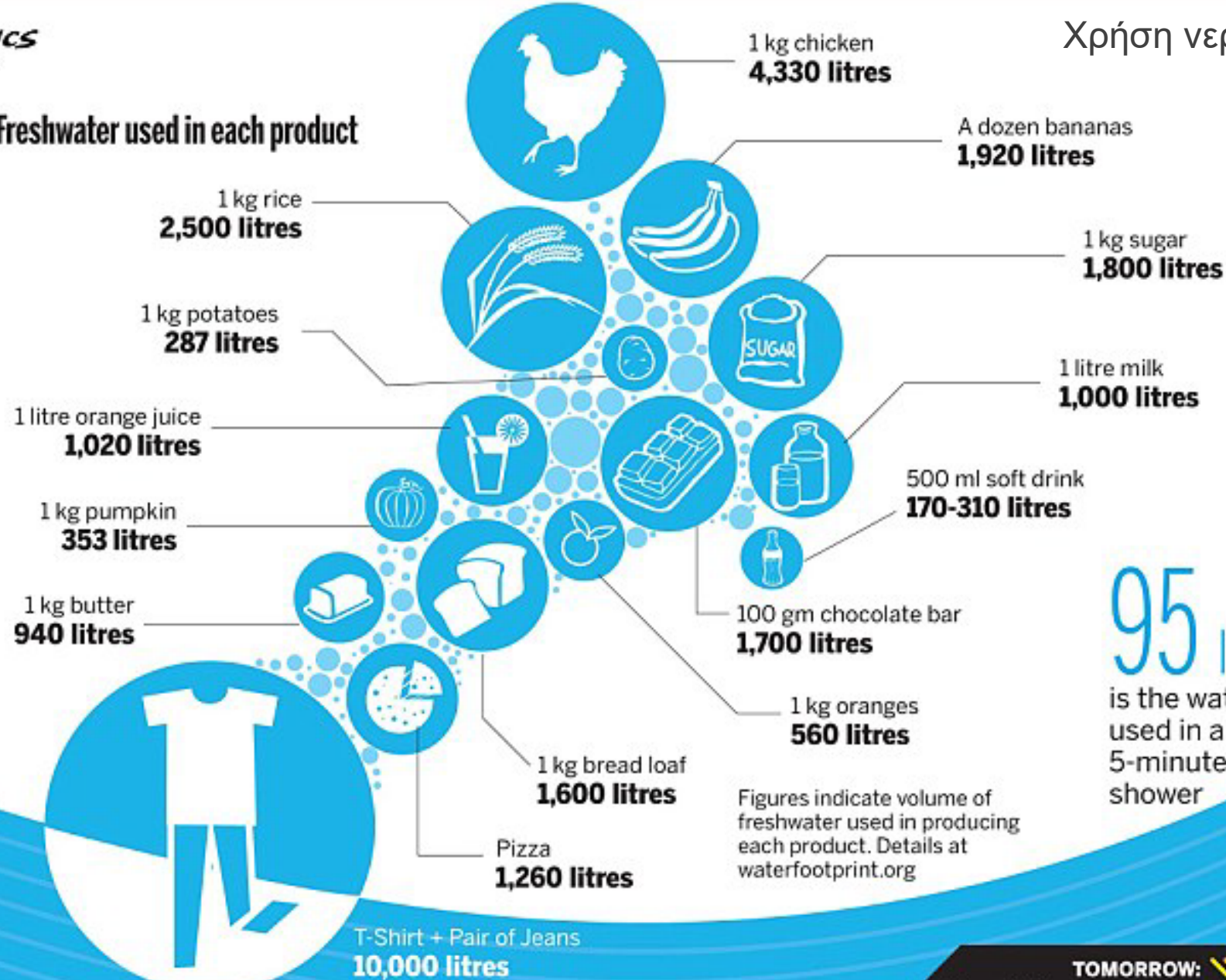
[OurWorldInData.org/world-population-growth](https://www.OurWorldInData.org/world-population-growth) • CC BY

YOUR WATER FOOTPRINT...

...is much larger than you think. The amount of water you consume depends not just on the duration of your daily shower or the number of clothes you wash but also on what you eat, the clothes you wear & the fuel you use. Take a look, calculate your water footprint & reduce it to earn a few extra minutes in the shower

1,400 litres
of water is what goes into a typical morning breakfast

Freshwater used in each product



95 litres
is the water used in a 5-minute shower

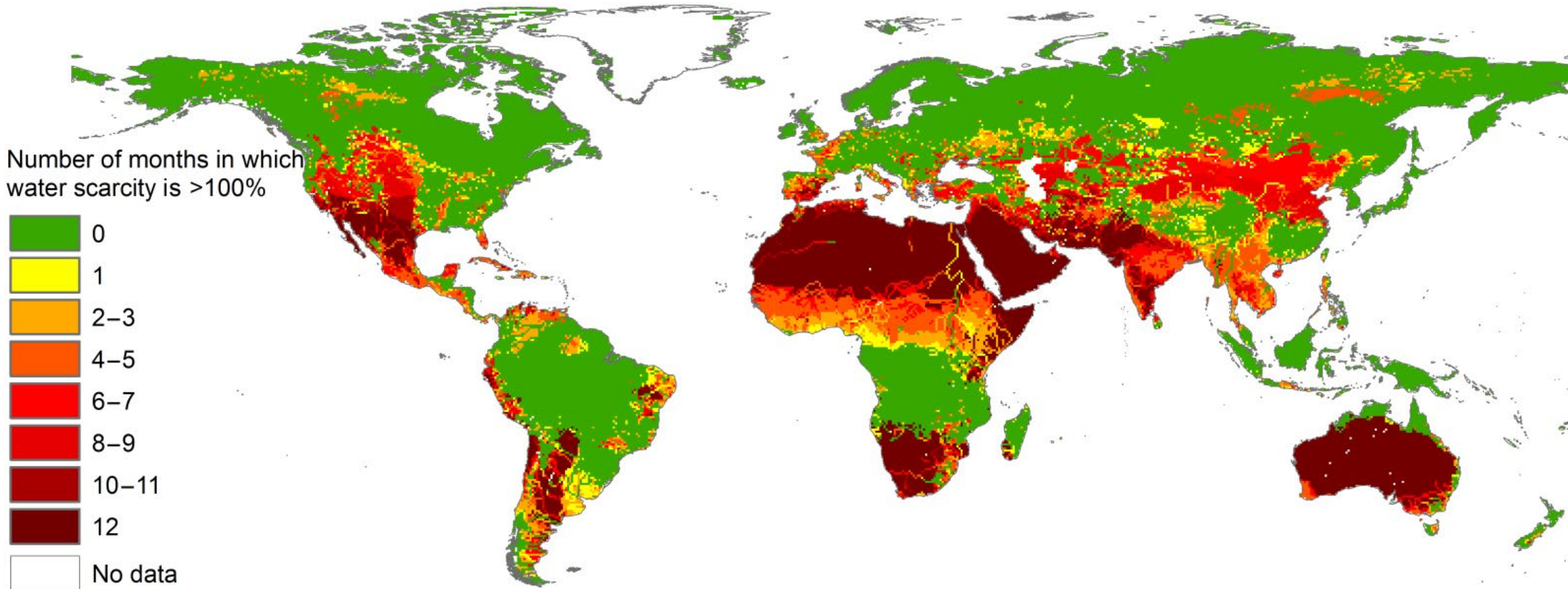
Figures indicate volume of freshwater used in producing each product. Details at waterfootprint.org

TOMORROW:
Infosys & NRIs pay for gold import

dailymail.co.uk

Four billion people facing severe water scarcity

Χρήση νερού

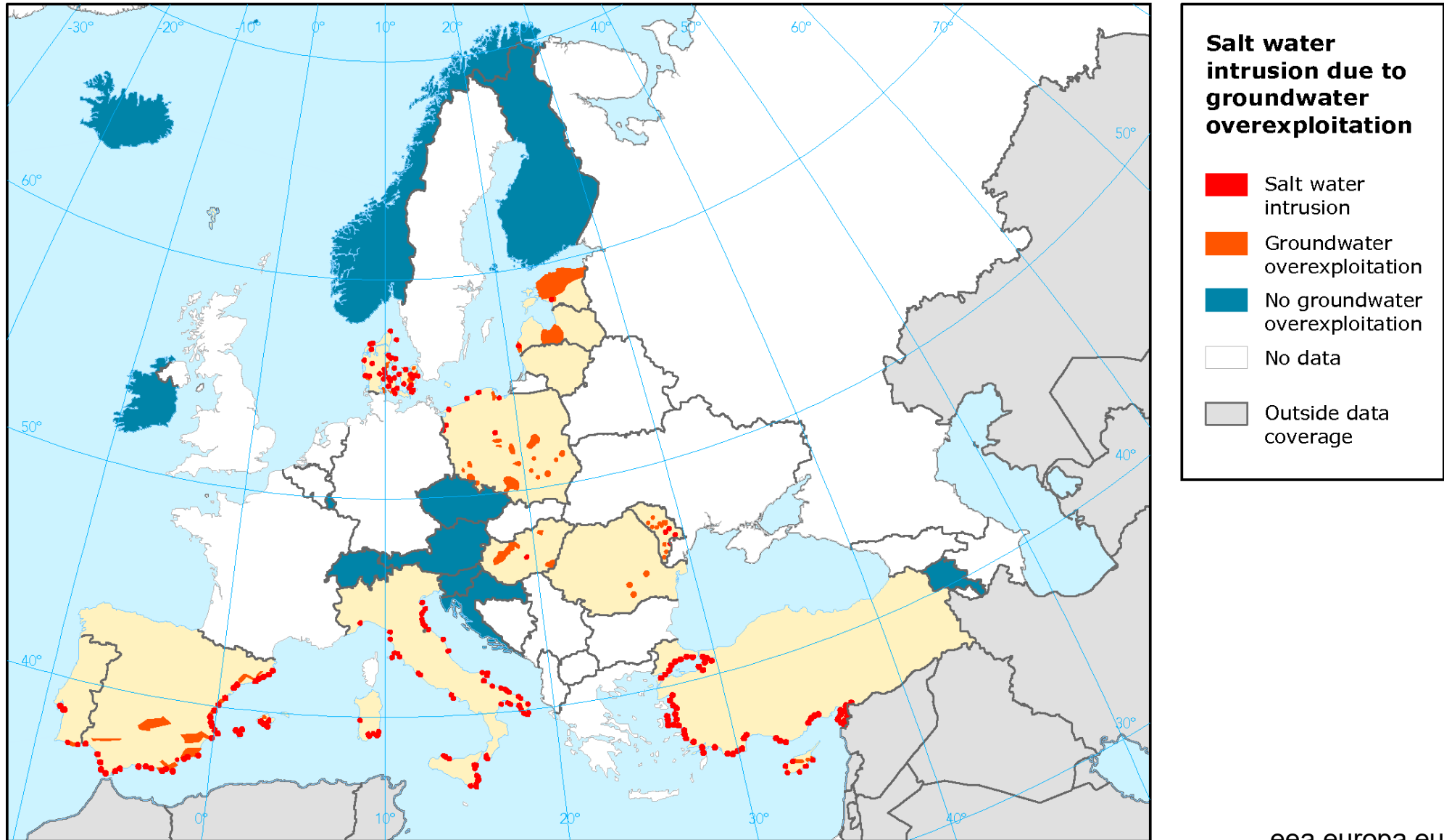


Mekonnen and Hoekstra Sci. Adv. 2016; 2 : e1500323 12 February 2016

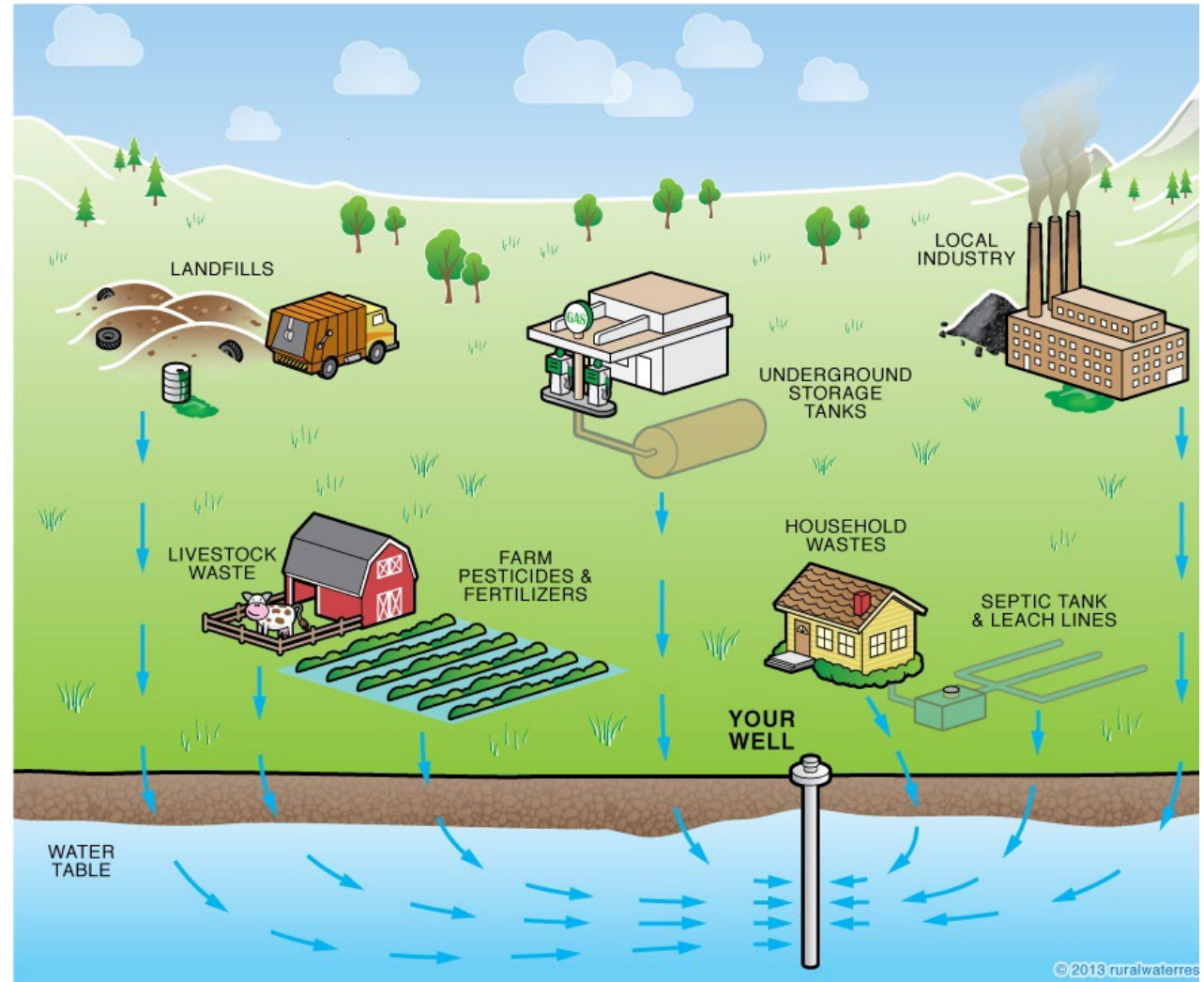
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Χρήση νερού
- Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και υδατική διαθεσιμότητα
- Ιστορική εξέλιξη υδραυλικών έργων
- Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις



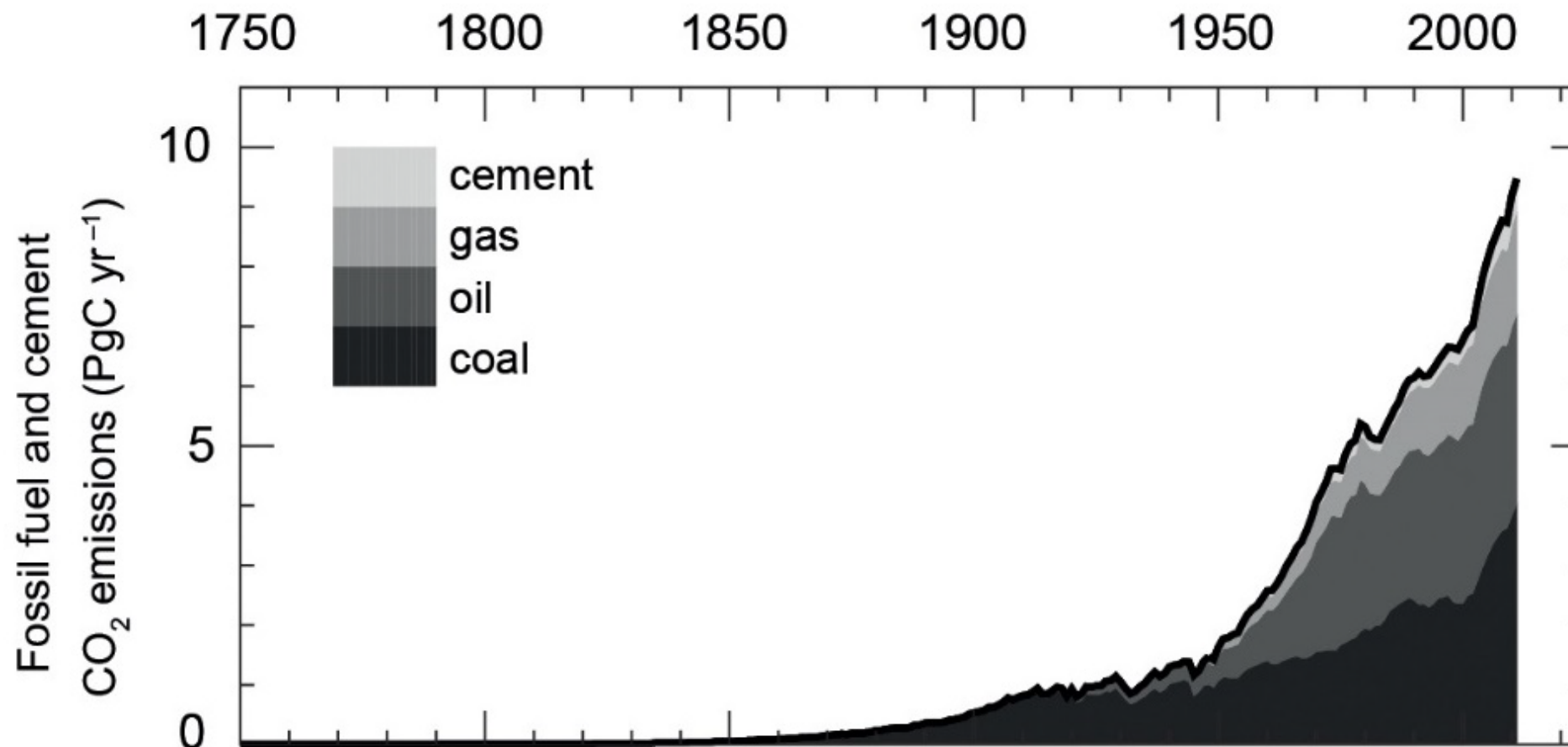
Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις



Information gathered from U.S. Environmental Protection Agency

Κλιματική αλλαγή

Ανθρωπογενής συνεισφορά CO₂ στην
ατμόσφαιρα



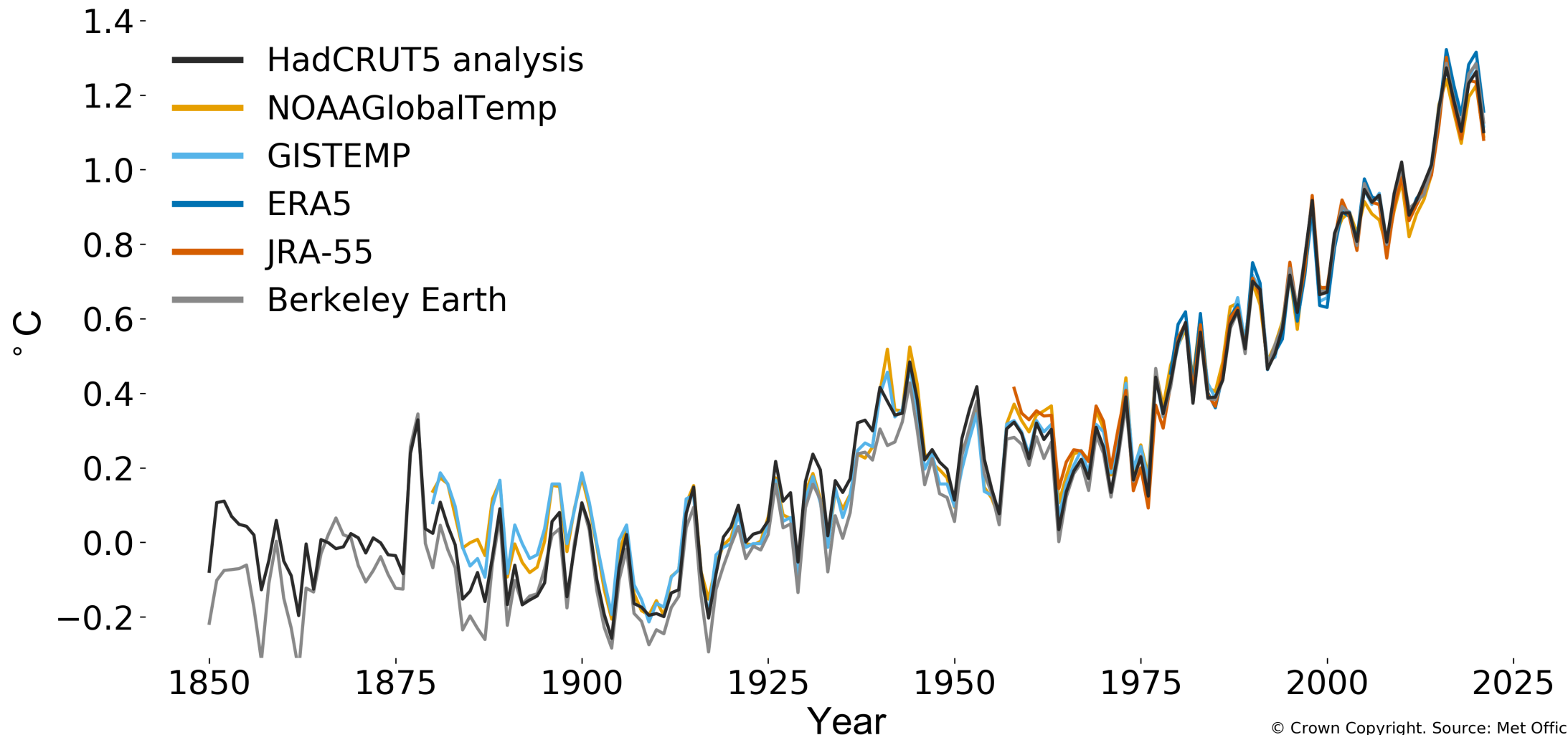
Εκπομπές CO₂ (σε petagrams / έτος) από ορυκτά καύσιμα ανά κατηγορία και τσιμέντο, όπως εκτιμήθηκε από το Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC).

Κλιματική αλλαγή

καταγεγραμμένες θερμοκρασίες

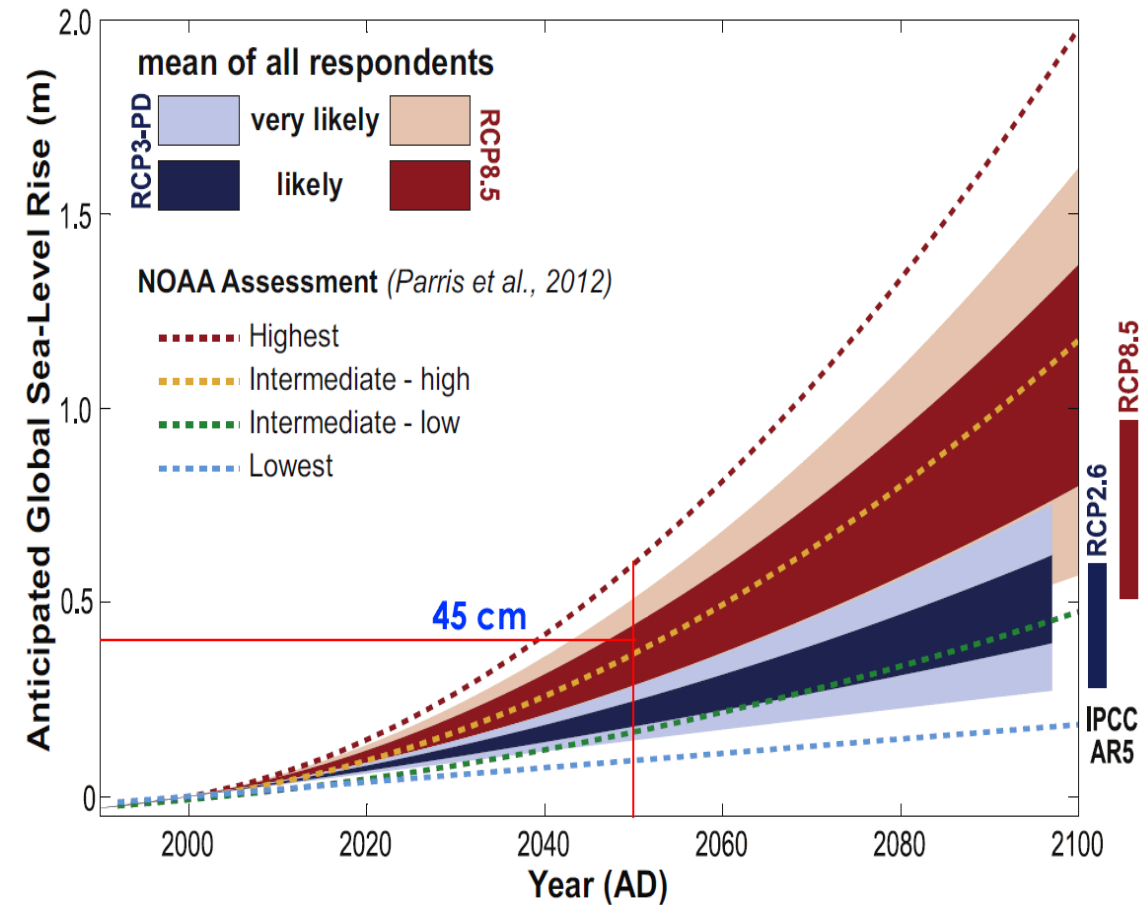
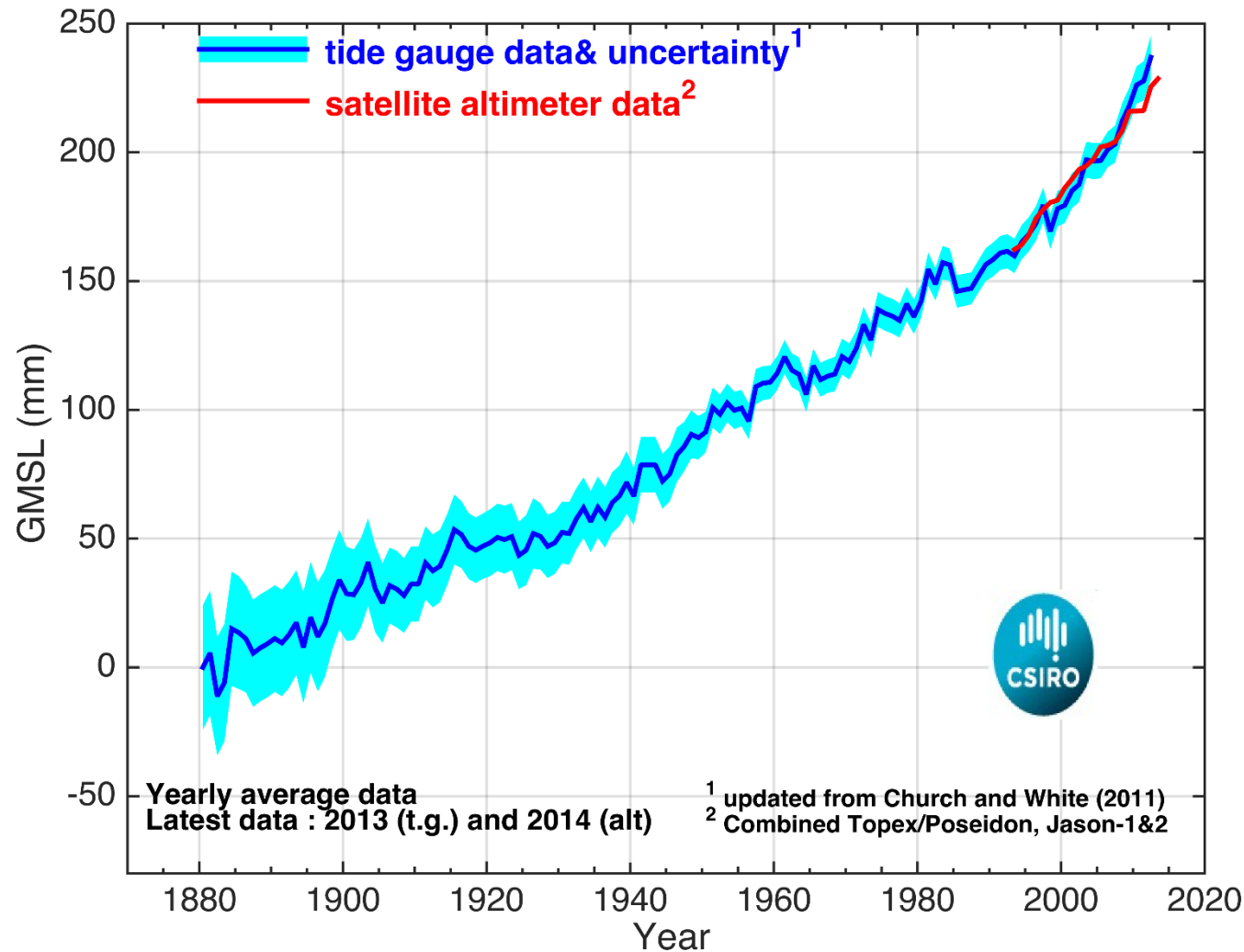
 Met Office

Global mean temperature difference from 1850-1900 (°C)



© Crown Copyright. Source: Met Office

Κλιματική αλλαγή



What are the Expected Impacts from These Changes?

Climate change is already having a profound effect on California's water resources as evidenced by changes in snowpack, river flows, and sea levels. Scientific studies show these changes will increase stress on the water systems in the future. Because some level of climate change is inevitable, the water systems must be adaptable to change.

The impacts of these changes will gradually increase during this century and beyond. California needs to plan for water system modifications that adapt to the following impacts of climate change:

Water Supply

Changes in river flow impacts water supply, water quality, fisheries, and recreation activities.



A reduction of snowpack will change water supply



Ecosystem

Forests, important contributors to water supply and quality, will be more vulnerable to pests, disease, changes in species composition, and fire.



Increases in water temperature and reductions in cold water in upstream reservoirs may hurt spawning and recruitment success of native fishes.



Lower streamflows will tend to concentrate urban and agricultural runoff, creating more water quality problems.

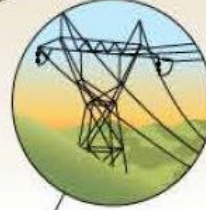


Water & Power Operations

Operation of the water system for urban, agricultural, and environmental water supply and for flood management will become increasingly difficult because of the decisions and trade offs that must be made.



California's hydroelectric power generation may be less reliable; at the same time, higher air temperatures may increase energy consumption through increased use of air conditioning.



Water supply reliability will be compromised.



Warmer temperatures will affect water demands.

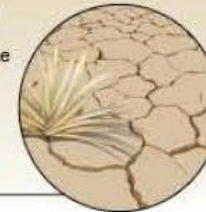


Flooding & Drought

Increased flooding potentially causes more damage to the levee system.



Higher temperatures and changes in precipitation will lead to droughts.

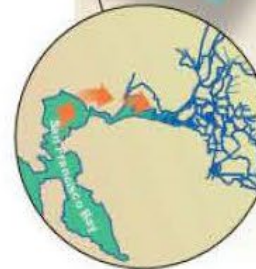


Coast & Delta

Higher water temperatures will make the Delta intolerable to some native species and also more attractive to some non-native invaders that may compete with natives.



