

# IWA Regional Symposium on Water, Wastewater and Environment: Traditions and Culture, Patras, Hellas, March 22-24, 2014

## Workshop:

*Evolution of Water Supply and Wastewater Management in Hellas: Past, Present, and Future*

*Εξέλιξη της Ύδρευσης και της Αποχέτευσης στην Ελλάδα: Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον*

**Πάτρα, 22 Μαρτίου 2014**

## Πτυχές της Αρχαίας Ελληνικής Επιστήμης και Τεχνολογίας



**Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης**

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

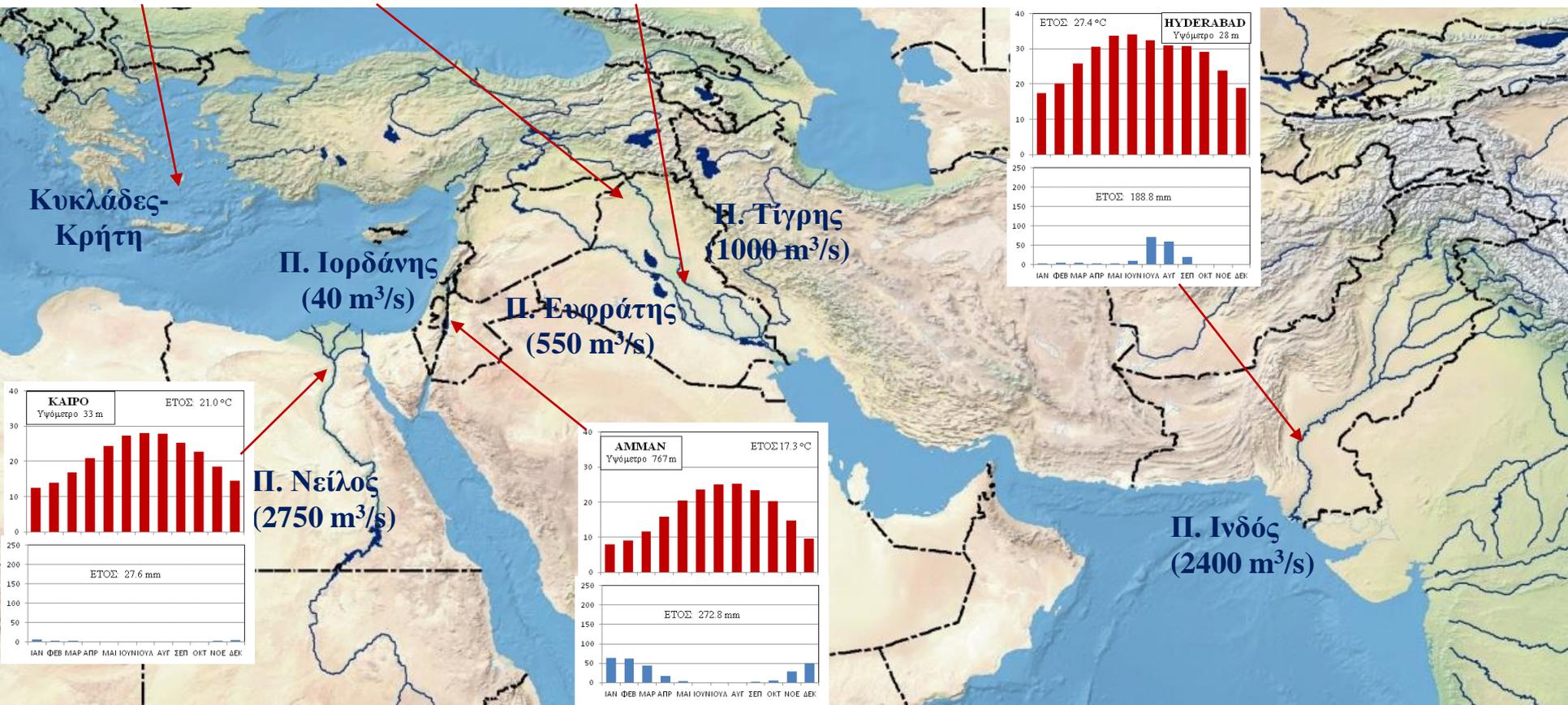
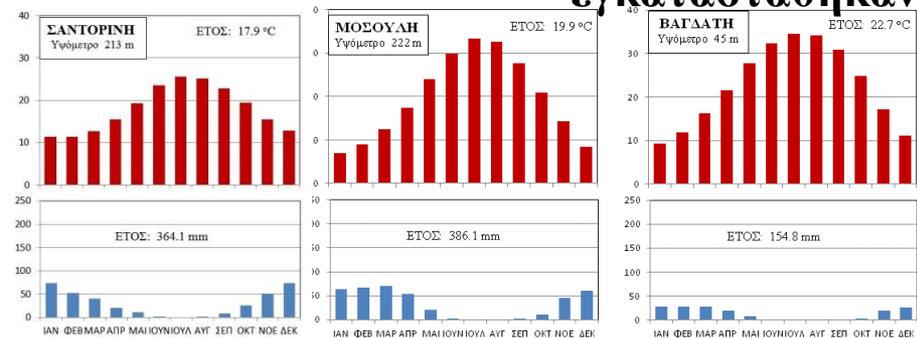
Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://itia.ntua.gr/el/docinfo/1438/>

# Η επιλογή των Ελλήνων

(σε σύγκριση με αυτές άλλων αρχαίων πολιτισμών)

Κλιματικά διαγράμματα και μέσες ετήσιες παροχές ποταμών σε θέσεις που εγκαταστάθηκαν αρχαίοι πολιτισμοί

Όλες οι θέσεις είναι σε ξηρό και ζεστό κλίμα, ενώ οι περισσότερες εκμεταλλεύονται μεγάλα ποτάμια.



Κυκλάδες-Κρήτη

Π. Ιορδάνης (40 m<sup>3</sup>/s)

Π. Ευφράτης (550 m<sup>3</sup>/s)

Π. Τίγρης (1000 m<sup>3</sup>/s)

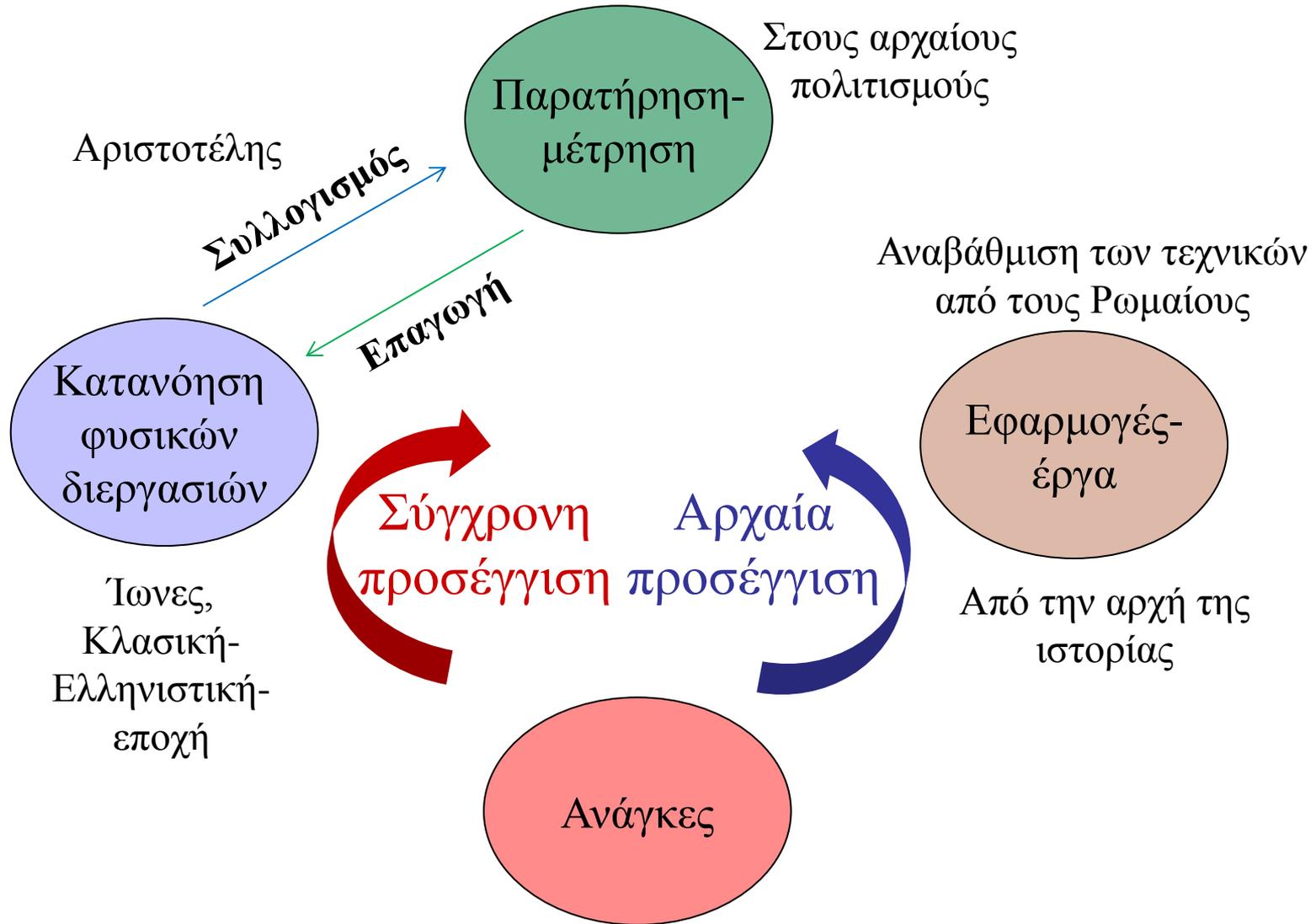
Π. Νείλος (2750 m<sup>3</sup>/s)

