

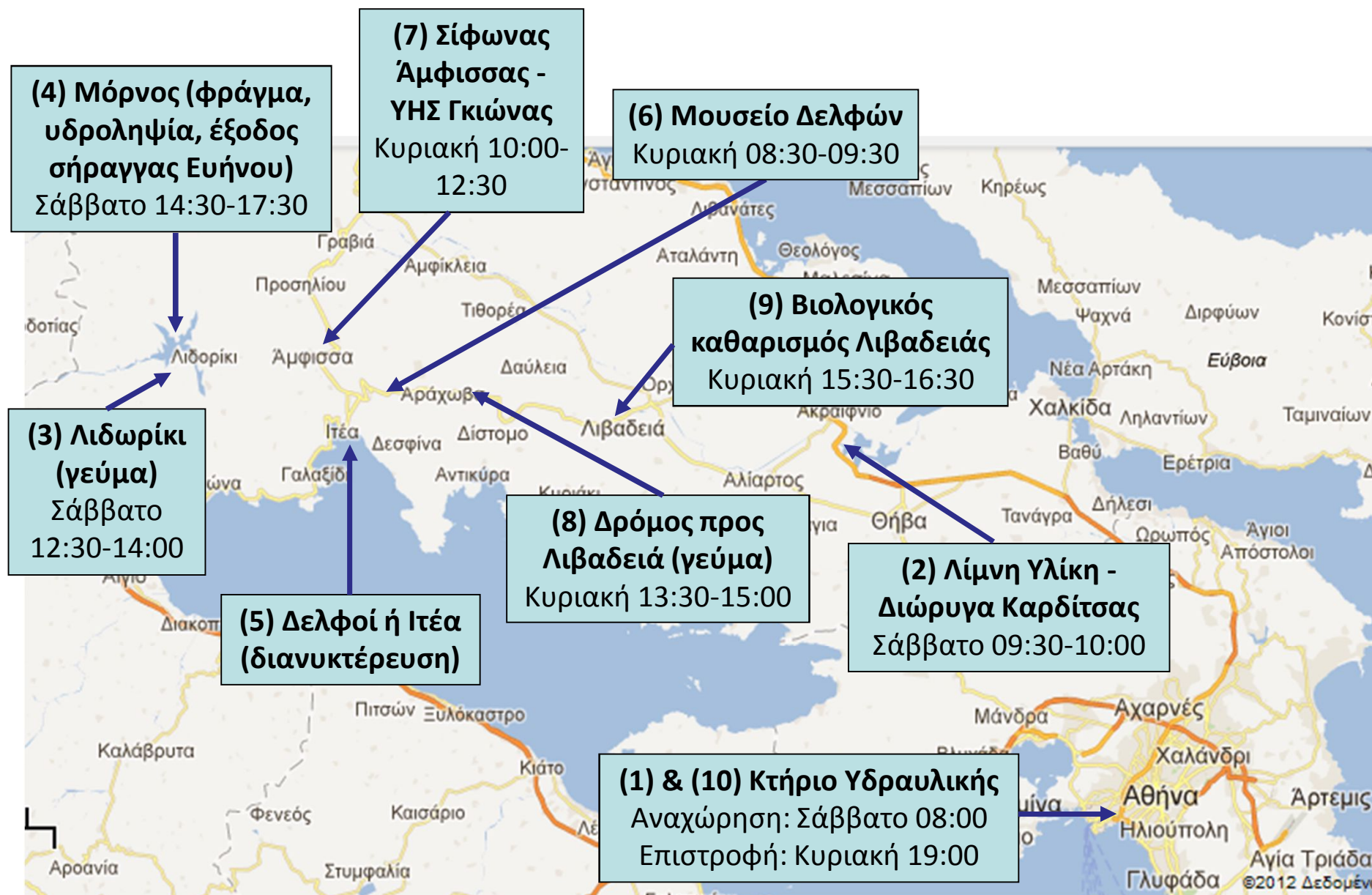
Επίσκεψη στο υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας

9-10 Μαΐου 2015, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

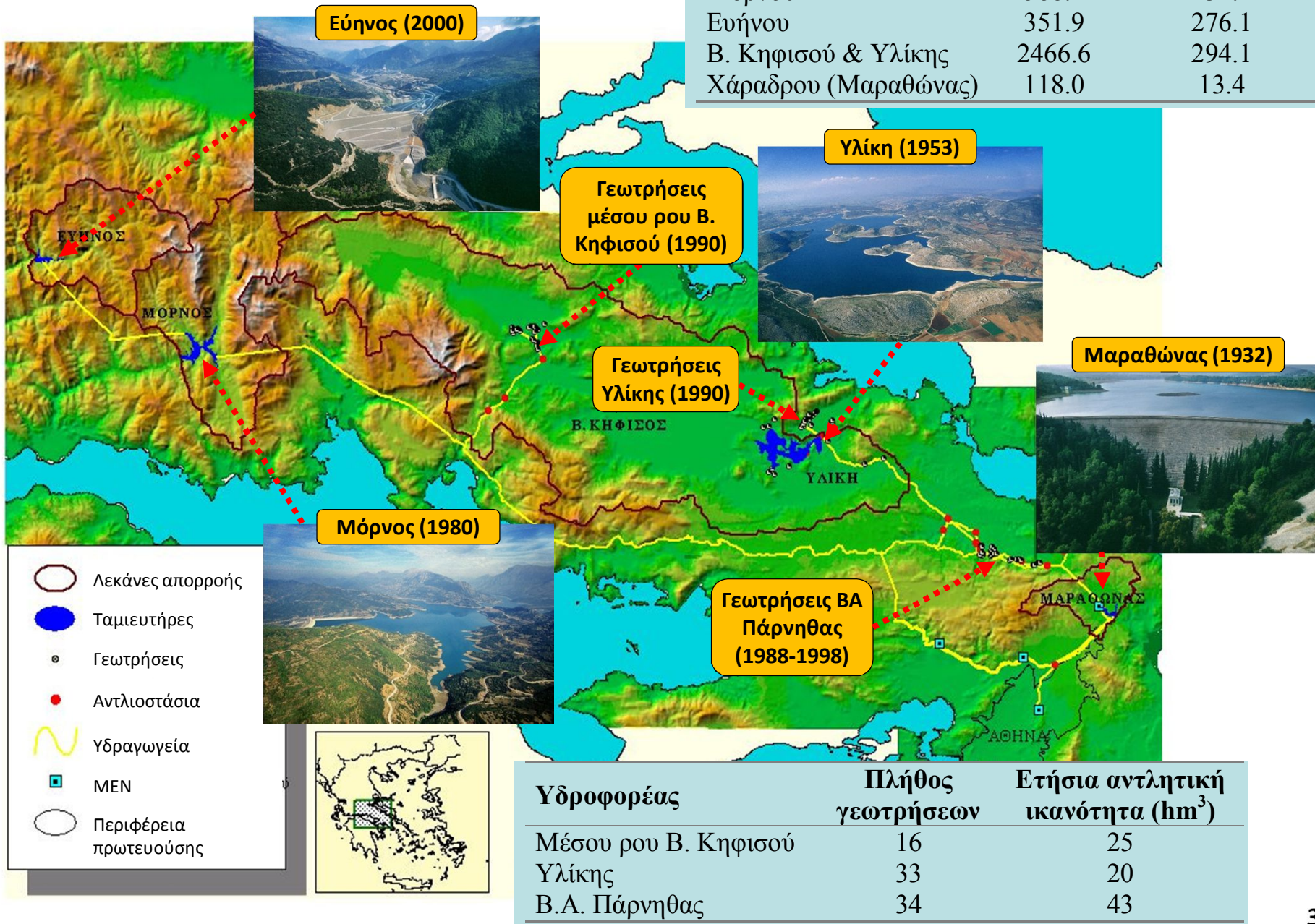
Μαθήματα: Αστικά Υδραυλικά Έργα (6^ο εξάμηνο) & Υδροηλεκτρικά Έργα (8^ο εξάμηνο)