Increased salinity in the Delta will degrade drinking and agricultural water quality and alter ecosystem conditions.



Sea level rise threatens coastal communities and infrastructure, in particular, the water system in the Sacramento-San Joaquin Delta where the existing Delta levees were not designed or constructed to withstand these higher water levels.



50 LITERS LIFE

THE BEGINNING OF THE NEW NORMAL

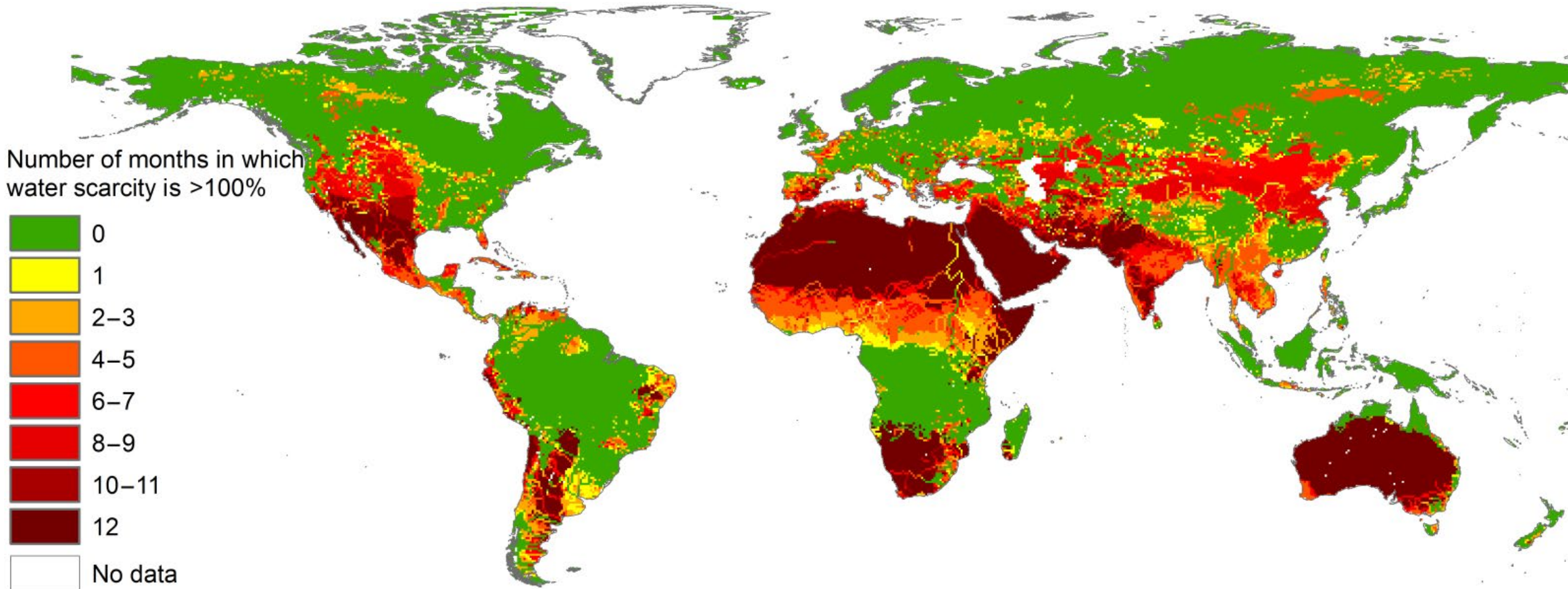
A PUFFIN MEDIA HOUSE DOCUMENTARY
DIRECTED BY CATERINA TARDUCCI E RICCARDO SARTORI

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Χρήση νερού
- Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και υδατική διαθεσιμότητα
- Ιστορική εξέλιξη υδραυλικών έργων
- Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Four billion people facing severe water scarcity

Χρήση νερού

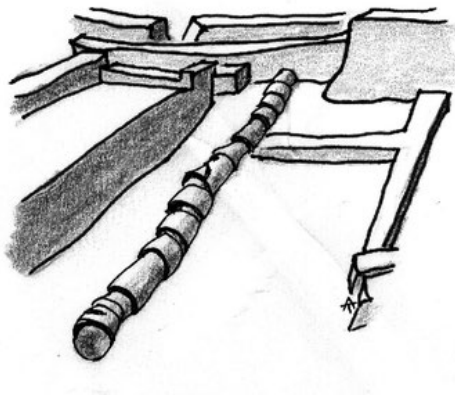
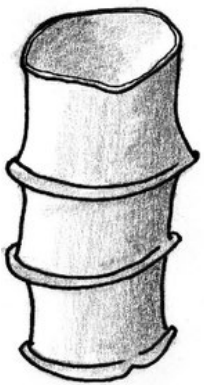
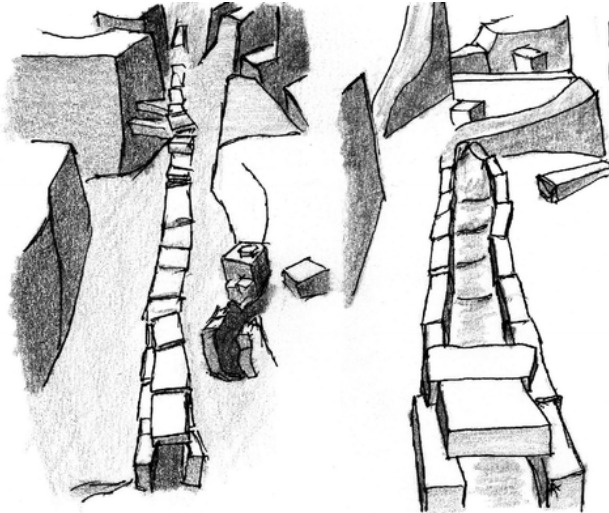


Mekonnen and Hoekstra Sci. Adv. 2016; 2 : e1500323 12 February 2016

Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

Ancient Mesopotamia

3400–2900 B.C.



Tamburrino, A., 2010. *Ancient Water Technologies*

Egypt: Sadd-el-Kafara (dam of the Pagans)

2700-2600 BC

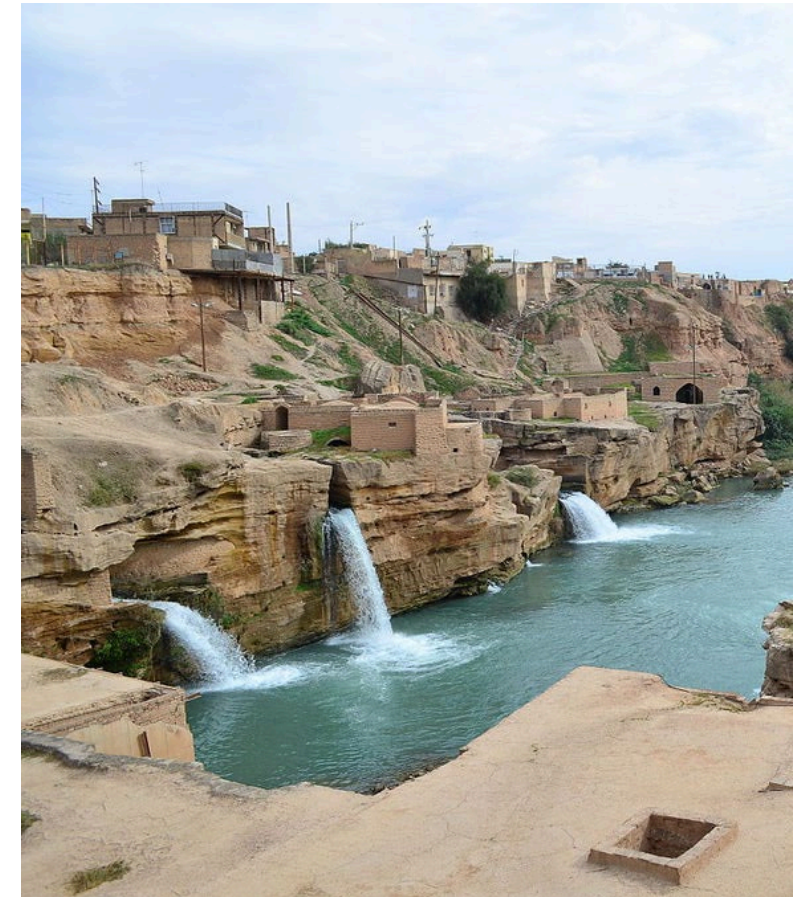
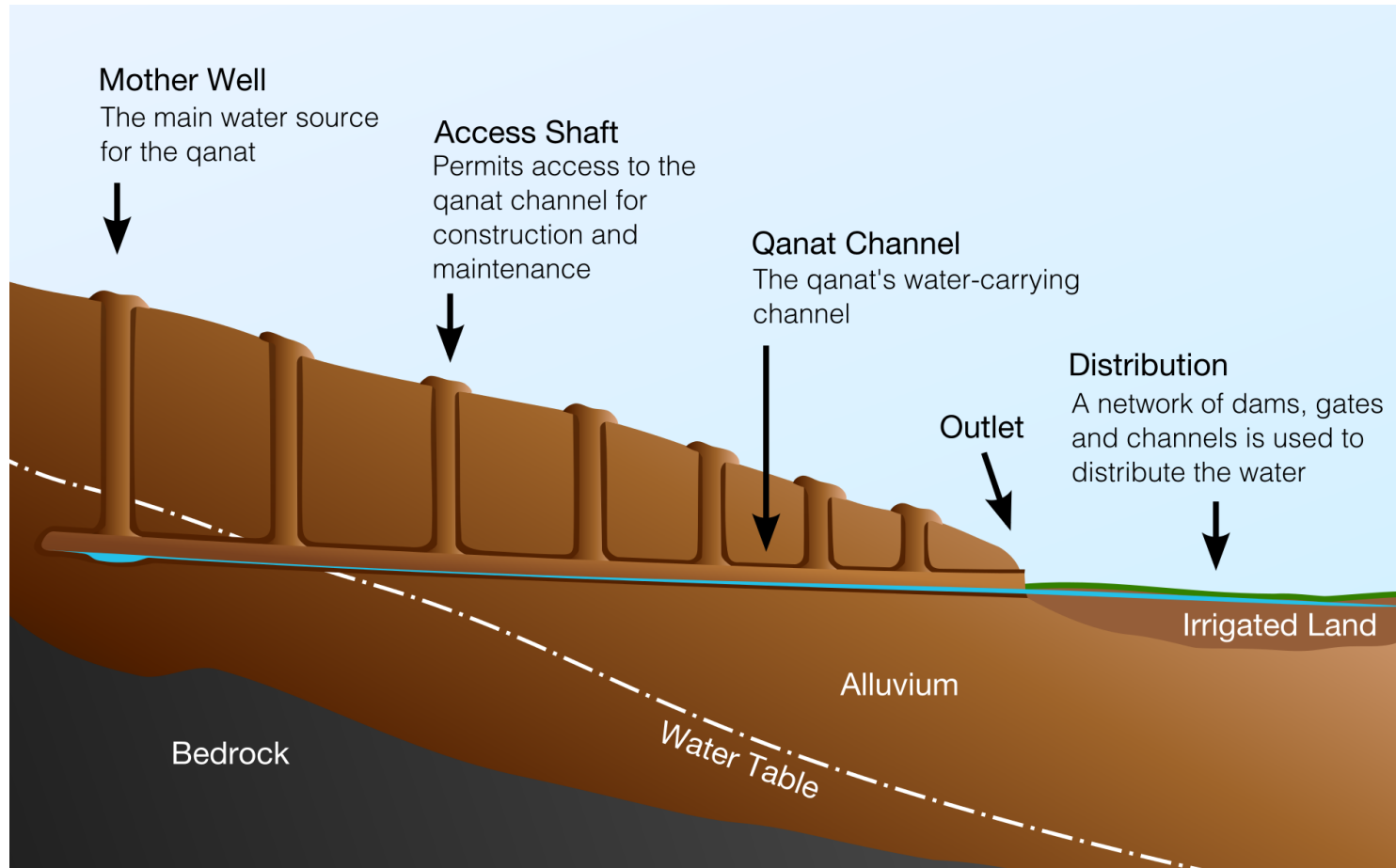


The oldest large-scale dam in the world

Mays, 2008; *Environ Fluid Mech* 8:471–484

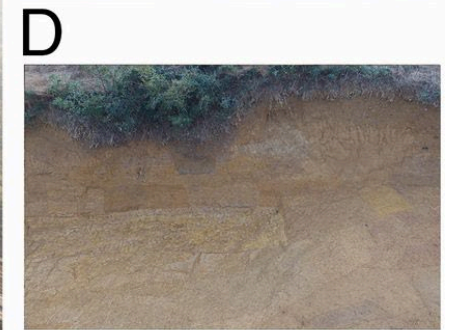
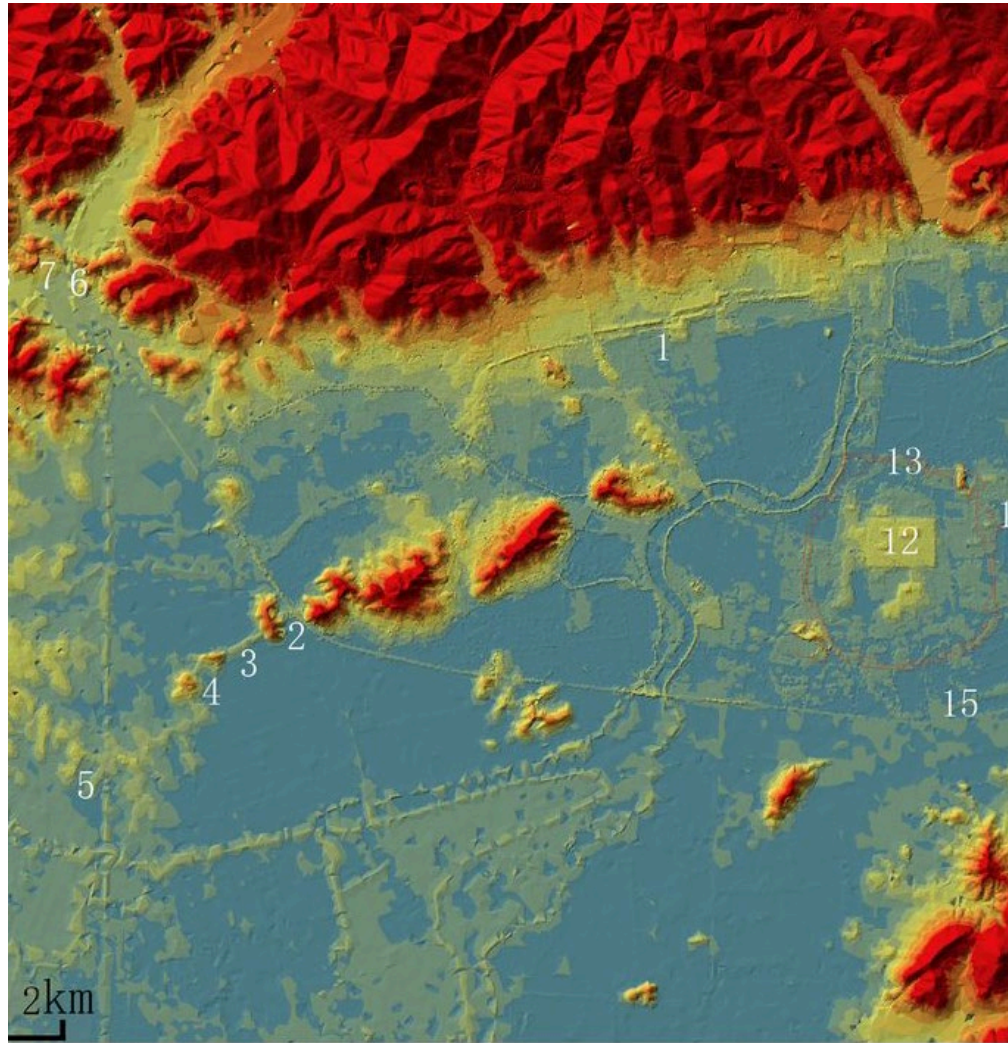
Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

