



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΠΡΟΓΡ. ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ»

**Συστήματα πρόβλεψης και έγκαιρης
προειδοποίησης βροχοπτώσεων και
Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)**

Αγγελίδης Π., Καθηγητής

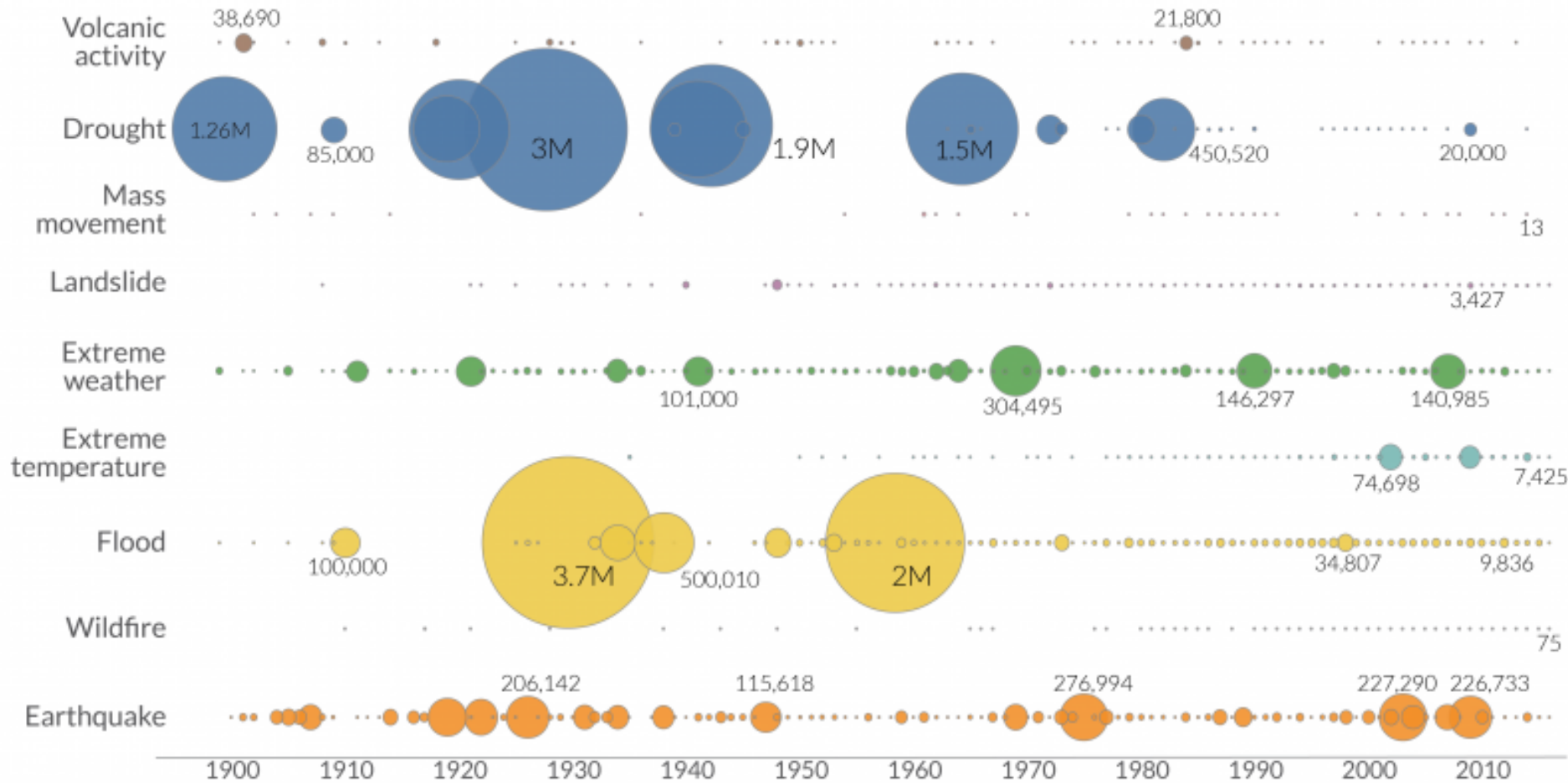
**EVROFLOODS και σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης λεκάνης απορροής
ποταμού Άρδα του διακρατικού προγράμματος ARDAFORECAST**

Απώλειες ανθρώπινων ζωών παγκοσμίως από φυσικές καταστροφές 1900-2016

Our World
in Data

Global deaths from natural disasters (1900-2016)

The size of the bubble represents the total death count per year, by type of disaster.