Π. Ινδός (2400 m<sup>3</sup>/s)

# Επιστήμη και τεχνολογία στον αρχαίο κόσμο

- Οι ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι (νερό, άνεμος, ήλιος), αξιοποιήθηκαν σε σημαντικό βαθμό από τους αρχαίους πολιτισμούς, με εφευρέσεις, τεχνολογικές εφαρμογές και τεχνικά έργα. Έτσι οι αρχαίες κοινωνίες χρησιμοποιούσαν τα διαθέσιμα νερά μιας περιοχής για ύδρευση και άρδευση, το αιολικό δυναμικό στα ιστιοφόρα τους, και την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση και φωτισμό των σπιτιών τους.
- Στα πρώτα στάδια των πολιτισμών, οι εξηγήσεις που δίνονταν για το τι προκαλούσε τα φυσικά φαινόμενα ήταν μυθολογικές, δηλαδή υπερφυσικές.
- Στη συνέχεια οι άνθρωποι εξαρτήθηκαν σημαντικά από τη χρήση των φυσικών πόρων και ανέκυψε η ανάγκη να εξηγηθούν τα σχετικά υδρομετεωρολογικά φαινόμενα με φυσικούς νόμους, ώστε να είναι πιο προβλέψιμα. Η κατανόηση της χωρο-χρονικής μεταβολής της βροχής, της ροής των ποταμών, του ανέμου και της γωνίας των ηλιακών ακτινών ήταν απαραίτητη για τη διαχείριση σημαντικών δράσεων όπως η άρδευση, οι θαλάσσιες μεταφορές, η χωροθέτηση των οικισμών κ.α
- Οι πρώτες επιστημονικές απόψεις σχετικές με τα υδρομετεωρολογικά φαινόμενα διατυπώθηκαν περί τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. από τους Ίωνες φιλόσοφους (Θαλής, Αναξίμανδρος, Αναξίμενης, Ξενοφάνης, Αναξαγόρας). Αυτοί όρισαν τον υδρολογικό κύκλο και έδωσαν λογικές εξηγήσεις για τους ανέμους, τα νέφη, τα κατακρημνίσματα, το ουράνιο τόξο, την αστραπή και τον κεραυνό.
- Στους επομένους αιώνες Έλληνες φιλόσοφοι (Αριστοτέλης, Θεόφραστος, Επίκουρος) διερεύνησαν περισσότερο τις υπάρχουσες θεωρίες, ενώ συνέβαλαν στην οργάνωση της υπάρχουσας γνώσης και τη δημιουργία της επιστημονικής μεθόδου.
- Κατά την Ελληνιστική περίοδο η επιστήμη βασίζεται περισσότερο στα μαθηματικά και τη φυσική (Ευκλείδης, Αρχιμήδης, Απολλώνιος, Αρίσταρχος, Ερατοσθένης). Ο Ήρων θεμελίωσε αρκετές έννοιες φυσικής με ερμηνείες αποδεκτές ως σήμερα, ανέπτυξε πειραματική μέθοδο, ενώ είχε την ικανότητα να μετατρέπει την θεωρητική γνώση του σε τεχνολογία και εφεύρε την πρώτη ατμομηχανή.
- Στη Ρωμαϊκή περίοδο έγινε εκτεταμένη εφαρμογή της υπάρχουσας γνώσης με την κατασκευή πολλών και σημαντικών τεχνικών έργων

# Προσέγγιση στα υδατικά προβλήματα



# Διαδικτυακός τόπος αρχαίων Ελληνικών υδραυλικών έργων

<http://itia.ntua.gr/ahw/works/>

Ο κύριος στόχος του συστήματος είναι η δημιουργία μιας δεξαμενής πληροφοριών σχετικών με την αρχαία ελληνική υδραυλική τεχνολογία.



Filter

List of ancient hydraulic works

Ανά construction era

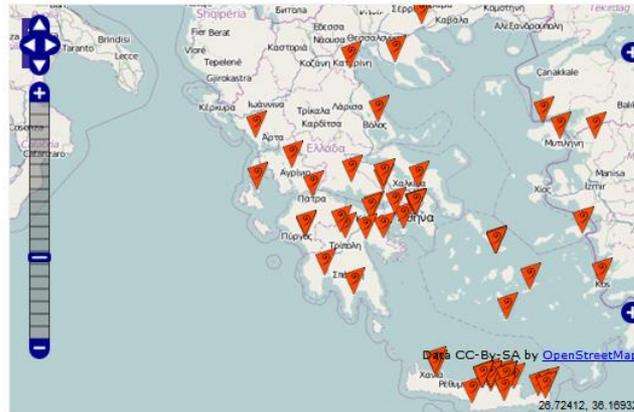
Όλο  
Minoan-Cycladic  
Mycenaean  
Archaic  
Classical  
Hellenistic  
Roman

Ανά use

Όλο  
Sanitary Facilities  
Urban Sewage  
Flood Prevention  
Land Drainage  
Urban Drainage  
Irrigation Water Supply  
Urban Water Supply

Ανά types

Όλο  
Dykes  
Sewer Pipes  
Stream Control  
Dam  
Sedimentation Tank  
Water Distribution System 128 works  
Tunnel  
Siphon  
Bathtub  
Lavatory  
Fountain  
Well  
Cistern  
Aqueduct



Hydrosystem Work	Use	Construction era	Extras
Aegina <a href="#">Aegina cistern</a>	Urban Water Supply	Hellenistic	
Aitolia <a href="#">Alysia dam</a>	Flood Prevention	Classical	
	<a href="#">Oiniades drainage</a>	Land Drainage	Hellenistic
	<a href="#">Stratos drainage</a>	Land Drainage	Hellenistic
Amorgos <a href="#">Amorgos Lavatory</a>	Urban Sewage	Hellenistic	

Moria aqueduct



Hydrosystem: Lesvos  
Use: [Urban Water Supply](#)  
Construction era: [Roman](#)  
Types: [Aqueduct](#)  
Operation era: Roman  
Location: Greece - Lesvos island  
References:

It is situated at a distance 600 m from Moria-6 km from Mitilene. It is about an arced work 170 m long and 17 m high with 17 arches. Every opening is divided into 3 successive arches supported on columns. Every column has epichranial works with moulding and abacus. The columns and the vault arches are of local marble. Nowadays it is under construction and its biggest part, the so called 'kameres=arches' are preserved. Twelve columns are still standing while among them seven arches of the middle row and one of the lower, sculptured with grey marble, exist. On the upper top, the arch made of plinths carried the channel that brought water. Some of its parts are scattered and saved at the centre Mitilene. It is dated back in the end of 2nd or early 3rd century A.D. It has evident classical characteristics; therefore it was characterized as 'Hadrianeio-like'. The water gathered from the Olympus Big Lake, while at the total route of the 26 km it received water from other springs. It is said that the quantity of water that supplied the city was 127,000 m<sup>3</sup> per day, a great amount even these days.

External links:

- [Panoramio - Photo of Moria Aqueduct, Juni 1986](#)
- [Panoramio - Photo of Aqueduct in Moria](#)
- [Lesvos Roman Aqueduct: Information about the Roman Aqueduct in Moria Greece, Eastern Aegean island](#)
- [THE ROMAN AQUEDUCT AT MORIA - LESVOS GREECE](#)

Attachments:

- [Video of the aqueduct in two sites](#), Video by Nikos Mamassis (8/2010), size: 17.0 Mb

Except where otherwise noted, the text and the pictures are copyright by their respective authors. The entire compilation is (C) 2009-2010 National Technical University of Athens. Except where otherwise noted, permission is hereby granted to copy, distribute and modify this work, either in part or the entire compilation, under the terms of the [Creative Commons Attribution - Share Alike license version 3.0](#).

"Moria aqueduct" images. Click to enlarge.