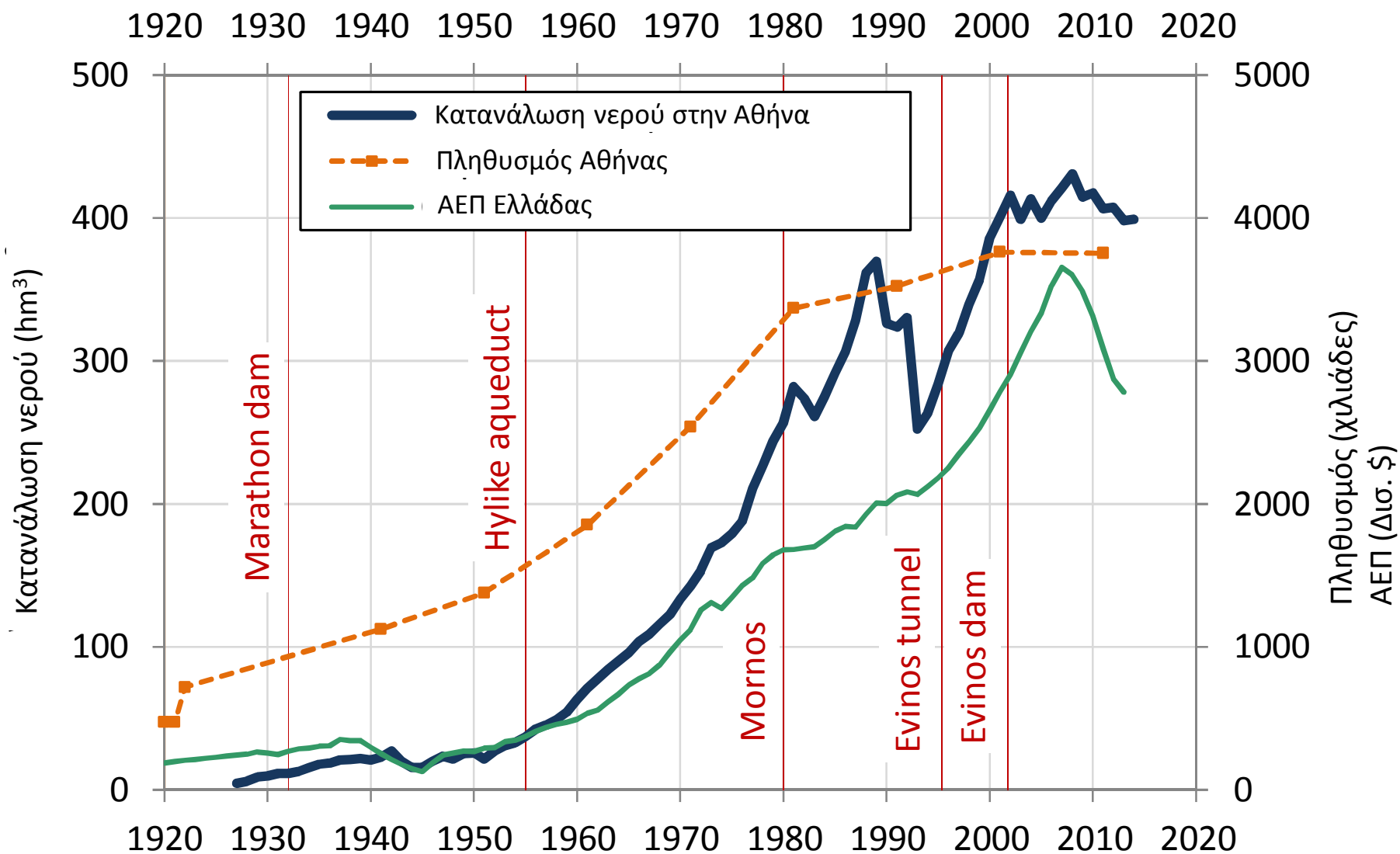
Πρόγραμμα επίσκεψης



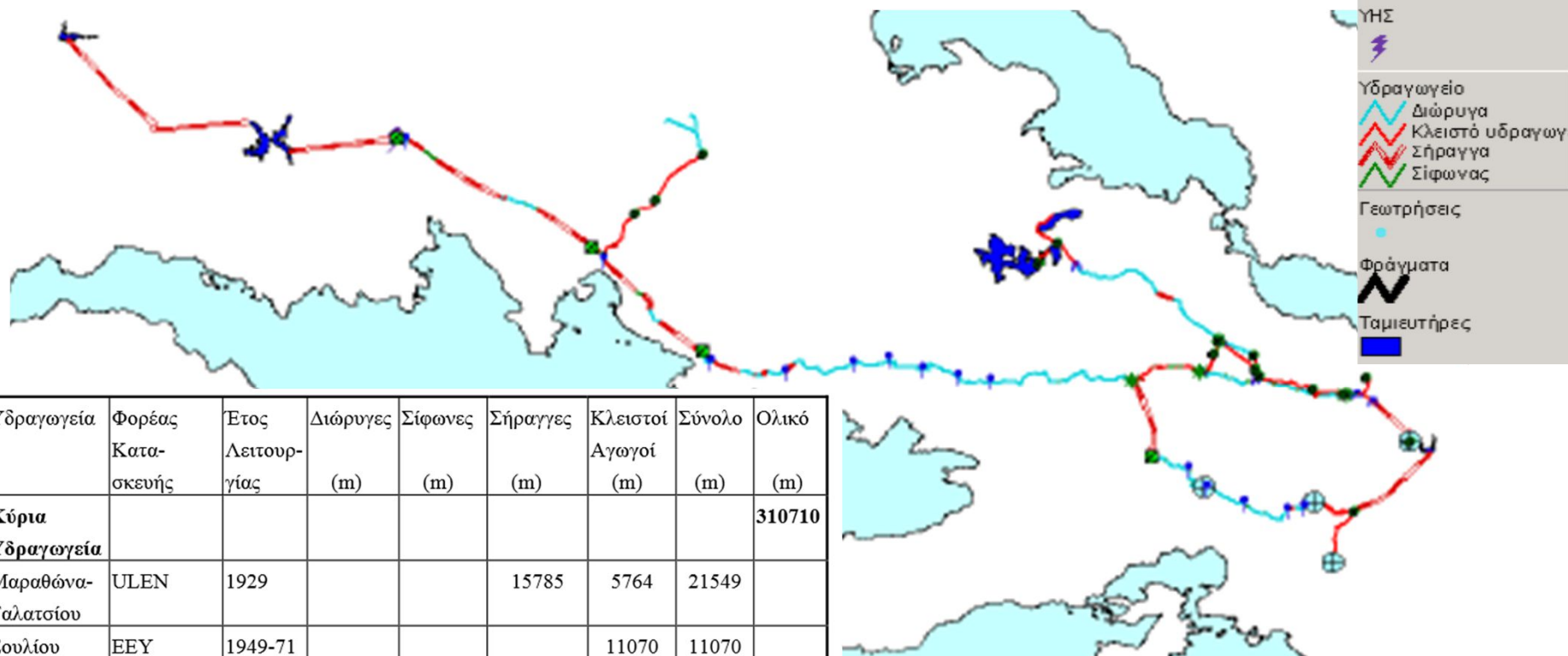
Υδροδοτικό σύστημα Αθήνας



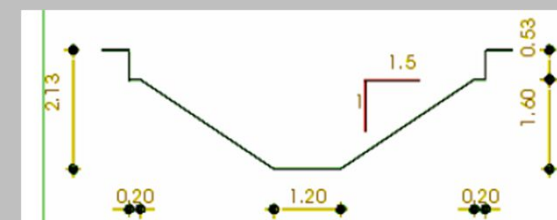
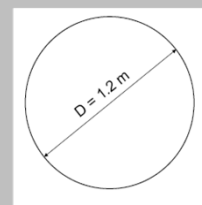
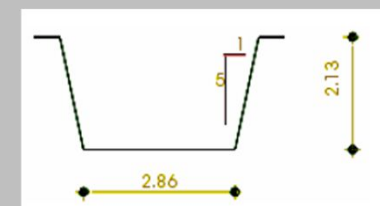
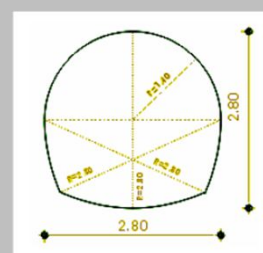
Εξέλιξη κατανάλωσης – πληθυσμού – υδρευτικών έργων