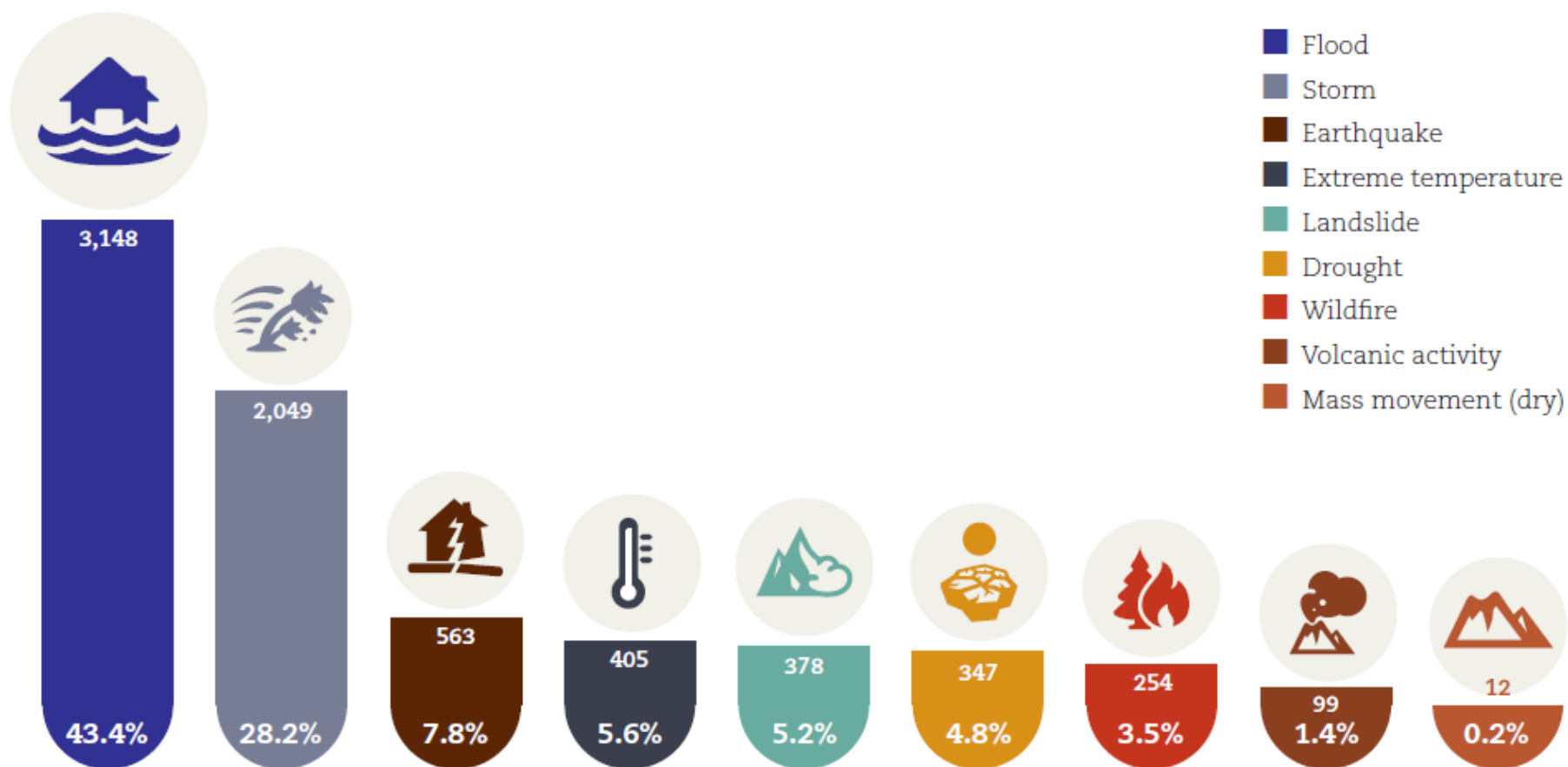


Data source: EMDAT (2017): OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain - Brussels - Belgium.
OurWorldInData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

