



Η εξέλιξη της επιστήμης και τεχνολογίας νερού στην αρχαία Αθήνα



Δημήτρης Κουτσογιάννης*, Νίκος Μαμάσης
& Παναγιώτης Δευτεραίος

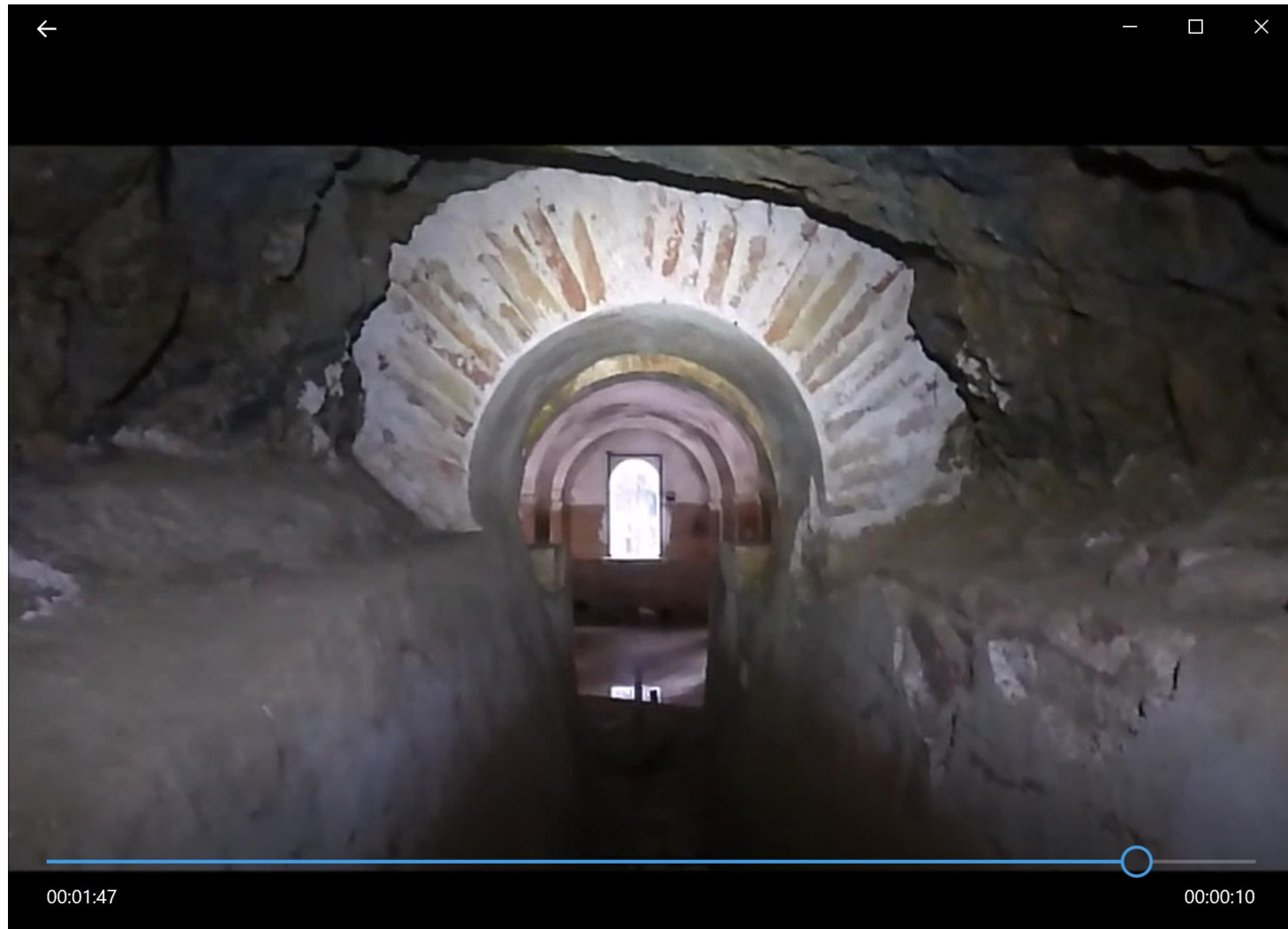


Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (* dk@ntua.gr)

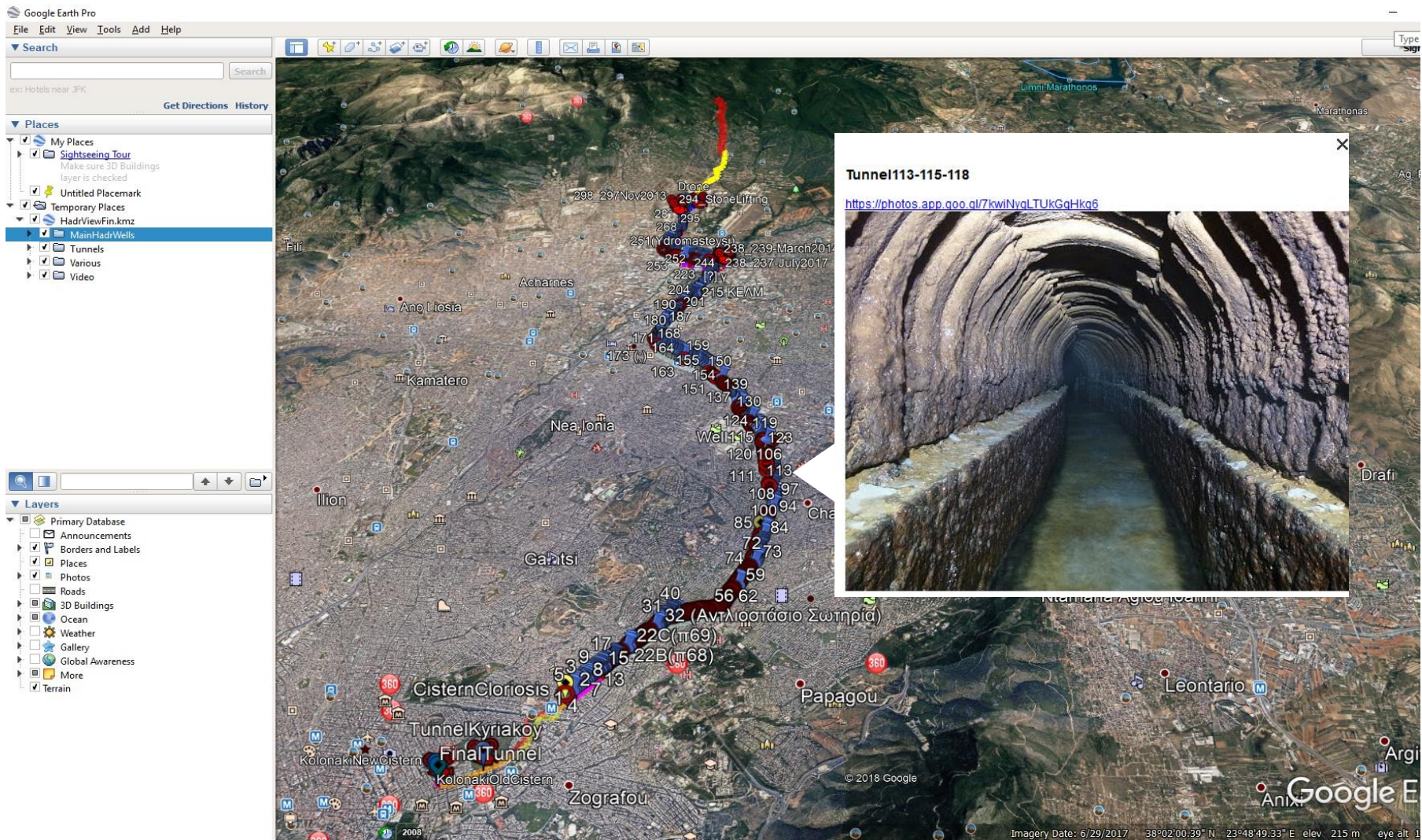
Παρουσίαση διαθέσιμη στο διαδίκτυο: <http://www.itia.ntua.gr/1941/>

Το Αδριάνειο Υδραγωγείο της Αθήνας



<https://youtu.be/n5laa90TNO0>

Εξερεύνηση και αποτύπωση του Αδριανείου



Όλο το υλικό τεκμηρίωσης είναι ελεύθερα προσβάσιμο: <http://www.itia.ntua.gr/en/docinfo/1934/>

Εξερεύνηση και αποτύπωση του Αδριανείου (2)



Κλάδος Βαρυμπόμπης



Πηγάδι 278



Ολυμπιακό χωριό

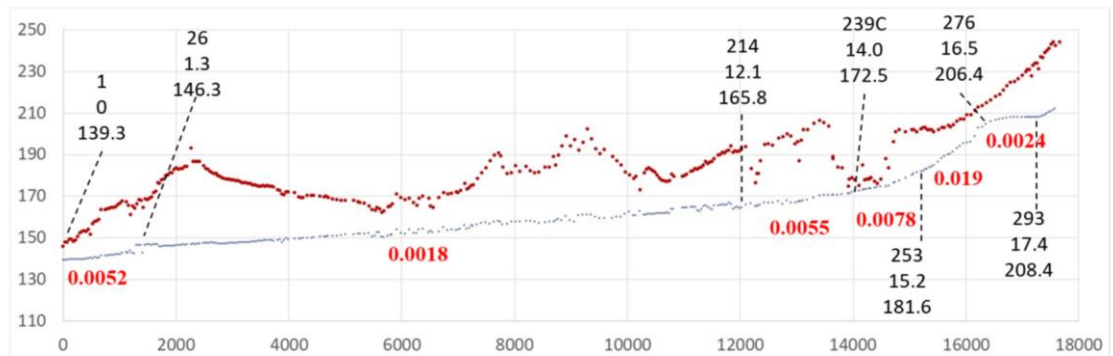


Γεννάδειος Βιβλιοθήκη

Πηγές: Τσιούρη (2018)
Δευτεραίος και Μαμάσης (2019)



Δεξαμενή Κολωνάκι

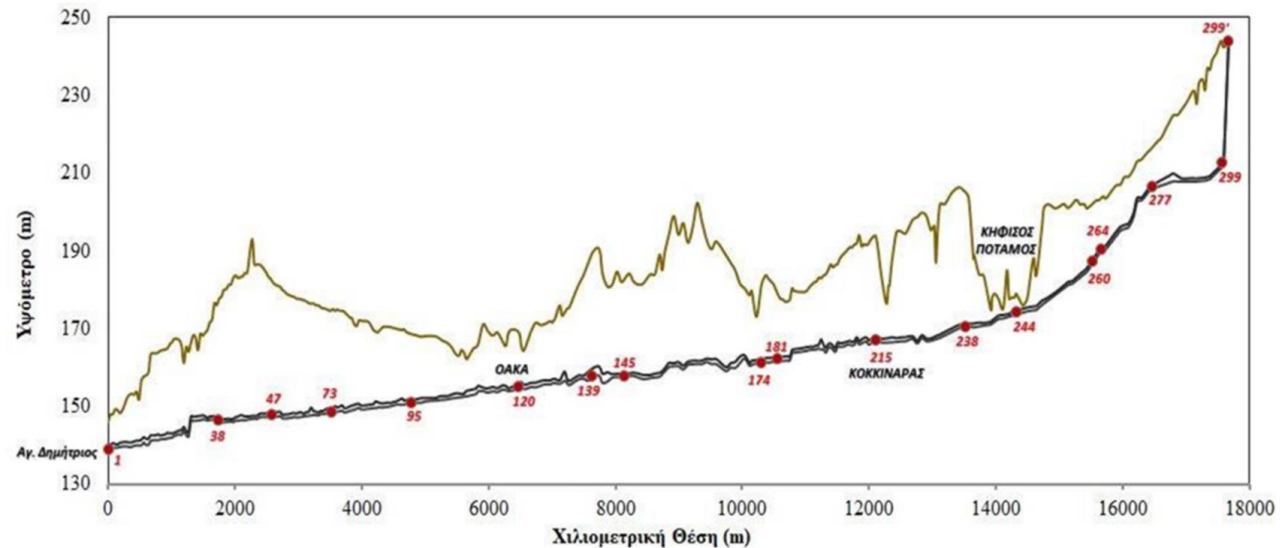




<http://www.romanaqueducts.info/aquasite/index.html>

Πόσο ρωμαϊκό είναι το Αδριάνειο Υδραγωγείο; (Nîmes 3 Pont du Gard vs. Αδριάνειο Αθήνας)

- Γιατί η διάβαση του Κηφισού κατασκευάστηκε υπόγεια;
- Αρνητικά και θετικά χαρακτηριστικά;



Αδριάνειο & Πεισιστράτειο: Ομοιότητες & διαφορές

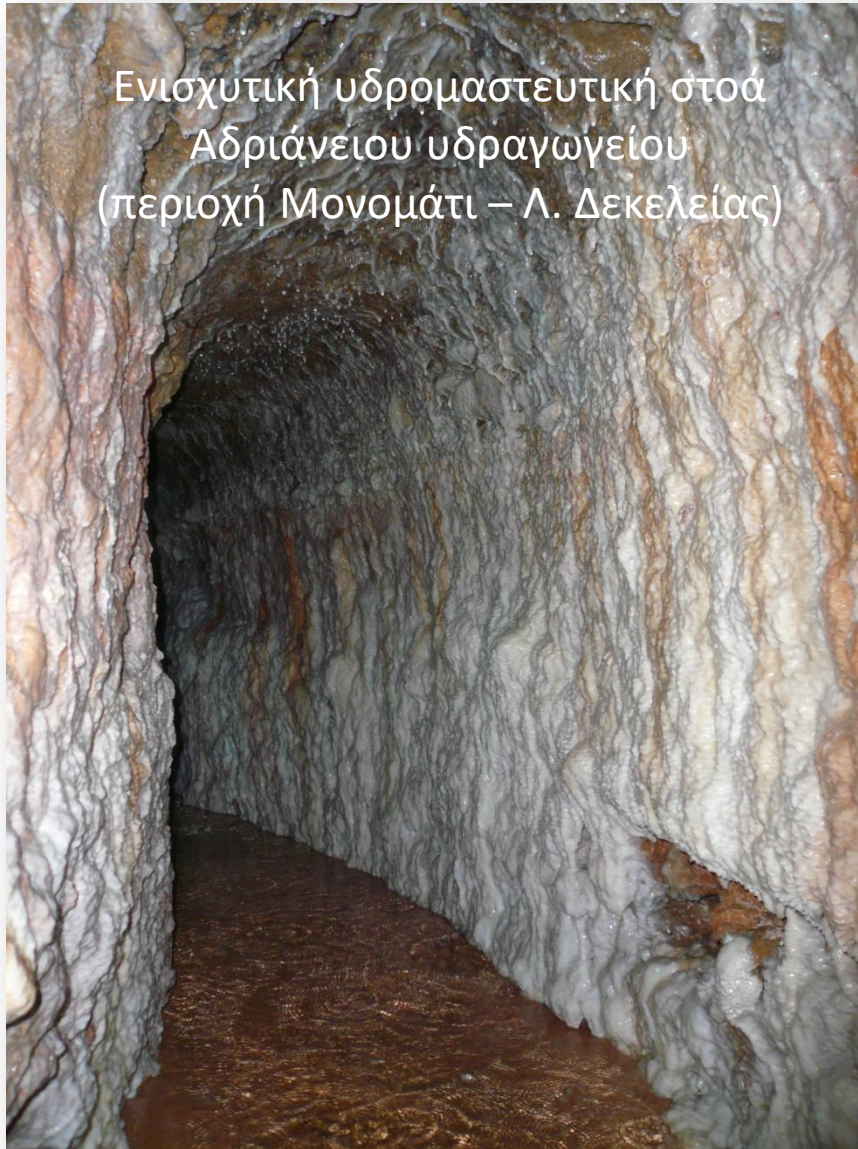
ΑΔΡΙΑΝΕΙΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ

- κατασκευή: 2ος αι. μ.Χ.
- μήκος: 20 km (κύριο υπόγειο τμήμα)
- τροφοδοσία από πηγές Πάρνηθας
- μέγιστο βάθος: 41 m
- υδρομαστευτική σήραγγα
- ενισχυτικοί κλάδοι, κλάδοι εξαγωγής
- μακροχρόνια ανθεκτικότητα
- κατάληξη σε δεξαμενή
- άγνωστο δίκτυο διανομής
- ύδρευση Αθήνας 1875-1975
- αντικατάσταση καταληκτικού τμήματος με σωλήνα (1925)

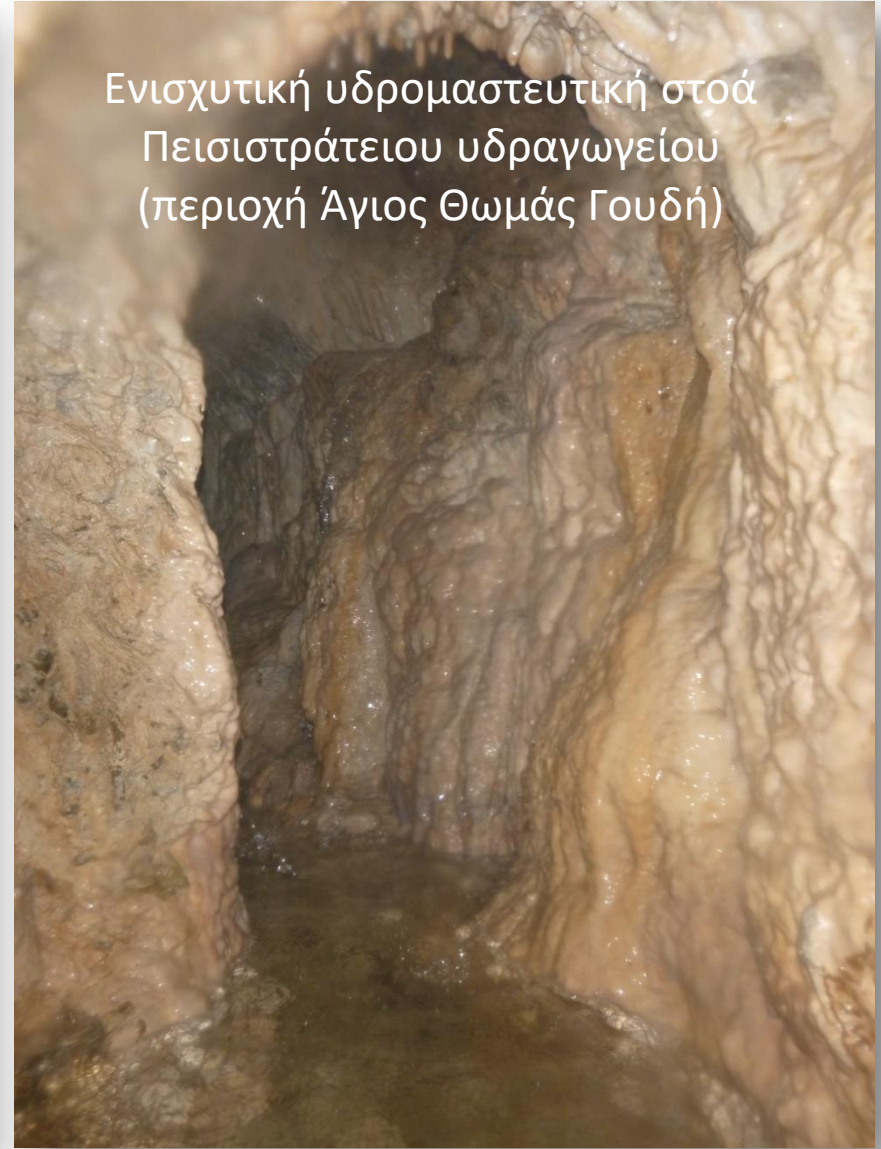
ΠΕΙΣΙΣΤΡΑΤΕΙΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ

- κατασκευή: 6ος-5ος αι. π.Χ.
- μήκος: 10 km (με το καταληκτικό τμήμα)
- τροφοδοσία από πηγές Υμηττού
- μέγιστο βάθος: 14 m
- υδρομαστευτική σήραγγα
- ενισχυτικοί κλάδοι, κλάδοι εξαγωγής
- μακροχρόνια ανθεκτικότητα
- κατάληξη σε κρήνες
- γνωστό δίκτυο διανομής
- άρδευση Εθν. Κήπου 1875-σήμερα
- αντικατάσταση καταληκτικού τμήματος με σωλήνα (1920)

Αδριάνειο & Πεισιστράτειο: Ομοιότητες



Ενισχυτική υδρομαστευτική στοά
Αδριάνειου υδραγωγείου
(περιοχή Μονομάτι – Λ. Δεκελείας)



Ενισχυτική υδρομαστευτική στοά
Πεισιστράτειου υδραγωγείου
(περιοχή Άγιος Θωμάς Γουδή)

Αδριάνειο & Πεισιστράτειο: Ομοιότητες (2)



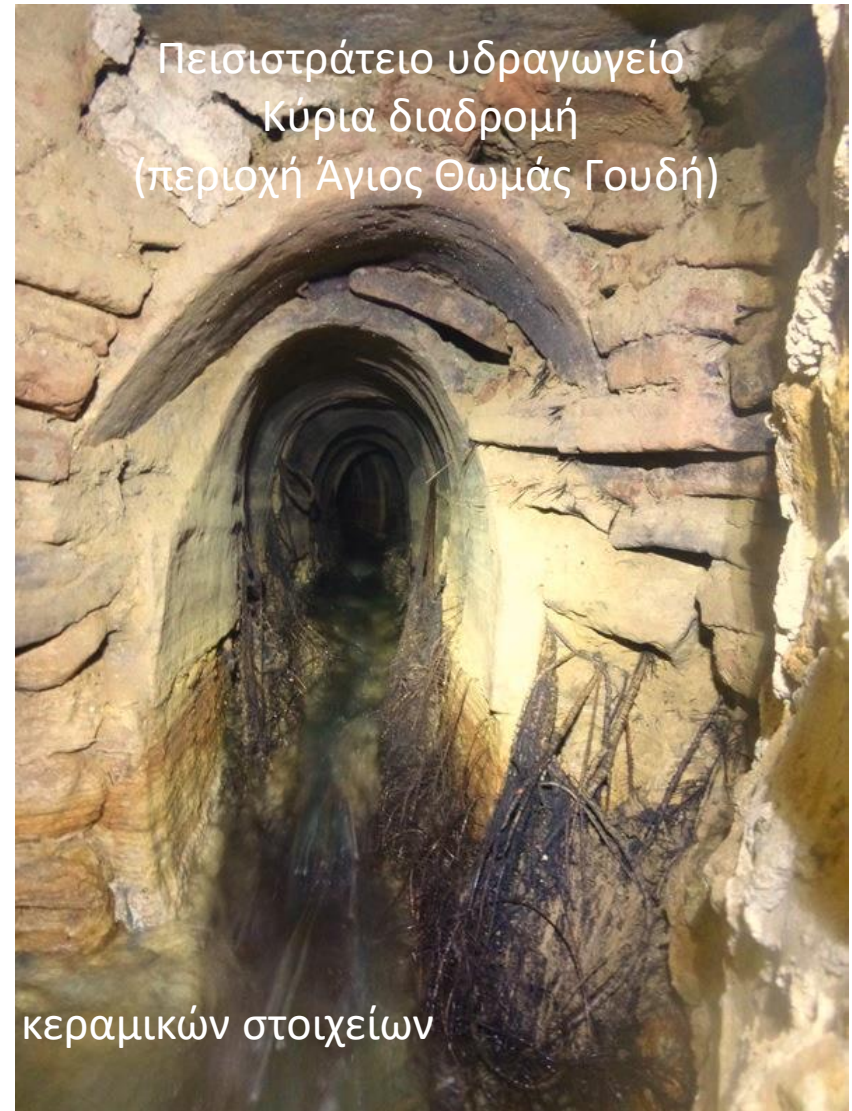
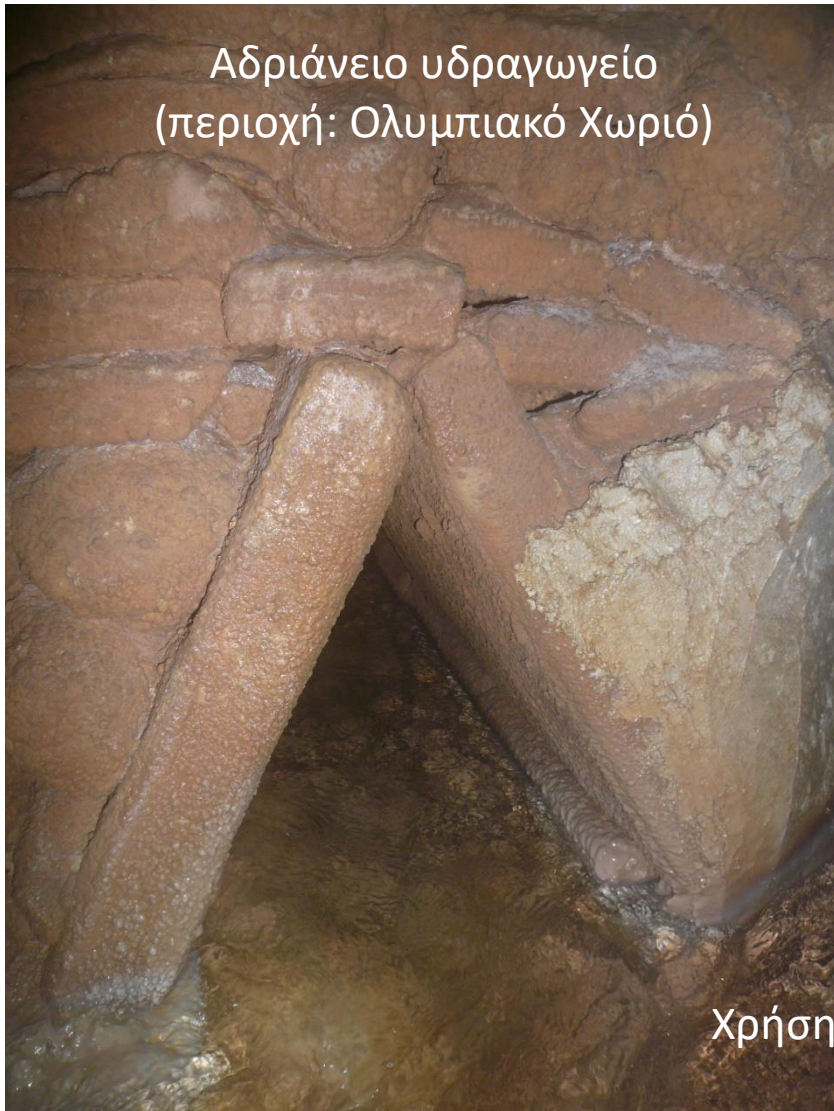
Φρέαρ Αδριάνειου υδραγωγείου
(περιοχή Ολυμπιακού Σταδίου)

Όρυξη υπόγειας σήραγγας με
διαδοχικά φρέατα.
Ίδια τεχνολογία τον 6^ο π.Χ. & τον
2^ο μ.Χ. αιώνα.