Moria site



Moria site



Moria site

Περίοδος	Έργα
Μινωική και Κυκλαδική	28
Μυκηναϊκή	21
Αρχαϊκή	11
Κλασσική	20
Ελληνιστική	29
Ρωμαϊκή	19
<b>Σύνολο</b>	<b>128</b>

- Περισσότερες από 20.000 επισκέψεις από το 2008
- Τα τελευταία χρόνια περίπου 10 επισκέψεις την ημέρα
- Πρώτο αποτέλεσμα στην αναζήτηση Google 'ancient hydraulic works'

## **Επισκόπηση υλικού**

*Οι αρχαίοι Έλληνες συνδύασαν την υδραυλική τεχνολογία με την κατανόηση των υδρολογικών διεργασιών ώστε να καλύψουν μια σειρά από υδατικές ανάγκες όπως:*

- Παροχή αστικού και αρδευτικού νερού
- Αποστράγγιση και αποχέτευση ομβρίων
- Αντιπλημμυρική προστασία
- Εγκαταστάσεις υγιεινής
- Αναψυχή

*Σήμερα πολλές αρχαίες υδραυλικές κατασκευές έχουν διασωθεί στον ελληνικό χώρο ως αποτέλεσμα μιας ιστορίας 4000 ετών*

- Απλές κατασκευές (δεξαμενές, μπάνια, πηγάδια, υδραγωγεία, πήλινοι αγωγοί, συστήματα κατακράτησης φερτών)
- Σύνθετες κατασκευές (φράγματα, σήραγγες, σίφωνες)

*Ακόμη στην αρχαία βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές αναφορές για:*

- Πρακτικές διαχείρισης νερού που εφαρμόζονταν σε πολλές ελληνικές πόλεις καθώς και σχετικοί νόμοι και κανονισμοί
- Υδραυλικά έργα που δεν διασώθηκαν
- Εντυπωσιακές εξηγήσεις για τις υδρομετεωρολογικές διεργασίες (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση)
- Υδραυλικές συσκευές και μηχανισμούς

# Επισκόπηση υλικού

## Ενδιαφέροντα σημεία

**Αειφορία κατασκευών.** Πολλά έργα είναι σε κατάσταση λειτουργίας μέχρι σήμερα (Πεισιστράτειο, Αδριάνειο)

**Λειτουργία υδροσυστημάτων.** Σε σημαντικές θέσεις σύνολο έργων λειτουργούσε ως υδροσύστημα. Νόμοι και κανονισμοί για τη χρήση του νερού και συμμετοχή των πολιτών υποστήριζαν την λειτουργία τους (Αθήνα, Μινωικά παλάτια). Ακόμη υιοθετηθήκαν αειφόρες πρακτικές διαχείρισης νερού

**Τεχνολογικά επιτεύγματα.** Σε πολλά έργα εφαρμόστηκαν προχωρημένες τεχνικές, αξιοθαύμαστες ακόμη και σήμερα (Ευπαλίνειο όρυγμα, σίφωνας Περγάμου)

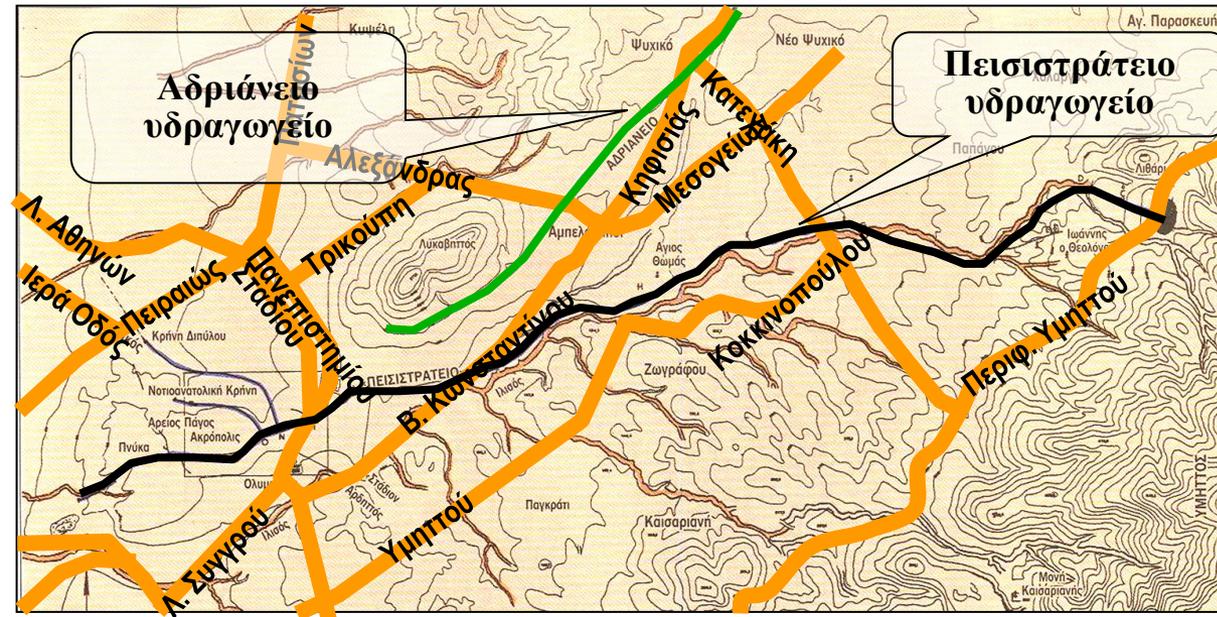
**Επιλογή έργων ανάλογα με τα κοινωνικά χαρακτηριστικά.** Σε ορισμένες εποχές επιλεγόταν η κατασκευή μεγάλων έργων ενώ σε άλλες πιο ήπιες κατασκευές (τυραννία στην Αθήνα: Πεισιστράτειο υδραγωγείο – δημοκρατική Αθήνα: έμφαση στις δεξαμενές συλλογής ομβρίων)

**Ποιότητα ζωής.** Σε πολλές θέσεις υπάρχουν εγκαταστάσεις υγιεινής (τουαλέτες, μπανιέρες) οι οποίες συγκρίνονται με τις σημερινές. Οι αρχαίοι ανέπτυξαν υψηλό βιοτικό επίπεδο σχετικό με τη χρήση νερού

**Ανάπτυξη επιστήμης.** Δόθηκαν πολλές επιστημονικές εξηγήσεις για τα υδρομετεωρολογικά φαινόμενα και στη συνέχεια αναπτύχθηκαν νέες τεχνικές στους Ελληνιστικούς και Ρωμαϊκούς χρόνους

# Αειφόρα έργα: Πεισιστράτειο

Το πρώτο μεγάλο υδραυλικό έργο στην Αθήνα κατασκευάστηκε τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ από τον τύραννο Πεισίστρατο και τους γιούς του. Το μεγαλύτερο μέρος του είναι σε βάθος έως 14 μέτρων και περιλαμβάνει κεραμικούς σωλήνες. Τροφοδοτούσε τον εθνικό κήπο μέχρι σήμερα





# Αειφόρα έργα: Αδριάνειο Υδραγωγείο

Σήραγγα που μεταφέρει νερό, αλλά και υδρομαστεύει κατά θέσεις



Παράπλευρή εισροή υδάτων με τεχνικά έργα κάθετα στη σήραγγα



Υδρομαστευτικά φρέατα που καταλήγουν στη σήραγγα



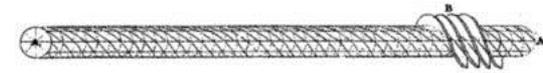
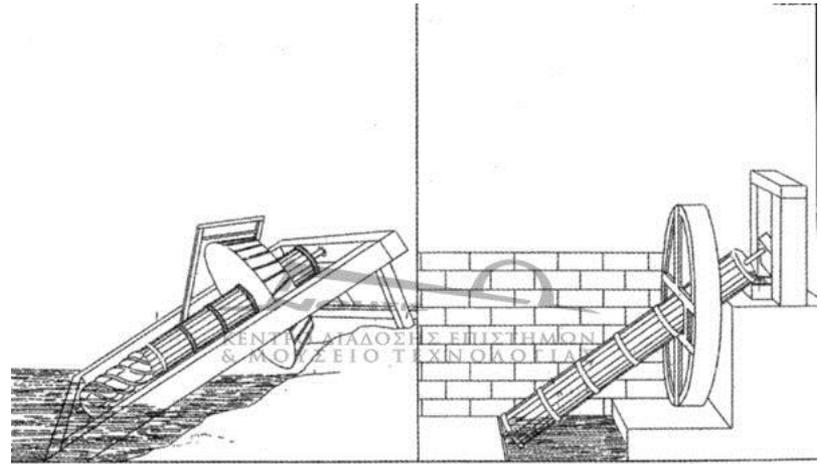
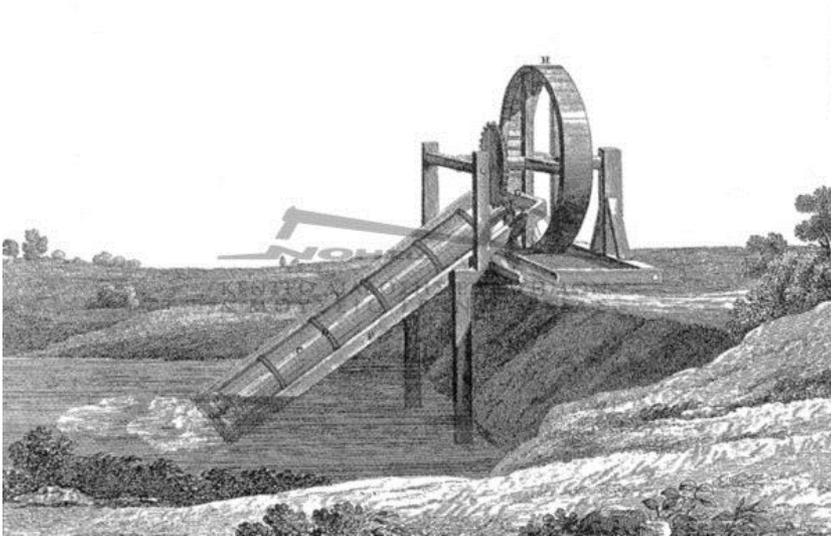
Εισροή νερού από τα τοιχώματα