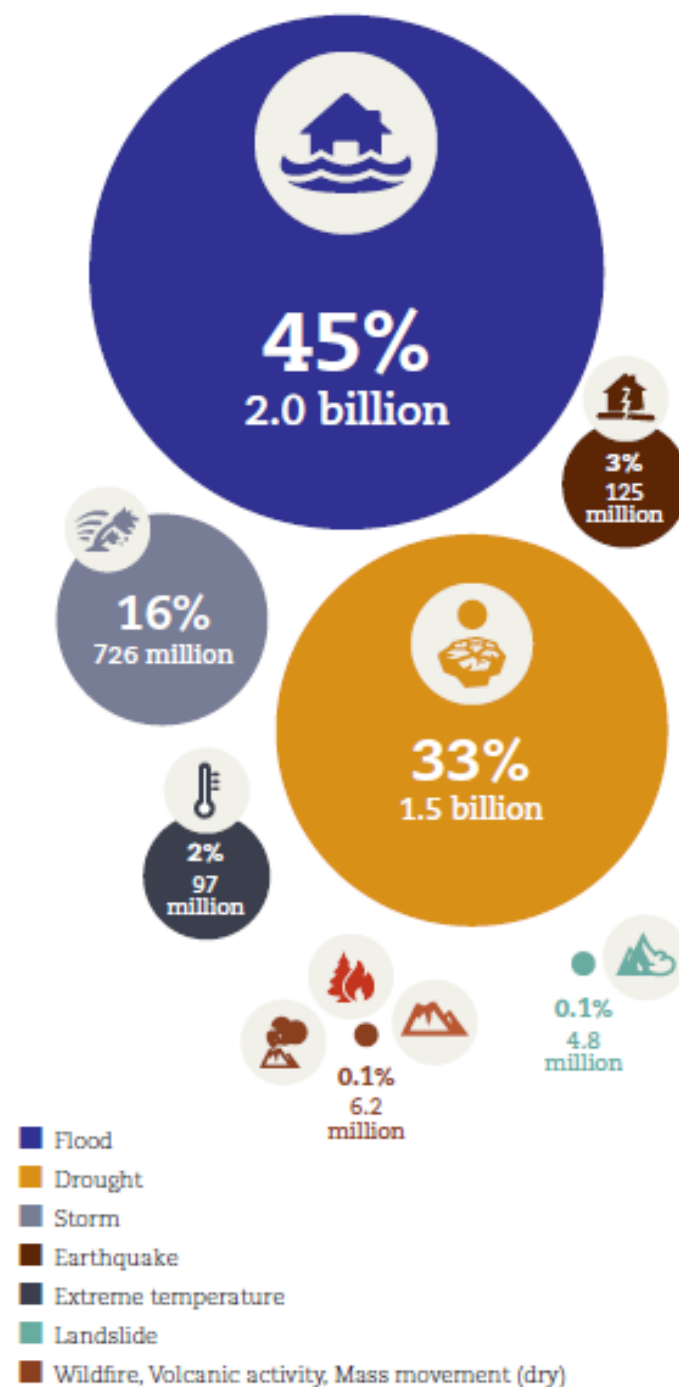
Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Πηγή: <https://ourworldindata.org/natural-disasters#number-of-deaths-by-type-of-natural-disaster>