Φρέαρ Πεισιστράτειου υδραγωγείου
(περιοχή Άγιος Θωμάς Γουδή)

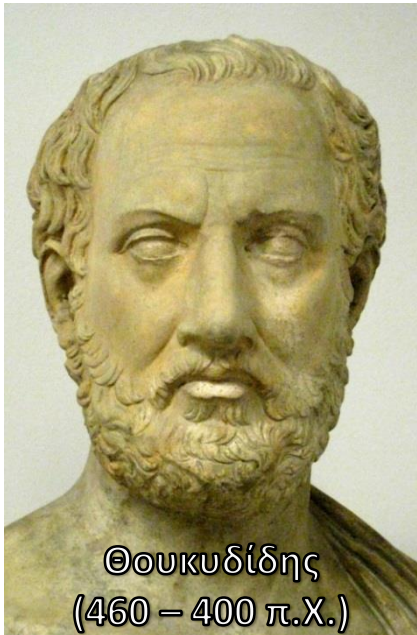
Αδριάνειο & Πεισιστράτειο: Ομοιότητες (3)



Η άγogne και άνυδρη Αθήνα γεννά πρόοδο

«**μάλιστα δὲ τῆς γῆς ἡ ἀρίστη αἰεὶ τὰς μεταβολὰς τῶν οἰκητόρων εἶχεν**, ἢ τε νῦν Θεσσαλία καλουμένη καὶ Βοιωτία Πελοποννήσου τε τὰ πολλὰ πλὴν Ἀρκαδίας, τῆς τε ἄλλης ὅσα ἦν κράτιστα. **διὰ γὰρ ἀρετὴν γῆς αἱ τε δυνάμεις τισὶ μείζους ἐγγιγνόμεναι στάσεις ἐνεποιοῦν ἐξ ὧν ἐφθείροντο, καὶ ἅμα ὑπὸ ἄλλοφύλων μᾶλλον ἐπεβουλεύοντο. τὴν γοῦν Ἀττικὴν ἐκ τοῦ ἐπὶ πλεῖστον διὰ τὸ λεπτόγεων ἀστασίαστον οὖσαν ἄνθρωποι ὥκουν οἱ αὐτοὶ αἰεὶ.** καὶ παράδειγμα τόδε τοῦ λόγου οὐκ ἐλάχιστόν ἐστι διὰ τὰς μετοικίας ἐς τὰ ἄλλα μὴ ὁμοίως αὐξηθῆναι: ἐκ γὰρ τῆς ἄλλης Ἑλλάδος οἱ πολέμῳ ἢ στάσει ἐκπίπτοντες παρ' Ἀθηναίους οἱ δυνατώτατοι ὡς βέβαιον ὄν ἀνεχώρουν, καὶ πολῖται γιγνόμενοι εὐθύς ἀπὸ παλαιοῦ μείζω ἔτι ἐποίησαν πλήθει ἀνθρώπων τὴν πόλιν, ὥστε καὶ ἐς Ἰωνίαν ὕστερον ὡς οὐχ ἱκανῆς οὔσης τῆς Ἀττικῆς ἀποικίας ἐξέπεμψαν.» (Θουκυδίδου Ἱστορίαι , 1.2.3-6)

«**Στα ευφορότερα, κυρίως, μέρη οι μετοικήσεις ἦσαν συχνές**, ὅπως στην σήμερα ονομαζόμενη Θεσσαλία, στην Βοιωτία, στις περισσότερες περιοχές της Πελοποννήσου, εκτός ἀπὸ την Ἀρκαδία, και στα καλύτερα μέρη της υπόλοιπης χώρας. Σ' ὅλα τα μέρη αὐτά, **η ευφορία της γης δημιουργοῦσε τάξη πλουσίων και τούτο προκαλοῦσε καταστρεπτικές επαναστάσεις.** Ἀλλά και τα μέρη αὐτά ἦσαν περισσότερο εκτεθειμένα σ' ἐξωτερικές επιδρομές. **Οπωσδήποτε, ὁμως, η Ἀττική, επειδὴ ἦταν λεπτόγειος, δεν γνώρισε επαναστάσεις και γι' αὐτό την κατοικοῦσαν ἀπὸ πάντα οἱ ἴδιοι ἄνθρωποι.** Ἀπόδειξη ὅτι ἐξαιτίας των μεταναστεύσεων δεν αὐξήθηκε ο πληθυσμός στα ἄλλα μέρη της Ἑλλάδος εἶναι και τούτο: ὅσοι ἀπὸ τους πλούσιους ἀναγκάζονταν ἐξαιτίας πολέμου ἢ επανάστασης να φύγουν ἀπὸ κάποιο μέρος της Ἑλλάδας ἀναζητοῦσαν καταφύγιο στην ἀσφαλὴ Ἀθήνα, γίνονταν Ἀθηναῖοι πολίτες και ἔτσι, ἀπὸ τους παλαιότερους χρόνους, η Ἀθήνα ἐγινε πολυάνθρωπη πολιτεία, σε τέτοιο μάλιστα βαθμό, ὥστε να ιδρύσουν οἱ Ἀθηναῖοι ἀποικίες στην Ἰωνία, ὅταν πια δεν τους χωροῦσε η Ἀττική.» (Μετάφραση Ἀγγελοῦ Σ. Βλάχου)

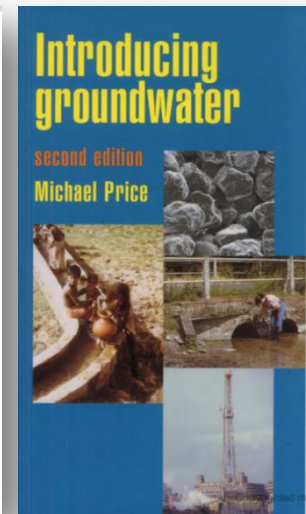


Θουκυδίδης
(460 – 400 π.Χ.)

Αν στην αρχαία Αθήνα αναπτύχθηκε τεχνολογία, τι συνέβη με τη φυσική επιστήμη;

Ενδιαφέρον απόσπασμα από τον Price (1989):

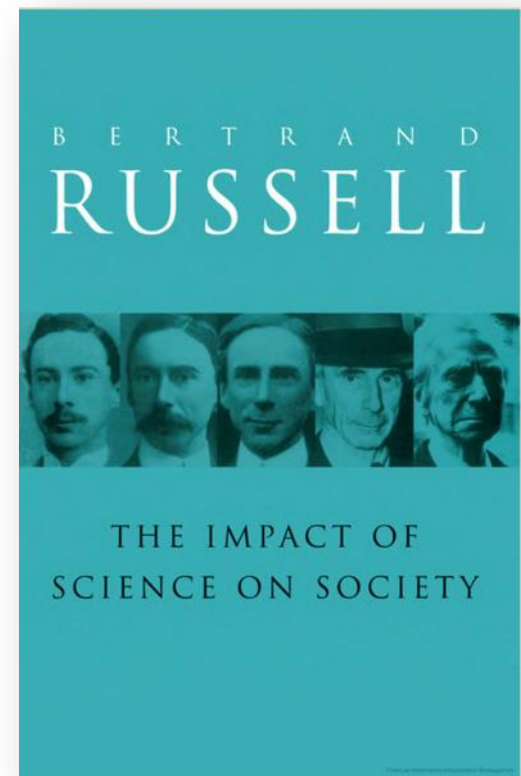
*“Today, our version of the **hydrological cycle** seems so logical and obvious that it is **difficult to believe that it did not gain widespread acceptance until the 17th century**. This was caused in large part by the **tendency of the philosophers of Ancient Greece to distrust observations** and by the tendency of later philosophers to accept the opinions of the Greeks almost without question. **Plato advocated the search for truth by reasoning. He and his followers appear to have attached little importance to observations and measurements**. Thus **Aristotle, Plato's most famous pupil, was reportedly able to teach that men have more teeth than women, when simple observation would have dispelled this idea**. From a hydrological viewpoint, however, he had a more serious misconception – he believed that rainfall alone was inadequate to sustain the flow of rivers.”*



Ποιος επηρέασε τους σύγχρονους επιστήμονες ώστε να έχουν αυτή την ιδέα για την αρχαιοελληνική επιστήμη;

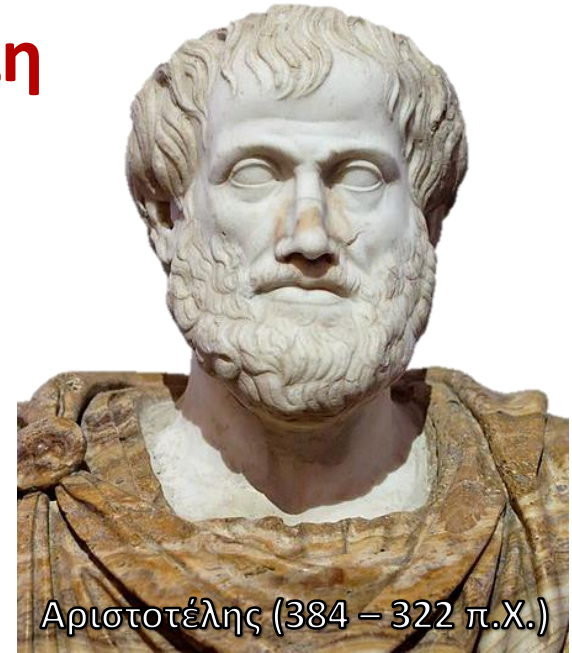
*“**Observation versus Authority:** To modern educated people, it seems obvious that matters of fact are to be ascertained by observation, not by consulting ancient authorities. But this is an entirely modern conception, which hardly existed before the seventeenth century.*

Aristotle maintained that women have fewer teeth than men; although he was twice married, it never occurred to him to verify this statement by examining his wives' mouths”
(Russell, 1952).



Το αυθεντικό κείμενο του Αριστοτέλη

«Ἐχουσι δὲ πλείους οἱ ἄρρενες τῶν θηλειῶν ὀδόντας καὶ ἐν ἀνθρώποις καὶ ἐπὶ προβάτων καὶ αἰγῶν καὶ ὑῶν· **ἐπὶ δὲ τῶν ἄλλων οὐ τεθεώρηται πω.** [...] Φύονται δ' οἱ τελευταῖοι τοῖς ἀνθρώποις γόμφιοι, οὓς καλοῦσι κραντῆρας, περὶ τὰ εἴκοσιν ἔτη καὶ ἀνδράσι καὶ γυναιξίν. Ἦδη δέ τισι γυναιξὶ καὶ ὀγδοήκοντα ἐτῶν οὔσαις ἔφυσαν γόμφιοι ἐν τοῖς ἐσχάτοις» (Ἀριστοτέλους Περί ζώων ιστορίας, Β).



«Τα αρσενικά έχουν περισσότερα δόντια από τα θηλυκά στην περίπτωση των ανθρώπων, των προβάτων, των αιγών και των χοίρων· **στην περίπτωση άλλων ζώων δεν έχουν γίνει ακόμη παρατηρήσεις** [...] Τα τελευταία δόντια που φύονται στον άνθρωπο είναι οι γομφίοι που λέγονται 'κραντήρες', σε ηλικία περίπου είκοσι ετών, στην περίπτωση ανδρών και γυναικών. Είναι γνωστές περιπτώσεις γυναικών ηλικίας και ογδόντα ετών, που έχουν βγάλει τους κραντήρες κοντά στο τέλος της ζωής τους». (Μετάφραση ΔΚ)

Μερικές ερωτήσεις σε πλαίσιο μοντέρνας επιστήμης

- Τι σημαίνει παρατήρηση; Σημαίνει για παράδειγμα:
 - ❑ Πληροφορίες από αυθεντίες (π.χ. καθηγητές) και βιβλία;
 - ❑ Πληροφορίες από την τηλεόραση, το διαδίκτυο και τα κοινωνικά δίκτυα;
 - ❑ Αποτελέσματα υπολογιστικών μοντέλων (π.χ. για το κλίμα του έτους 3000 μ.Χ.);
- Ο αριθμός των δοντιών:
 - ❑ Είναι σταθερός για όλα τα άτομα; (και ανεξάρτητος από το φύλο;)
 - ❑ Ποικίλλει μεταξύ των ατόμων;
 - ❑ Ποικίλλει μεταξύ των ατόμων και επίσης διαφέρει στο χρόνο για κάθε άτομο; (όπως σε μια στοχαστική εξέλιξη;)
- Πώς ο Russell ήξερε αν ο Αριστοτέλης εξέτασε τα δόντια των δύο συζύγων του;
- Ο ίδιος ο Russell εξέτασε τα δόντια των δικών του τεσσάρων συζύγων;

Τι αποκαλύπτουν τα σύγχρονα στατιστικά δεδομένα;

Table 46. Mean number of permanent teeth among dentate adults 20–64 years of age, by selected characteristics: United States, National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1994 and 1999–2004

Characteristic	1988–1994		1999–2004	
	Mean	Standard error	Mean	Standard error
Age				
20–34 years.	26.44	0.07	26.90	0.05
35–49 years.	24.14	0.16	25.05	0.11
50–64 years.	20.39	0.22	22.30	0.22
Sex				
Male	24.10	0.11	25.06	0.13
Female.	23.86	0.14	24.90	0.08
Race and ethnicity				
White, non-Hispanic.	24.28	0.14	25.23	0.13
Black, non-Hispanic	22.03	0.14	23.68	0.13
Mexican American	24.81	0.09	25.32	0.08

Επίσημα στατιστικά δεδομένα των ΗΠΑ: Dye et al. (2007)

Πρώτος και δεύτερος λόγος για τη διαφοροποίηση

(1) Ο αριθμός των δοντιών μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας και το προσδόκιμο ζωής των γυναικών είναι μεγαλύτερο κατά μερικά χρόνια απ' των ανδρών.

(2) Τα δόντια των γυναικών είναι πιο ευαίσθητα απ' των ανδρών.

Επίσημα στατιστικά δεδομένα των ΗΠΑ: Harvey (1981).

Ο Πίνακας δίνει τον μέσο αριθμό χαλασμένων δοντιών (DMF—D: decayed, M: missing, F: filled F) ανά άτομο ηλικίας 35-74 κατά φύλο και ηλικία για τις ΗΠΑ (1960-62 και 1971-74).

Sex and age	DMF teeth	
	1960-62	1971-74
Both sexes, 35-74 years	19.1	20.2
Men		
35-74 years	18.5	19.5
35-44 years	17.2	18.4
45-54 years	18.0	19.2
55-64 years	20.4	20.7
65-74 years	22.3	21.8
Women		
35-74 years	19.7	20.8
35-44 years	18.8	20.0
45-54 years	19.6	20.5
55-64 years	21.9	21.5
65-74 years	22.8	22.5

Τρίτος και τέταρτος λόγος για τη διαφοροποίηση

(3) “**Sex Disparities**. Table 2 represents the distribution and prevalence of third molar **agenesis** [συγγενής έλλειψη ενός ή περισσότερων δοντιών] according to sex. Frequency of third molar agenesis was higher in females than males” (Sujon et al., 2016).

Table 2. The frequency of agenesis according to sex.

Sex	n	Agenesis	Prevalence	χ^2	p value
Male	2136	785	36.8%	5.02	.025*
Female	2092	839	40.1%		

* p value <0.05 is significant

doi:10.1371/journal.pone.0162070.t002

(4) “**Hyperdontia** [αυξημένος αριθμός δοντιών σε σχέση με τον κανονικό οδοντικό τύπο] is more common in males, and the degree of sex difference is greater in blacks” & “The number of extra teeth per person ranged from 1 to 8” (Harris and Clark, 2008).