Φωτογραφίες: Παναγιώτης Δευτεραίος

# Αειφόρες επινοήσεις : Κοχλίας Αρχιμήδη

*Μηχανή ανύψωσης νερού που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα*



Ολλανδία

Ελλάδα

ΗΠΑ



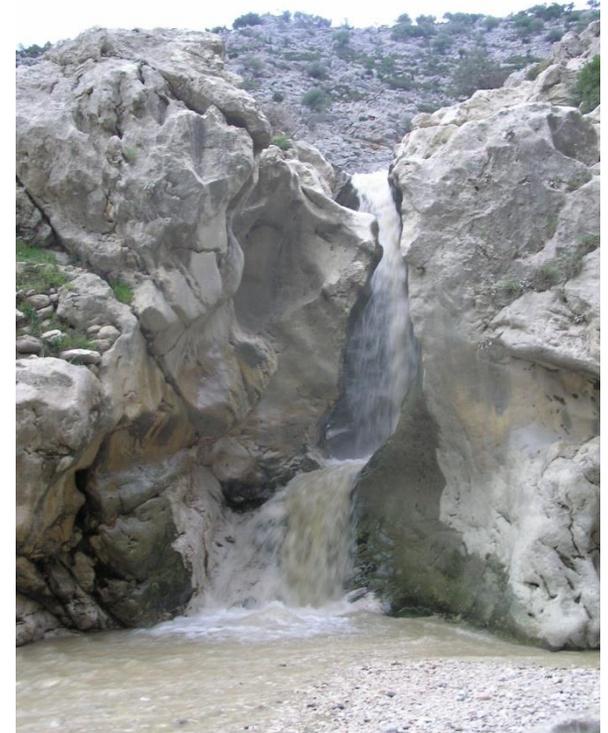
## Αειφόρα έργα: Φράγμα Αλυζίας

Το φράγμα κατασκευάστηκε ίσως κατά την κλασική περίοδο πιθανόν για να προστατεύει την κατάντη πεδιάδα από πλημμύρες και φερτά. Διατηρείται σε άριστη κατάσταση μέχρι σήμερα.

Όπως και τα σημερινά φράγματα, διαθέτει υπερχειλιστή (διαμορφωμένο στο βράχο – το ασύμμετρο σχήμα του οφείλεται στη διάβρωση)



Ο υπερχειλιστής σε λειτουργία



## Πρακτικές διαχείρισης

Ο αρχαίος αθηναϊκός πολιτισμός εκτός από τεχνικά έργα ανέπτυξε ένα πλαίσιο νόμων και θεσμών για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Οι πρώτοι γνωστοί κανόνες εισήχθησαν από τον Σόλωνα που ήρθε στην εξουσία το 594 π.Χ. και διαμόρφωσε ένα νομικό σύστημα το οποίο περιγράφεται από τον Πλούταρχο (47-195 μ.Χ.) στο έργο του 'Σόλων'. Σχετικά με τα υπόγεια νερά αναφέρεται:

*Δεδομένου ότι η περιοχή δεν τροφοδοτείται με αρκετό νερό από τα ποτάμια, λίμνες και πηγές, οι περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν πηγάδια. Ο Σόλων έκανε ένα νόμο όπου:*

- εάν υπήρχε ένα δημόσιο πηγάδι σε απόσταση 4 σταδίων (710 μέτρα) όλοι θα χρησιμοποιούσαν αυτό*
- εάν το πηγάδι ήταν μακρύτερα θα έπρεπε να ανοιχτεί πηγάδι με ιδιωτικά μέσα*
- εάν είχαν σκάψει για 18 μέτρα και δεν είχαν βρει νερό είχαν το δικαίωμα να παίρνουν μια υδρία (20 λίτρα) 2 φορές την ημέρα από τους γείτονές τους*

*Έτσι με το νόμο αυτό εξυπηρετούνταν οι ανάγκες χωρίς να επιβραβεύεται η τεμπελιά.*

Ένας συγκεκριμένος δημόσιος αξιωματούχος (κρουνών επιμελητής) ήταν υπεύθυνος για την τήρηση των νόμων και των κανονισμών. Το αξίωμα αυτό θεωρείτο τόσο σημαντικό ώστε ήταν ένα από τα λίγα που δινόταν με ψηφοφορία (τα περισσότερα αξιώματα στην αρχαία Αθήνα δίνονταν με κλήρωση). Το αξίωμα αυτό είχε καταλάβει και ο Θεμιστοκλής.

Αργότερα όταν τα δημόσια έργα αυξήθηκαν με υδραγωγεία και κρήνες, τα ιδιωτικά έργα (πηγάδια, δεξαμενές άρχισαν να εγκαταλείπονται. Δεδομένης της αναγκαιότητάς τους σε κατάσταση πολέμου οι ιδιοκτήτες τους υποχρεώθηκαν από κανονισμούς να διατηρούν τα πηγάδια σε καλή κατάσταση και έτοιμα προς χρήση.

## Πρακτικές διαχείρισης

‘Στην Ασία υπάρχει μια πεδιάδα που την κλείνουν από παντού βουνά που αφήνουν πέντε περάσματα. .... Από τότε που οι Πέρσες πήραν την εξουσία η περιοχή αυτή ανήκει στο βασιλιά. Από το βουνό που είναι γύρω από την πεδιάδα βγαίνει ένας μεγάλος ποταμός που ονομάζεται Άκης. Ο ποταμός αυτός παλαιότερα άρδευε τις χώρες που ανέφερα, περνώντας από τα πέντε περάσματα που οδηγούσαν στην κάθε μια. Από τότε όμως που πήραν την εξουσία οι Πέρσες οι χώρες αυτές έπαθαν το εξής. **Ο βασιλιάς της Περσίας έχτισε νεροφράχτες στα περάσματα και το νερό του ποταμού δεν μπορεί να περάσει και η πεδιάδα γίνεται λίμνη αφού όλο το ποτάμι φέρνει νερό που δεν βρίσκει διέξοδο να βγει.** Οι λαοί λοιπόν αυτοί που πρώτα συνήθιζαν να χρησιμοποιούν το νερό το στερήθηκαν και είναι γι αυτούς μεγάλη συμφορά. ... Όταν δεν τους δίνεται διόλου νερό πηγαίνουν στους Πέρσες με τις γυναίκες τους στέκονται στις πύλες του παλατιού και χτυπιούνται και σκούζουν. Τότε ο βασιλιάς διατάζει να ανοίξουν το νεροφράχτη που οδηγεί στη χώρα εκείνων που έχουν την περισσότερη ανάγκη για νερό. Όταν πια η γη τους πιεί καλά το νερό και κορεστεί κλείνεται ο νεροφράχτης και ο βασιλιάς δίνει διαταγή να ανοίξει άλλος για εκείνους που έχουν περισσότερη ανάγκη από νερό. **Αλλά ξέρω επειδή το άκουσα ότι δίνει διαταγή να ανοίξει ο νεροφράχτης όταν εκτός από το φόρο πάρει πολλά χρήματα.**’

Ηροδότου Ιστορίαι, Βιβλίο Γ (Θάλεια), 117. Μετάφραση: Άγγελος Βλάχος.

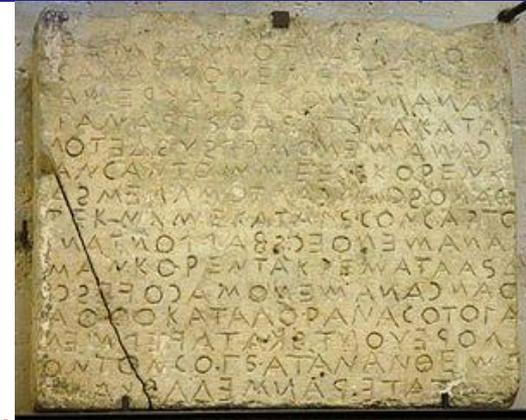
**Κανονισμός ελάχιστης διατηρητέας παροχής** (απόσπασμα από επιγραφή του 5<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ. στη Γόρτυνα της Κρήτης).