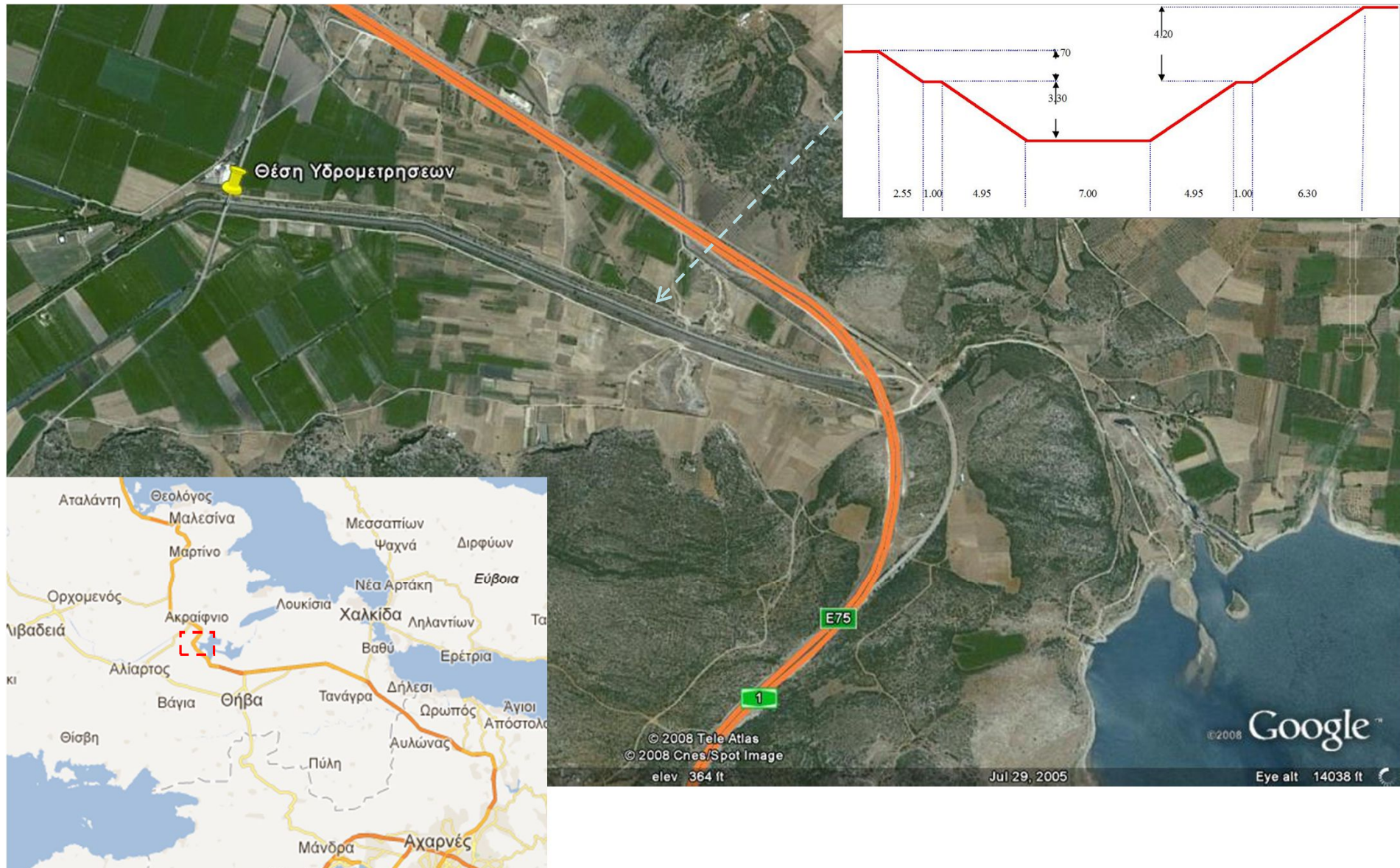
Υδραγωγεία



Υδραγωγεία	Φορέας Κατα- σκευής	Έτος Λειτουργ- γίας	Διώρυγες (m)	Σίφωνες (m)	Σήραγγες (m)	Κλειστοί Αγωγοί (m)	Σύνολο (m)	Ολικό (m)
Κύρια Υδραγωγεία								310710
Μαραθώνα- Γαλασίου	ULEN	1929			15785	5764	21549	
Σουλίου	EEY	1949-71				11070	11070	
Κακοσάλεσι	EEY	1950	362	1350	9325	12769	23807	
Υλίκης	ΥΔΕ	1957	23385	7500	3000	3800	37685	
Μόρνου	ΥΔΕ	1981	109900	7000	70700		187600	
Εύηνου	ΥΠΕΧΩΔΕ	1995			29000		29000	
Ενωτικά Υδραγωγεία								44855
Κιούρκα- Μενίδι	EEY	1974				21655	21655	
Μαραθώνα (Μόρνος- Βύλιζα)	ΥΔΕ	1975	5720	2680		9450	17850	
Κρεμάδα- Κλειδί	EEY	1975		2500		2850	5350	
			139367	21030	127810	67358	355 566	



Διώρυγα και σήραγγα Καρδίτσας (εκτροπή του Βοιωτικού Κηφισού στη λίμνη Υλίκη)



Ιστορικό της λίμνης Κωπαΐδας

Η λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού είναι κλειστή (ενδοροϊκή). Μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, οι απορροές της τροφοδοτούσαν τη ρηχή λίμνη της Κωπαΐδας, που καταλάμβανε μια έκταση που κυμαινόταν από 150 km², σε περιόδους ανομβρίας, μέχρι 250 km², σε περιόδους υψηλής υδροφορίας. Τα νερά αυτά, με τη σειρά τους, αποστραγγίζονταν προς γειτονικές λεκάνες και τη θάλασσα, μέσω ενός πολύπλοκου συστήματος καταβοθρών. Στην περιοχή έχουν εντοπιστεί **23 μεγάλες καταβόθρες**, η σημαντικότερη των οποίων βρίσκεται στον ανατολικό μυχό της λίμνης.

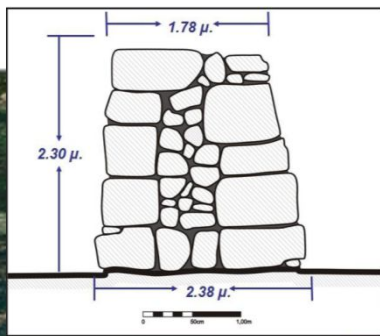
Η ονομασία της λίμνης προέρχεται από την πόλη **Κώπαι**, που ανήκε στους **Μινύες** και ήταν κτισμένη στο ΒΑ της άκρο. Οι Μινύες ήταν γεωργικός λαός, με προέλευση τη Θεσσαλία, που άκμασε τον 14^ο και 13^ο αιώνα π.Χ. Οι Μινύες κατασκεύασαν σημαντικά αρδευτικά έργα, μεταξύ των οποίων εικάζεται μια σήραγγα μήκους 2230 m, με την οποία εικάζεται ότι πέτυχαν πλήρη αποξήρανση της λίμνης (ο Στράβωνας αναφέρει ότι «*η λίμνη εκαλλιεργείτο*»). Τα έργα αυτά εγκαταλείφθηκαν στο τέλος της Μυκηναϊκής περιόδου, με αποτέλεσμα η Κωπαΐδα να μεταβληθεί ξανά σε ελώδη λίμνη και να παραμείνει έτσι για τρεις περίπου χιλιετίες. Σύμφωνα με τον Θουκυδίδη, ο ανασχηματισμός της Κωπαΐδας οφείλεται στους μεγάλους σεισμούς που έγιναν «*μάλιστα εν Ορχομενώ τη Βοιωτία*» και «*προς τη λίμνη πλησίον των Κωπών*». Την κλασική περίοδο, η Κωπαΐδα ήταν λίμνη, στις όχθες της οποίας είχαν αναπτυχθεί πολλοί οικισμοί. Την περίοδο του Μεγάλου Αλεξάνδρου έγιναν διάφορες απόπειρες αποξήρανσης, από τον Χαλκιδαίο μηχανικό Κράτη, με περιορισμένα αποτελέσματα. Επίσης, αναφέρεται ότι τον 1^ο αιώνα μ.Χ., ο πλούσιος Ακραιφνιώτης Επαμεινώνδας διέθεσε ένα μεγάλο ποσό για την αποξήρανση της λίμνης.

Τα έργα της αρχαιότητας ήταν ορατά μέχρι τον 19^ο αιώνα, και αποτέλεσαν οδηγό για τις μελέτες των Γάλλων μηχανικών, που ανέλαβαν την υλοποίηση των σύγχρονων έργων αποστράγγισης, τα οποία εγκαινίασαν τον **Μάιο του 1886**. Η αποξήρανση ολοκληρώθηκε από την βρετανικών συμφερόντων εταιρεία Lake Corais Co., η οποία ανέλαβε και την αξιοποίηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, προτού αυτές περιέλθουν στο ελληνικό κράτος, τον **Ιούλιο του 1953**.

Τα έργα αποξήρανσης περιλαμβάνουν πληθώρα από αντιπλημμυρικά και αποστραγγιστικά έργα, που διοχετεύουν τα νερά της λεκάνης σε ένα κεντρικό κανάλι (Συγκεντρωτική Διώρυγα), και στη συνέχεια, μέσω της **Σήραγγας Καρδίτσας**, τα εκτρέπουν προς τη γειτονική λίμνη **Υλίκη**. Η τελευταία αποτελεί έναν από τους τέσσερις ταμειυτήρες του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας· μάλιστα, κατά την περίοδο 1950-1980 υπήρξε ο κύριος υδατικός της πόρος. Η χωρητικότητα της Υλίκης φτάνει τα 600 hm³, ενώ η μέγιστη στάθμη της ανέρχεται στα +80 m (από +40 m περίπου που ήταν πριν από την αποξήρανση της Κωπαΐδας).

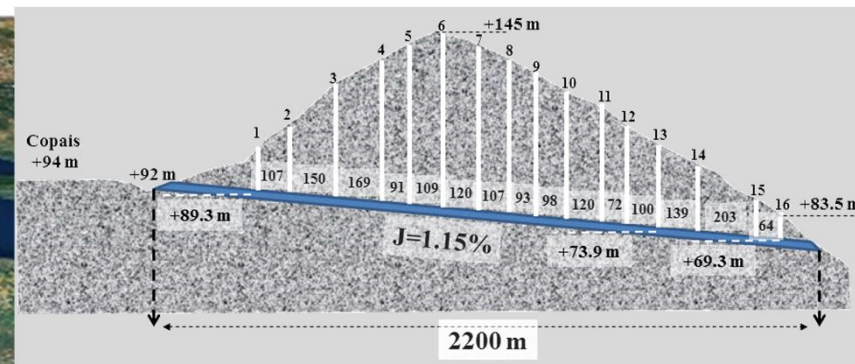
Αποστραγγιστικά έργα Κωπαΐδας

Εκροπή Β. Κηφισού & Μέλανα προς τις καταβόθρες από τους Μινύες (12^{ος} αιώνας π.Χ.)