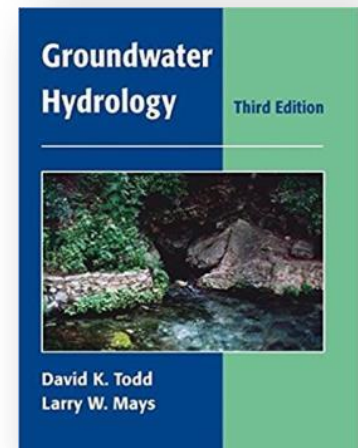
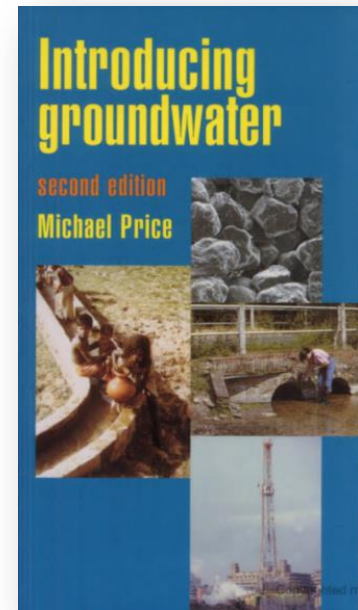
Η κυρίαρχη σημερινή άποψη για την αρχαία υδρολογική επιστήμη

Άλλο ενδιαφέρον απόσπασμα από τον Price (1989):

*“The first person to make a forthright and unequivocal statement that rivers and springs originate entirely from rainfall appears to have been a Frenchman called Bernard Palissy, who put forward this proposition in 1580. Despite this, in the early 17th century many workers were still in essence **following the Greeks in believing that sea water was drawn into vast caverns in the interior of the Earth, and raised up to the level of the mountains by fanciful processes** usually involving evaporation and condensation. The water was then released through crevices in the rocks to flow into the rivers and so back to the sea.”*

Ένα παρόμοιο απόσπασμα από τους Todd & Mays (2005)

*“As late as the seventeenth century it was generally assumed that **water emerging from springs could not be derived from rainfall, for it was believed that the quantity was inadequate** and the earth too impervious to permit penetration of rainwater far below the surface. Thus, early Greek philosophers such as Homer, Thales, and Plato hypothesized that springs were formed by seawater conducted through subterranean channels below the mountains, then purified and raised to the surface. Aristotle suggested that air enters cold dark caverns under the mountains where it condenses into water and contributes to springs.”*

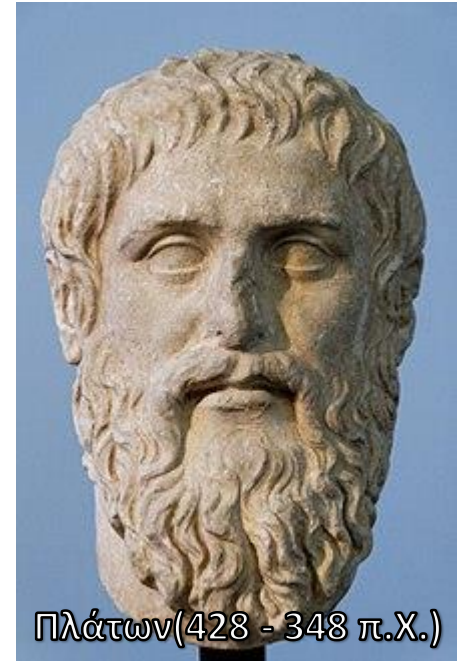


Ο ένοχος: Πλάτων (στον Φαίδωνα)

[Σωκράτης:] «[...] τοῦτο [το χάσμα] ὅπερ Ὅμηρος εἶπε, λέγων αὐτό 'τῆλε μάλ', ἧχι βάθιστον ὑπὸ χθονός ἐστι βέρεθρον' ὃ καὶ ἄλλοθι καὶ ἐκεῖνος καὶ ἄλλοι πολλοὶ τῶν ποιητῶν Τάρταρον κεκλήκασιν. εἰς γὰρ τοῦτο τὸ χάσμα συρρέουσιν τε πάντες οἱ ποταμοὶ καὶ ἐκ τούτου πάλιν ἐκρέουσιν: γίνονται δὲ ἕκαστοι τοιοῦτοι δι' οἷας ἂν καὶ τῆς γῆς ῥέωσιν. [...] ὅταν τε οὖν ὑποχωρήσῃ τὸ ὕδωρ εἰς τὸν τόπον τὸν δὴ κάτω καλούμενον, τοῖς κατ' ἐκεῖνα τὰ ῥεύματα διὰ τῆς γῆς εἰσρεῖ τε καὶ πληροῖ αὐτὰ ὥσπερ οἱ ἐπαντλοῦντες: ὅταν τε αὖ ἐκεῖθεν μὲν ἀπολίπη, δεῦρο δὲ ὀρμήσῃ, τὰ ἐνθάδε πληροῖ αὖθις» (Φαίδων, 14.112α).

[Σωκράτης:] «σ' αὐτό [το χάσμα] αναφέρεται ὁ Ὅμηρος ὅταν λέει 'πολύ μακριὰ ὑπάρχει ἡ βαθύτερη ἄβυσσος κάτω ἀπὸ τῆ γῆ' καὶ που σε ἄλλα σημεία αὐτός, καθὼς καὶ ἄλλοι ποιητές, ὀνομάζουσι Τάρταρον. Γιατί ὅλοι οἱ ποταμοὶ συρρέουσι ἐν αὐτῷ τῷ χάσματι καὶ ξεπηδοῦν καὶ πάλιν ἀπὸ αὐτοῦ, καὶ ὁ καθένας ἔχει τὴ φύσιν τοῦ τόπου ἐν ᾧ κυλά. [...] Καὶ ὅταν τὸ νερὸ ἀποτραβιέται ἐκ τοῦ κόσμου ἐν ᾧ ἐμεῖς ἀποκαλούμε 'κάτω', ῥεεῖ ἐκεῖ ἐν τοῖς ποταμοῖς καὶ τοὺς γεμίζει, ὡς νὰ ἀντλεῖται' καὶ ὅταν ἀφήνῃ ἐκεῖνη τὴν περιοχὴν καὶ γυρίζει ἐν τῇ δικῇ μας μερίδι, γεμίζει τοὺς ἐδῶ ποταμούς.» (Μετάφραση ΔΚ)

Αὕτη ἡ θεώρηση υιοθετήθηκε ἀπὸ πολλοὺς διαχρονικά, ἀπὸ τὸν **Σενέκα** (~4 π.Χ. – 65 μ.Χ.) μέχρι τὸν **Καρτέσιο** (1596-1650), ἀλλὰ εἶναι μιὰ ποιητικὴ μεταφορά (ἐξ οὗ καὶ ἡ ἀναφορὰ ἐν τῷ Ὅμηρῳ). Τὸ νόημα εἶναι συμβολικόν καθὼς τὸ φιλοσοφικόν ἀντικείμενον ποὺ ἀναλύεται ἐν τῷ Φαίδωνι εἶναι ἡ **αθανασία τῆς ψυχῆς**. Δὲν ἐκφράζει τὰς ἰδέας τοῦ Πλάτωνος γιὰ τὰς φυσικὰς διεργασίας.



Πλάτων (428 - 348 π.Χ.)

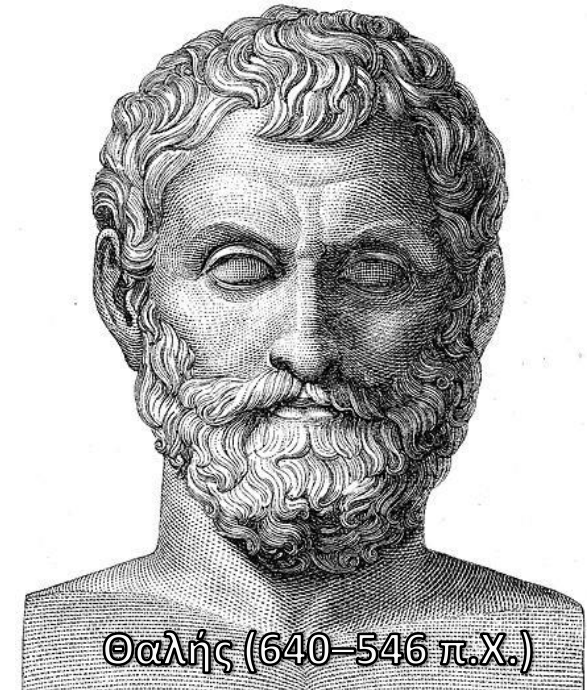
Συνεπής θεώρηση του υδρολογικού κύκλου από τον Πλάτωνα (στον Κριτία)

«τότε δὲ ἀκέραιος οὕσα τὰ τε ὄρη γηλόφους ὑψηλοὺς εἶχε, καὶ τὰ φελλέως νῦν ὀνομασθέντα πεδία πλήρη γῆς πιείρας ἐκέκτητο, καὶ πολλὴν ἐν τοῖς ὄρεσιν ὕλην εἶχεν, ἥς καὶ νῦν ἔτι φανερά τεκμήρια: [...] χρόνος δ' οὐ πάμπολυς ὅτε δένδρων αὐτόθεν εἰς οἰκοδομήσεις τὰς μεγίστας ἐρεψίμων τμηθέντων στεγάσματ' ἐστὶν ἔτι σᾶ. [...] καὶ δὴ καὶ τὸ κατ' **ἐνιαυτὸν ὕδωρ** ἐκαρποῦτ' ἐκ Διός, οὐχ ὥς νῦν ἀπολλῦσα ῥέον ἀπὸ ψιλῆς τῆς γῆς εἰς θάλατταν, ἀλλὰ πολλὴν ἔχουσα καὶ εἰς αὐτὴν καταδεχομένη, τῇ κεραμίδι στεγούσῃ γῇ **διαταμιευομένη**, τὸ **καταποθὲν ἐκ τῶν ὑψηλῶν ὕδωρ εἰς τὰ κοῖλα ἀφιεῖσα κατὰ πάντας τοὺς τόπους παρείχετο ἄφθονα κρηνῶν καὶ ποταμῶν νάματα**, ὧν καὶ νῦν ἔτι ἐπὶ ταῖς πηγαῖς πρότερον οὕσαις ἱερὰ λειμιμμένα ἐστὶν σημεῖα ὅτι περὶ αὐτῆς ἀληθῆ λέγεται τὰ νῦν.» (Πλάτων, Κριτίας, 111c,d).

«Στον παλιό όμως καιρό επειδή ο τόπος μας δεν είχε χάσει τα χώματα του αντί για ξεροβούνια είχε αψηλούς λόφους γιομάτους χώμα. Και αυτός ο πετρότοπος που σήμερα τότε λένε φελλέα, τότε ήταν γεμάτος από παχιά χώματα και τα βουνά ήταν γεμάτα από πολλά δάση, από τα όποια και σήμερα υπάρχουν φανερά σημάδια. [...] δεν είναι δε και πολύς καιρός πού κόπηκεν απ' εκεί ξυλεία για μεγάλες οικοδομές, πού και στα χρόνια μας ακόμα σώζονται οι (ξύλινες) σκεπές τους [...] Κι ακόμα το **νερό πού έπεφτε κάθε χρόνο**, χάρη στο Δία, το εμάζεψε και δεν πήγαινε χαμένο, καθώς γίνεται τώρα πού τρέχει πάνω στην αχώματη γη και πάει (όλο) στη θάλασσα. Με το να είχε πολλά χώματα τότε η γη, το **νερό μαζεύονταν στο υπέδαφος και αποθηκεύονταν εκεί**, μέσο [sic] της λάσπης που σκέπαζε τη γη. Έτσι το **νερό (της βροχής) το έπινε η γη γιατί το άφηνε να τρέχη από τα ψηλώματα, (στα χαμηλά μέρη) και να μαζεύεται στους λάκκους. Και σ' όλα τα μέρη υπήρχαν πολλά και τρεχούμενα βρυσικά και ποταμίσια νερά**, από τα όποια έχουν απομείνει ακόμη, εκεί πού ήταν πριν οι βρύσες, ιερά-σημάδια, για ν' αποδείχνουν πώς όσα λέγονται τώρα γι' αυτήν (την Αττική) είναι αληθινά.» (Μετάφραση Γιάννη Κορδάτου)

Η γέννηση της επιστήμης στην Ιωνία και η υδρολογία

- Ο Θαλής ο Μιλήσιος, ένας απ' τους Επτά Σοφούς, θεωρείται ο **πατέρας της φυσικής φιλοσοφίας και της επιστήμης**. Η συμβολή του εκτείνεται:
 - στα μαθηματικά (γεωμετρία),
 - στην αστρονομία (πρόβλεψε την έκλειψη ηλίου στις 28 Μαΐου 585 π.Χ.),
 - στη γεωφυσική και ειδικότερα την υδρολογία (τοποθέτησε ως επιστημονικό πρόβλημα το λεγόμενο **παράδοξο του Νείλου**),
 - στην υδραυλική τεχνολογία (εξέτρεψε τον ποταμό Άλυ για στρατιωτικούς σκοπούς).
- Ο διάδοχός του Αναξίμανδρος ήταν ο πρώτος που τόλμησε να γράψει βιβλίο «Περί Φύσεως» και να απορρίψει τις μυθολογικές ερμηνείες των φυσικών φαινομένων. Συνέβαλε στην κατανόηση της σχέσης βροχής και εξάτμισης.
- Ο Αναξιμένης επινόησε λογικές εξηγήσεις για τον σχηματισμό των ανέμων, των νεφών, της βροχής και του χαλαζιού.
- Ο Ξενοφάνης συνέλαβε και εξέφρασε την έννοια του **υδρολογικού κύκλου** και τον ρόλο που διαδραματίζει η θάλασσα σ' αυτόν.



Ο Αναξαγόρας φέρνει την επιστήμη στην Αθήνα

Ο Αναξαγόρας ο Κλαζομένιος έζησε και δίδαξε στην Αθήνα για ~30 χρόνια και μεταφύτευσε τις ιδέες των Ιώνων φιλοσόφων στους Αθηναίους.

Μεταξύ των μαθητών του ήταν ο Περικλής, ο Ευριπίδης, ο Σοφοκλής και ο Ηρόδοτος.

Η φιλοσοφία του βασίζεται στην αρχή **«έν παντί παντός μοῖρα ἔνεστι»** (σε **καθετί ενυπάρχει μέρος από καθετί**).