Την πόλη διέσχιζε ο ποταμός Ληθαίος.

«**Θιοί· τὸ ποταμὸ αἴ κα κατὰ τὸ μέττον τὰν ῥοὰν θιθῆι ῥῆν κατὰ το Ἔδον αὐτὸ, θιθεμένῳι ἄπατον ἤμην. Τὰν δὲ ῥοὰν λείπεν ὄττον κατέκει ἀ ἐπ’ ἀγορᾶι δέπυρα ἢ πλίον, μεῖον δὲ μῆ.**»

**Θεοί.** Αν κάποιος κατευθύνει τη ροή του ποταμού στην ιδιοκτησία

του δεν τιμωρείται. Πρέπει όμως, να αφήσει τόση ροή ώστε να καλύπτει σε πλάτος τη γέφυρα της αγοράς ή περισσότερη, όχι όμως λιγότερη.



# Σύμβαση έργου παραχώρησης-ΣΔΙΤ στην αρχαιότητα

## Αυτοχρηματοδοτούμενο έργο με δεκαετή παραχώρηση εκμετάλλευσης

Σύμβαση\* ανάμεσα στον μηχανικό Χαιρεφάνη από τα Μέγαρα και την πόλη και τους πολίτες της Ερέτριας για τη μετατροπή σε καλλιεργήσιμη γη, μιας βαλτώδους έκτασης στην επικράτεια της Ερέτριας.

### Ο Χαιρεφάνης (ανάδοχος)

- θα αποξηράνει τη λίμνη των Πτεχών και θα κατασκευάσει συναφή έργα (αρδευτική δεξαμενή μήκους 2 σταδίων)
- θα κατασκευάσει τα έργα με δικά του έξοδα και θα καταβάλλει τριάντα τάλαντα στην πόλη σε μηνιαίες δόσεις (1 τάλαντο ισοδυναμούσε με 6000 δραχμές, ενώ το ημερομίσθιο ήταν μία δραχμή)
- θα εκτελέσει το έργο σε 4 έτη, χρόνος που παρατείνεται στην περίπτωση πολέμου
- θα μεριμνήσει ώστε τα αποστραγγιστικά κανάλια να μην περνάνε από καλλιεργήσιμη γη
- θα συντηρεί τα έργα για μία δεκαετία

### Η πόλη της Ερέτριας

- δεν συμμετέχει στις οποιοσδήποτε δαπάνες κατασκευής των έργων
- δίνει τη δεκαετή εκμετάλλευση της καλλιεργείας της αποξηραμένης περιοχής στον ανάδοχο (παρατείνεται σε περίπτωση πολέμου)
- απαλλάσσει από φόρους την πώληση των αγροτικών προϊόντων από τον ανάδοχο εφόσον αυτή γίνεται στην επικράτεια της Ερέτριας
- παρέχει δικαστική ασυλία και εξασφάλιση της απρόσκοπτης εκτέλεσης των εργασιών
- αποζημιώνει τις απαλλοτριωμένες ιδιωτικές εκτάσεις

*Μαρμάρινη στήλη στο επιγραφικό μουσείο (4<sup>ος</sup> αιώνας π.Χ.)*



Tassios, T. P., Selected topics of water technology in Ancient Greece, Proceedings of the 1st IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations, Iraklio, Greece, 3-26, 2006

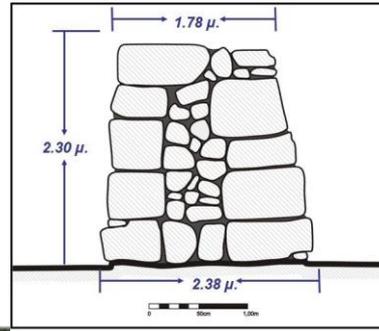
# Τεχνολογικά επιτεύγματα:

Αποστραγγιστικά έργα  
Κωπαΐδας

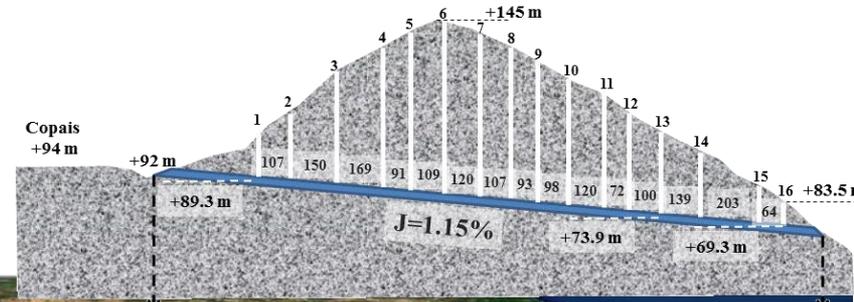
Εκτροπή του Β. Κηφισού  
και του Μέλαινα προς τις  
καταβόθρες από τους  
Μινύες (12<sup>ος</sup> αιώνας π.Χ.)

Έργο εκτροπής και  
τεχνητό κανάλι

Ανάχωμα



Υπόγεια σήραγγα εκτροπής προς  
τον Ευβοϊκό (ημιτελής)



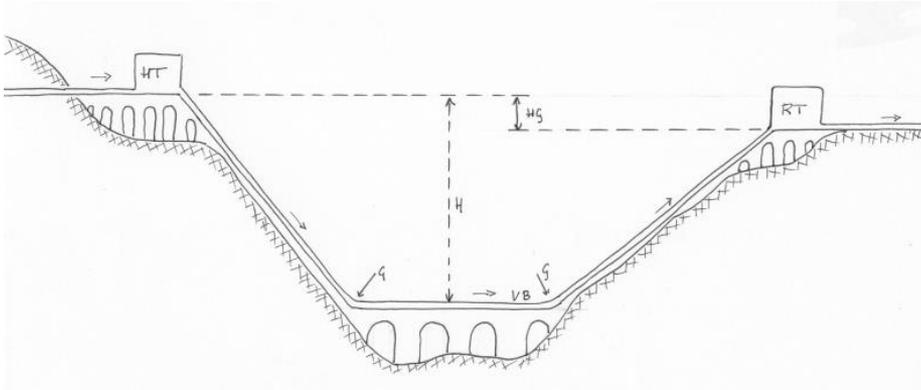
Καταβόθρες

Kountouri, E., N. Petrochilos, N. Liaros, V. Oikonomou, D. Koutsoyiannis, N. Mamassis, N. Zarkadoulas, A. Vött, H. Hadler, P. Henning, and T. Willershäuser, The Mycenaean drainage works of north Kopais, Greece: a new project incorporating surface surveys, geophysical research and excavation, *Water Science and Technology: Water Supply*, 13 (3), 710–718, 2013.

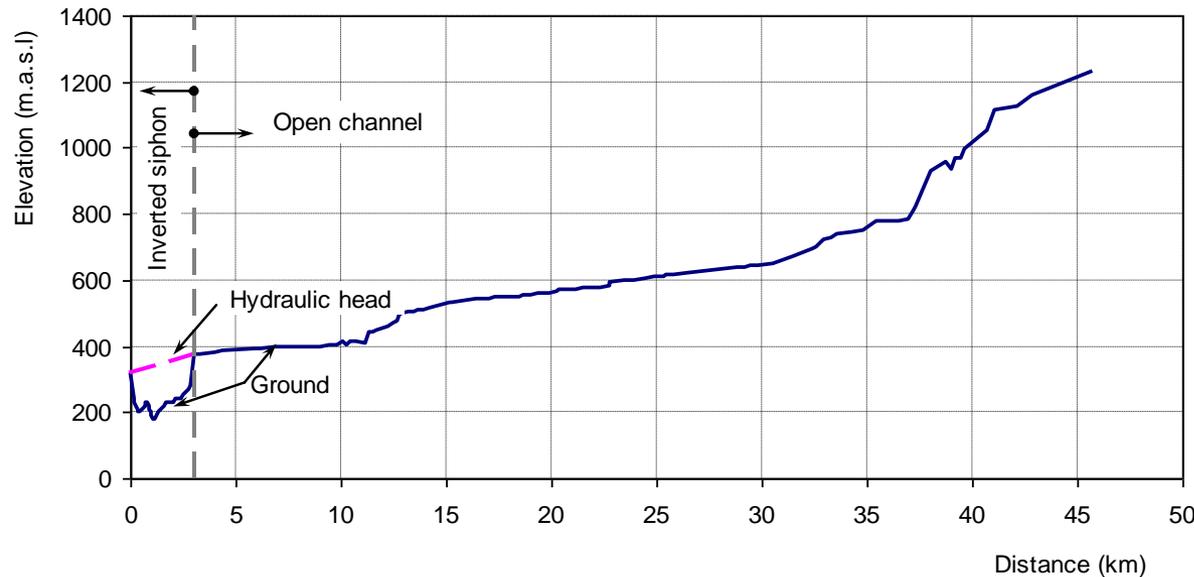
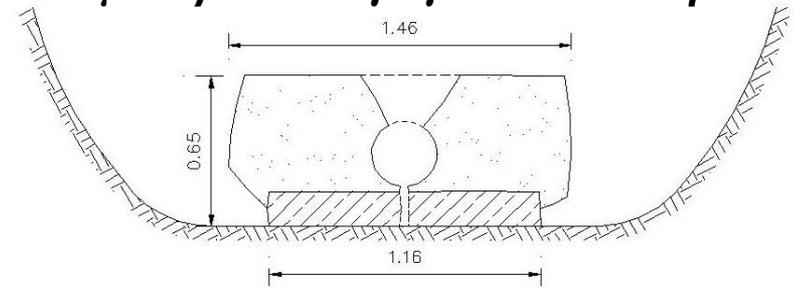
Kambanis M (1893) Le dessèchement du lac Copais par les anciens (The drainage of the Kopais lake by the ancients). *Bulletin de Correspondance Hellenique* 17, 322 - 342,