Ανάχωμα

Έργο εκτροπής & τεχνητό κανάλι

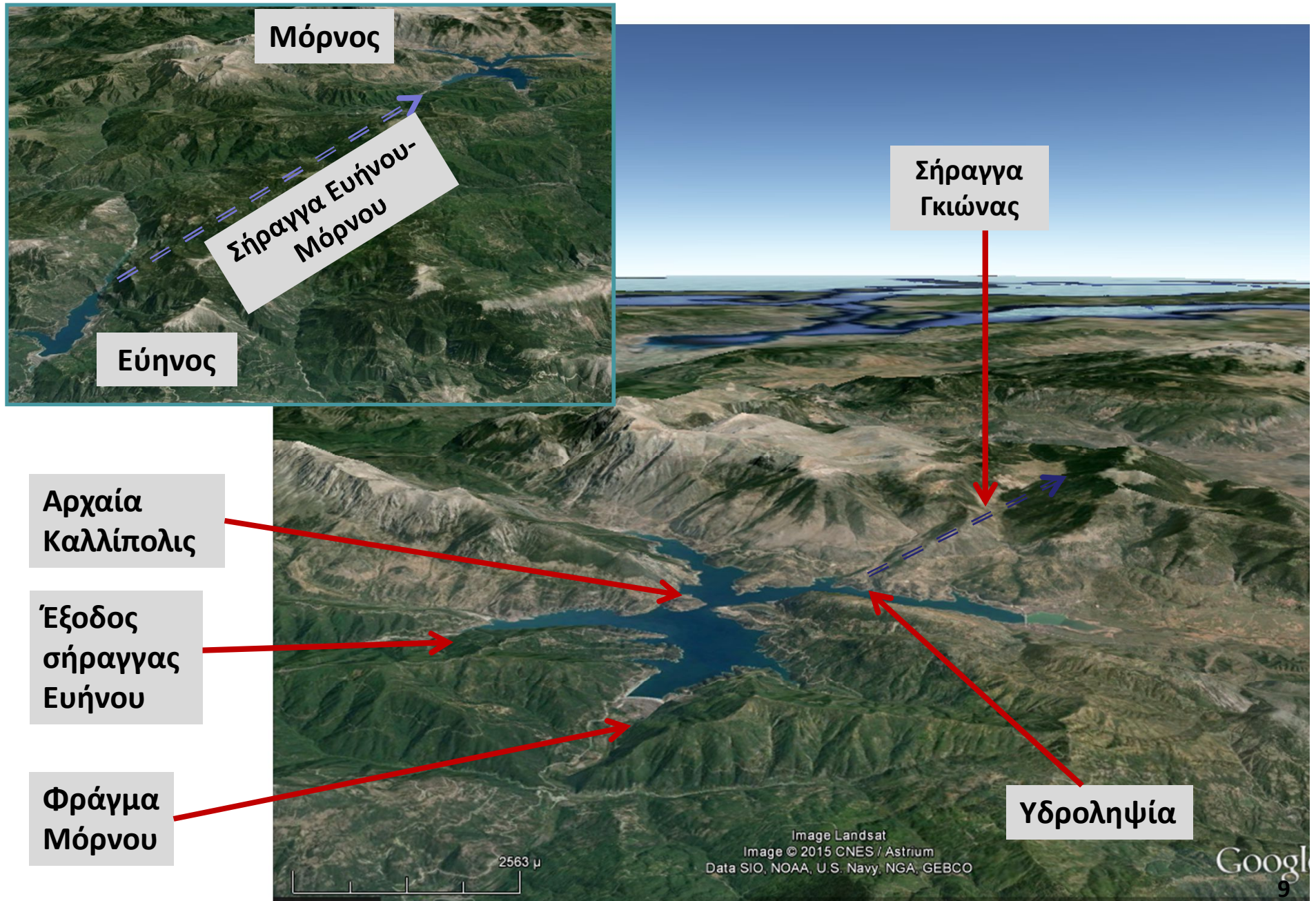


Υπόγεια σήραγγα εκτροπής προς τον Ευβοϊκό Κόλπο (ημιτελής)

Καταβόθρες

Κωπαΐδα (ελάχιστη επιφάνεια κατάκλυσης)

Ταμιευτήρες Ευήνου και Μόρνου



Χαρακτηριστικά φράγματος και ταμιευτήρα Ευήνου

Τεχνικά χαρακτηριστικά φράγματος

- Τύπος φράγματος: χωμάτινο, με αδιαπέρατο αργιλικό πυρήνα
- Λοιπά χαρακτηριστικά: φίλτρο κατάντη του πυρήνα, στραγγιστήρια από χάλικες στο ανάντη σώμα, προστατευτική λιθορριπή στην ανάντη πλευρά
- Μέγιστο ύψος φράγματος: 107 m
- Μέγιστο ύψος από τη θεμελίωση: 127 m
- Μήκος στέψης: 640 m
- Πλάτος στέψης: 10 m
- Μέγιστο πλάτος με βάση: 610 m
- Υψόμετρο στέψης: +519 m
- Ανώτατη στάθμη πλημμύρας: +517 m
- Κλίσεις πρανών: ανάντη 1:2.3, κατάντη 1:2
- Όγκος υλικού φράγματος: 14 hm³
- Στάθμη υπερχειλίσης: +505 m
- Παροχή υπερχειλιστή: 400 m³/s
- Παροχή εκκενωτή πυθμένα: 100 m³/s
- Κατώτατη στάθμη εκκένωσης: χαμηλή είσοδος +430 m, υψηλή είσοδος: +450 m

Χαρακτηριστικά μεγέθη ταμιευτήρα

- Επιφάνεια στη στάθμη υπερχειλίσης: 3.6 km²
- Έκταση λεκάνης απορροής: 351.9 km²
- Μέση ετήσια βροχόπτωση: 1219 mm
- Μέση ετήσια απορροή: 276 hm³
- Μέγιστη χωρητικότητα: 137.6 hm³
- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος: 113.0 hm³
- Κανονική στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: +458.3 m (κατώτατη στάθμη)
- Ελάχιστη στάθμη υδροληψίας: +444.7 m
- Στάθμη εισόδου σήραγγας Ευήνου-Μόρνου: +435.0 m

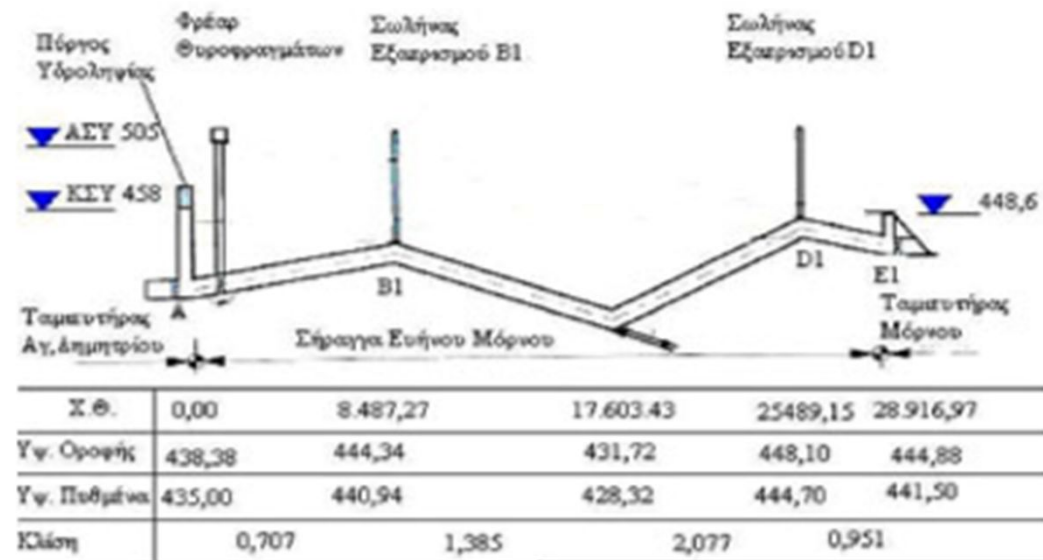
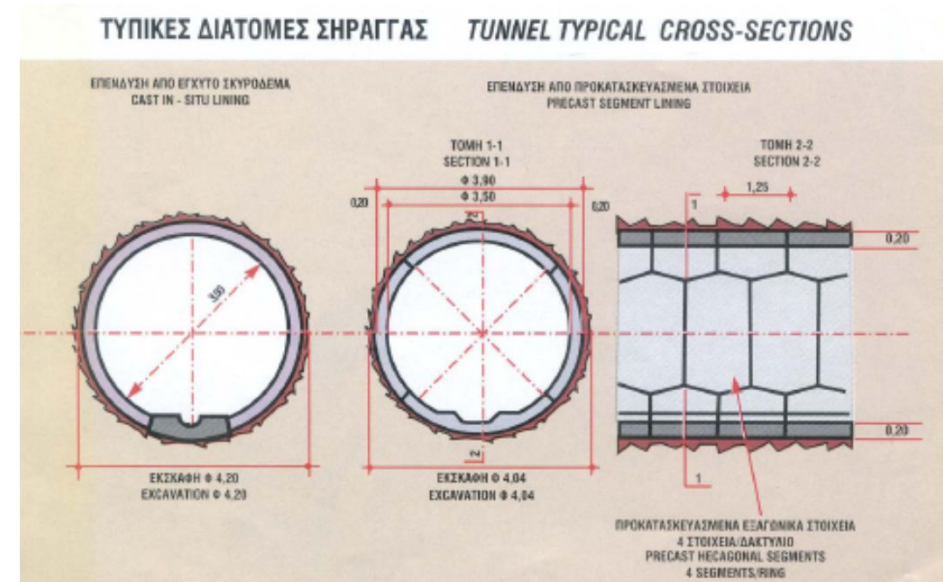


Σήραγγα Ευήνου-Μόρνου

Η σήραγγα έχει μήκος 29.4 km και εσωτερική διάμετρο 3.5 m. Οι κύριοι γεωλογικοί σχηματισμοί κατά μήκος της είναι λεπτοκοκκώδης φλύσχης (30%), χαοτικός και ψαμμιτικός φλύσχης (40%), ασβεστόλιθος του Άνω Κρητιδικού (20%), και μεταβατικές ζώνες και αργιλικός σχιστόλιθος (10%).