Ο Αναξαγόρας (510 – ~428 π.Χ.) πάνω σε σφαίρα – από νόμισμα των Κλαζομενών, (<http://www.ancientcoinage.org/poets-philosophers-astronomers-etc.html>)

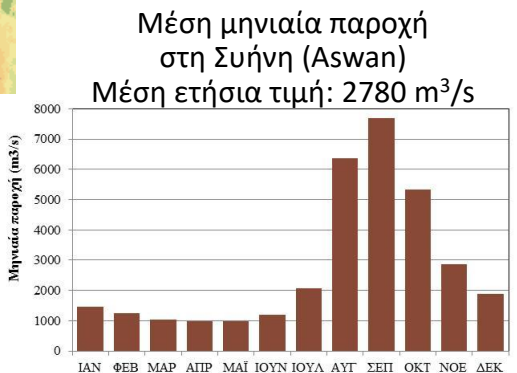
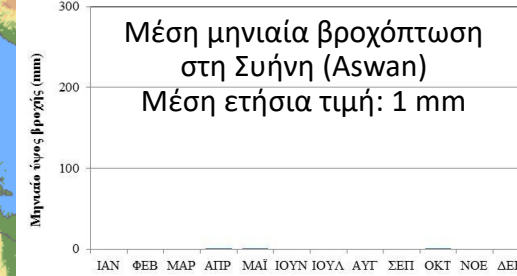
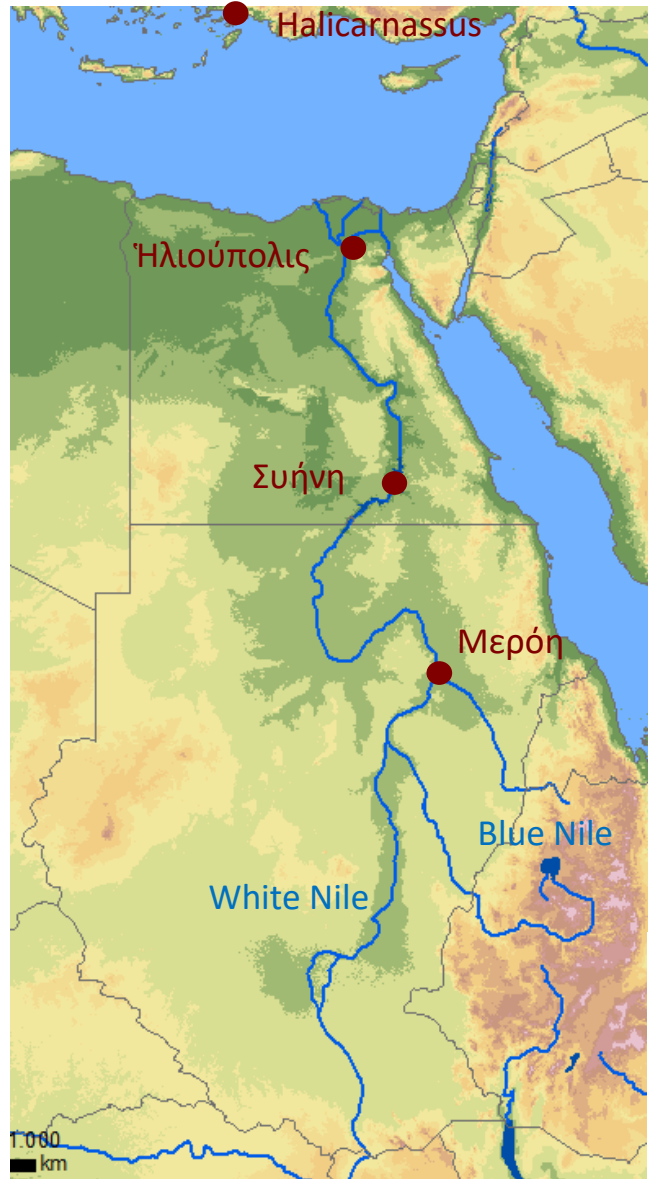
Τον Ήλιο τον θεωρεί διάπυρο λίθο, τα άστρα όμοια με τον Ήλιο, τη Σελήνη ετερόφωτη, ενώ πρότεινε ορθή εξήγηση για τις εκλείψεις. Παρά την κύρια ενασχόλησή του με την αστρονομία, συνέβαλε και στην υδρολογία:

«τοὺς δὲ ποταμοὺς καὶ ἀπὸ τῶν ὄμβρων λαμβάνειν τὴν ὑπόστασιν καὶ ἐξ ὑδάτων τῶν ἐν τῇ γῇ· εἶναι γὰρ αὐτὴν κοίλην καὶ ἔχειν ὕδωρ ἐν τοῖς κοιλώμασιν» (Ιππόλυτος, Φιλοσοφούμενα ἢ Κατὰ Πασῶν Αἰρέσεων Ἐλεγχος, I, 7).

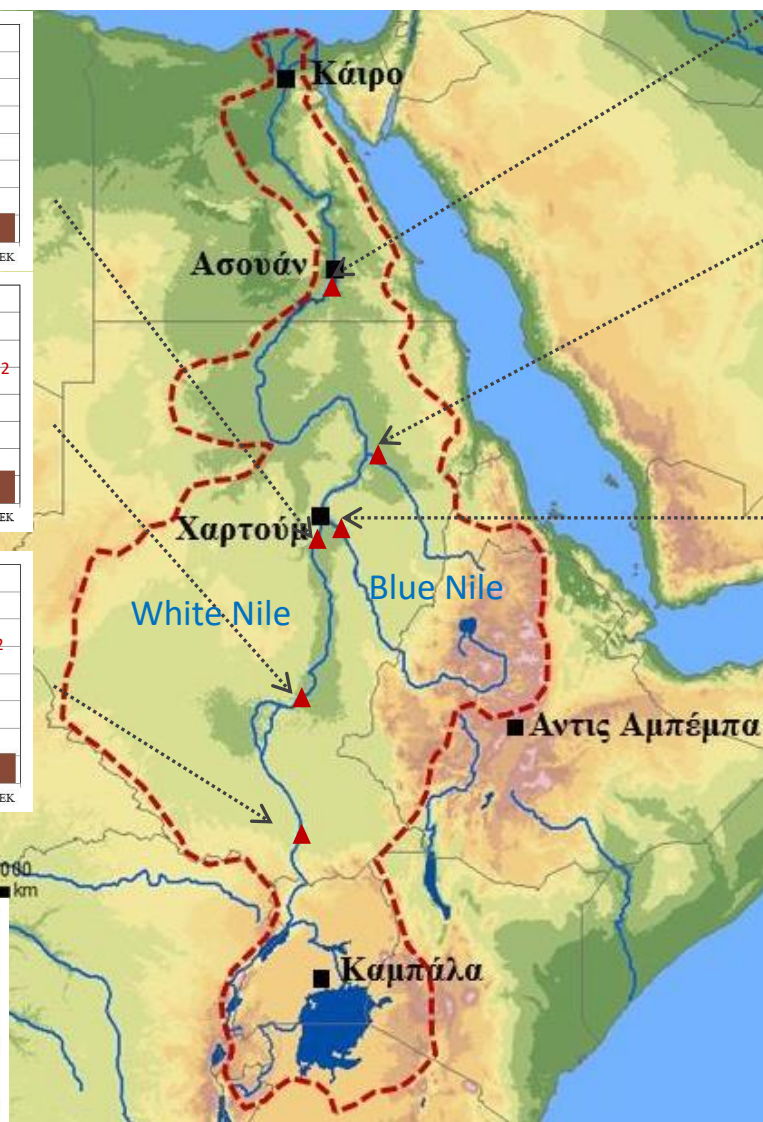
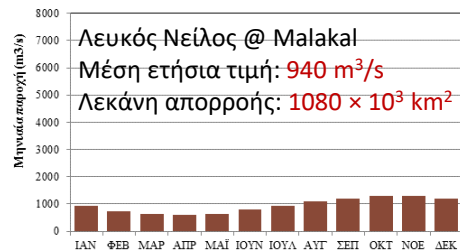
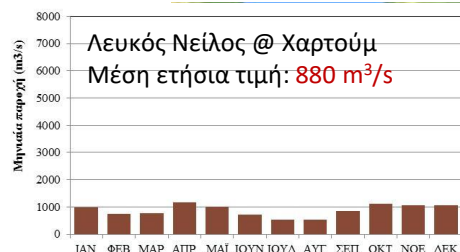
«Οἱ ποταμοὶ λαμβάνουν τὴν ὑπόστασὶς τους ἀπὸ τὶς βροχὲς καὶ ἀπὸ τὰ νερά τῆς γῆς· γιατί ἡ γῆ εἶναι κοίλη καὶ ἔχει νερό στις κοιλότητες.» (Μετάφραση ΔΚ)

Το παράδοξο του Νείλου

Το πρώτο στην ιστορία πρόβλημα γεωφυσικής (ειδικότερα υδρολογίας) αφορά την αιτία των πλημμυρών του Νείλου. Τίθεται απ' τον Θαλή και αναφέρεται απ' τον Ηρόδοτο. Η αντιπαράθεση για την πραγματική αιτία κράτησε τρεις αιώνες (Burstein, 1976). Το αίνιγμα ήταν το διαφορετικό υδρολογικό καθεστώς σε σύγκριση με άλλους ποταμούς της Μεσογείου: οι πλημμύρες του Νείλου συμβαίνουν το καλοκαίρι.



Το (μη) παράδοξο του Νείλου σε σύγχρονους όρους



Τοποθέτηση του προβλήματος απ' τον Ηρόδοτο

«τοῦ ποταμοῦ δὲ φύσις περί οὔτε τι τῶν ἱρέων οὔτε ἄλλου οὔδενός παραλαβεῖν ἐδυνάσθην. πρόθυμος δὲ ἔα τάδε παρ' αὐτῶν πυθέσθαι, ὃ τι κατέρχεται μὲν ὁ Νεῖλος πληθύνων ἀπὸ τροπέων τῶν θερινέων ἀρξάμενος ἐπὶ ἑκατὸν ἡμέρας, πελάσας δὲ ἐς τὸν ἀριθμὸν τουτέων τῶν ἡμερέων ὀπίσω ἀπέρχεται ἀπολείπων τὸ ῥέεθρον, ὥστε βραχὺς τὸν χειμῶνα ἅπαντα διατελεῖ ἐὼν μέχρι οὔ αὗτις τροπέων τῶν θερινέων. **τούτων ὧν περί οὔδενός οὐδὲν οἶός τε ἐγενόμην παραλαβεῖν παρὰ τῶν Αἰγυπτίων, ιστορέων αὐτοὺς ἦντινα δύναμιν ἔχει ὁ Νεῖλος τὰ ἔμπαλιν πεφυκέναι τῶν ἄλλων ποταμῶν:** ταῦτά τε δὴ τὰ λελεγμένα βουλόμενος εἰδέναι ἰστόρεον καὶ ὃ τι αὔρας ἀποπνεούσας μοῦνος ποταμῶν πάντων οὐ παρέχεται» (Ηροδότου Ἱστορίαι, 2, 19).

«Αλλά για τη φύση του ποταμού δεν κατόρθωσα να μάθω τίποτε, ούτε από τους ιερείς ούτε από κανέναν άλλο. Κι όμως εγώ πολύ το ήθελα να πάρω απ' αυτούς πληροφορίες για τούτα τα πράγματα, γιατί δηλαδή ο Νείλος κατεβαίνει φουσκωμένος επί εκατό ημέρες, αρχίζοντας από το θερινό ηλιοστάσιο και όταν πλησιάζει αυτόν τον αριθμό των ημερών, υποχωρεί, η στάθμη του κατεβαίνει, και μένει χαμηλός όλον τον χειμῶνα, ως το θερινό ηλιοστάσιο και πάλι. **Για όλα αυτά από κανέναν Αιγύπτιο δεν κατόρθωσα να πάρω πληροφορίες όταν τους ρωτούσα ποιά δύναμη έχει ο Νείλος και είναι καμωμένος αντίθετα από τους άλλους ποταμούς:** τα παραπάνω λοιπόν ήθελα να μάθω και ρωτούσα, καθώς και γιατί ο Νείλος είναι ο μόνος απ' όλους τους ποταμούς που από τη μεριά του δεν φυσούν άνεμοι.» (Μετάφραση Λ. Ζενάκου)

Η πρώτη εξήγηση που αφηγείται ο Ηρόδοτος

«ἀλλὰ Ἑλλήνων μὲν τινὲς ἐπίσημοι βουλόμενοι γενέσθαι σοφίην ἔλεξαν περὶ τοῦ ὕδατος τούτου τριφασίας ὁδοῦς· τῶν τὰς μὲν δύο τῶν ὁδῶν οὐδ' ἀξιῶ μνησθῆναι εἰ μὴ ὅσον σημῆναι βουλόμενος μοῦνον.» (ό.π., 2, 20).

«Μερικοί Ἕλληνες ωστόσο, θέλοντας να γίνουν διάσημοι για τη σοφία τους, διατύπωσαν τρεις απόψεις γι' αυτόν τον ποταμό· από τις απόψεις αυτές, τις δύο δεν τις κρίνω άξιες να αναφερθούν, θέλω ωστόσο να πω μόνο τί λένε.»

«τῶν ἡ ἑτέρη μὲν λέγει τοὺς ἐτησίαις ἀνέμους εἶναι αἰτίους πληθύνειν τὸν ποταμόν, κωλύοντας ἐς θάλασσαν ἐκρέειν τὸν Νεῖλον. πολλάκις δὲ ἐτησίαι μὲν οὐκὼν ἔπνευσαν, ὁ δὲ Νεῖλος τῷ τούτῳ ἐργάζεται. πρὸς δέ, εἰ ἐτησίαι αἴτιοι ἦσαν, χρῆν καὶ τοὺς ἄλλους ποταμούς, ὅσοι τοῖσι ἐτησίησι ἀντίοι ῥέουσι, ὁμοίως πάσχειν καὶ κατὰ τὰ αὐτὰ τῷ Νείλῳ, καὶ μᾶλλον ἔτι τοσούτῳ ὅσω ἐλάσσονες ἐόντες ἀσθενέστερα τὰ ῥεύματα παρέχονται. εἰσὶ δὲ πολλοὶ μὲν ἐν τῇ Συρίῃ ποταμοὶ πολλοὶ δὲ ἐν τῇ Λιβύῃ, οἳ οὐδὲν τοιοῦτο πάσχουσι οἷόν τι καὶ ὁ Νεῖλος.» (ό.π., 2, 20).