Περσικά qanat



Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

Κίνα 3000 π.Χ



Liu et al., 2017, *PNAS*

Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

- Αρχαία Ελλάδα
 - Μινωική περίοδος
 - Ευπαλίνειον Όρυγμα
 - Αρχαία Αθήνα
- Ρωμαϊκή Εποχή
- Μεσαίωνας
- Αναγέννηση
- Βιομηχανική επανάσταση

Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης & Α. Ευστρατιάδης, Εισαγωγή στα αστικά υδραυλικά έργα



Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

Αποχέτευση όμβριων στο ανάκτορο της Κνωσού



Ιταλός συγγραφέας Angelo Mosso

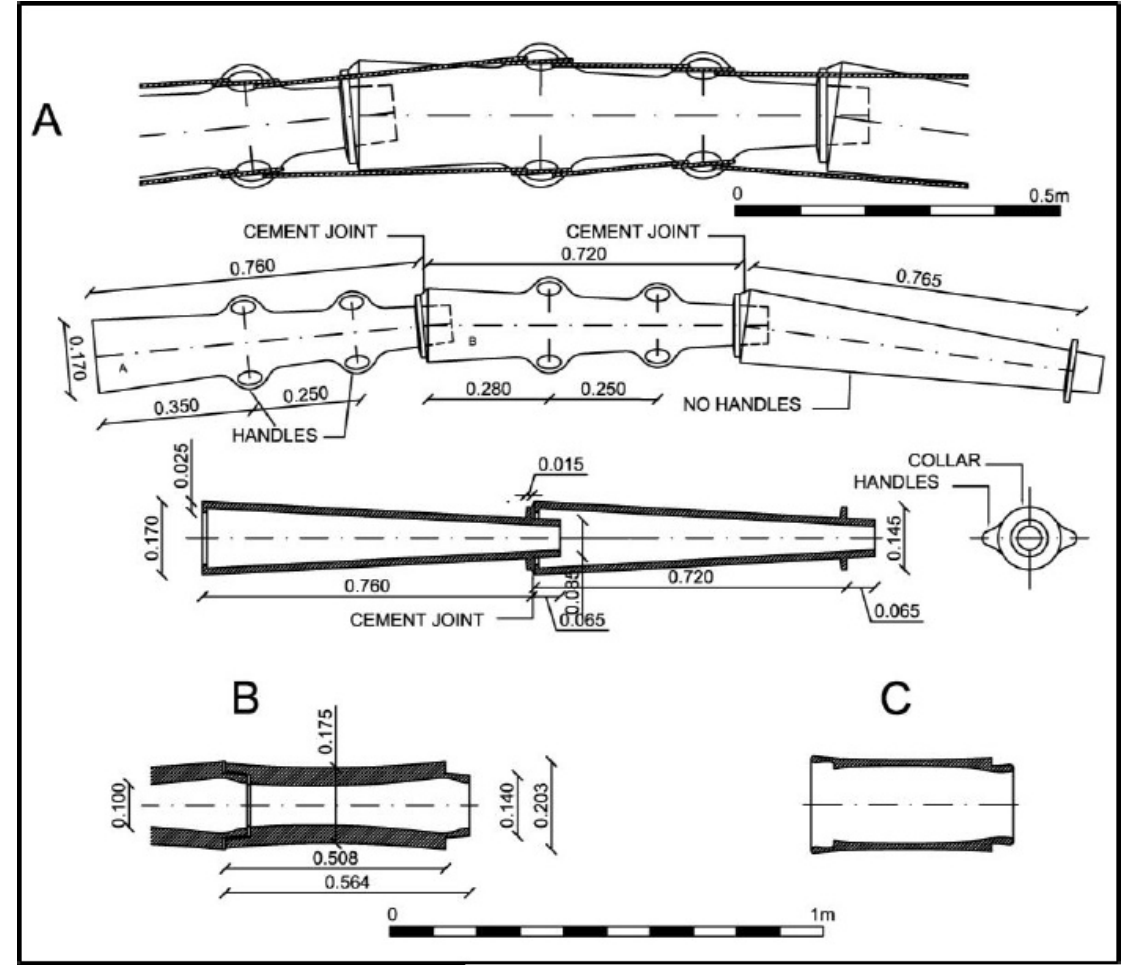
«Αμφιβάλλω αν
υπάρχει άλλη
περίπτωση
αποχετευτικού
συστήματος όμβρων
που να λειτουργεί
4000 χρόνια μετρά
την κατασκευή του»

Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης & Α. Ευστρατιάδης, Εισαγωγή στα αστικά υδραυλικά έργα



Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

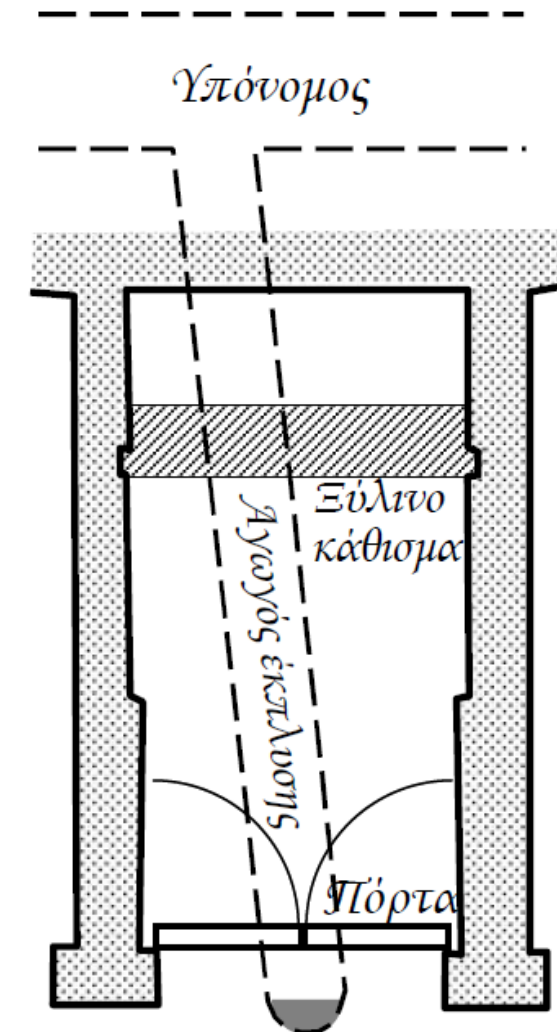
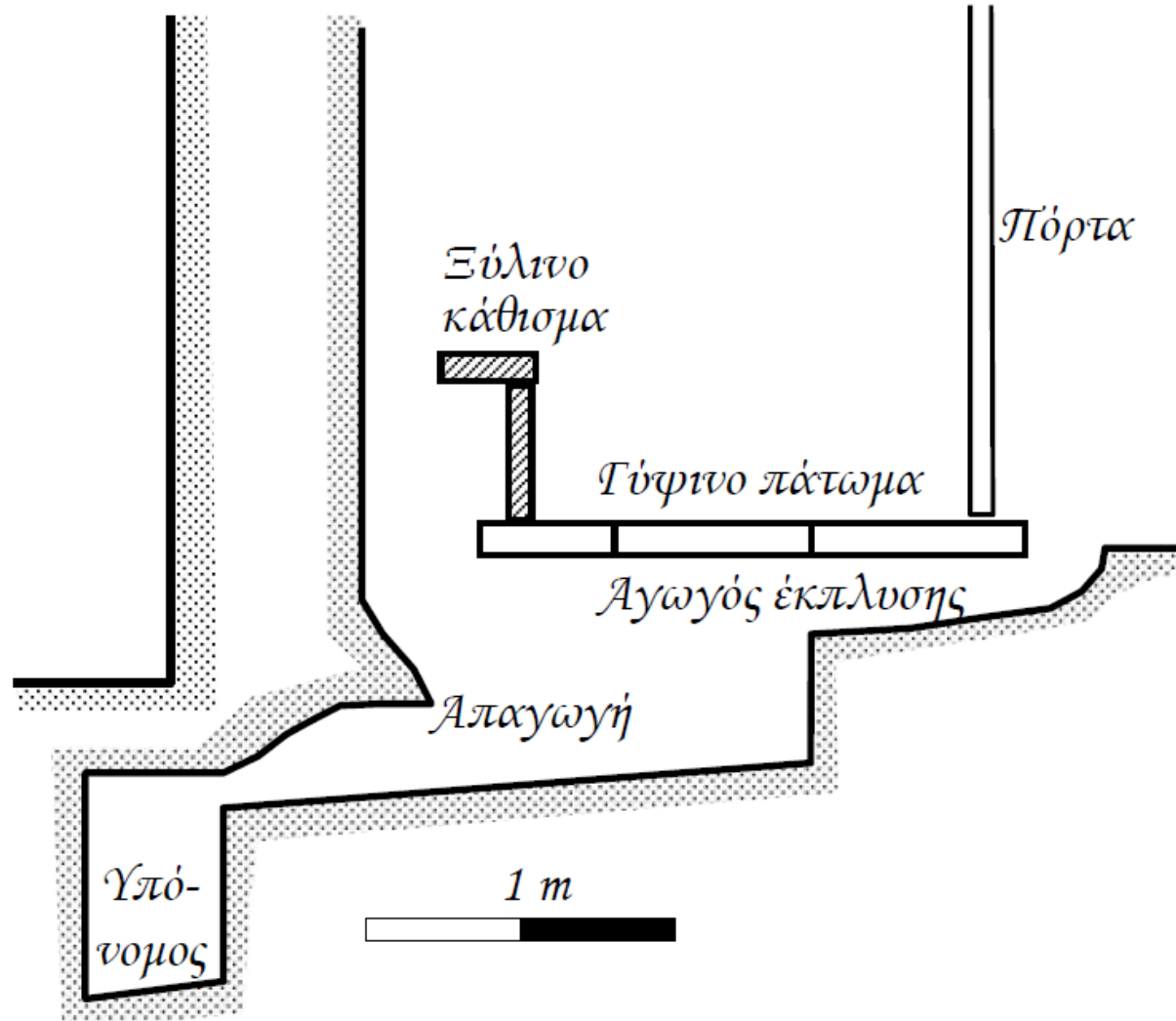
Υδρευτικό δίκτυο στο ανάκτορο της Κνωσού



Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης & Α. Ευστρατιάδης, Εισαγωγή στα αστικά υδραυλικά έργα

Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

Αποχέτευση όμβριων στο ανάκτορο της Κνωσού



Πηγή: Αγγελάκης & Κουτσογιάννης, 2005

Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

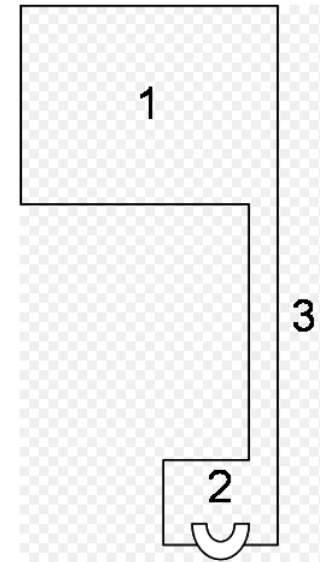
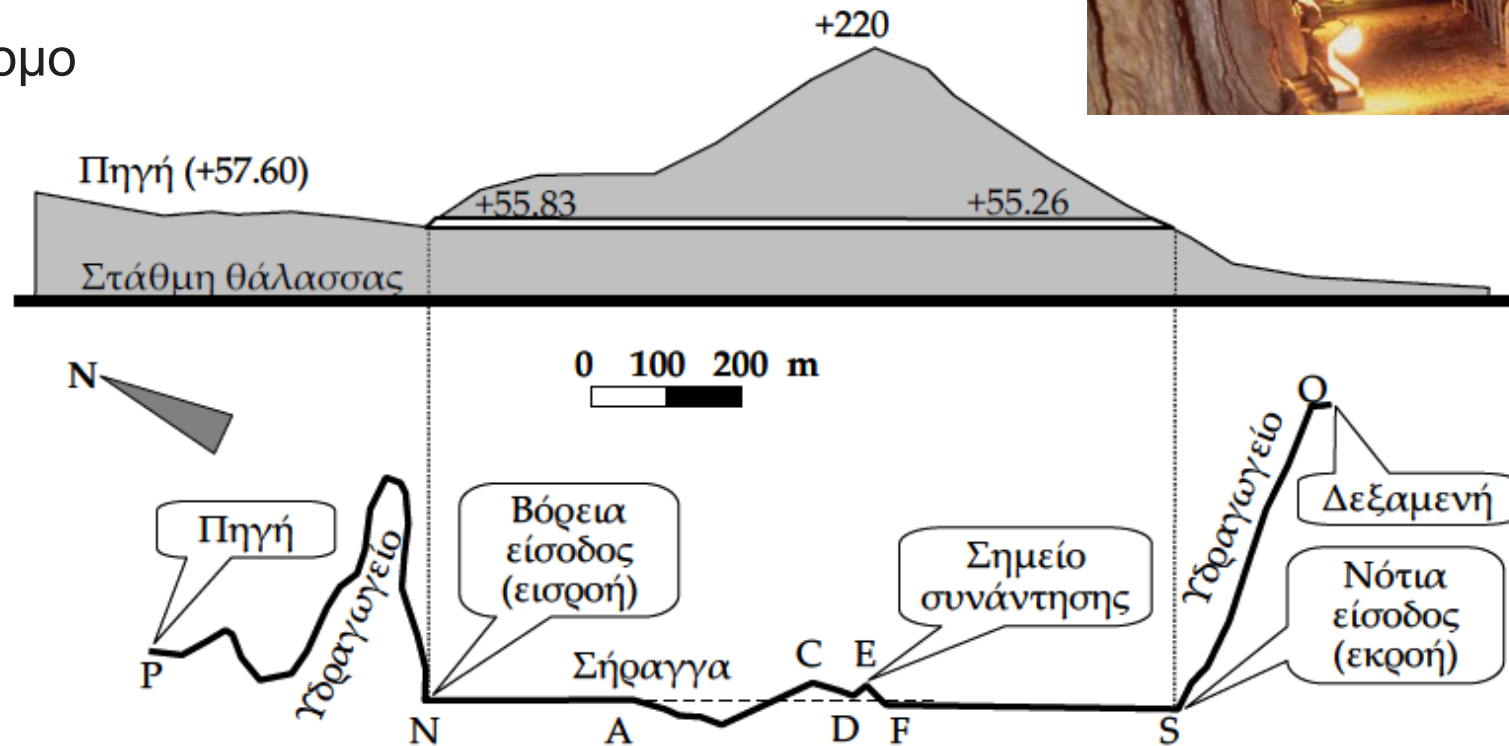
- Αρχαία Ελλάδα
 - Μινωική περίοδος
 - Ευπαλίνειον Όρυγμα
 - Αρχαία Αθήνα
- Ρωμαϊκή Εποχή
- Μεσαίωνας
- Αναγέννηση
- Βιομηχανική επανάσταση

Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης & Α. Ευστρατιάδης, Εισαγωγή στα αστικά υδραυλικά έργα



Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

- 1036 μέτρα. 1,80x1,80 μ.
- 6^ο αιώνα π.Χ.
- 10 χρόνια
- Αμφίστομο



Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki> & Δ. Κουτσογιάννης & Α. Ευστρατιάδης, Εισαγωγή στα αστικά υδραυλικά έργα

Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

- Αρχαία Ελλάδα
 - Μινωική περίοδος
 - Ευπαλίνειον Όρυγμα
 - Αρχαία Αθήνα
- Ρωμαϊκή Εποχή
- Μεσαίωνας
- Αναγέννηση
- Βιομηχανική επανάσταση

Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης & Α. Ευστρατιάδης, Εισαγωγή στα αστικά υδραυλικά έργα



Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

- 400.000 πλυθ. 5^{ος} π.Χ. από πηγές & πηγάδια
- Αδριάνειο Υδραγωγείο 138 μ.Χ.
- 1900 = βασική πηγή υδροδότησης για τους 150.000 κατ.