Η διάνοιξη της σήραγγας έγινε συγχρόνως από τέσσερα μηχανήματα ολομέτωπης κοπής (TBM), δύο από τα άκρα της (AB1, E1D1) και δύο από ενδιάμεση πρόσβαση (CB1, CD1). Η διάνοιξη των δύο ακραίων τμημάτων έγινε από δύο μηχανήματα TBM χωρίς ασπίδα, η αντιστήριξη με τη Νέα Αυστριακή Μέθοδο, ενώ ακολούθησε επένδυση της σήραγγας από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η διάνοιξη των δύο ενδιάμεσων τμημάτων CB1 και CD1 έγινε από δύο μηχανήματα TBM με διπλή ασπίδα, ακολουθούμενα από μηχανήματα τοποθέτησης της επένδυσης από προκατασκευασμένα στοιχεία.



Χαρακτηριστικά φράγματος και ταμιευτήρα Μόρνου

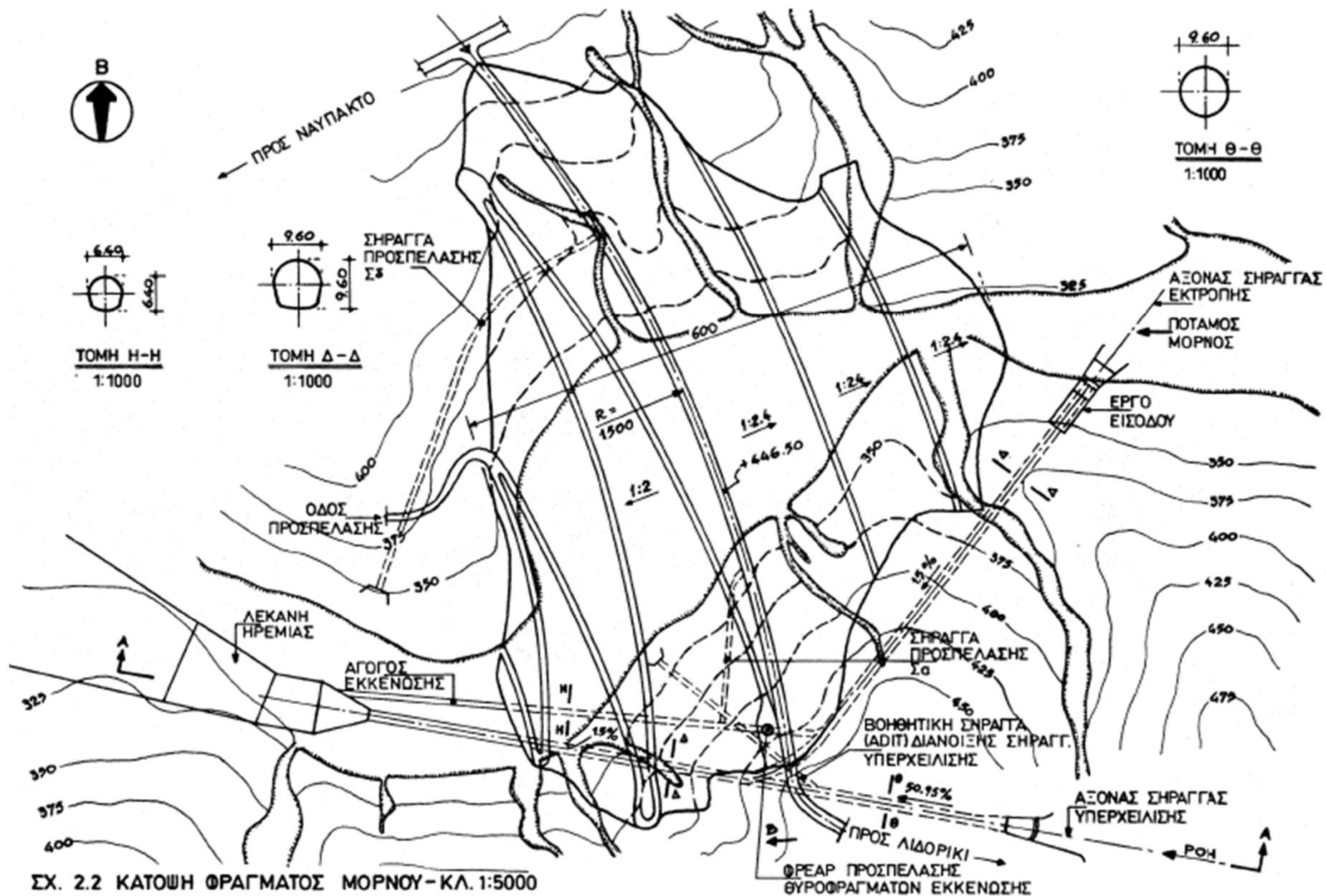
Τεχνικά χαρακτηριστικά φράγματος

- Τύπος φράγματος: χωμάτινο, με αδιαπέρατο πυρήνα
- Κλίσεις πρανών ανάντη: 1:2.4 (με αναβαθμούς)
- Κλίσεις πρανών κατόντη: 1:2.0 (με αναβαθμούς)
- Υψόμετρο θεμελίωσης: +307.5 m
- Μέγιστο ύψος φράγματος: 126 m
- Μέγιστο ύψος από τη θεμελίωση: 139 m
- Μήκος στέψης: 825 m
- Πλάτος στέψης: 10 m
- Μήκος στη βάση: 250 m
- Μέγιστο πλάτος με βάση: 595 m
- Ακτίνα καμπυλότητας: 1500 m
- Όγκος φράγματος: 17 hm³
- Τύπος υπερχειλιστή: μετωπικός χωρίς θυροφράγματα, με σήραγγα διαμέτρου 9.60 m και μήκους 495 m
- Υψόμετρο στέψης υπερχειλιστή: +435 m
- Ανώτατη στάθμη πλημμύρας: +443.65 m
- Μέγιστη παροχή υπερχειλιστή: 1135 m³/s
- Μέγιστο ύψος ανάσχεσης πλημμύρας σχεδιασμού: 8.65 m
- Μέγιστη παροχή εκκενωτή πυθμένα: 400 m³/s