Αριθμός φυσικών καταστροφών κατά τύπο 1998-2017

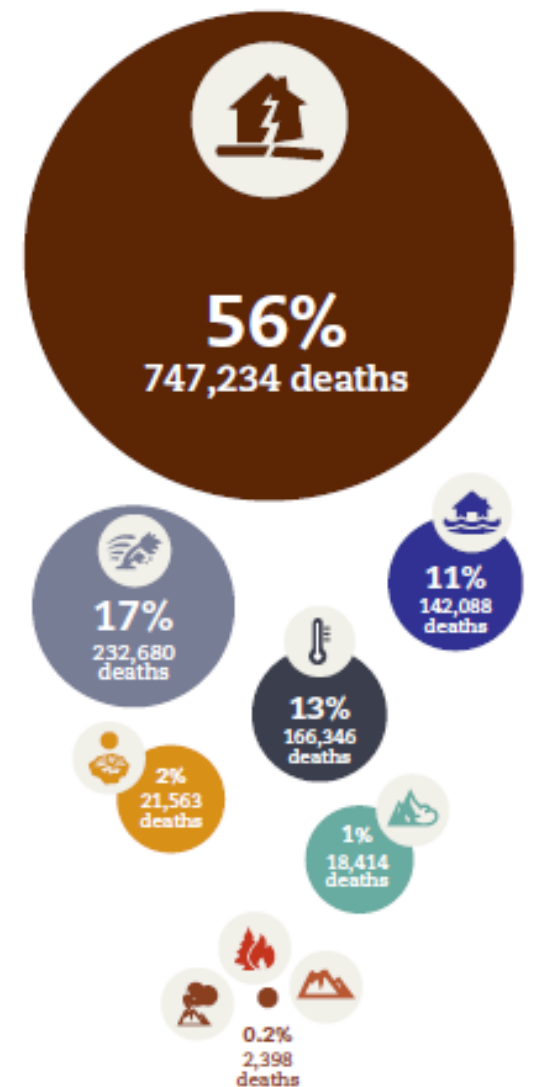


Αριθμός ανθρώπων που επηρεάστηκαν από φυσικές καταστροφές κατά τύπο 1998-2017



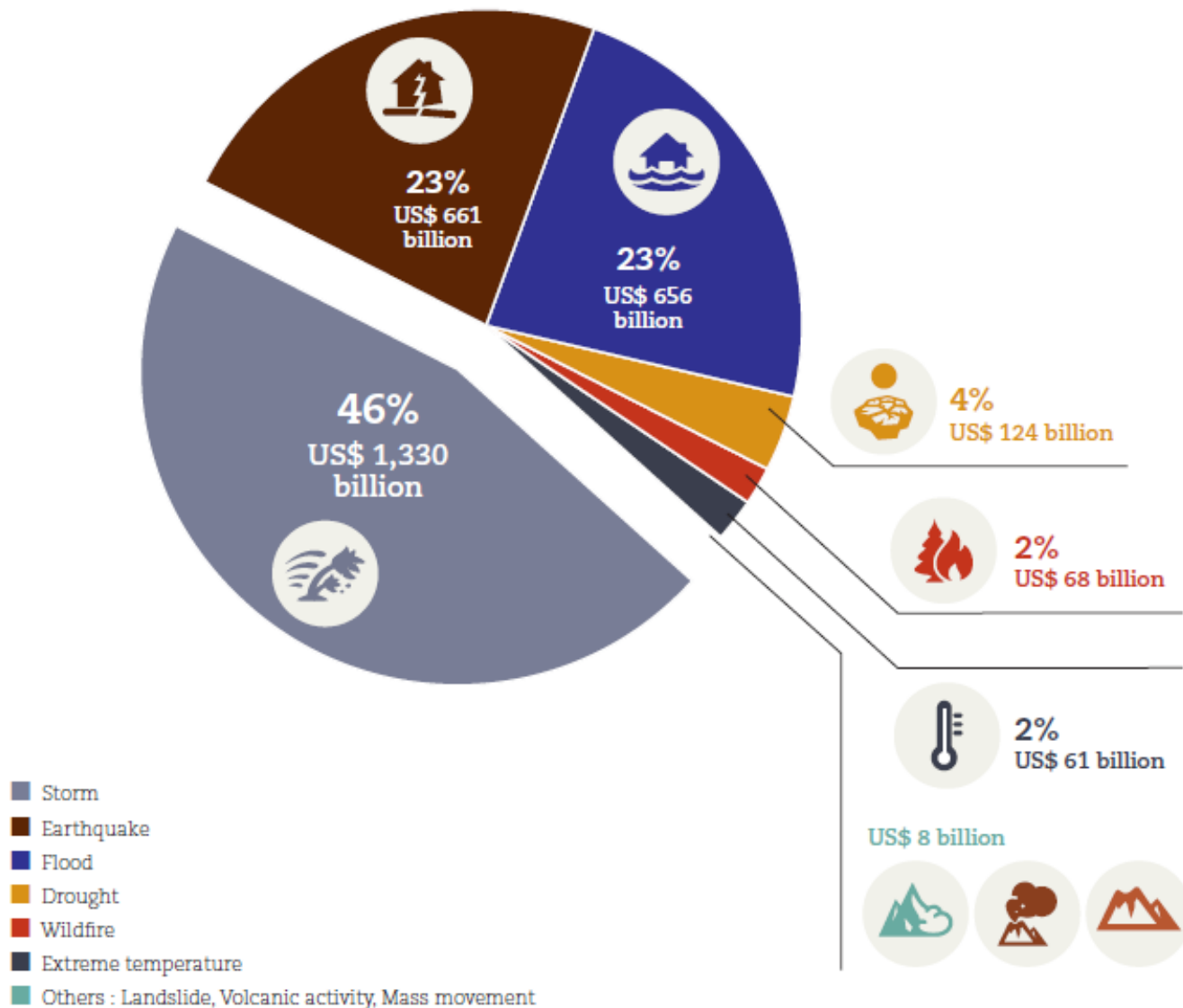
Πηγή: ΗΝΩΜΕΝΑ ΕΘΝΗ: UNISDR – The UN Office
for Disaster Risk Reduction