«Η πρώτη λοιπόν από αυτές λέει ότι η αιτία που φουσκώνει ο Νεῖλος είναι οι ετήσιοι άνεμοι [ετησίαι, σημερινή ονομασία μελτέμια, μουσώνες], που τον εμποδίζουν να κυλήσει προς τη θάλασσα. Πολλές φορές ωστόσο ετήσιοι άνεμοι δεν φύσηξαν, και ο Νεῖλος έκανε τα ίδια. Εξάλλου, αν η αιτία ήταν οι ετήσιοι άνεμοι, θα έπρεπε και οι άλλοι ποταμοί, όσοι κυλούν αντίθετα με τους ετήσιους ανέμους, να παθαίνουν τα ίδια με τον Νεῖλο, και μάλιστα ακόμη περισσότερο, αφού είναι μικρότεροι και έχουν πιο αδύναμα ρεύματα. Και υπάρχουν πολλοί ποταμοί στη Συρία, πολλοί και στη Λιβύη, αλλά τέτοια πράγματα όπως ο Νεῖλος δεν τα παθαίνουν.» (Μετάφραση Λ. Ζενάκου)

Η δεύτερη εξήγηση που αφηγείται ο Ηρόδοτος

«ή δ' ἑτέρη ἀνεπισημονεστέρα μὲν ἐστὶ τῆς λελεγμένης, λόγῳ δὲ εἰπεῖν θωμασιωτέρη: ἢ λέγει ἀπὸ τοῦ Ὠκεανοῦ ῥέοντα αὐτὸν ταῦτα μηχανᾶσθαι, τὸν δὲ Ὠκεανὸν γῆν περὶ πᾶσαν ῥέειν. [...] ὁ δὲ περὶ τοῦ Ὠκεανοῦ λέξας ἐς ἀφανὲς τὸν μῦθον ἀνενείκας οὐκ ἔχει ἔλεγχον: οὐ γὰρ τινὰ ἔγωγε οἶδα ποταμὸν Ὠκεανὸν ἑόντα, Ὅμηρον δὲ ἢ τινὰ τῶν πρότερον γενομένων ποιητέων δοκέω τὸ οὔνομα εὐρόντα ἐς ποίησιν ἐσενείκασθαι.» (ό.π., 2, 21&23)

«Αλλά η δεύτερη άποψη είναι ακόμη πιο αδαής απ' αυτήν που ανέφερα, μόνο που είναι πιο εντυπωσιακή στο άκουσμά της: λέει **ότι ο Νείλος κάνει αυτά τα καμώματα επειδή έρχεται από τον Ωκεανό, και ο Ωκεανός κυλάει γύρω γύρω σε όλη τη γη.** [...] Όσο γι' αυτόν που μίλησε για τον Ωκεανό, έχει αναγάγει την υπόθεση στο άγνωστο, και άρα δεν μπορεί να ελεγχθεί· γιατί εγώ δεν γνωρίζω να υπάρχει κανένας ποταμός Ωκεανός, παρά μου φαίνεται ότι ο Ὅμηρος είτε κάποιος παλιότερος ποιητής **επινόησε το όνομα και το έμπασε στην ποίηση.**» (Μετάφραση Λ. Ζενάκου)

Η τρίτη εξήγηση που αφηγείται ο Ηρόδοτος

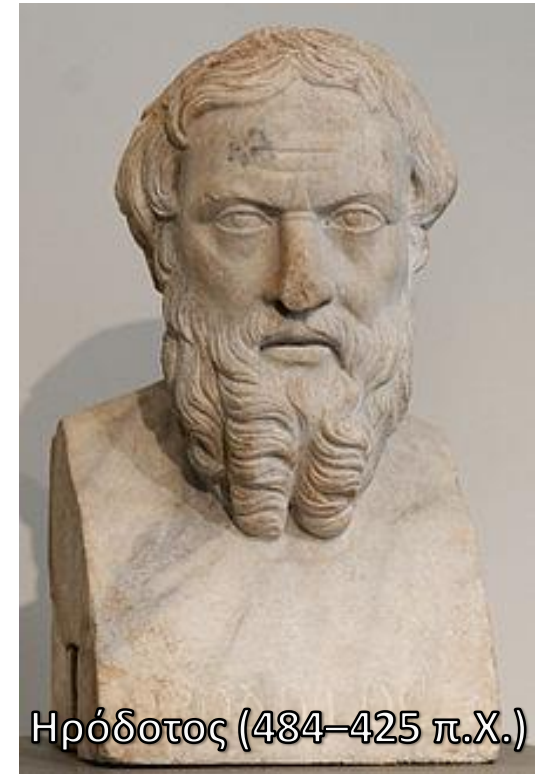
«ή δὲ τρίτη τῶν ὁδῶν πολλὸν ἐπιεικεστάτη ἐοῦσα μάλιστα ἔψευσται: λέγει γὰρ δὴ οὐδ' αὕτη οὐδέν, φαμένη τὸν **Νεῖλον ῥέειν ἀπὸ τηκομένης χιόνος**: ὃς ῥέει μὲν ἐκ Λιβύης διὰ μέσων Αἰθιοπῶν, ἐκδιδοῖ δὲ ἐς Αἴγυπτον. κῶς ὦν δῆτα ῥέει ἂν ἀπὸ χιόνος, ἀπὸ τῶν θερμωτάτων ῥέων ἐς τὰ ψυχρότερα τὰ πολλὰ ἐστὶ· ἀνδρὶ γε λογίζεσθαι τοιούτων πέρι οἷω τε ἐόντι, ὥς οὐδὲ οἶκός ἀπὸ χιόνος μιν ῥέειν, πρῶτον μὲν καὶ μέγιστον μαρτύριον οἱ ἄνεμοι παρέχονται πνέοντες ἀπὸ τῶν χωρέων τουτέων θερμοί: δεύτερον δὲ ὅτι ἄνομβρος ἡ χώρα καὶ ἀκρύσταλλος διατελεῖ ἐοῦσα, ἐπὶ δὲ χιόνι πεσοῦση πᾶσα ἀνάγκη ἐστὶ ὕσαι ἐν πέντε ἡμέρησι, ὥστε, εἰ ἐχιόνιζε, ὕετο ἂν ταῦτα τὰ χωρία: τρίτα δὲ οἱ ἄνθρωποι ὑπὸ τοῦ καύματος μέλανες ἐόντες. ἰκτῖνοι δὲ καὶ χελιδόνες δι' ἔτεος ἐόντες οὐκ ἀπολείπουσιν, γέρανοι δὲ φεύγουσιν τὸν χειμῶνα τὸν ἐν τῇ Σκυθικῇ χώρῃ γινόμενον φοιτῶσι ἐς χειμασίην ἐς τοὺς τόπους τούτους. εἰ τοῖνυν ἐχιόνιζε καὶ ὅσον ὦν ταύτην τὴν χώραν δι' ἧς τε ῥέει καὶ ἐκ τῆς ἄρχεται ῥέων ὁ Νεῖλος, ἦν ἂν τούτων οὐδέν, ὥς ἡ ἀνάγκη ἐλέγχει.» (ό.π., 2, 22)

«Η τρίτη άποψη όμως, αν και είναι η ευλογοφανέστερη, είναι μολοντούτο η πλέον αναληθής· γιατί ούτε αυτή λέει τίποτε, αφού υποστηρίζει ότι ο **Νεῖλος προέρχεται από το χιόνι που λιώνει**· αυτός όμως έρχεται από τη Λιβύη, περνάει μέσα από την Αιθιοπία και βγαίνει στην Αίγυπτο. [Πώς λοιπόν προέρχεται από το χιόνι αφού από τόπους θερμούς κατεβαίνει σε τόπους που είναι γενικά πιο ψυχροί; Για τον άνθρωπο που είναι σε θέση να σκέπτεται σωστά γι' αυτά τα πράγματα, δεν είναι λογικό να προέρχεται ο Νεῖλος από το χιόνι, και την πρώτη απόδειξη και τη μεγαλύτερη την προσφέρουν οι άνεμοι που φυσούν απ' αυτές τις περιοχές και που είναι θερμοί· ύστερα, σ' αυτήν την περιοχή δεν πέφτει ούτε βροχή ούτε παγωνιά, ενώ αν πέσει χιόνι, πρέπει οπωσδήποτε να βρέξει μέσα σε πέντε ημέρες: άρα, αν χιόνιζε σ' αυτά τα μέρη, θα έβρεχε κιόλας· τρίτον, οι άνθρωποι είναι μαύροι από την κάψα. Έπειτα, τα περδικογέρακα και τα χελιδόνια μένουν εκεί όλον τον χρόνο, και οι γερανοί, για να γλιτώσουν από τον χειμώνα που κάνει στη χώρα της Σκυθίας, πηγαίνουν να ξεχειμάσουν σ' αυτούς τους τόπους. Αν λοιπόν χιόνιζε έστω και ελάχιστα σ' αυτή τη χώρα όπου κυλάει και απ' όπου αρχίζει να κυλάει ο Νεῖλος, τίποτε από όλα αυτά δεν θα συνέβαινε, και τούτο αποδεικνύεται αναγκαστικά.» (Μετάφραση Λ. Ζενάκου)

Η εξήγηση του ίδιου του Ηροδότου

«εἰ δὲ δεῖ μεμψάμενον γνώμας τὰς προκειμένας αὐτὸν περὶ τῶν ἀφανέων γνώμην ἀποδέξασθαι, φράσω δι' ὃ τι μοι δοκέει πληθύνεσθαι ὁ Νεῖλος τοῦ θέρους: τὴν χειμερινὴν ὥρην ἀπελαυνόμενος ὁ ἥλιος ἐκ τῆς ἀρχαίης διεξόδου ὑπὸ τῶν χειμῶνων ἔρχεται τῆς Λιβύης τὰ ἄνω. ὥς μὲν νυν ἐν ἐλαχίστῳ δηλῶσαι, πᾶν εἴρηται: τῆς γὰρ ἂν ἀγχοτάτῳ τε ἢ χώρας οὗτος ὁ θεὸς καὶ κατὰ ἦντινα, ταύτην οἶκος διψῇν τε ὑδάτων μάλιστα καὶ τὰ ἐγχώρια ῥεύματα μαραίνεισθαι τῶν ποταμῶν.» (ό.π., 2, 24)

«Αν ὁμῶς πρέπει, αφοῦ κατέκρινα τις προτεινόμενες ἀπόψεις, να υιοθετήσω κι ἐγώ μια ἀποψη για τα σκοτεινά αὐτά ζητήματα, θα πω για ποιὸν λόγο νομίζω ὅτι ο Νεῖλος φουσκώνει το καλοκαίρι· τη χειμερινή περίοδο οι καταιγίδες ἀπωθοῦν τον ἥλιο ἀπὸ τη συνηθισμένη διαδρομή του και αὐτός ἔρχεται στα ἐπάνω μέρη της Λιβύης: με λίγα λόγια, αὐτό εἶναι ὅλο και δεν χρειάζονται περισσότερα· ἐπειδὴ εἶναι εὐλόγο, η χώρα που τη σιμώνει περισσότερο τούτος ο Θεός και που βρίσκεται ἀπὸ πάνω της, να ἔχει τη μεγαλύτερη δίψα για νερό και οι κοίτες των ποταμῶν της να ξεραίνονται.» (Μετάφραση Λ. Ζενάκου)



Ηρόδοτος (484–425 π.Χ.)

Ποιοι υποστήριζαν τις τρεις εξηγήσεις που αφηγείται ο Ηρόδοτος;

Ο Αέτιος ο Αντιοχεύς, φιλόσοφος (περιπατητικός), δοξογράφος, αστρονόμος, μετεωρολόγος και φυσικός του 1^{ου} ή 2^{ου} αιώνα μ.Χ., αποκαλύπτει τους υποστηρικτές των τριών εξηγήσεων.

Η πρώτη εξήγηση αποδίδεται στον **Θαλή**:

«Θαλῆς τοὺς ἐτησίαις ἀνέμους οἶται πνέοντας τῇ Αἰγύπτῳ ἀντιπροσώπους ἐπαίρειν τοῦ Νείλου τὸν ὄγκον διὰ τὸ τὰς ἐκροὰς αὐτοῦ τῇ παροιδήσει τοῦ ἀντιπαρήκοντος πελάγους ἀνακόπτεσθαι»
(Αέτιος IV, 1, 1).

«Ο Θαλής θεωρεῖ ὅτι οἱ ετησῖαι ἀνεμοὶ, ποὺ φυσοῦν στὴν Αἴγυπτο, σηκώνουν τὸν ὄγκο τοῦ νεροῦ τοῦ Νείλου ἀνακόπτοντας τὴν ἐκροή με τὸ φούσκωμα τοῦ πελάγους ποὺ τὴν υπερφαλαγγίζει.» (Μετάφραση ΔΚ)

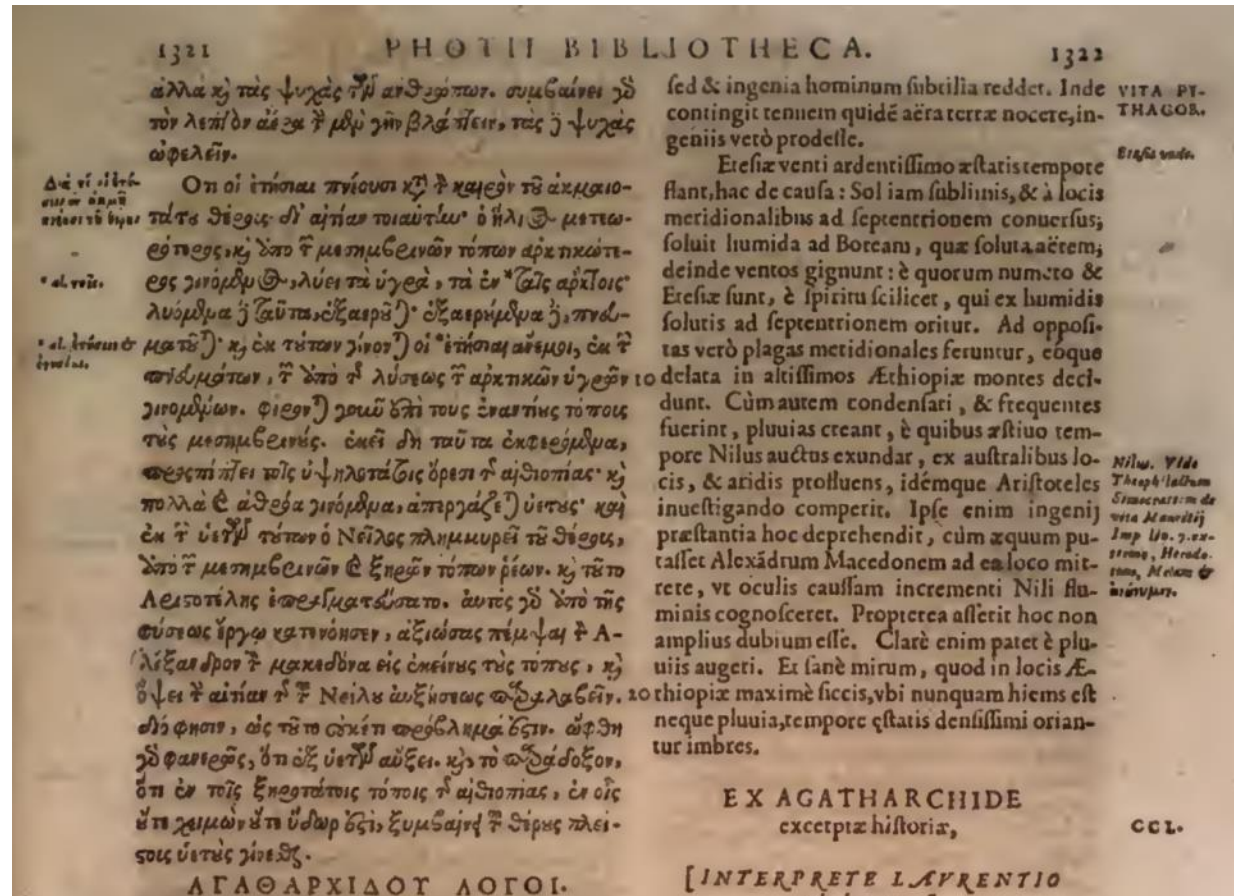
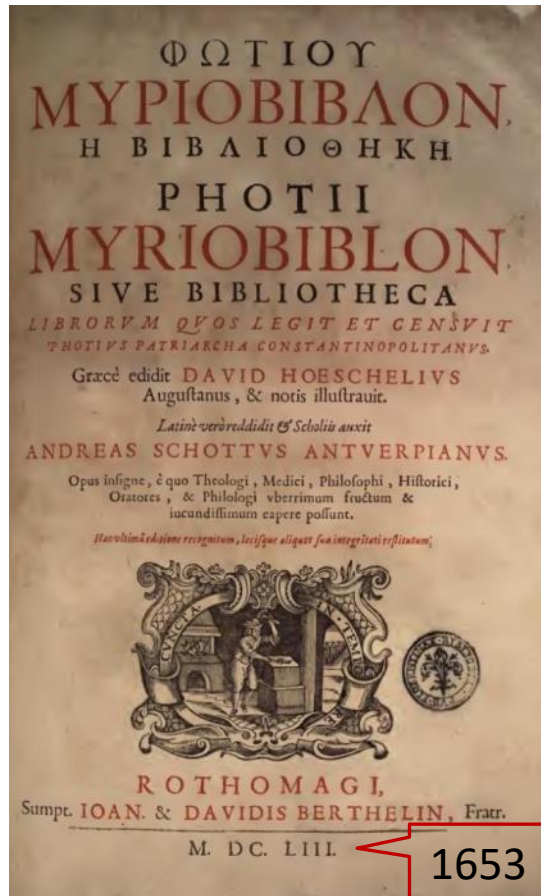
Η δεύτερη υποστηρίχθηκε από τον **Εὐθυμένη τον Μασσαλιώτη** (πρώιμος 6^{ος} αιώνας π.Χ.), φιλόσοφο από τη Μασσαλία που εξερεύνησε τις ακτές της Δυτικής Αφρικής.