Χαρακτηριστικά μεγέθη ταμιευτήρα

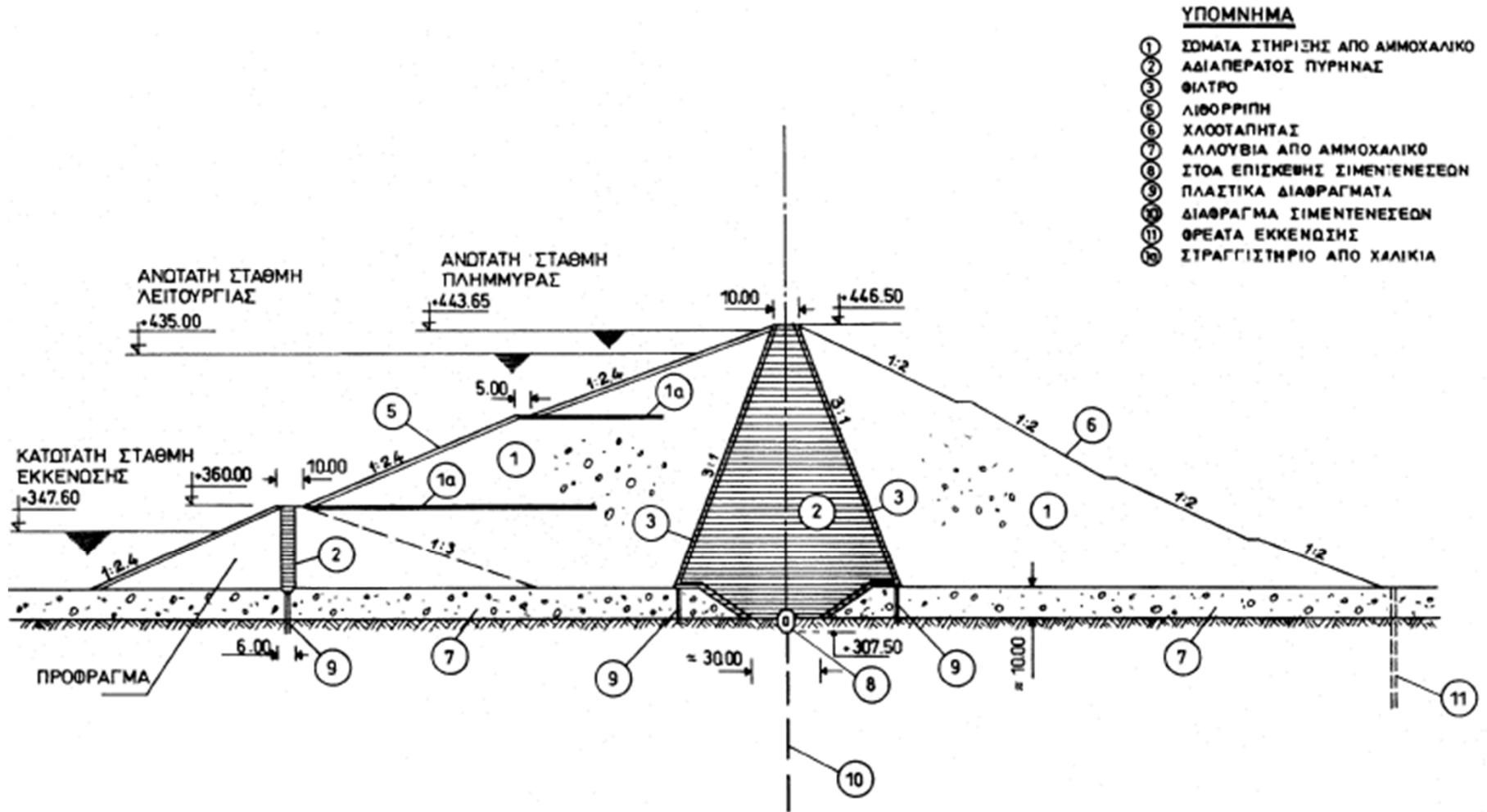
Έκταση λεκάνης απορροής: 588 km²
Μέσο υψόμετρο λεκάνης: 1.082 m.
Μέση ετήσια βροχόπτωση: 948 mm
Τυπική απόκλιση: 98 mm
Μέση ετήσια εισροή: 234 hm³
Κατώτατη στάθμη υδροληψίας: +377 m
Κατώτατη στάθμη εκκένωσης: +374.6 m
Κανονική στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: +394 m
Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: + 378 m
Μέγιστη χωρητικότητα: 764 hm³
Μέγιστος ωφέλιμος όγκος: 630 hm³
Μέγιστος ωφέλιμος όγκος (με άντληση): 722 hm³
Μέγιστη επιφάνεια στη στάθμη υπερχείλισης: 19.9 km²

Φράγμα Μόρνου



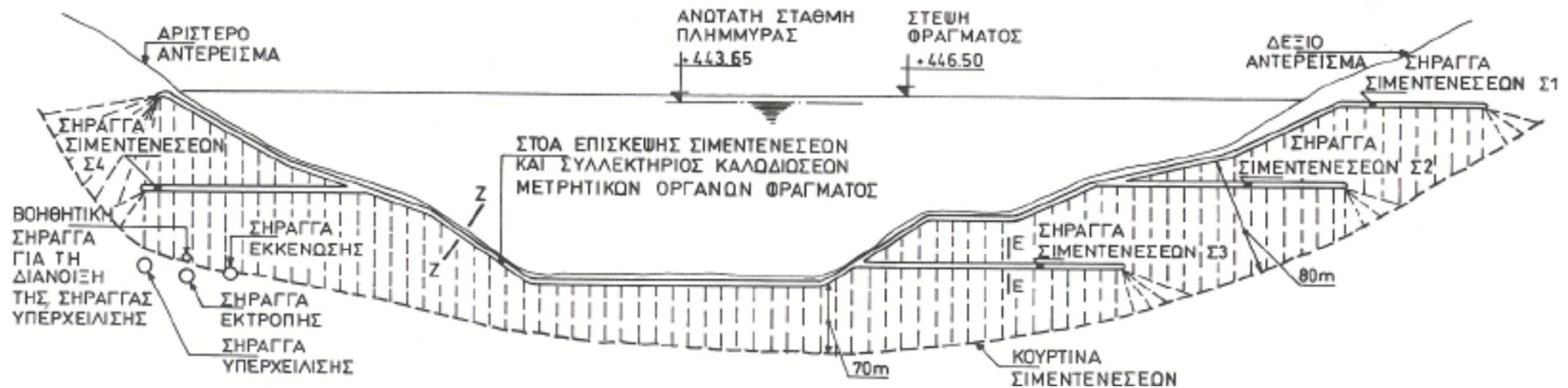
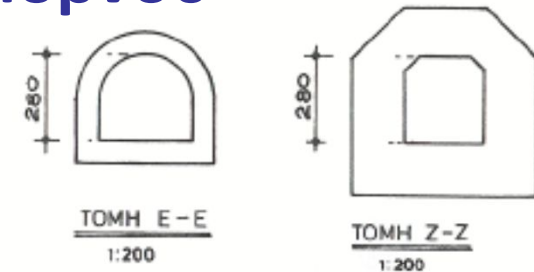
ΣΧ. 2.2 ΚΑΤΩΣΗ ΘΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ-ΚΛ. 1:5000