# Τεχνολογικά επιτεύγματα: Το υδραγωγείο της Περγάμου

Περιλαμβάνει ανεστραμμένο σίφωνα μήκους 3 km με υδραυλικό φορτίο 180 m. Κατασκευάστηκε γύρω στο 200 π.Χ. και είναι η πρώτη γνωστή κατασκευή μεγάλης κλίμακας όπου το νερό μεταφέρεται υπό πίεση.

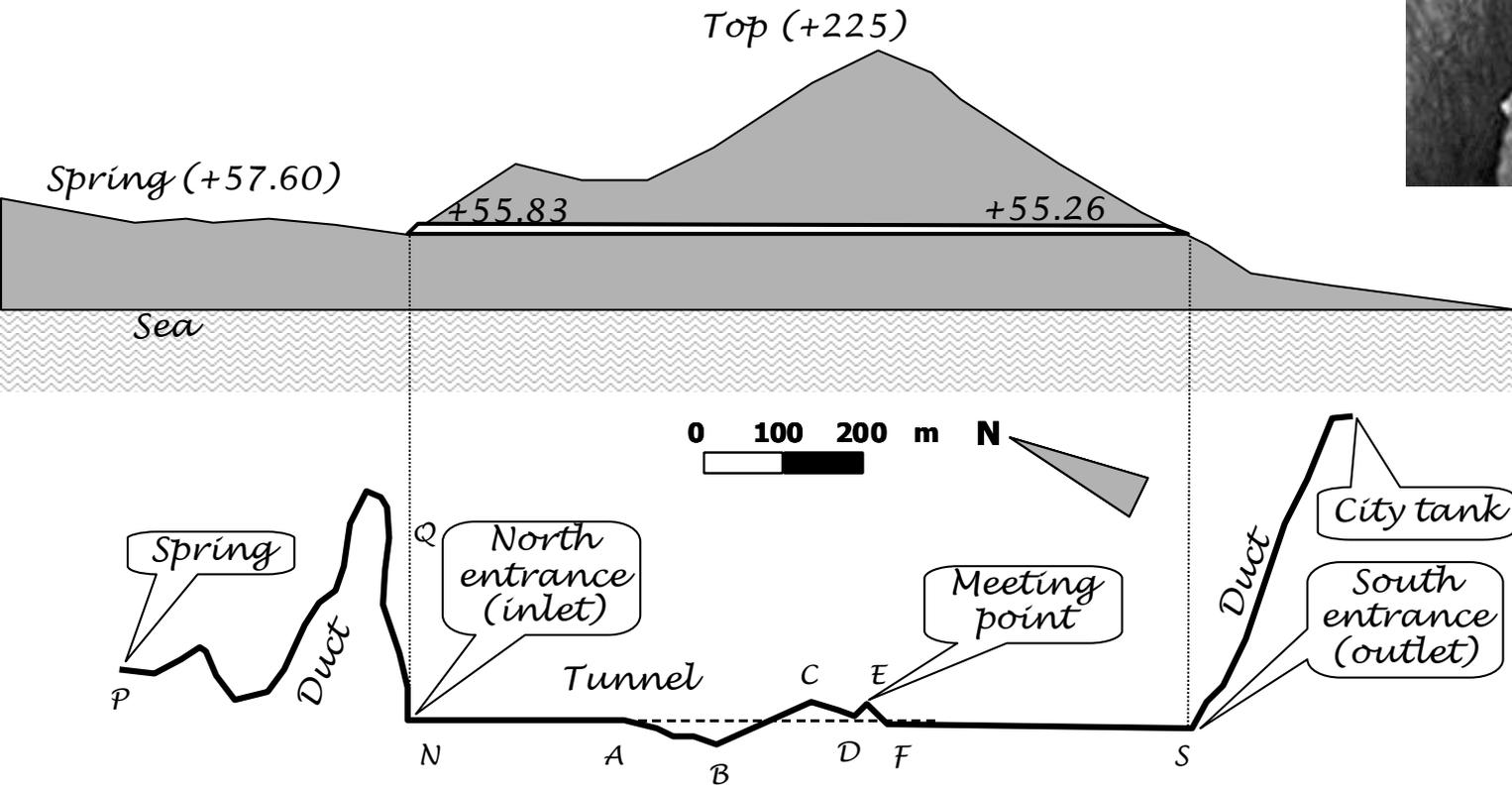
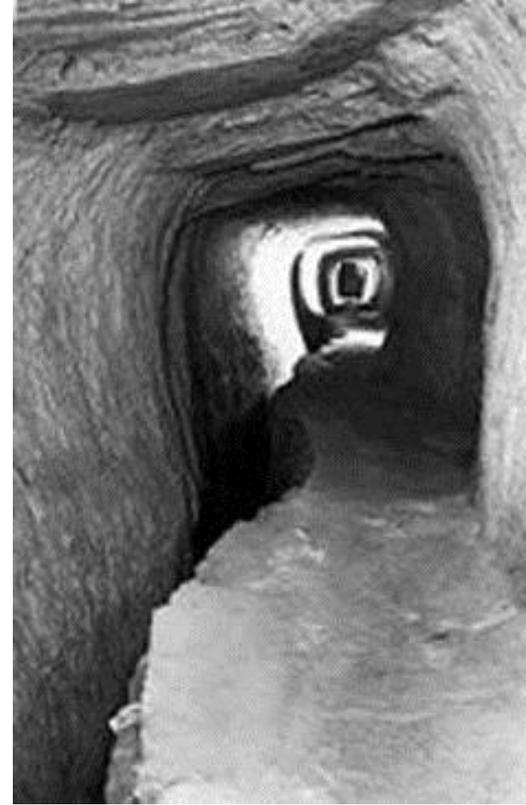