Η τρίτη φαίνεται να υποστηρίχθηκε από τον **Αναξαγόρα** και κατ' άλλη εκδοχή από τον **Δημόκριτο** (460–370 π.Χ.).

Η λύση του παραδόξου του Νείλου: Αριστοτέλης

Η διατριβή του Αριστοτέλη «Περὶ τῆς τοῦ Νείλου ἀναβάσεως» έχει χαθεί.

Ωστόσο, ένα έργο ενός ανώνυμου συγγραφέα που περιέχεται στη *Βιβλιοθήκη* (*Μυριόβιβλον*) του Πατριάρχου Φωτίου (~810/820 – 893), η οποία εκδόθηκε στο σύνολό της το 1653, περιλαμβάνει την πληροφορία ότι το αίνιγμα λύθηκε απ' τον Αριστοτέλη.



Η λύση του παραδόξου κατά τον Αριστοτέλη

«Ὅτι οἱ ἐτήσiai πνέουσι κατὰ τὸν καιρὸν τοῦ ἀκμαιοτάτου θέρους δι' αἰτίαν τοιαύτην. Ὁ ἥλιος μετεωρότερος καὶ ἀπὸ τῶν μεσημβρινῶν τόπων ἀρκτικώτερος γινόμενος λύει τὰ ὑγρά τὰ ἐν ταῖς ἄρκτοις· λυόμενα δὲ ταῦτα ἐξαεροῦται, ἐξαερούμενα δὲ πνευματοῦται, καὶ ἐκ τούτων γίνονται οἱ ἐτήσiai ἄνεμοι [...]. Ἐκεῖ δὴ ταῦτα ἐκφερόμενα προσπίπτει τοῖς ὑψηλοτάτοις ὄρεσι τῆς Αἰθιοπίας, καὶ πολλὰ καὶ ἀθρόα γινόμενα ἀπεργάζεται ὑετούς· καὶ ἐκ τῶν ὑετῶν τούτων ὁ Νεῖλος πλημμυρεῖ τοῦ θέρους, ἀπὸ τῶν μεσημβρινῶν καὶ ξηρῶν τόπων ῥέων. Καὶ τοῦτο Ἀριστοτέλης ἐπραγματεύσατο· αὐτὸς γὰρ ἀπὸ τῆς φύσεως ἔργῳ κατενόησεν, ἀξιῶσας πέμψαι **Ἀλέξανδρον τὸν Μακεδόνα εἰς ἐκείνους τοὺς τόπους καὶ ὄψει τὴν αἰτίαν τῆς τοῦ Νείλου αὐξήσεως παραλαβεῖν. Διὸ φησιν ὡς τοῦτο οὐκέτι πρόβλημά ἐστιν· ὥφθη γὰρ φανερώς ὅτι ἐξ ὑετῶν αὔξει.** Καὶ <λύεται> τὸ παράδοξον, <ὅτι> ἐν τοῖς ξηροτάτοις τόποις τῆς Αἰθιοπίας, ἐν οἷς οὔτε χειμῶν οὔτε ὕδωρ ἐστὶ, συμβαίνει τοῦ θέρους πλείστους ὑετούς γίνεσθαι» (Ανώνυμος, Βίος Πυθαγόρου, στο Φωτίου, Μυριόβιβλον, [https://el.wikisource.org/wiki/Μαρτυρία_\(Αριστοτέλης\)](https://el.wikisource.org/wiki/Μαρτυρία_(Αριστοτέλης))).

«Οἱ ετησίαι ἄνεμοι [μουσῶνες] πνέουν κατὰ τὴ διάρκεια τῆς αιχμῆς τοῦ καλοκαιριοῦ ἐξ αὐτῆς τῆς αἰτίας. Ὁ ἥλιος, στο ζενίθ του διερχόμενος ἀπὸ τὰ νότια πρὸς τὰ βόρεια, διαλύει τὴν υγρασία στα βόρεια καὶ ὅταν αὐτὴ ἡ υγρασία διαλυθῇ, εξατμίζεται καὶ προκαλεῖ ρεύματα ἀέρα καὶ ἐξ αὐτοῦ δημιουργοῦνται μουσῶνες [...] Ὅταν αὐτὰ φτάσουν στα ψηλά βουνά τῆς Αἰθιοπίας καὶ συγκεντρωθοῦν ἐκεῖ, παράγουν βροχές. Αὐτές οἱ βροχές σὲ ὅλο το καλοκαίρι προκαλοῦν τὴν πλημμύρα τοῦ Νείλου ῥέοντας ἀπὸ νότιους καὶ ξηροὺς τόπους. Αὐτὸ το πραγματεύτηκε **ο Αριστοτέλης, ο οποίος, με τὴν ευφυΐα του, το κατενόησε, ἐνῶ ἀξίωσε ἀπὸ τὸν Ἀλέξανδρο τὸν Μακεδόνα ἀποστολὴν σὲ αὐτές τις περιοχές γιὰ νὰ διαπιστώσῃ καὶ ἐποπτικῶς τὴν αἰτία τῆς πλημμύρας τοῦ Νείλου. Γι' αὐτὸ λένε ὅτι δὲν ὑπάρχει πρόβλημα πια. Ἐγινε φανερό ἀπὸ τὴν αυτοψία ὅτι ἡ ροὴ αὐξάνεται ἀπὸ αὐτές τις βροχές.** Καὶ αὐτὸ ἔλυσε τὸ παράδοξο ὅτι στοὺς πιο ξηροὺς τόπους τῆς Αἰθιοπίας [δηλ. Αφρικῆς] ὅπου δὲν ὑπάρχει χειμῶνας οὔτε βροχή, συμβαίνει τὸ καλοκαίρι νὰ σημειώνονται ἐντονες βροχοπτώσεις.» (Μετάφραση ΔΚ)

Επαλήθευση της ιστορίας από άλλους φιλοσόφους

«Έρατοσθένης δὲ οὐκέτι φησὶν <πρόβλημα εἶναι> οὐδὲ ζητεῖν χρῆναι περὶ τῆς αὐξήσεως τοῦ Νείλου, σαφῶς καὶ ἀφικομένων τινῶν εἰς τὰς τοῦ Νείλου πηγὰς καὶ τοὺς ὄμβρους τοὺς γιγνομένους ἑωρακότων, ὥστε κρατύνεσθαι τὴν Ἀριστοτέλους ἀπόδοσιν» (Πρόκλος ο Λύκιος, Σχόλια, Πλάτωνος Τίμαιος, 22 E—I 121, 8 Diehl).

«Ο Ερατοσθένης, λέει πως δεν <εἶναι πρόβλημα> οὔτε χρειάζεται πλέον να διερευνήσῃ την αἰτία της αὐξησης του Νείλου, αφού **κάποιοι ἔφτασαν στις πηγές του Νείλου και είδαν τις βροχές που συμβαίνουν εκεί, ἔτσι ὥστε να επιβεβαιώσουν τη θεωρία του Αριστοτέλη.**» (μετάφραση ΔΚ)

«τῆς γὰρ Αἰθιοπίας ὑψηλοῖς παρὰ τὰ καθ' ἡμᾶς ὄρεσι διεζωσμένης ὑποδεχομένης τε τὰς νεφέλας πρὸς τῶν ἐτησίων ὠθουμένας, ἐκδιδόναι τὸν Νεῖλον. ὡς καὶ <Καλλισθένης> ὁ Περιπατητικὸς ἐν τῷ τετάρτῳ βιβλίῳ τῶν Ἑλληνικῶν <φησὶν ἑαυτὸν συστρατεύσασθαι Ἀλεξάνδρῳ τῷ Μακεδόνι, καὶ γενόμενον ἐπὶ τῆς Αἰθιοπίας εὐρεῖν τὸν Νεῖλον ἐξ ἀπείρων ὄμβρων κατ' ἐκείνην γενομένων> καταφερόμενον» (Ἰωάννης Λαυρέντιος ὁ Λυδός, De mensibus, 4, 107).

«Επειδὴ ἡ Αἰθιοπία περικλείεται ἀπὸ βουνὰ ὑψηλότερα ἀπὸ τὰ δικά μας, καθὼς δέχεται τὰ σύννεφα που ὠθούνται ἀπὸ τοὺς ετησίαις, ὁ Νεῖλος υπερχειλίζει. Ὅπως ὁ **Καλλισθένης ὁ Περιπατητικὸς** λέει ἐπίσης στο τέταρτο βιβλίο των Ἑλληνικῶν του, **συστρατεύθηκε με τὸν Ἀλέξανδρο τὸν Μακεδόνα καὶ ὅταν βρισκόταν στὴν Αἰθιοπία διαπίστωσε ὅτι ὁ Νεῖλος τροφοδοτεῖται ἀπὸ τις ατελείωτες βροχοπτώσεις που συμβαίνουν σε ἐκείνη τὴν περιοχή.**» (μετάφραση ΔΚ)

Ο Αριστοτέλης για τις αλλαγές φάσης του νερού

Η πραγματεία του Αριστοτέλη *Μετεωρολογικά* είχε μεγάλη συμβολή στην εξήγηση της αλλαγής φάσης της ύλης και των υδρομετεωρολογικών φαινομένων:

«φαμέν δὴ πῦρ καὶ ἀέρα καὶ ὕδωρ καὶ γῆν γίνεσθαι ἐξ ἀλλήλων, καὶ **ἕκαστον ἐν ἐκάστῳ ὑπάρχειν τούτων δυνάμει**, ὥσπερ καὶ τῶν ἄλλων οἷς ἔν τι καὶ ταύτὸν ὑπόκειται, εἰς ὃ δὴ ἀναλύονται ἔσχατον.» (Μετεωρολογικά, Α1, 339a,b)

«Ισχυριζόμαστε ὅτι ἡ φωτιά, ὁ αἶρας, τὸ νερό, ἡ γῆ, προέρχονται τὸ ἓνα ἀπὸ τὸ ἄλλο, **καὶ τὸ καθένα ὑπάρχει δυνητικὰ σε καθένα**, καθὼς σε ὅλα ὑπόκειται τὸ ἴδιο ἓνα καὶ τὸ αὐτό, τὸ ἔσχατο στὸ ὁποῖο ἀναλύονται.» (μετάφραση ΔΚ)

«ἔτι δ' ἡ ὑπὸ τοῦ ἡλίου ἀναγωγὴ τοῦ ὑγροῦ ὁμοία τοῖς θερμαινομένοις ἐστὶν ὕδασι ὑπὸ πυρός» (Μετεωρολογικά, Β2, 355a 15)

«ὁ ἥλιος προκαλεῖ τὴν ἀνοδο τῆς υγρασίας· αὐτὸ εἶναι ὁμοιο με ὅ,τι συμβαίνει ὅταν τὸ νερό ζεσταίνεται στὴ φωτιά» (μετάφραση ΔΚ)

«συνίσταται πάλιν ἡ ἀτμὶς ψυχομένη διὰ τε τὴν ἀπόλειψιν τοῦ θερμοῦ καὶ τὸν τόπον, καὶ γίνεταί ὕδωρ ἐξ ἀέρος· γενόμενον δὲ πάλιν φέρεται πρὸς τὴν γῆν. ἔστι δ' ἡ μὲν ἐξ ὕδατος ἀναθυμίασις ἀτμὶς, ἡ δ' ἐξ ἀέρος εἰς ὕδωρ νέφος» (ὁ.π. Ι.9, 346b 30)

«Ὁ ατμός που ψύχεται, λόγω ἔλλειψης θερμότητας στὴν περιοχὴ που βρίσκεται, συμπυκνώνεται καὶ μετατρέπεται ἀπὸ αέριο σε νερό· κι αφοῦ δημιουργηθεῖ τὸ νερό με αὐτὸν τὸν τρόπο, πέφτει κάτω πάλι πρὸς τὴ γῆ. Ἡ ἀναθυμίαση τοῦ νεροῦ εἶναι ατμός καὶ ἡ συμπύκνωση ἀπὸ αέριο σε νερό εἶναι σύννεφο.» (μετάφραση ΔΚ)

Ο νόμος της διατήρησης της μάζας στον Αριστοτέλη

Ο Αριστοτέλης αναγνώρισε την αρχή της διατήρησης της μάζας στον υδρολογικό κύκλο:

«ὥστε [τὴν θάλατταν] οὐδέποτε ξηρανεῖται· πάλιν γὰρ ἐκεῖνο φθῆσεται καταβὰν εἰς τὴν αὐτὴν τὸ προανελθόν». (ό.π., II.3, 356b 26)

«Κατὰ συνέπεια, ἡ θάλασσα δεν θα ξεραθεῖ ποτέ· γιατί αφοῦ το νερό που πρωτύτερα ανέβηκε προς τα πάνω θα γυρίσει σ' αὐτήν.»
(μετάφραση ΔΚ)

«κἂν μὴ κατ' ἐνιαυτὸν ἀποδιδῶ καὶ καθ' ἐκάστην ὁμοίως χώραν, ἀλλ' ἔν γε τισιν τεταγμένοις χρόνοις ἀποδίδωσι πᾶν τὸ ληφθέν». (ό.π., II.2, 355a 26)

«Ακόμη κι αν δεν επιστρέφει πίσω ἡ ἴδια ποσότητα κάθε χρόνο ἢ σε μια δεδομένη περιοχή, ωστόσο σε μια ορισμένη χρονική περίοδο ἡ συνολική ποσότητα που αφαιρέθηκε θα επιστρέψει.»
(μετάφραση ΔΚ)

Οι μεγάλης κλίμακας γεωφυσικές αλλαγές στον Αριστοτέλη

Ο Αριστοτέλης αναγνώρισε τις μεταβολές του φλοιού της γης σε μεγάλες χρονικές κλίμακες καθώς και το γεγονός ότι οι ποταμοί δημιουργούνται και εξαφανίζονται:

«ἀλλὰ μὴν εἴπερ καὶ οἱ ποταμοὶ γίνονται καὶ φθείρονται καὶ μὴ αἰεὶ οἱ αὐτοὶ τόποι τῆς γῆς ἔνυδροι, καὶ τὴν θάλατταν ἀνάγκη μεταβάλλειν ὁμοίως. τῆς δὲ θαλάττης τὰ μὲν ἀπολειπούσης τὰ δ' ἐπιούσης αἰεὶ φανερόν ὅτι τῆς πάσης γῆς οὐκ αἰεὶ τὰ αὐτὰ τὰ μὲν ἐστὶν θάλαττα τὰ δ' ἥπειρος, ἀλλὰ μεταβάλλει τῷ χρόνῳ πάντα». (ό.π., Ι.14, 353a 16)

*«Αλλά αν οι ποταμοὶ δημιουργούνται και εξαφανίζονται και δεν ἦταν πάντα οι ἴδιοι τόποι σκεπασμένοι ἀπὸ νερό, ὁμοίως κι η θάλασσα θα πρέπει ν' ἀλλάζει. Και αν η θάλασσα υποχωρεῖ σε ἓνα μέρος και προωθείται σε ἓνα ἄλλο, εἶναι φανερό πως δεν εἶναι πάντοτε τα ἴδια σημεῖα της γης θάλασσα ἢ ἥπειρος, ἀλλὰ **ὅλα ἀλλάζουν με το πέρασμα του χρόνου.**»* (μετάφραση ΔΚ)

Ο Αριστοτέλης και ο πειραματισμός

Εκτός από την παρατήρηση, ο Αριστοτέλης προσέφευγε και στο πείραμα, όπως προκύπτει απ' το πιο κάτω απόσπασμα:

«ὅτι δὲ γίγνεται ἀτμίζουσα πότιμος καὶ οὐκ εἰς θάλατταν συγκρίνεται τὸ ἀτμίζον, ὅταν συνιστῇται πάλιν, πεπειραμένοι λέγωμεν» (ό.π., II.3, 358b)

*«Το θαλασσινό νερό όταν μετατρέπεται σε ατμό γίνεται πόσιμο και όταν συμπυκνώνεται ξανά ο ατμός δεν σχηματίζει θαλασσινό νερό. **Αυτό το γνωρίζω από πείραμα.**»* (μετάφραση ΔΚ)

Το πείραμα αυτό βρήκε τεχνολογική εφαρμογή στην αφαλάτωση. Έτσι, μαθαίνουμε από ένα σχόλιο για τα Μετεωρολογικά Β του Αριστοτέλη, που γράφτηκε από τον Ολυμπιόδωρο (περιπατητικό φιλόσοφο, 495-570 μ.Χ.), ότι σε συνθήκες έλλειψης γλυκού νερού, οι ναυτικοί βράζουν το θαλασσινό νερό και τοποθετούν μεγάλα σφουγγάρια στο στόμιο του αγγείου για να απορροφούν τον ατμό που όταν τον απομακρύνουν από τα σφουγγάρια, είναι γλυκό νερό (βλ. Morewood, 1838, Forbes, 1970).

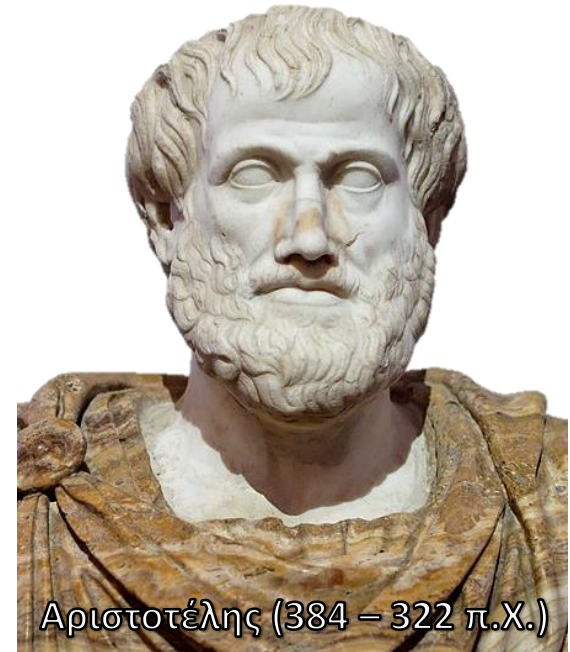
Ο Αριστοτέλης και η αναζήτηση της αλήθειας

«δόξειε δ' ἂν ἴσως βέλτιον εἶναι καὶ δεῖν ἐπὶ σωτηρία γε τῆς ἀληθείας καὶ τὰ οἰκεῖα ἀναιρεῖν, ἄλλως τε καὶ φιλοσόφους ὄντας: **ἀμφοῖν γὰρ ὄντοιν φίλοιν ὅσιον προτιμᾶν τὴν ἀλήθειαν**»

(Ἀριστοτέλους Ἠθικὰ Νικομάχεια 1096a11)

«Ἴσως ὅμως κανείς δεν θα διαφωνήσει ὅτι εἶναι καλύτερο —κάτι παραπάνω: ὅτι εἶναι ἀνάγκη— να εἴμαστε ἐτοιμοὶ ἀκόμη και τις πιο προσωπικές μας αντιλήψεις να ἀναιρέσουμε, αν εἶναι με τον τρόπο αὐτό να σωθεῖ ἡ ἀλήθεια —έναν λόγο παραπάνω αφοῦ εἴμαστε και φιλόσοφοι: **έχοντας κανείς να διαλέξει ἀνάμεσα σε δύο φίλους, έχει το ιερό χρέος να προτιμήσει τὴν ἀλήθεια.**»

(μετάφραση: Δ. Λυπουρλής)



Αριστοτέλης (384 – 322 π.Χ.)

«**φίλος μὲν Σωκράτης, ἀλλὰ φιλτάτη ἡ ἀλήθεια**» (Ἀμμώνιος ὁ Ἑρμείου, Βίος Ἀριστοτέλους)

Χρειάζεται θάρρος για να διατυπωθούν επιστημονικές απόψεις

«ὁ γὰρ πρῶτος σαφέστατόν τε πάντων καὶ θαρραλεώτατον περὶ σελήνης καταυγασμῶν καὶ σκιάς λόγον εἰς γραφὴν καταθέμενος Ἀναξαγόρας οὐτ' αὐτὸς ἦν παλαιὸς οὔτε ὁ λόγος ἔνδοξος, ἀλλ' ἀπόρρητος ἔτι καὶ δι' ὀλίγων καὶ μετ' εὐλαβείας τινὸς ἢ πίστεως βαδίζων. οὐ γὰρ ἡνείχοντο τοὺς φυσικοὺς καὶ μετεωρολέσχας τότε καλουμένους, ὥς εἰς αἰτίαις ἀλόγους καὶ δυνάμεις ἀπρονοήτους καὶ κατηναγκασμένα πάθη διατρίβοντας τὸ θεῖον, ἀλλὰ καὶ **Πρωταγόρας ἔφυγε, καὶ Ἀναξαγόραν εἰρχθέντα μόλις περιεποιήσατο Περικλῆς, καὶ Σωκράτης, οὐδὲν αὐτῷ τῶν γε τοιούτων προσῆκον, ὅμως ἀπώλετο διὰ φιλοσοφίαν**» (Πλουτάρχου Βίοι Παράλληλοι, Νικίας, 23).

«Γιατί και ο Αναξαγόρας, που πρώτος από όλους έγραψε με μεγαλύτερη σαφήνεια και θάρρος για την ακτινοβολία και τη σκιά της σελήνης, ούτε ο ίδιος ήταν παλαιός ούτε η θεωρία του γνωστή σε όλον τον κόσμο, αλλά απόρρητη ακόμη και διαδιδόταν μέσω λίγων με κάποια επιφύλαξη παρά με πίστη. Γιατί δεν ανέχονταν τους φυσικούς φιλοσόφους και τους μετεωρολέσχες τότε ονομαζόμενους, επειδή υποβίβαζαν το θεῖον σε παράλογες αιτίες, σε δυνάμεις που δεν μπορούσαν να τις προβλέψουν και σε πάθη ανελεύθερα. Αλλά και ο **Πρωταγόρας εξορίστηκε και ο Αναξαγόρας, που φυλακίστηκε, με δυσκολία σώθηκε από τον Περικλή· και ο Σωκράτης επίσης, αν και κανένα από τα παρόμοια ζητήματα δεν έχει σχέση με αυτόν, εντούτοις θανατώθηκε εξαιτίας της φιλοσοφίας του.**» (Μετάφραση Α.Ι. Γιαγκόπουλος & Ζ.Ε. Μαλαθούνη).

Συμπερασματικά σχόλια

- Η υδραυλική τεχνολογία που αναπτύχθηκε στην Αθήνα έχει δύο χαρακτηριστικά που σήμερα αμελούνται: την **ασφάλεια σε έκτακτες συνθήκες** (π.χ. πόλεμος) και τη **μακροχρόνια ανθεκτικότητα**.
- Στα υδραγωγεία της Αθήνας, και ειδικότερα στο Πεισιστράτειο και στο Αδριάνειο, χρησιμοποιήθηκε η **ίδια τεχνολογία παρά τη χρονική διαφορά σχεδόν επτά αιώνων**.
- Η **ανάπτυξη της τεχνολογίας προηγήθηκε της επιστήμης**.
- Οι **επιστημονικές θεωρίες, τότε όπως και τώρα, είναι κατά κανόνα εσφαλμένες**. Το πότε θα καταρριφθούν είναι θέμα χρόνου.
- Είναι φυσικό όλες οι θεωρίες που είχαν διατυπωθεί την περίοδο που γεννήθηκε η επιστήμη (πριν 2600 χρόνια) να έχουν αντικατασταθεί. **Αυτό δεν τις κάνει μη επιστημονικές**.
- Είναι χρήσιμο να μελετούμε τα αυθεντικά κείμενα των πρωτοπόρων της επιστήμης με τον αναγκαίο σεβασμό. (Σημ. άλλο χιούμορ και άλλο αλαζονεία.)
- Όλες οι σημερινές επιστημονικές μέθοδοι (**παρατήρηση, μέτρηση, πείραμα, συλλογισμός, επαγωγή**) έχουν εισαχθεί και χρησιμοποιηθεί απ' τους αρχαίους επιστήμονες και δη τον Αριστοτέλη.
- Η σημερινή επιστήμη δεν είναι ανεξάρτητη απ' την αρχαία, όπως βέβαια είναι φανερό ακόμη κι απ' την ορολογία (μετεωρολογία, κλίμα, υδραυλική, κ.ά.).

References/Αναφορές

- Burstein, S.M. (1976). Alexander, Callisthenes and the Sources of the Nile. *Greek, Roman And Byzantine Studies*, 17, 135.
- Dye, B.A., Tan, S., Smith, V., Lewis, B.G., et al. (2007), Trends in oral health status: United States, 1988–1994 and 1999–2004, National Center for Health Statistics. *Vital Health Stat* 11(248).
- Forbes, R.J. (1970), *A Short History of the Art of Distillation*, Brill, Leiden, Netherlands, 405 pp.
- Harris, E.F., and Clark, L.L. (2008), An Epidemiological study of hyperdontia in American blacks and whites, *The Angle Orthodontist*, 78 (3), 460-465.
- Harvey, C.R. (1981), Decayed, missing, and filled teeth among persons 1-74 years, United States 1971-75, DHHS Publication No. (PHS) 81-1673, U.S Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Center for Health Statistics, Hyattsville, Md, USA.
- Morewood, S. (1838), A philosophical and statistical history of the inventions and customs of ancient and modern nations in the manufacture and use of inebriating liquors: with the present practice of distillation in all its varieties: together with an extensive illustration of the consumption and effects of opium, and other stimulants used in the East, as substitutes for wine and spirits year. W. Curry, Jun. & Co., W. Carson, Dublin.
- Price, M. (1989) *Introducing Groundwater*, Chapman & Hall.
- Russell, B. (1952), *The Impact of Science on Society*, New York: Columbia University Press, 64 pp.
- Sujon, M.K., Alam, M.K., Rahman, S.A. (2016), Prevalence of third molar agenesis: associated dental anomalies in non-syndromic 5923 patients, *PLoS ONE*, 11 (8): e0162070, doi: 10.1371/journal.pone.0162070.
- Todd, D., and Mays, L. (2005), *Groundwater Hydrology*, John Wiley & Sons.
- Δευτεραίος, Π. και Μαμάσης, Ν. (2019), Τελική έκθεση: μελέτη και εργασίες διερεύνησης και καταγραφής του Αδριάνειου Υδραγωγείου της Αθήνας, *Εργασίες διερεύνησης του Αδριάνειου υδραγωγείου της Αθήνας και καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης σε συγκεκριμένα υπόγεια τμήματά του*, Ανάδοχος: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, <http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1936/>.
- Τσιούρη, Χ. (2018), *Υδραυλική Διερεύνηση Αδριάνειου Υδραγωγείου*, Διπλωματική εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, <http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1913/>.