Διατομή φράγματος Μόρνου

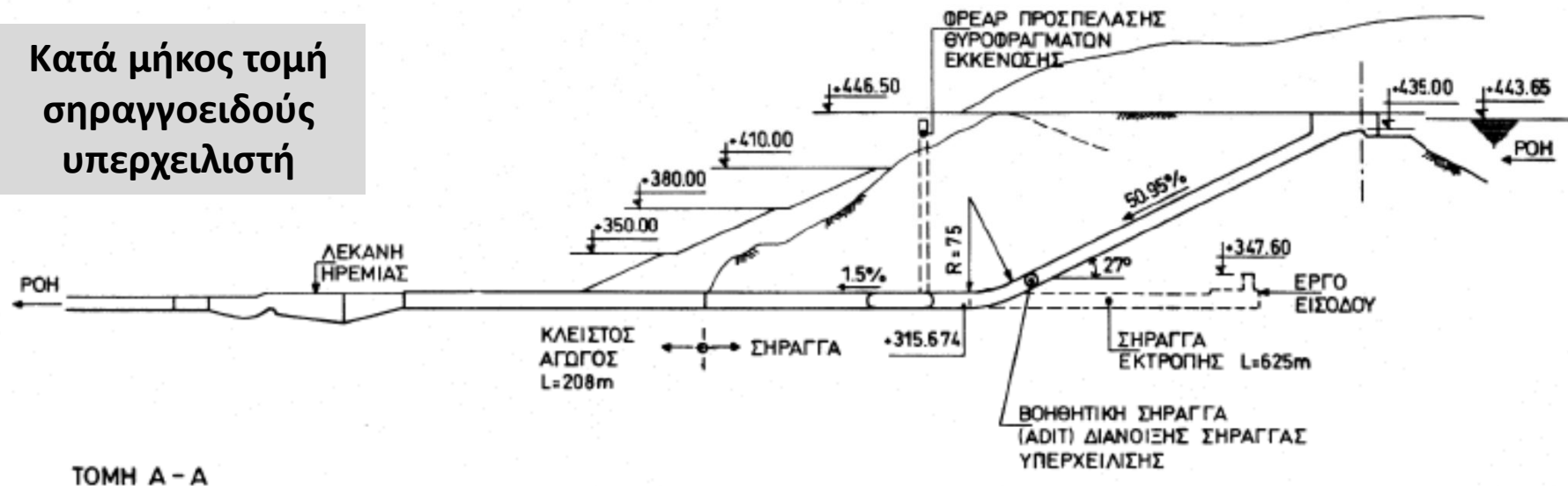


Τυπικές τομές φράγματος Μόρνου

Κατά μήκος τομή στη
στέψη του φράγματος

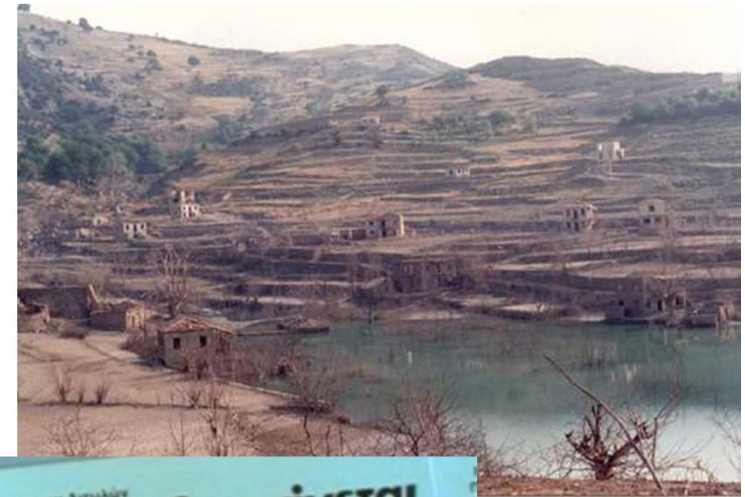


Κατά μήκος τομή
σηραγγοειδούς
υπερχειλιστή



Κάτω από τη λίμνη: Κάλλιο-Καλλίπολις

Στο βυθό της λίμνης του Μόρνου βρίσκεται θαμμένο το χωριό Κάλλιο, το οποίο κατακλύστηκε από τα νερά της τεχνητής λίμνης το 1980. Στην ίδια θέση βρισκόταν η αρχαία Καλλίπολις ή Κάλλιον, η ανατολικότερη Αιτωλική πόλη, κέντρο της κοινότητας των Καλλιέων και πιθανότατα ολόκληρου του αιτωλικού έθνους των Οφιονέων. Το Κάλλιον κατοικήθηκε από τα γεωμετρικά χρόνια αλλά μόλις τον 4^ο αιώνα π.Χ. ιδρύθηκε ως αστικό κέντρο, όπως συνέβη και με τις άλλες αιτωλικές πόλεις, που άρχισαν να οργανώνονται στην πολιτική ομοσπονδία της Αιτωλικής Συμπολιτείας. Η νέα πόλη προστατεύθηκε με τείχος και σε αυτή συγκεντρώθηκαν οι θρησκευτικές, οικονομικές και πολιτικές δραστηριότητες των αγροτικών οικισμών. Οι κάτοικοί της, οι Καλλιείς, αναφέρονται από το Θουκυδίδη (3.96.3) ως το ανατολικότερο μέρος της αιτωλικής φυλής των Οφιονέων, ενώ ο Πausanias (10.22.6) και ο Στέφανος Βυζάντιος (που ονομάζει την πόλη Σόλλιον και Φάκιον) αναφέρουν το Κάλλιον ως την πρωτεύουσά τους. Στην ελληνιστική περίοδο, σύμφωνα με επιγραφικές μαρτυρίες, η πόλη ονομαζόταν Καλλίπολις.



Κάτω από τη λίμνη: Κάλλιο-Καλλίπολις

Το Κάλλιον βρισκόταν σε στρατηγική θέση κοντά στη δίοδο της κοιλάδας του Άνω Δάφνου και στο πέρασμα του «Στενού», που αποτελούσαν τον μοναδικό δρόμο από τη Θεσσαλία και την κοιλάδα του Σπερχειού προς το εσωτερικό της Αιτωλίας και τη Ναύπακτο. Το δρόμο αυτό ακολούθησαν και οι Γαλάτες το 279 π.Χ. κατά την εισβολή τους στην Αιτωλία, που κατέληξε στην άλωση και καταστροφή του Καλλίου και στις θηριωδίες σε βάρος των κατοίκων του, αλλά και στη φοβερή εκδίκηση των Αιτωλών (Παυσ. 10.22.3-7). Μετά τη γαλατική επιδρομή, οι Καλλιεείς ανοικοδόμησαν την πόλη τους και κατάφεραν να έχουν ενεργή συμμετοχή στα ιστορικά γεγονότα. Μετά τα μέσα του 2^{ου} αιώνα π.Χ. το Κάλλιο εξαφανίζεται από τις πηγές και μόνο τον 9^ο αιώνα μ.Χ. αναφέρεται ως έδρα του επισκόπου το Λιδορίκι, που διαδέχθηκε το Κάλλιο ως διοικητικό κέντρο της ορεινής Δωρίδας.

Σήμερα, μετά τις ανασκαφές που πραγματοποιήθηκαν τα έτη 1977-1979 από τον καθηγητή Π. Θέμελη, τα δημόσια κτίσματα της πόλης και τα νεκροταφεία έχουν κατακλυσθεί από τα νερά της τεχνητής λίμνης του Μόρνου. Από το αρχαίο Κάλλιον διατηρήθηκε η τειχισμένη ακρόπολη, όπου κατέφευγαν οι κάτοικοι για την προστασία τους από εξωτερικές επιθέσεις και επιδρομές. Ο οχυρωματικός περίβολος, πολλά μέρη του οποίου διατηρούνται σε ύψος μεγαλύτερο από αυτό των θεμελίων, χρονολογείται στον 4^ο και στον 3^ο αιώνα π.Χ.. Το συνολικό του μήκος μαζί με το τείχος της ακρόπολης ξεπερνούσε τα δύο χιλιόμετρα, περισσότερο κατοικημένα όμως ήταν τα χαμηλότερα μέρη του λόφου. Από την αρχαία πόλη αποκαλύφθηκαν τμήματα του τείχους, τα δημόσια κτήρια (ναοί, βουλευτήριο, θέατρο, αγορά), ιδιωτικές οικίες και τα νεκροταφεία, αλλά σήμερα κανένα μνημείο δεν είναι ορατό, καθώς ο χώρος έχει κατακλυσθεί από τα νερά της τεχνητής λίμνης του Μόρνου. Τα κινητά ευρήματα των ανασκαφών (αγγεία, νομίσματα, ψηφιδωτά, κοσμήματα, επιγραφές) εκτίθενται στην Αρχαιολογική Συλλογή Λιδορικού.

Πηγή: Α. Τσαρούχα, αρχαιολόγος



Σίφωνας
Άμφισσας



ΥΗΣ Γκιώνας & σίφωνας Άμφισσας



Υδροηλεκτρικός σταθμός Γκιώνας

Ο ΥΗΣ Γκιώνας (ανήκει στη ΔΕΗ) βρίσκεται στο νομό Φωκίδας, κοντά στην πόλη της Άμφισσας. Αξιοποιεί μέρος της διερχόμενης παροχής στη σήραγγα μεταφοράς πόσιμου νερού της ΕΥΔΑΠ.

Ο ΥΗΣ είναι κλειστός, υπέργειος και περιλαμβάνει μία μονάδα Francis κατακόρυφου άξονα με ονομαστική ισχύ 8.67 MW και σύγχρονη γεννήτρια ονομαστικής ισχύος 9.4 MVA και τάσης 6.3 kV. Η τάση μετασχηματίζεται στα 150 kV και συνδέεται στη γραμμή Λαμίας-Αλουμινίου.

Η παροχή λειτουργίας του ΥΗΣ Γκιώνας κυμαίνεται από 7.8 ως 14.5 m³/s, και το ύψος πτώσης του από 30.0 ως 66.1 m.

Το έργο είναι σε λειτουργία από το 1987 και έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 34 GWh.



Δελφοί και Μαραθώνας

Θησαυρός των Αθηναίων στους Δελφούς που κτίστηκε για τη νίκη τους επι των Περσών στον Μαραθώνα (490 π.Χ.)

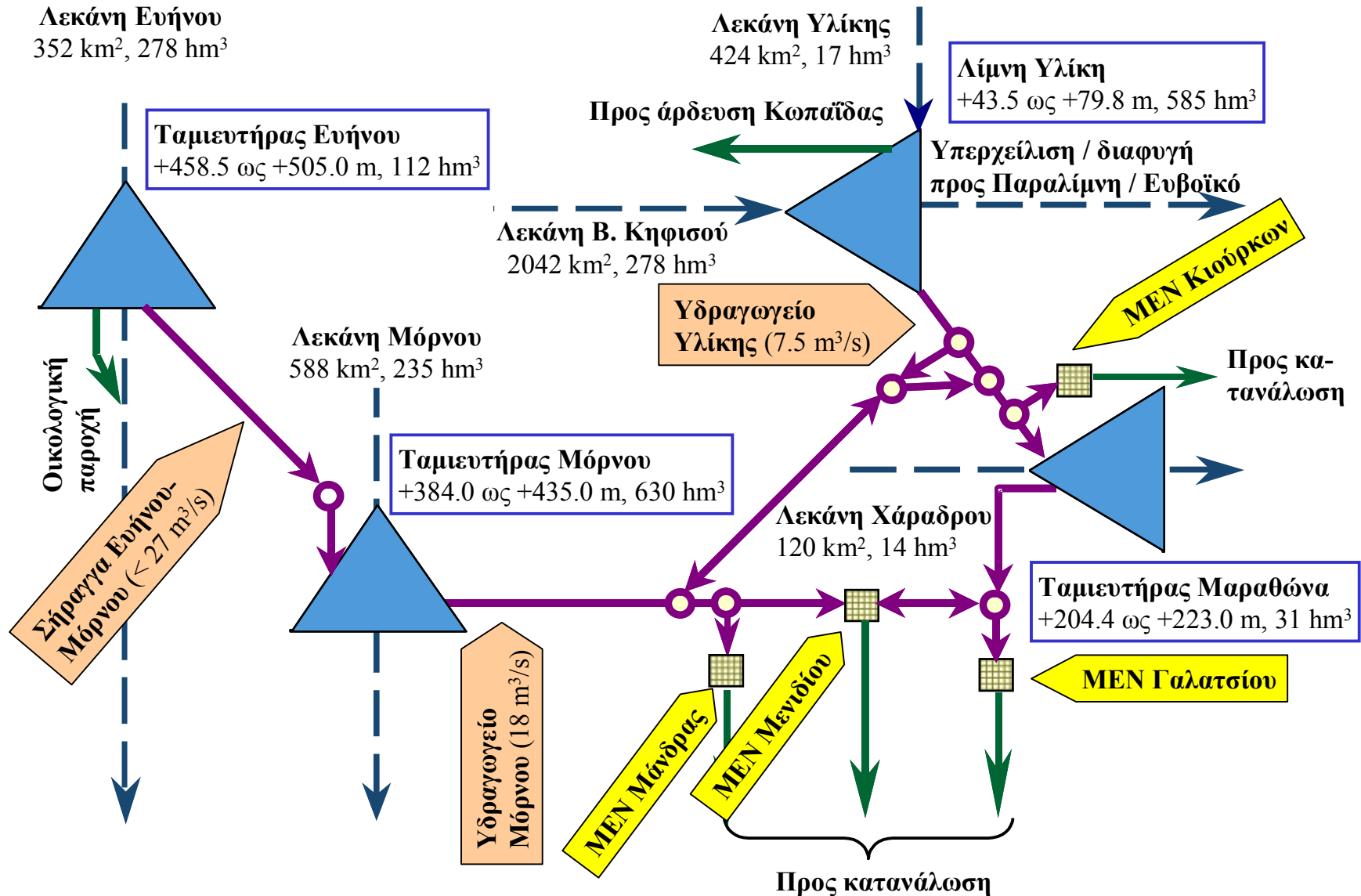


Αντίγραφο του Θησαυρού των Αθηναίων στους Δελφούς που κατασκευάστηκε στην έξοδο των εκκενωτή πυθμένα του φράγματος Μαραθώνα. Συμβολίζει τη νίκη των σύγχρονων Αθηναίων ενάντια στη λειψυδρία.