Ιστορικό ανάπτυξης υδατικών συστημάτων

- Αρχαία Ελλάδα
 - Μινωική περίοδος
 - Ευπαλίνειον Όρυγμα
 - Αρχαία Αθήνα
- Ρωμαϊκή Εποχή
- Ρώμη 1 μ.Χ. = 10 υδραγωγεία, 247 υδατόπυργοι, 600λ/κατ/ημέρα, 7000 πυροσβέστες
- Μεσαίωνας Χολέρα - Πανώλη - Τυφοειδής πυρετός
- Αναγέννηση – ανάπτυξη Υ.Ε. υδροδότηση ανάκτορου Βερσαλλιών με το 1^ο δίκτυο χαλύβδινων αγωγών υπό πίεση
- Βιομηχανική επανάσταση
 - Συσσώρευση πληθυσμού
 - Βιολογική έρευνα
 - μετάδοση ασθενειών



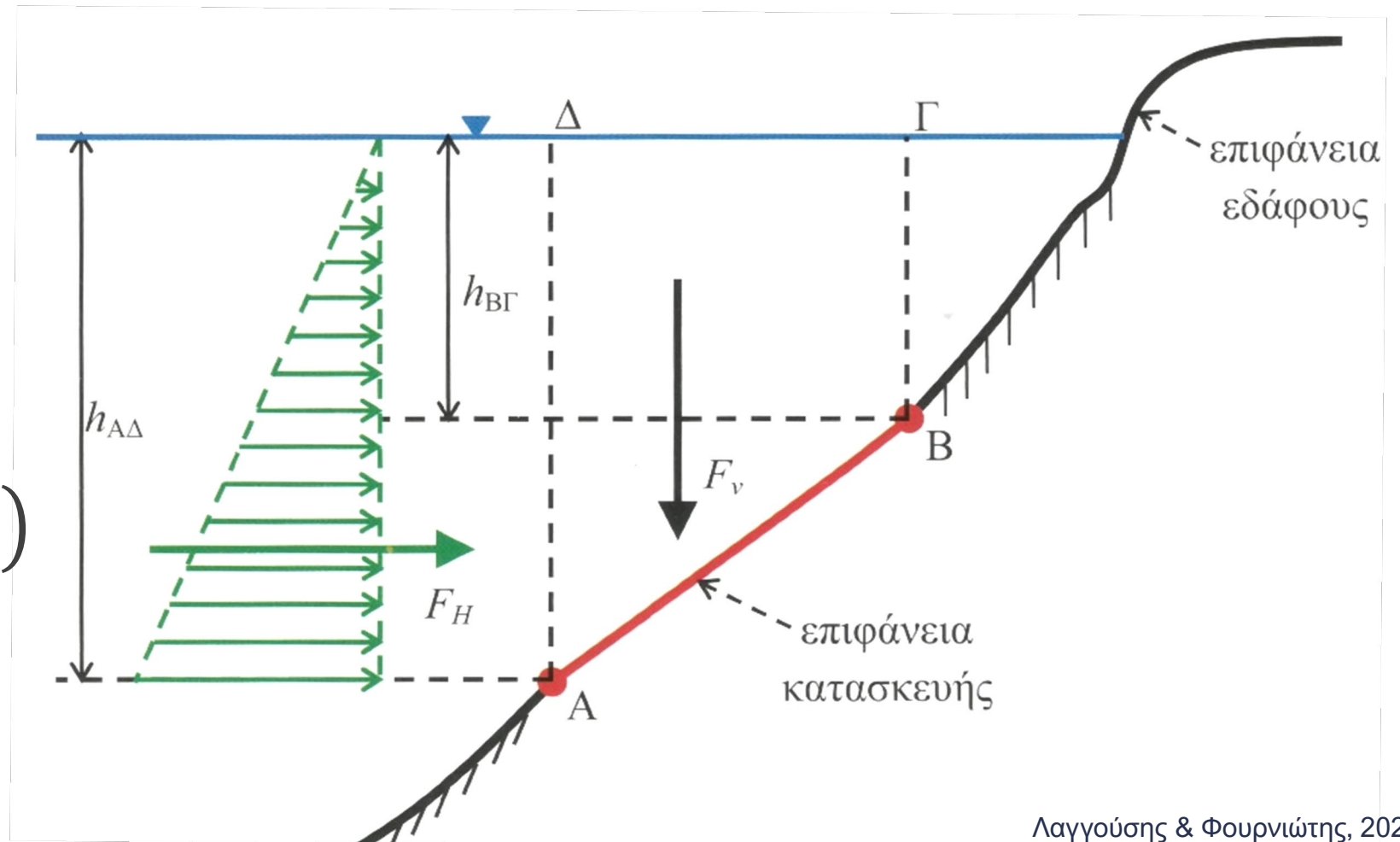
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Χρήση νερού
- Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και υδατική διαθεσιμότητα
- Ιστορική εξέλιξη υδραυλικών έργων
- Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα



Υδροστατική

$$F_H = \frac{1}{2} \rho g (h_{A\Delta}^2 - h_{B\Gamma}^2)$$



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

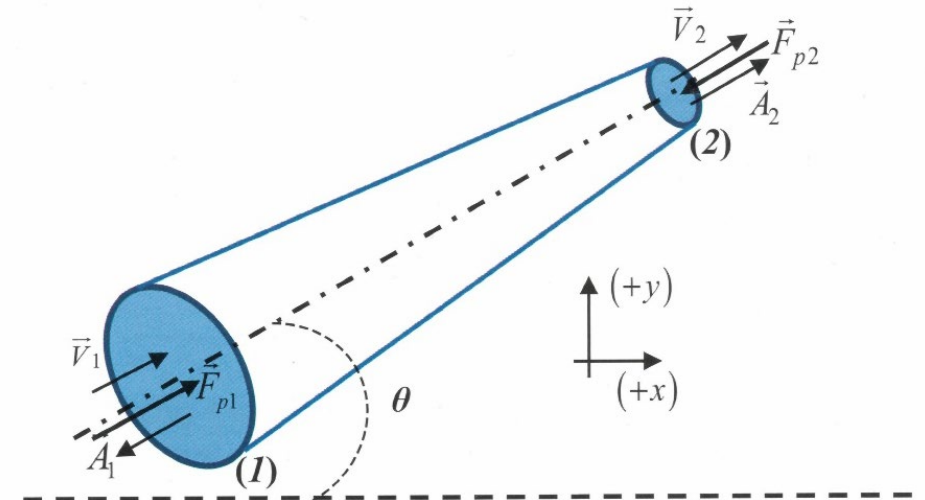
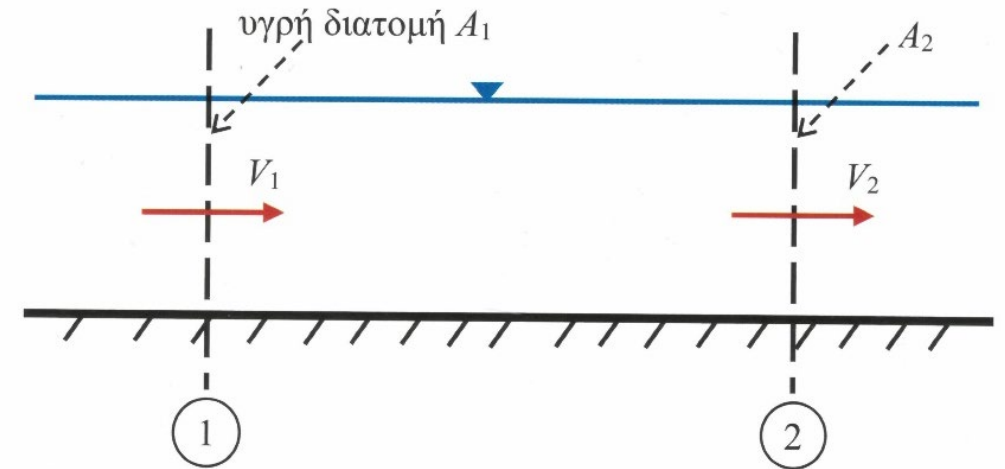
Εξισώσεις ροής

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\sum F_x = \rho Q (v_{x,2} - v_{x,1})$$

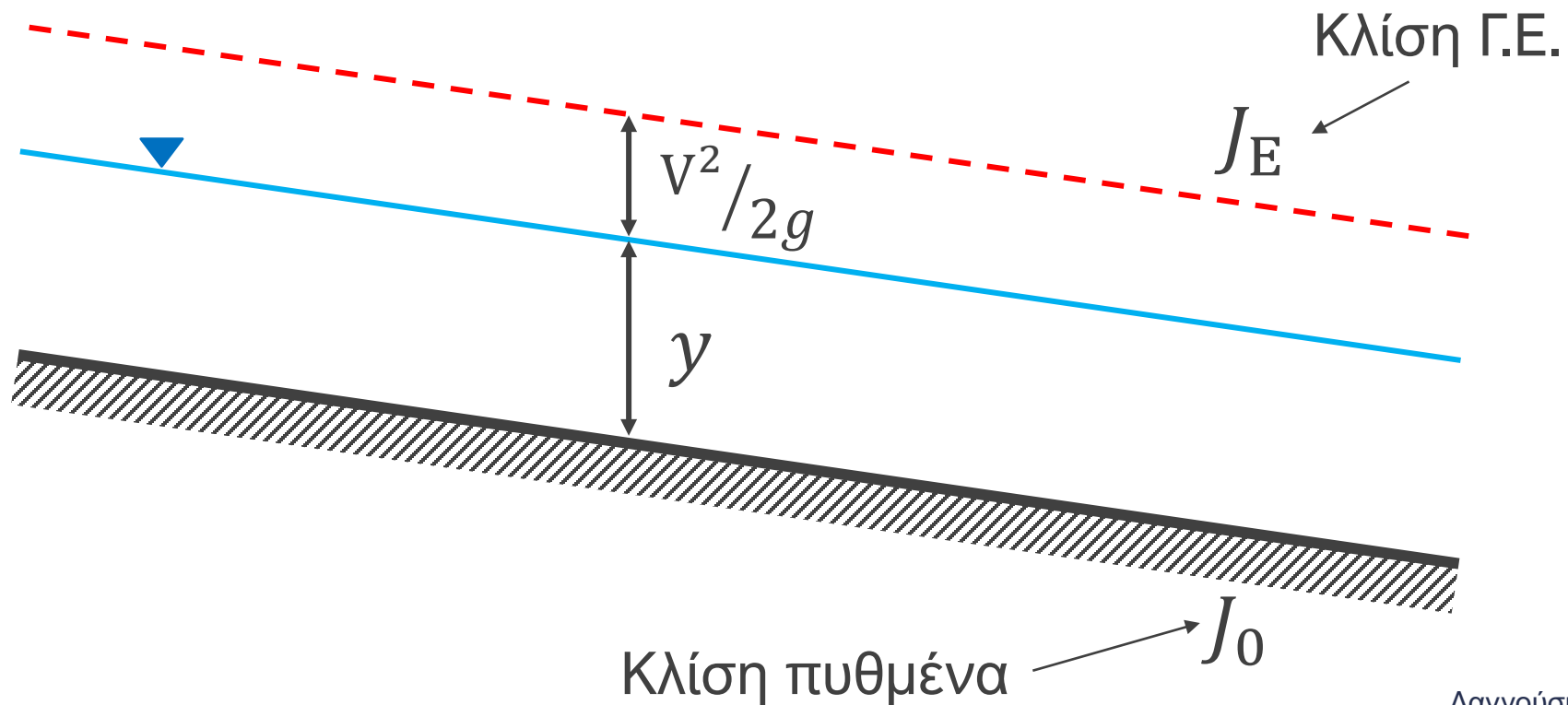
$$\sum F_y = \rho Q (v_{y,2} - v_{y,1})$$