*Πέτρα αγκύρωσης του μολύβδινου αγωγού υπό πίεση*

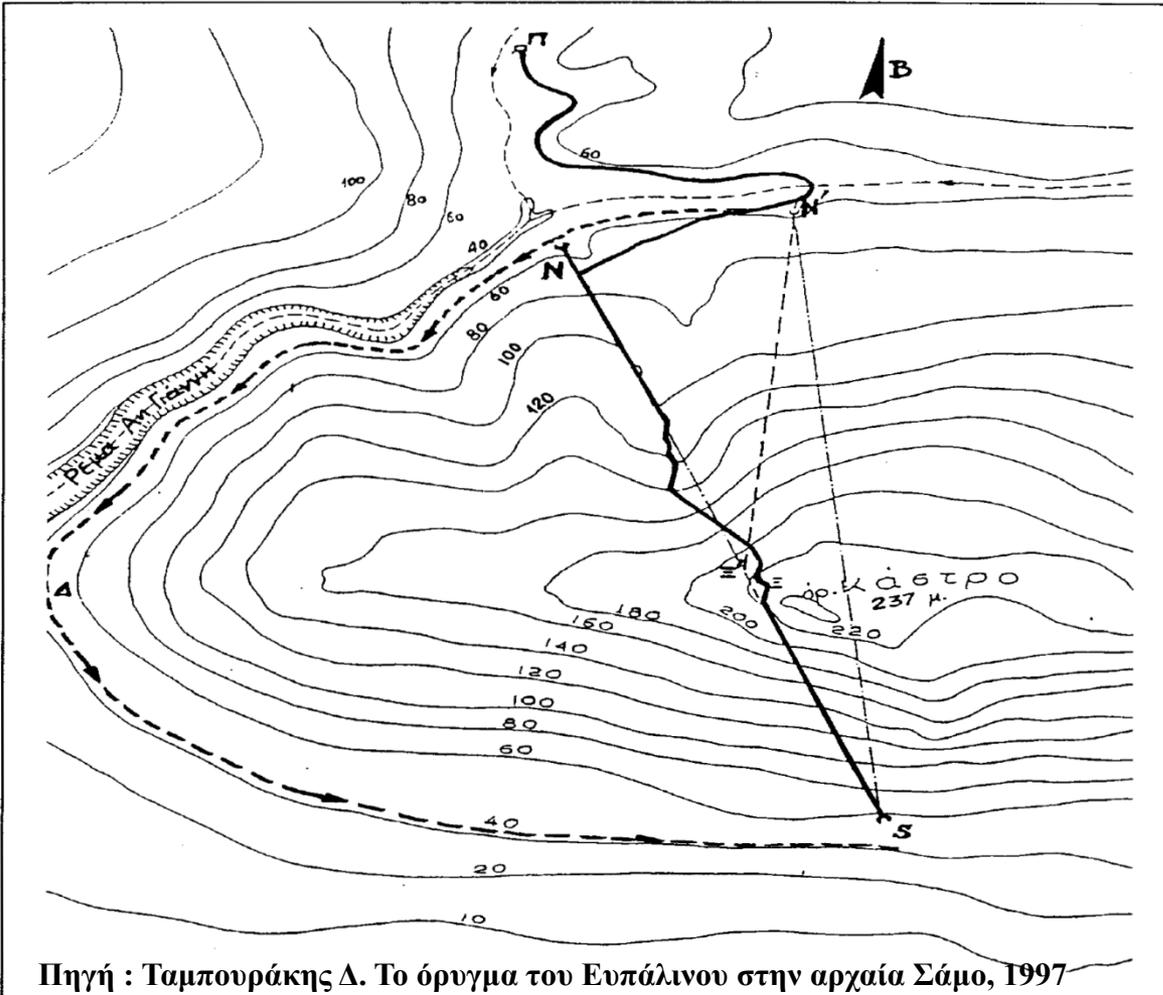


# Μάταια έργα: Ευπαλίνειο όρυγμα

Το πιο φημισμένο υδραυλικό έργο της αρχαίας Ελλάδας είναι το υδραγωγείο της Σάμου. Το πιο εντυπωσιακό τμήμα του υδραγωγείου είναι το **Ευπαλίνειο όρυγμα** (κατασκευασμένο από τον Μεγαρέα μηχανικό Ευπαλίνο), μια σήραγγα μήκους 1036 μέτρων, η πρώτη γνωστή βαθειά σήραγγα στην ιστορία ανοιγμένη από δύο μέτωπα (πρακτική που εφαρμόζεται και σήμερα). Ο Ευπαλίνος επέλυσε πολλά τεχνικά προβλήματα όπως το σκάψιμο ευθύγραμμων τμημάτων, η ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας της θέσης και η εξασφάλιση της υδραυλικής κλίσης ώστε να επιτυγχάνεται η ροή στο αγωγό. Η κατασκευή της σήραγγας έγινε μεταξύ 530-520 π.Χ. κατά τη διάρκεια της τυραννίας του Πολυκράτη.



## Γιατί έγινε ένα μάταιο έργο?

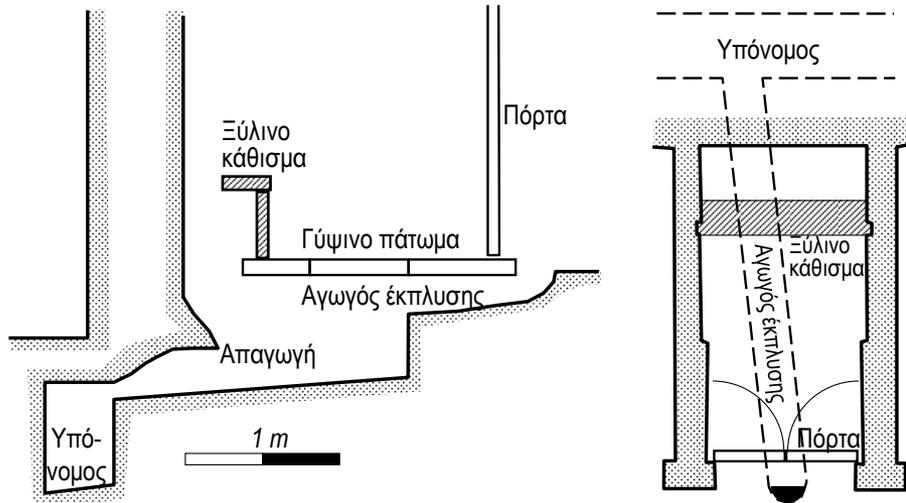


.....καὶ τὸ πένητας ποιεῖν τοὺς ἀρχομένους τυραννικόν, ὅπως μὴτε φυλακὴ τρέφεται καὶ πρὸς τῷ καθ' ἡμέραν ὄντες ἄσχολοι ὧσιν ἐπιβουλεύειν. παράδειγμα δὲ τούτου αἱ τε πυραμίδες αἱ περὶ Αἴγυπτον καὶ τὰ ἀναθήματα τῶν Κυψελιδῶν καὶ τοῦ Ὀλυμπίου ἢ οἰκοδόμησις ὑπὸ τῶν Πεισιστρατιδῶν, καὶ τῶν περὶ Σάμον ἔργα Πολυκράτεια (πάντα γὰρ ταῦτα δύναται ταυτὸν, ἀσχολίαν καὶ πενίαν τῶν ἀρχομένων)

*Αριστοτέλης Πολιτικά V 1313β*

Μια μέθοδος των τυράννων είναι ...να φτωχαίνουν τους αρχόμενους επιβάλλοντας φόρους, ώστε οι φρουροί τους να συντηρούνται με δικά τους έξοδα και για να μη διαθέτουν χρόνο για συνωμοσίες εναντίον τους, αφού για να συντηρήσουν την οικογένεια πρέπει να δουλέψουν. Παράδειγμα οι Πυραμίδες της Αιγύπτου, τα αφιερώματα των Κυψελιδών, ο ναός του Ολύμπιου Δία από τον Πεισίστρατο και τους γιους του στην Αθήνα και τα έργα του **Πολυκράτη στη Σάμο** (όλα στον ίδιο σκοπό αποβλέπουν, στην απασχόληση και τη φτώχεια των αρχομένων). (Ελεύθερη απόδοση)

# Ποιότητα ζωής



Τομή και κάτοψη τουαλέτας στο Παλάτι του Μίνωα (Graham, 1987).



Ακρωτήρι Θήρας  
(<http://www.abovetopsecret.com/>)

Τουαλέτες Γυμνασίου  
Μινώας Αμοργού



Πηγή: Antoniou G.P., 2007. "Lavatories in Ancient Greece", Water Science and Technology: Water Supply, edit. A. Angelakis, D. Koutsoyiannis, IWA, London, p. 160

# Αξιοποίηση των υδατικών πόρων σε ξηρό περιβάλλον

## Δεξαμενή θεάτρου στη Δήλο

Διαστάσεις:  $22.5 \times 6 \times 3$  m

Κατασκευάστηκε τον 3<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ μαζί με το θέατρο (ήταν σκεπασμένη).

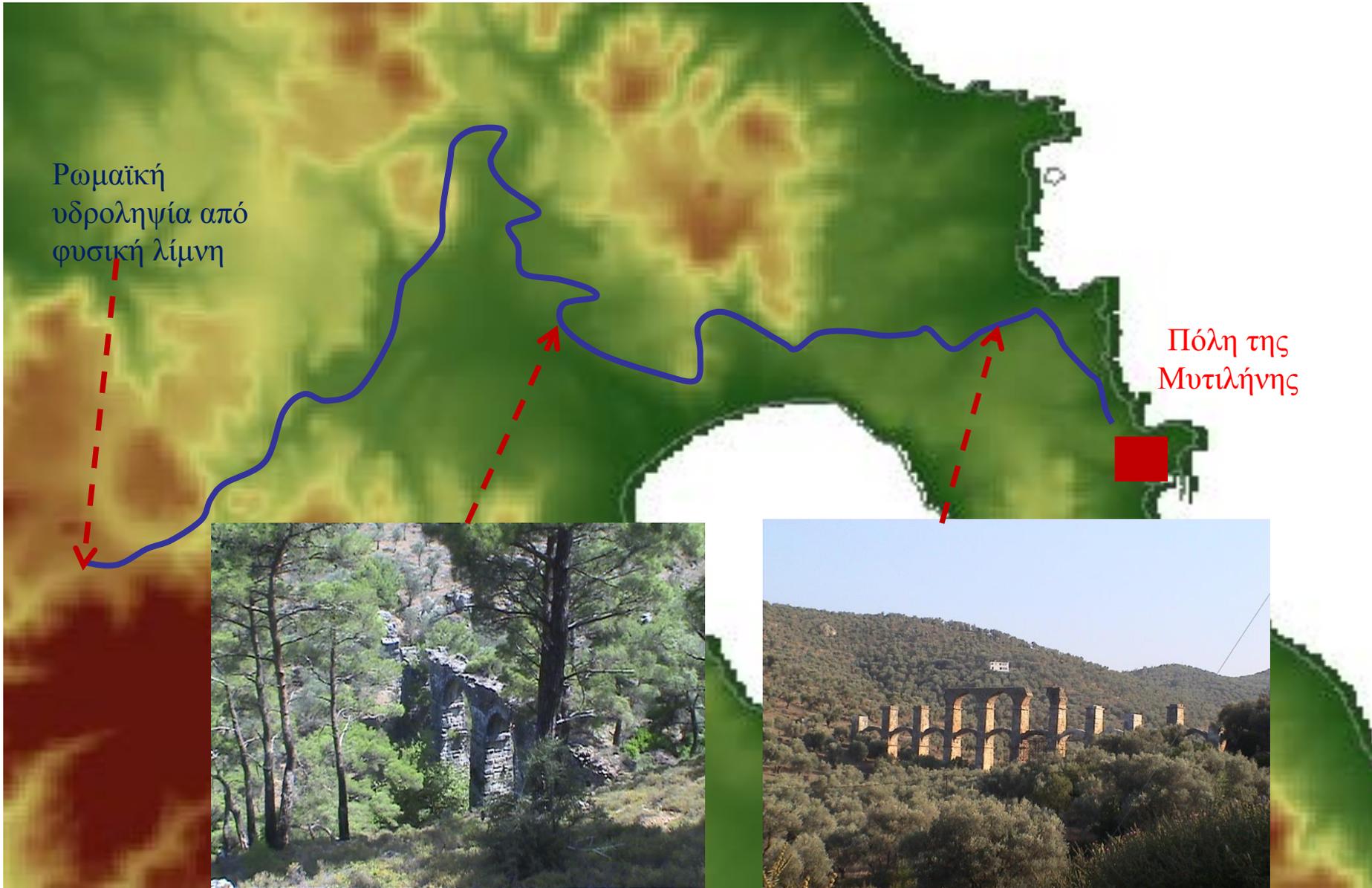
Ταμιεύει τα όμβρια του κοίλου και της ορχήστρας (έκτασης περίπου 5 στρεμμάτων)