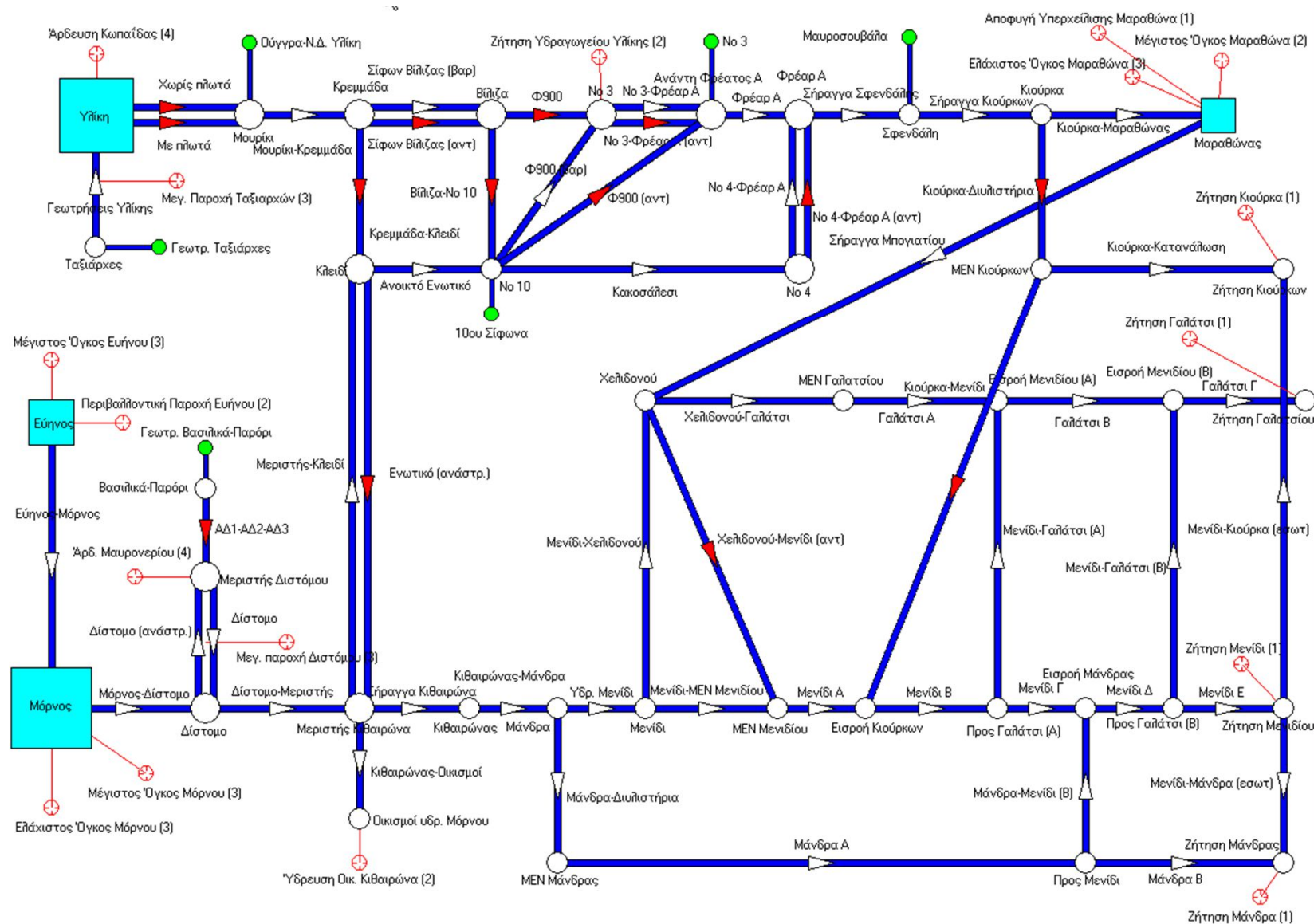
Διαχείριση υδροδοτικού συστήματος Αθήνας

Σχηματική απεικόνιση υδροσυστήματος



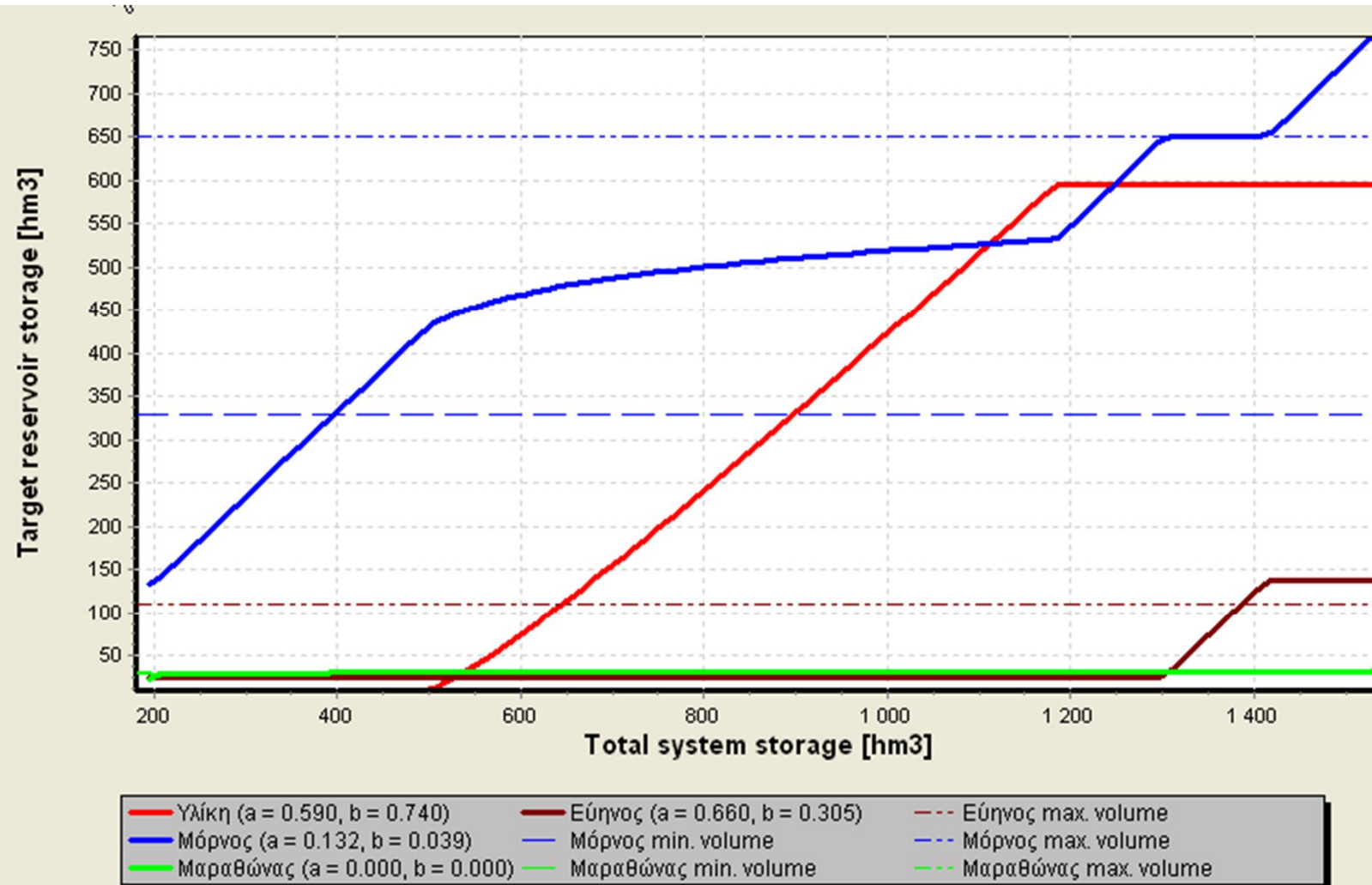
Διαχείριση υδροδοτικού συστήματος Αθήνας

Προσομοίωση και βελτιστοποίηση υδροδοτικού συστήματος με χρήση του λογισμικού ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ



Διαχείριση υδροδοτικού συστήματος Αθήνας

Κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων



Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λιβαδειάς