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Μόνιμη ομοιόμορφη ροή

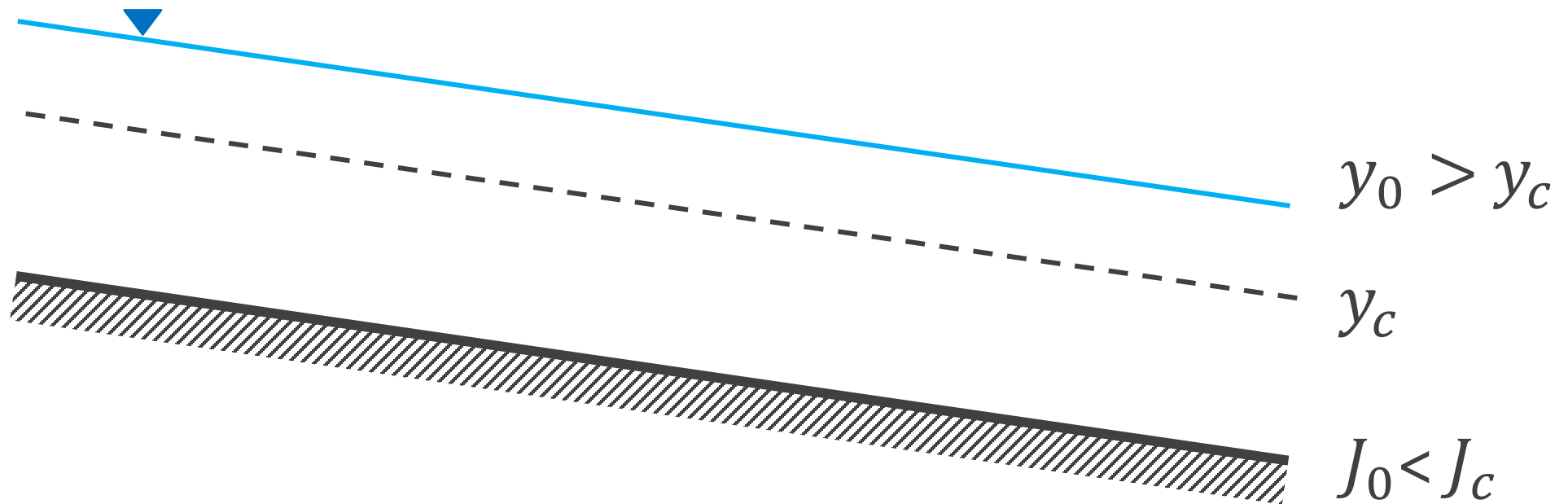


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Μόνιμη ομοιόμορφη ροή

(1) Ομοιόμορφη υποκρίσιμη ροή

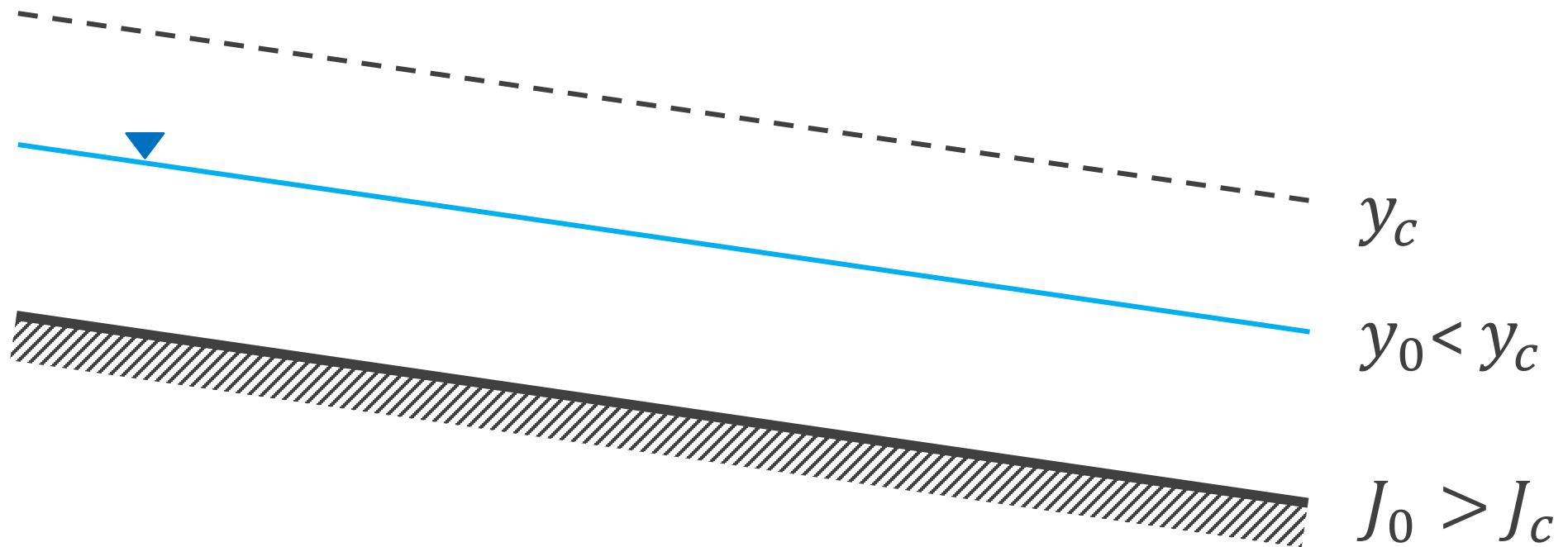


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Μόνιμη ομοιόμορφη ροή

(2) Ομοιόμορφη υπερκρίσιμη ροή

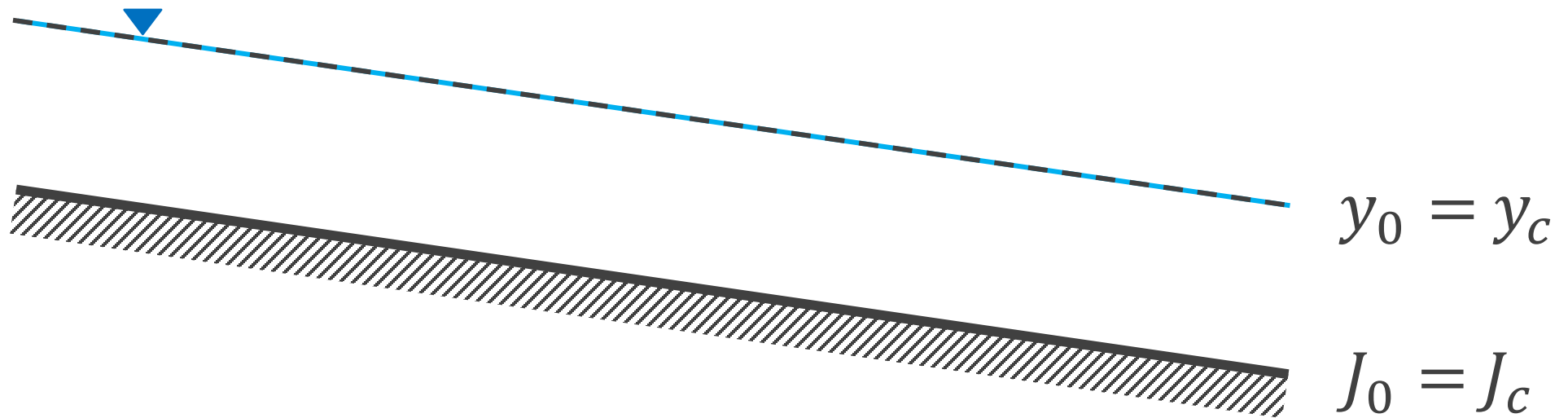


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Μόνιμη ομοιόμορφη ροή

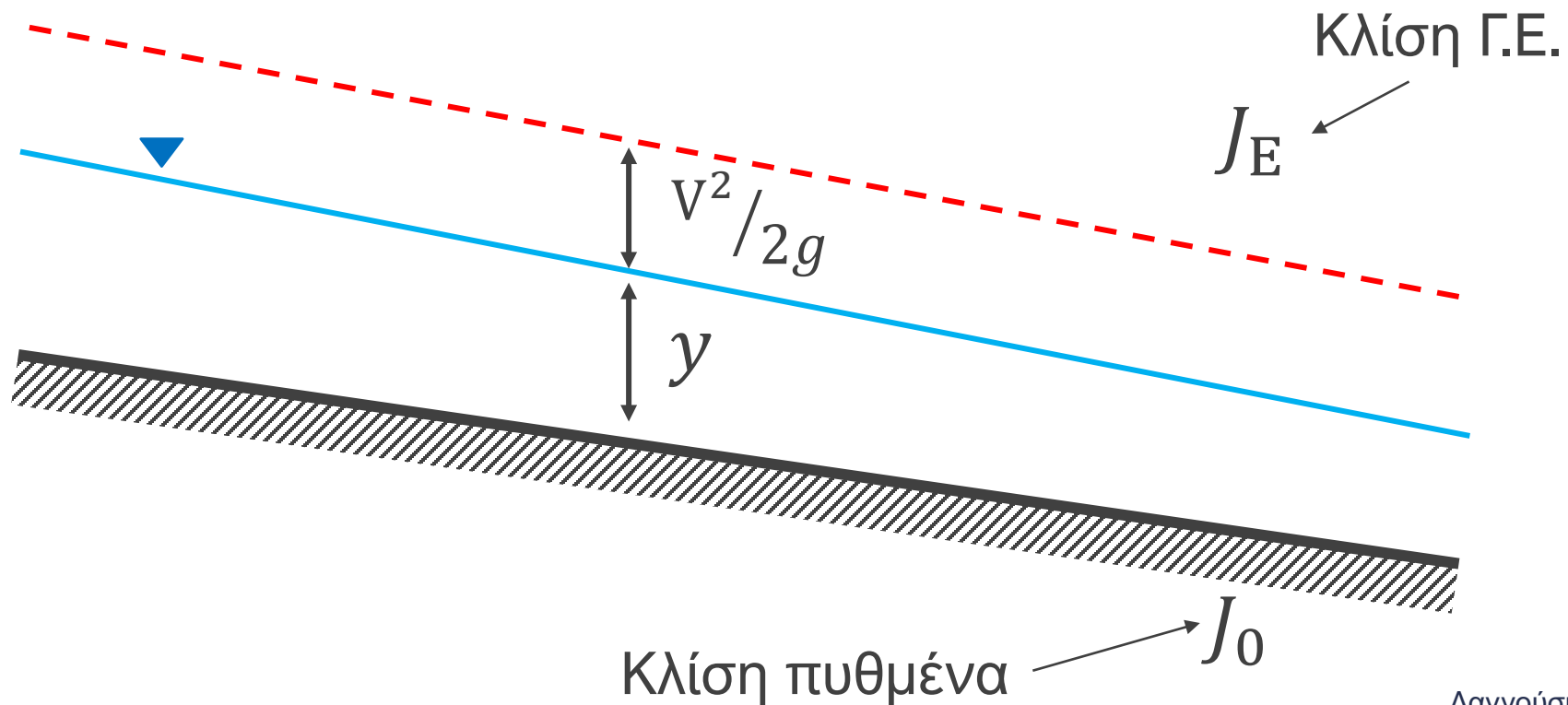
(3) Ομοιόμορφη κρίσιμη ροή



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή

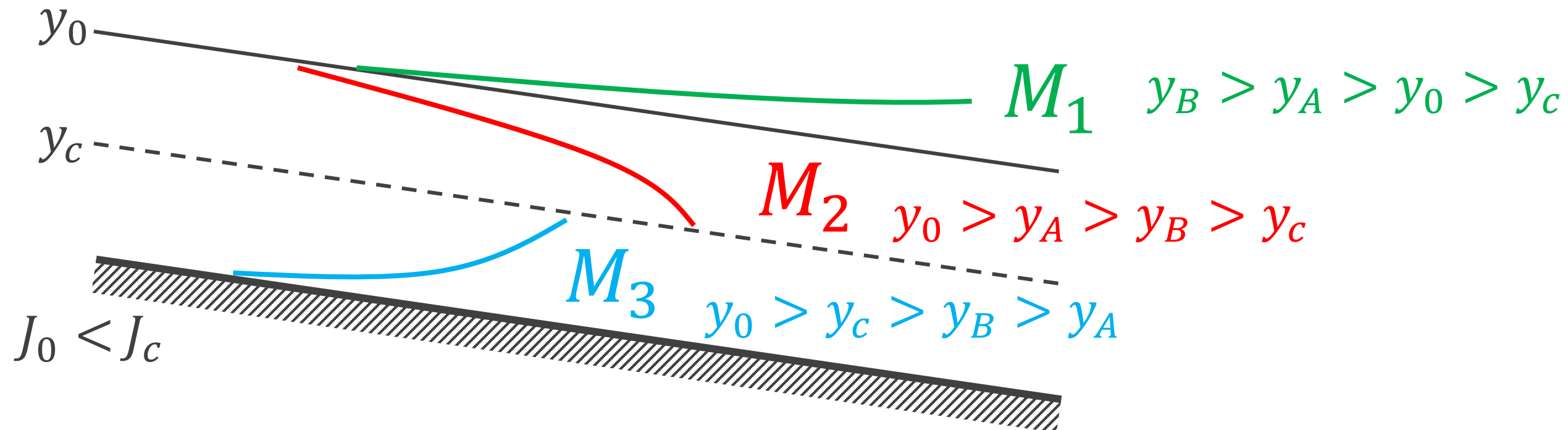


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή

(1) Αγωγός με υποκρίσιμη κλίση, $J_0 < J_c$ (καμπύλες M, Mild)

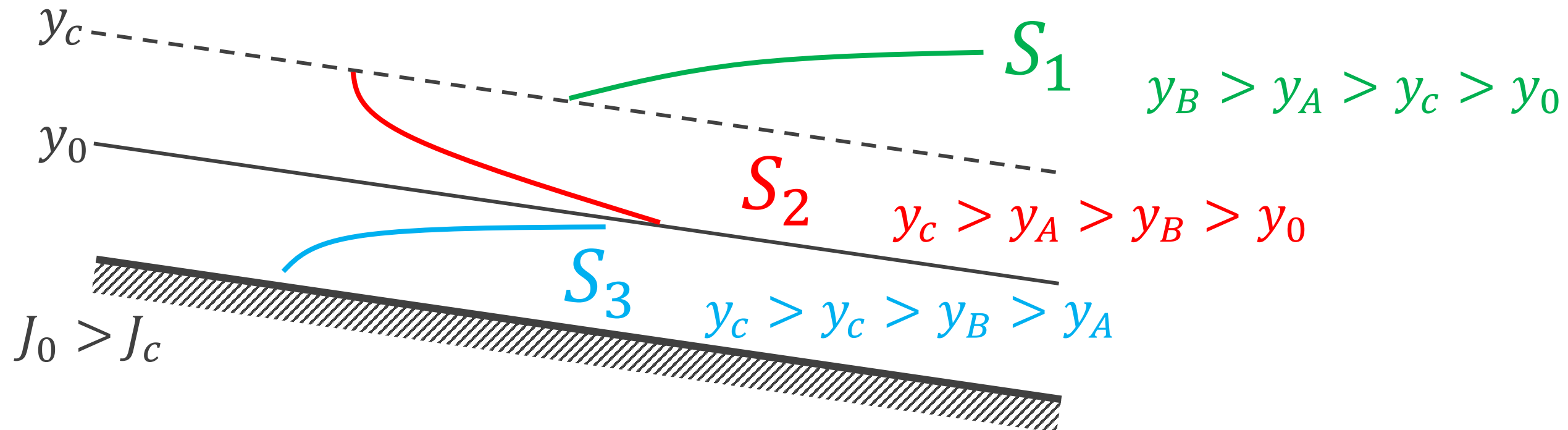


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή

(2) Αγωγός με υπερκρίσιμη κλίση, $J_0 > J_c$ (καμπύλες S, Steep)

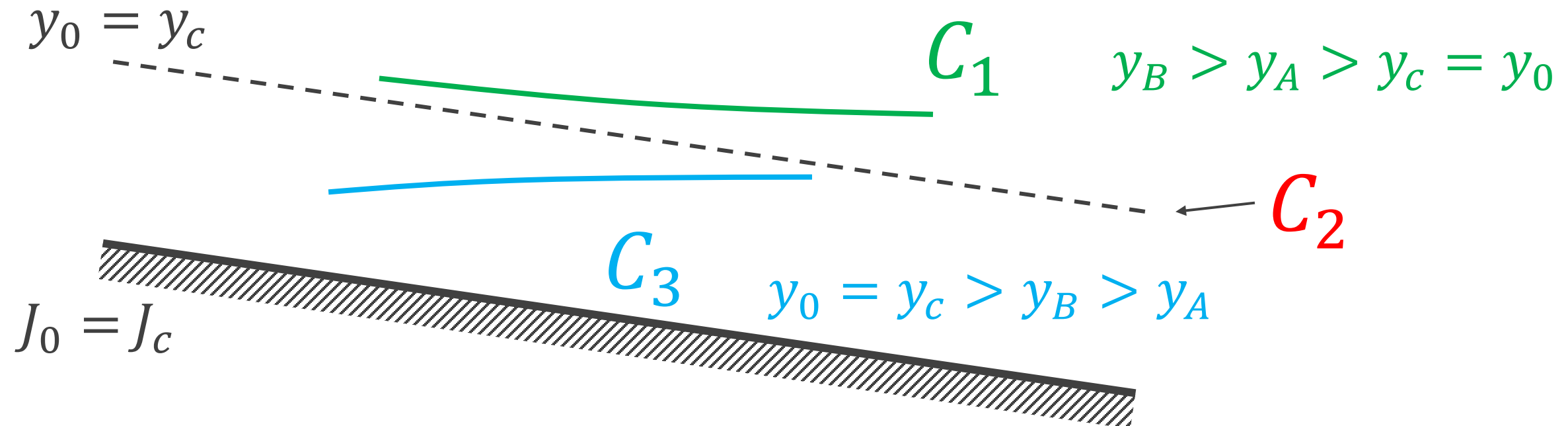


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

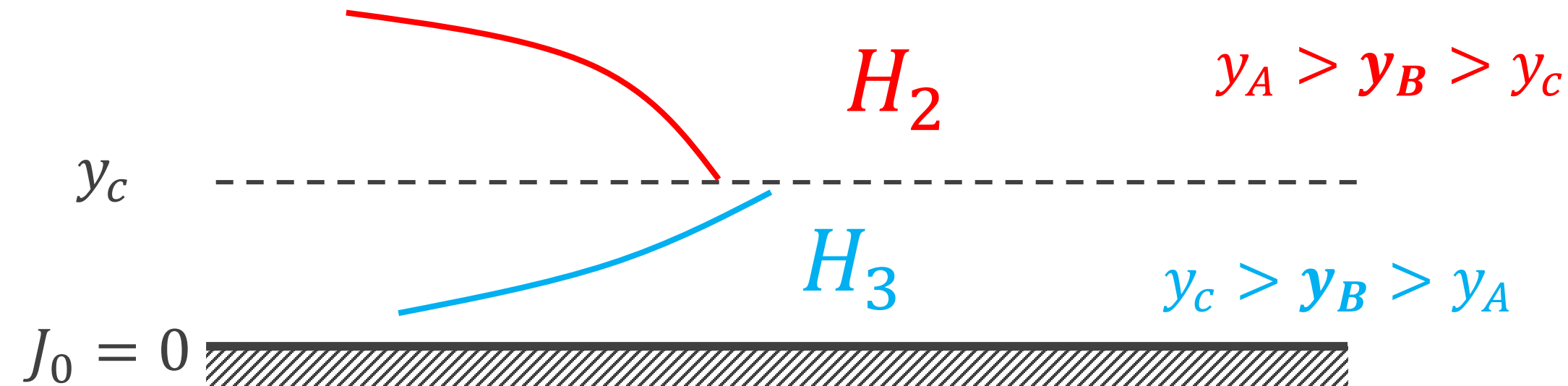
Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή

(3) Αγωγός με κρίσιμη κλίση, $J_0 = J_c$ (καμπύλες C, Critical)



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα
Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών
Βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή
(4) Αγωγός με μηδενική κλίση, $J_0=0$ (καμπύλες H, Horizontal)