# Μήπως οι αρχαίοι τα κατάφεραν καλύτερα;

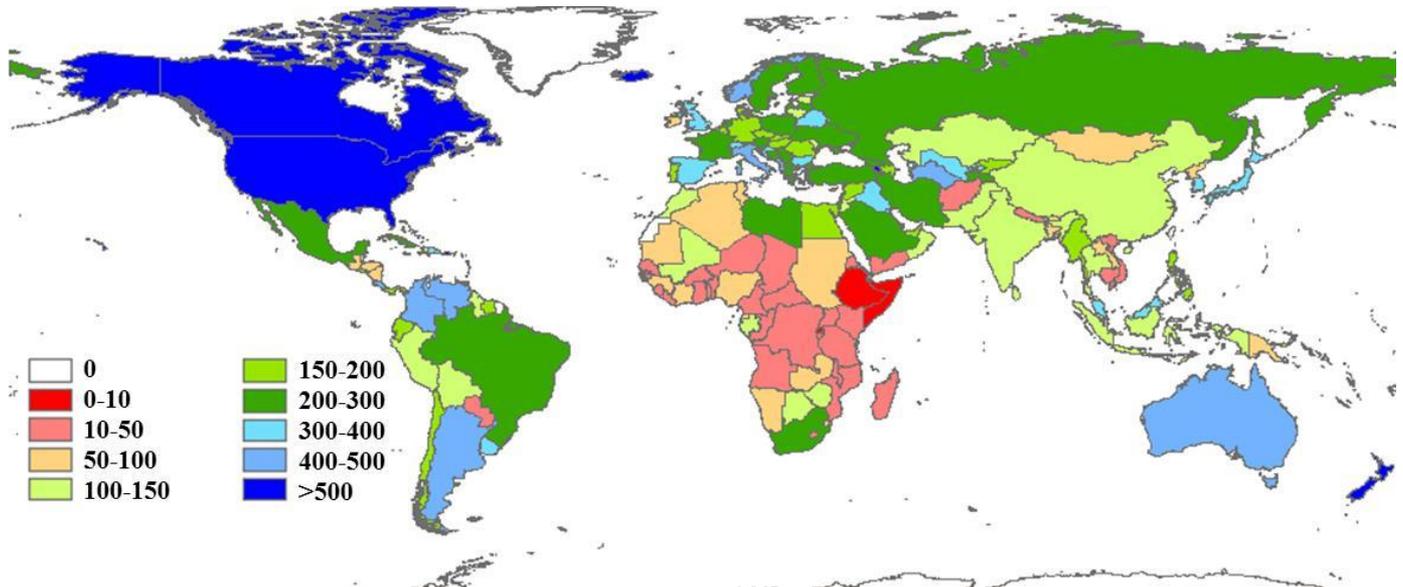
Ρωμαϊκό υδραγωγείο: 26 km  
Παροχευτικότητα: 80.000 m<sup>3</sup>/ημέρα

Σύγχρονη Υδροληψία από 5 πηγές.  
Απόληψη 25.000 m<sup>3</sup>/ημέρα

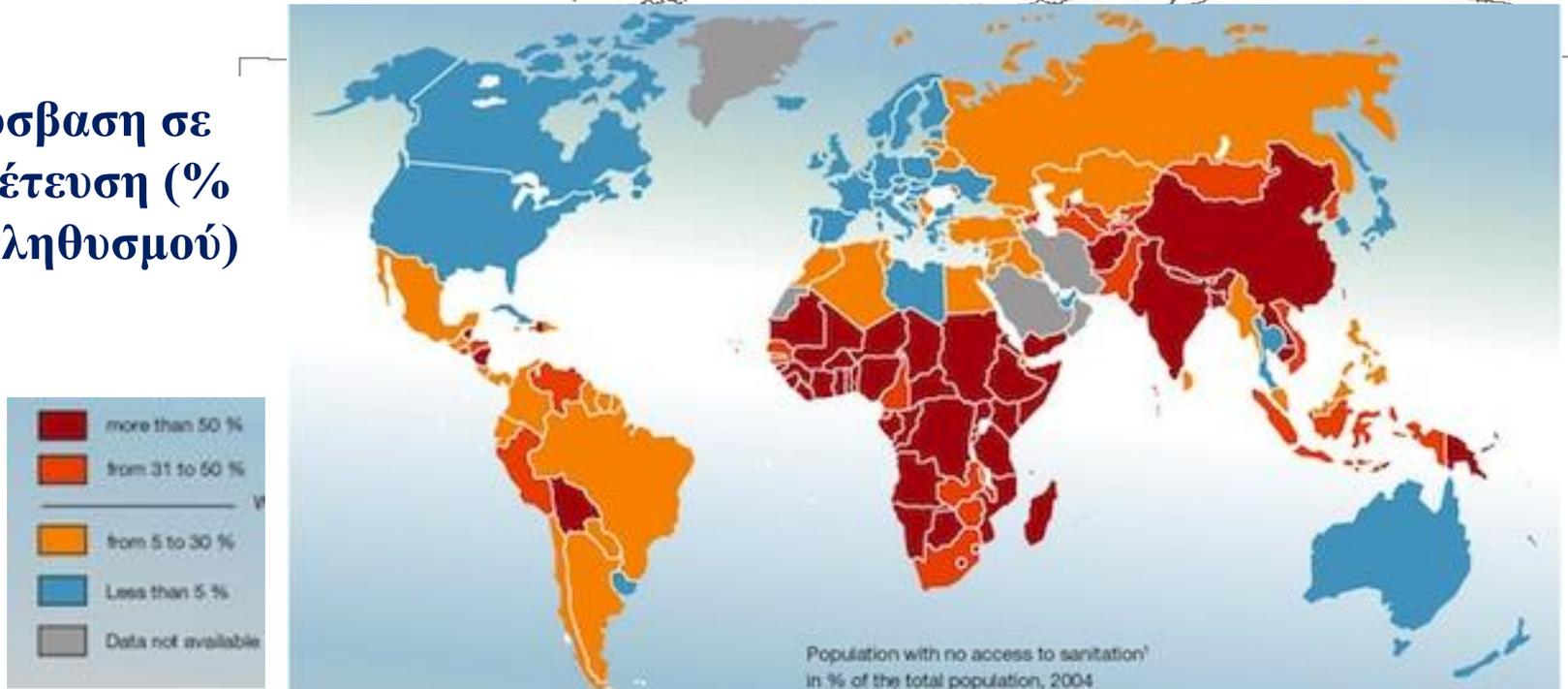


# Αρχαίες συνθήκες στο σύγχρονο κόσμο;

Υδρευση l/c/d



Πρόσβαση σε αποχέτευση (% του πληθυσμού)



# Αρχαίες συνθήκες στο σύγχρονο κόσμο;

Αιθιοπία



Κίνα



Ουγκάντα



768 εκατομμύρια δεν έχουν πρόσβαση σε ασφαλή ύδρευση (2011)

2,5 δισεκατομμύρια δεν έχουν πρόσβαση σε αποχέτευση (2011)

3.4 εκατομμύρια πεθαίνουν κάθε χρόνο από ασθένειες σχετικές με το πόσιμο νερό (το 99% στον αναπτυσσόμενο κόσμο)

*Έκθεση Ηνωμένων Εθνών*



Ινδία



Αιτή



Νιγηρία