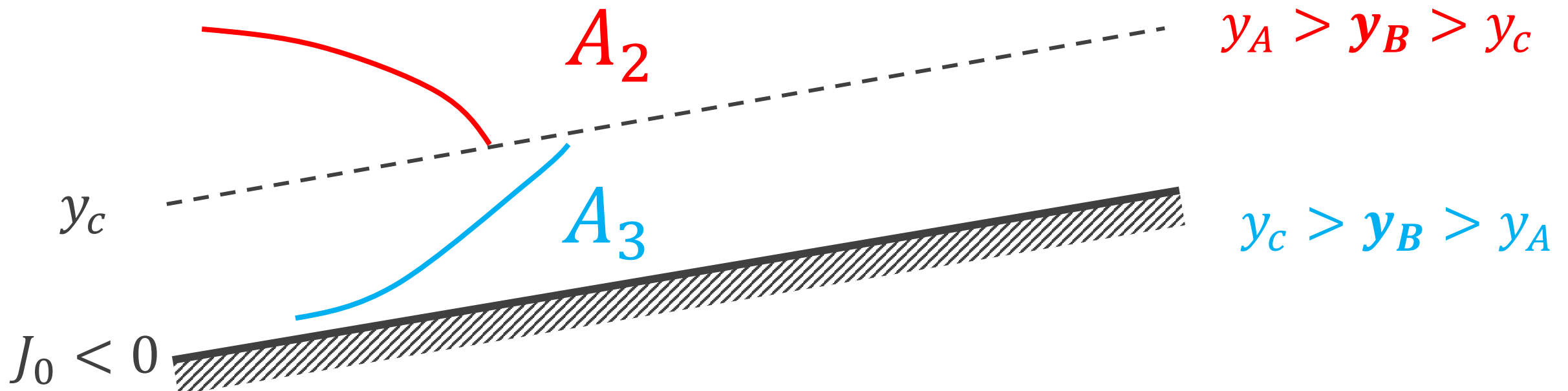


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή

(5) Αγωγός με ανάστροφη κλίση, $J_0 < 0$ (καμπύλες A, Adverse)

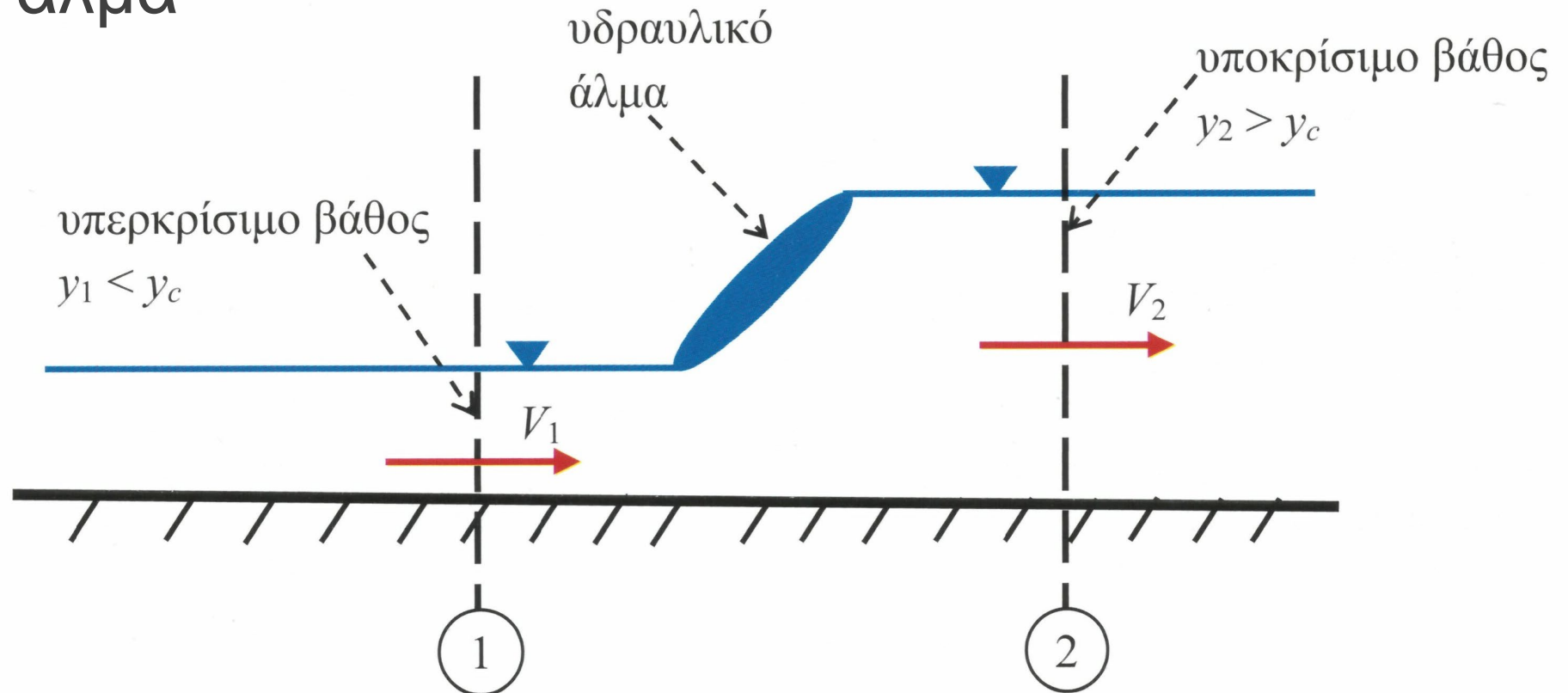


Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Αποτόμως μεταβαλλόμενη ροή

Υδραυλικό άλμα



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Βασικά μεγέθη

- 1) Εμβαδόν υγρής διατομής

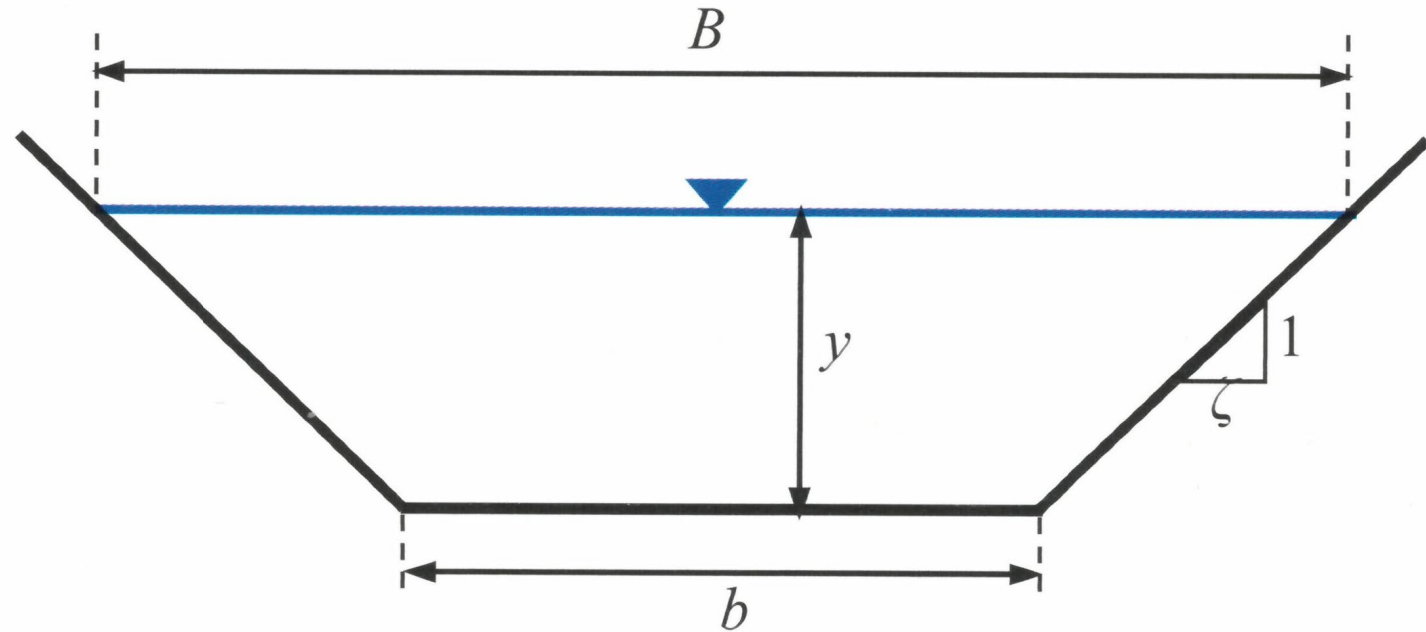
$$A = by + \zeta y^2$$

- 2) Βρεχόμενη περίμετρος

$$\Pi = b + 2y\sqrt{1 + \zeta^2}$$

- 3) Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας

$$B = b + 2\zeta y$$



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Βασικά μεγέθη

4) Υδραυλική ακτίνα

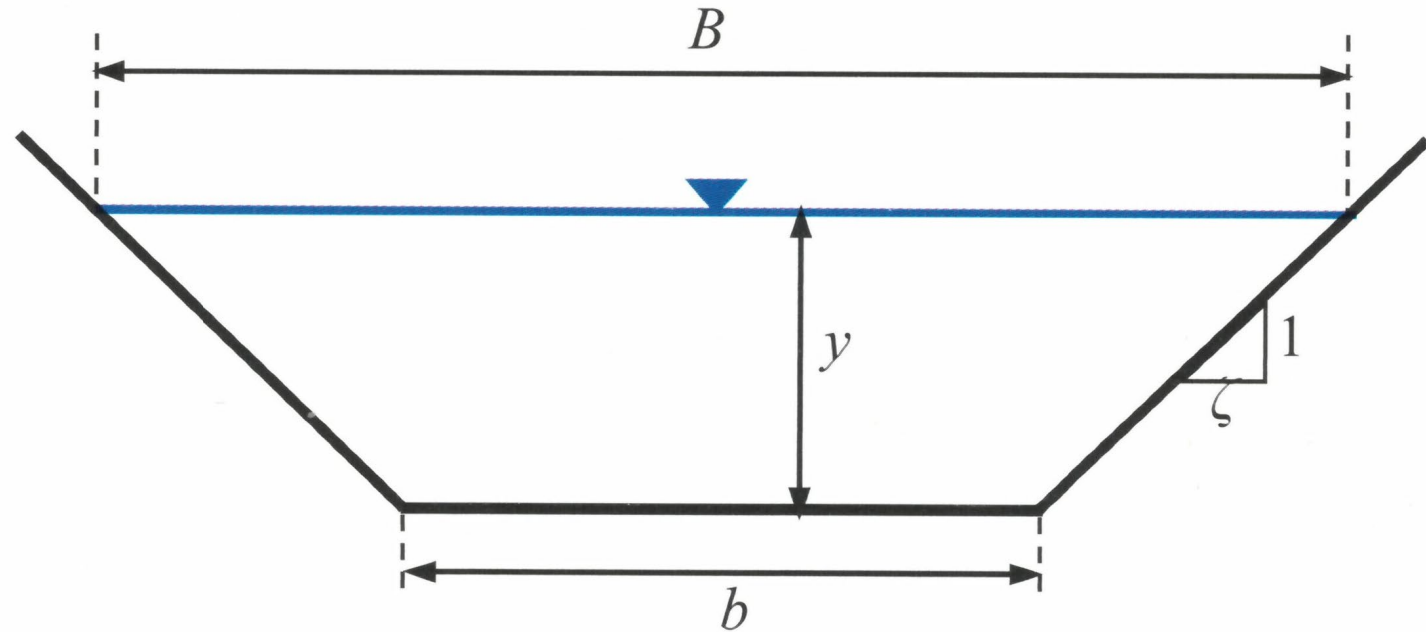
$$R = A/\Pi$$

5) Υδραυλικό μέσο βάθος

$$D = A/B$$

6) Froude number

$$Fr = \frac{\text{Δυνάμεις αδράνειας}}{\text{Δυνάμεις βαρύτητας}} = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

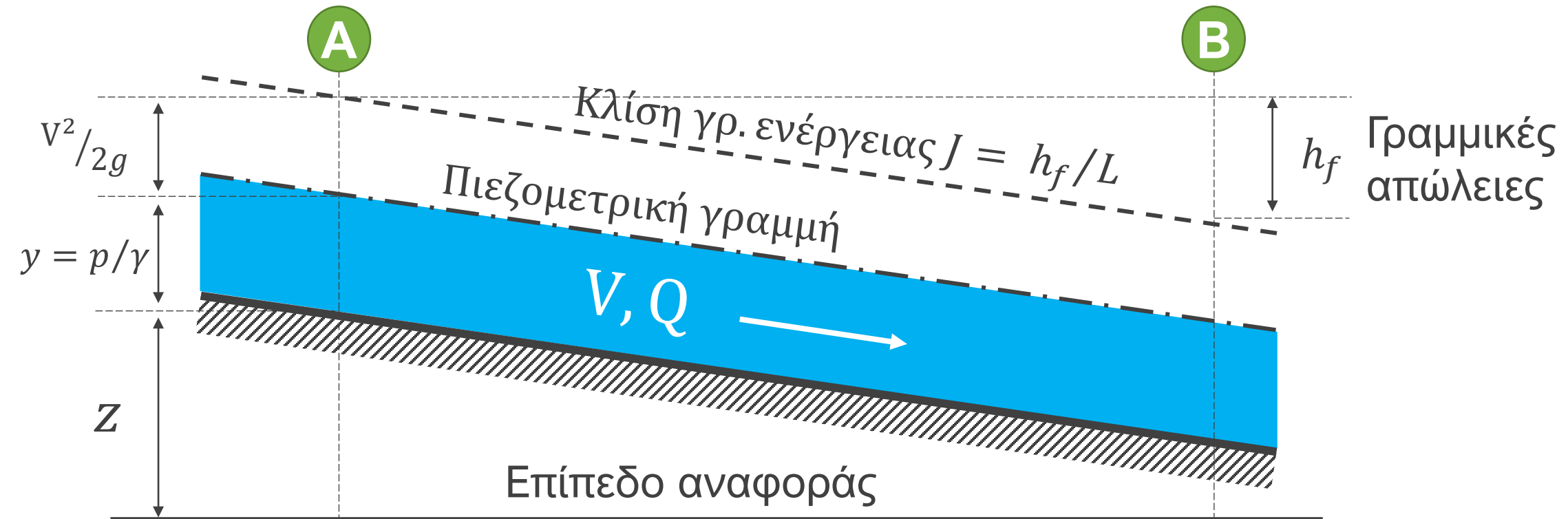
Αρχές μόνιμης ομοιόμορφης ροής

Αρχή διατήρησης

ΜΑΖΑΣ

ΟΡΜΗΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Εξίσωση Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J_E^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} J_E^{1/2}$$

Περιγραφή επιφάνειας αγωγού	n
Ύαλος, πλαστικό (χαμηλότερη τιμή)	0.009-0.010
Λείο επίχρισμα	0.011-0.012
Λείο σκυρόδεμα, κανονικό επίχρισμα	0.012-0.014
Κανονική τοιχοποιία	0.014-0.015
Τραχύ σκυρόδεμα, παλιά τοιχοποιία	0.016-0.017
Ομαλές χωμάτινες παρειές	0.020-0.025
Φυσικά ρεύματα καθαρά και ευθύγραμμα	0.025-0.030
Φυσικά ρεύματα με βλάστηση και ανώμαλες επιφάνειες	0.040-0.060

Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Άσκηση 1

Ορεινή πόλη με **πληθυσμό σχεδιασμού** 300.000 κατοίκους και μέγιστη ημερήσια ζήτηση 300 L/(κατ. ημ.) πρόκειται να υδρευθεί από τη λίμνη του σχήματος η οποία έχει σταθερή στάθμη +653 m. Η περιοχή που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο σημείο υδροληψίας και στη θέση εγκατάστασης του απαραίτητου διυλιστηρίου έχει ήπια κλίση. Το διυλιστήριο βρίσκεται σε απόλυτο υψόμετρο +650 σε απόσταση 1 χλμ. από την δεξαμενή.

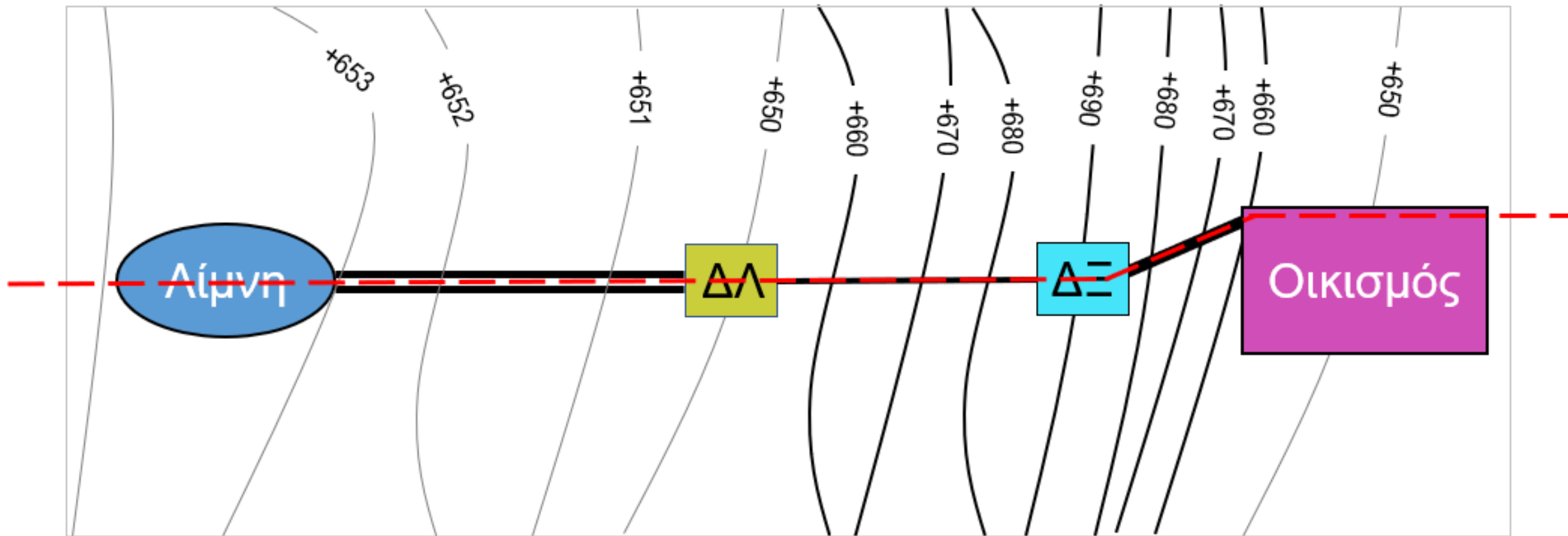
- A. Να βρεθεί η πιο οικονομική διατομή διώρυγας τραπεζοειδούς διατομής με κλίση πρανών 1:1, έτσι ώστε να μεταφέρει την απαιτούμενη παροχή. συντελεστή τραχύτητας κατά Manning $n = 0,011$.
- B. Αν η κλίση του εδάφους μεταξύ της λίμνης και του ΔΛ ήταν μικρότερη ποια είναι η επίδραση στις διαστάσεις της τραπεζοειδούς διατομής που θα έπρεπε να κατασκευαστεί?
- Γ. Να υπολογιστεί το είδος της ροής στον αγωγό. Το κινηματικό ιζώδες του νερού είναι $\nu = 1,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

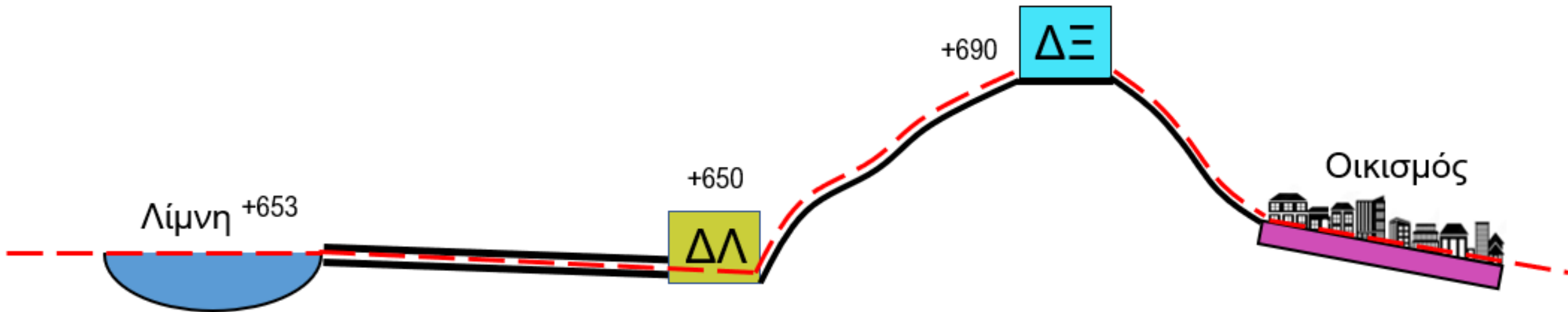
Άσκηση 1



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

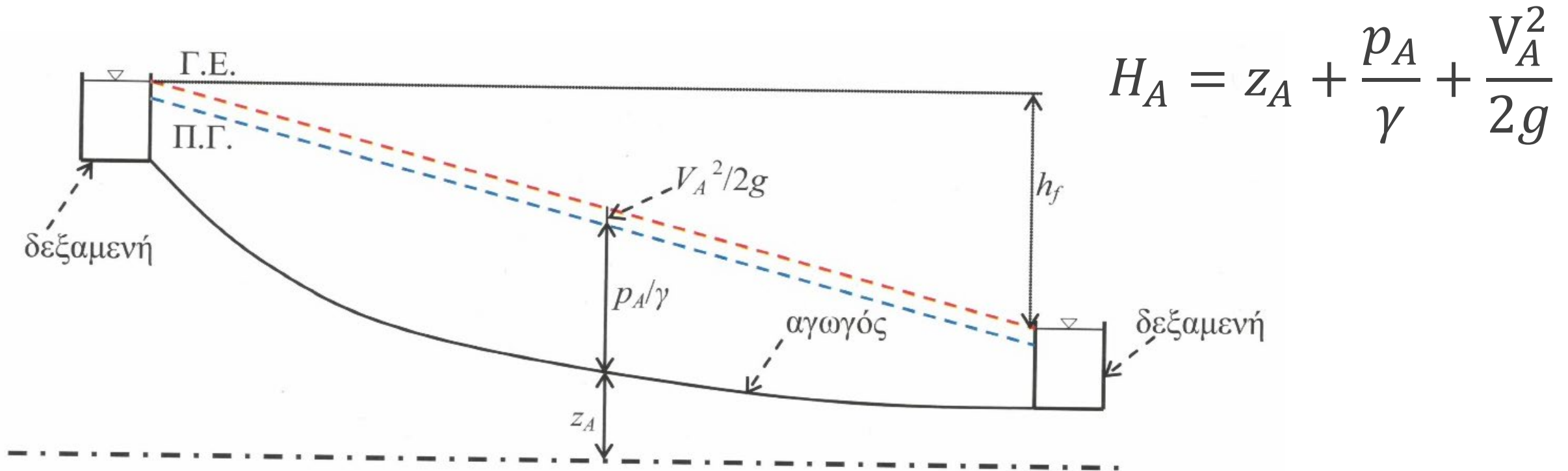
Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Άσκηση 1



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής κλειστών αγωγών



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής κλειστών αγωγών

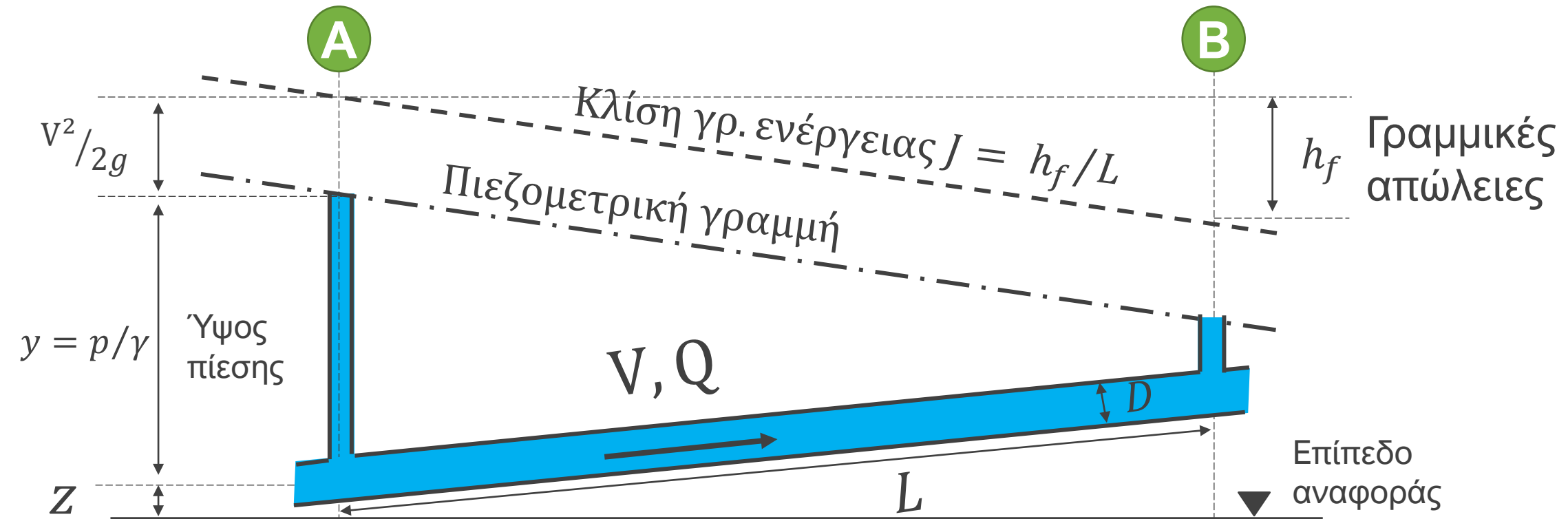
Αρχές μόνιμης ομοιόμορφης ροής

Αρχή διατήρησης

ΜΑΖΑΣ

ΟΡΜΗΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής κλειστών αγωγών

Υπολογισμός γραμμικών

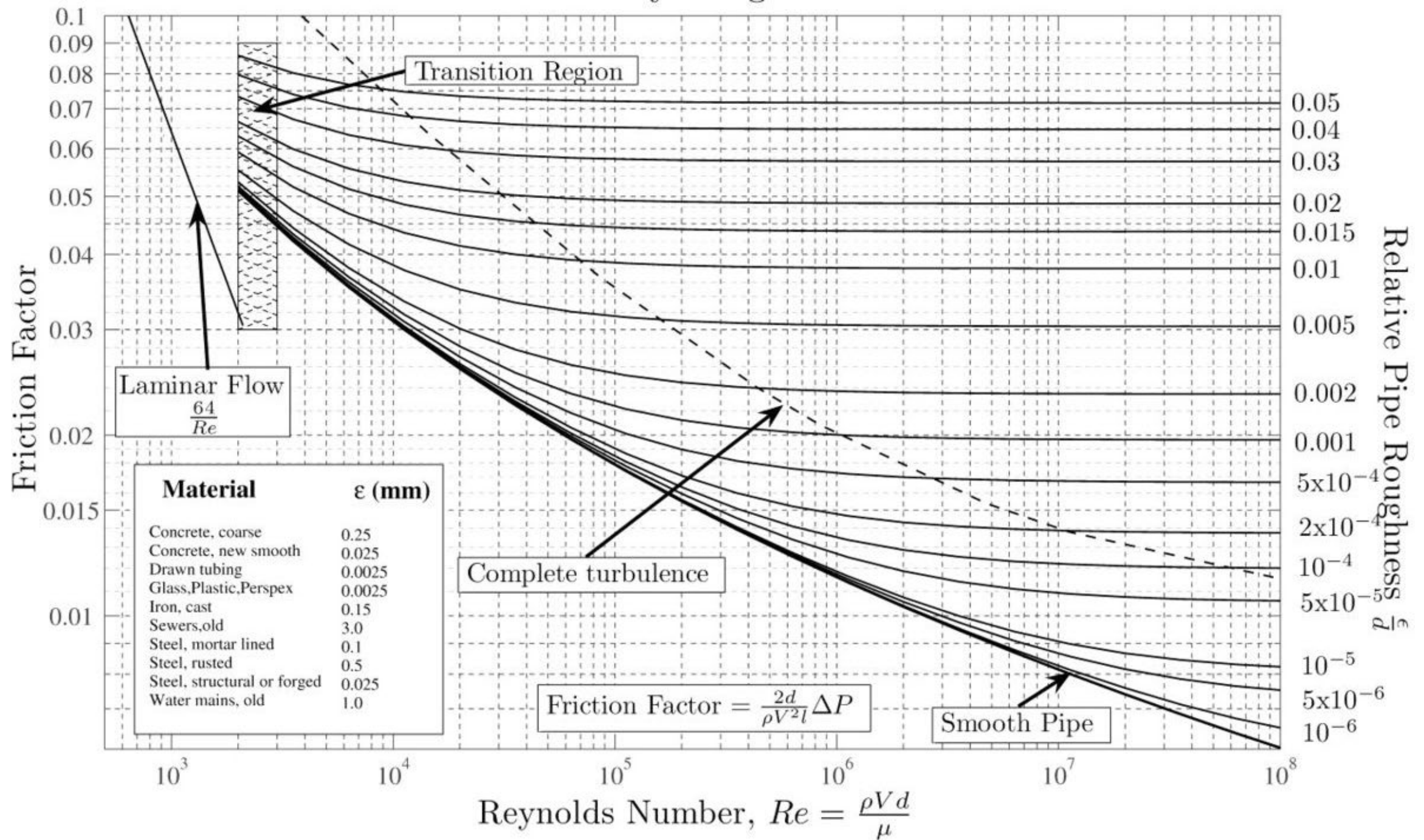
Darcy - Weisbach $h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$ $Re = \frac{\text{Δυνάμεις αδράνειας}}{\text{Δυνάμεις συνεκτικότητας}} = \frac{VD}{\nu}$

Συντελεστής τριβής

Στρωτή ροή $f = 64/Re$

Τυρβώδη ροή $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{K_s}{3,71D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$ Colebrook-White





Συγκριτικά μόνιμη ομοιόμορφη ροή μεταξύ ανοιχτών και κλειστών αγωγών

Γεωμετρικό μέγεθος	ΚΛΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ και ίση με κλίση πυθμένα και δεν εξαρτάται από υδραυλικά μεγέθη (παροχή, ταχύτητα)	ΔΙΑΤΟΜΗ και δεν εξαρτάται από υδραυλικά μεγέθη (παροχή, ταχύτητα)
Υδραυλικό μέγεθος	Η ΔΙΑΤΟΜΗ είναι υδραυλικό μέγεθος (μεταβάλλεται με την παροχή)	Η ΚΛΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ είναι υδραυλικό μέγεθος (μεταβάλλεται με την παροχή)
Γεωμετρία αγωγών	Πιο πολύπλοκη από κυκλικούς αγωγούς, (επιφάνεια, βρεχόμενη περίμετρος, υδραυλική ακτίνα)	Κυκλική διατομή = απλούστερη γεωμετρία, περιγραφή από ένα μέγεθος (D)
Ομοιομορφία ροής	Δεν είναι δεδομένη (χρειάζεται υδραυλικές προϋποθέσεις)	Είναι δεδομένη (έστω και κατά τμήματα)
	Ανοιχτός αγωγός	Κλειστός αγωγός



Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής ανοιχτών αγωγών

Άσκηση 2

Ορεινή πόλη με **πληθυσμό σχεδιασμού** 300.000 κατοίκους και μέγιστη ημερήσια ζήτηση 300 L/(κατ. ημ.) πρόκειται να υδρευθεί από τη λίμνη του σχήματος η οποία έχει σταθερή στάθμη +653 m. Το διυλιστήριο είναι 24ωρης λειτουργίας, βρίσκεται σε απόλυτο υψόμετρο +650 και τροφοδοτείται από την λίμνη με φυσική ροή.

Έστω χαλύβδινος αγωγός εσωτερικής διαμέτρου 1.504mm και μήκους 800m εξυπηρετεί τη μεταφορά της παροχής από το διυλιστήριο στη δεξαμενή. Να υπολογισθούν οι συνολικές απώλειες αν η τραχύτητα είναι $k_s = 0,5mm$ και η κινηματική συνεκτικότητα ιξώδους είναι $\nu = 1,1 \cdot 10^{-6} m^2/s$. Θεωρήστε ποσοστό τοπικών απωλειών 5% επί των γραμμικών.