Αριθμός θανάτων ανθρώπων από φυσικές καταστροφές κατά τύπο 1998-2017



- Earthquake
- Storm
- Extreme temperature
- Flood
- Drought
- Landslide
- Wildfire, Volcanic activity, Mass movement (dry)

Οικονομικές απώλειες σε US\$ από φυσικές καταστροφές κατά τύπο 1998-2017



Πηγή: ΗΝΩΜΕΝΑ ΕΘΝΗ: UNISDR – The UN Office for Disaster Risk Reduction

Διακρατικές υδρολογικές λεκάνες και ποταμοί

- Οι ποταμοί δεν αναγνωρίζουν και ούτε ακολουθούν τα πολιτικά σύνορα
- 148 χώρες μοιράζονται διακρατικές υδρολογικές λεκάνες
- Υπάρχουν 276 διακρατικές υδρολογικές λεκάνες:
 - 64 στην Αφρική
 - 60 στην Ασία
 - 68 στην Ευρώπη
 - 46 στη Βόρεια Αμερική
 - 38 στη Νότια Αμερική
- Οι παραπάνω ποταμοί μοιράζονται σε δύο ή περισσότερες χώρες, όπως π.χ. ο Δούναβης που μοιράζεται σε 18 χώρες

Διακρατικές υδρολογικές λεκάνες και ποταμοί

➤ Στην Ελλάδα έχουμε επίσης αρκετούς και μεγάλους διακρατικούς ποταμούς, όπως:

Έβρος

Νέστος

Αώος (Ελλάδα ανάντι χώρα)

Άρδας

Στρυμόνας

Ερυθροπόταμος

Αξιός

➤ Διεθνώς, έχουν θεσπιστεί αρχές (κανόνες) για τη διαχείριση διακρατικών υδάτινων πόρων:

➤ The Berlin Rules (2004)

➤ United Nations Convention on Non-Navigational Uses of International Watercourses (1997)

➤ Helsinki Rules (1966)



Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του ΔΠΘ

Θα παρουσιαστούν στη συνέχεια έρευνα, αποτελέσματα προσομοιώσεων, λογισμικά που έγιναν στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του ΔΠΘ και ειδικότερα στο Εργαστήριο Υδραυλικής

DUTH research group

- **Nikos Kotsovinos, Emeritus Professor, head of the group**
- **Panagiotis Angelidis, Assistant Professor**
- **Fotios Maris, Associate Professor**
- **Ioannis Diamantis, Professor**
- **Fotios Pliakas, Associate Professor**
- **M. Kotsikas, Msc Environmental-Hydroinformatics Engineer**
- **Kyriakos Kopasakis, Ph.D. Civil Engineer**
- **Anastasios Georgoulas, Ph.D. Civil Engineer**
- **Apostolos Vasileiou, Forest Engineer, Ph.D candidate**
- **Ioannis Gkiougkis, Geologist, Ph.D candidate**
- **Malioka Marianthi, Civil Engineer, Ph.D candidate**

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



•Συνολικό εμβαδό λεκάνης απορροής = 53000 km²

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric

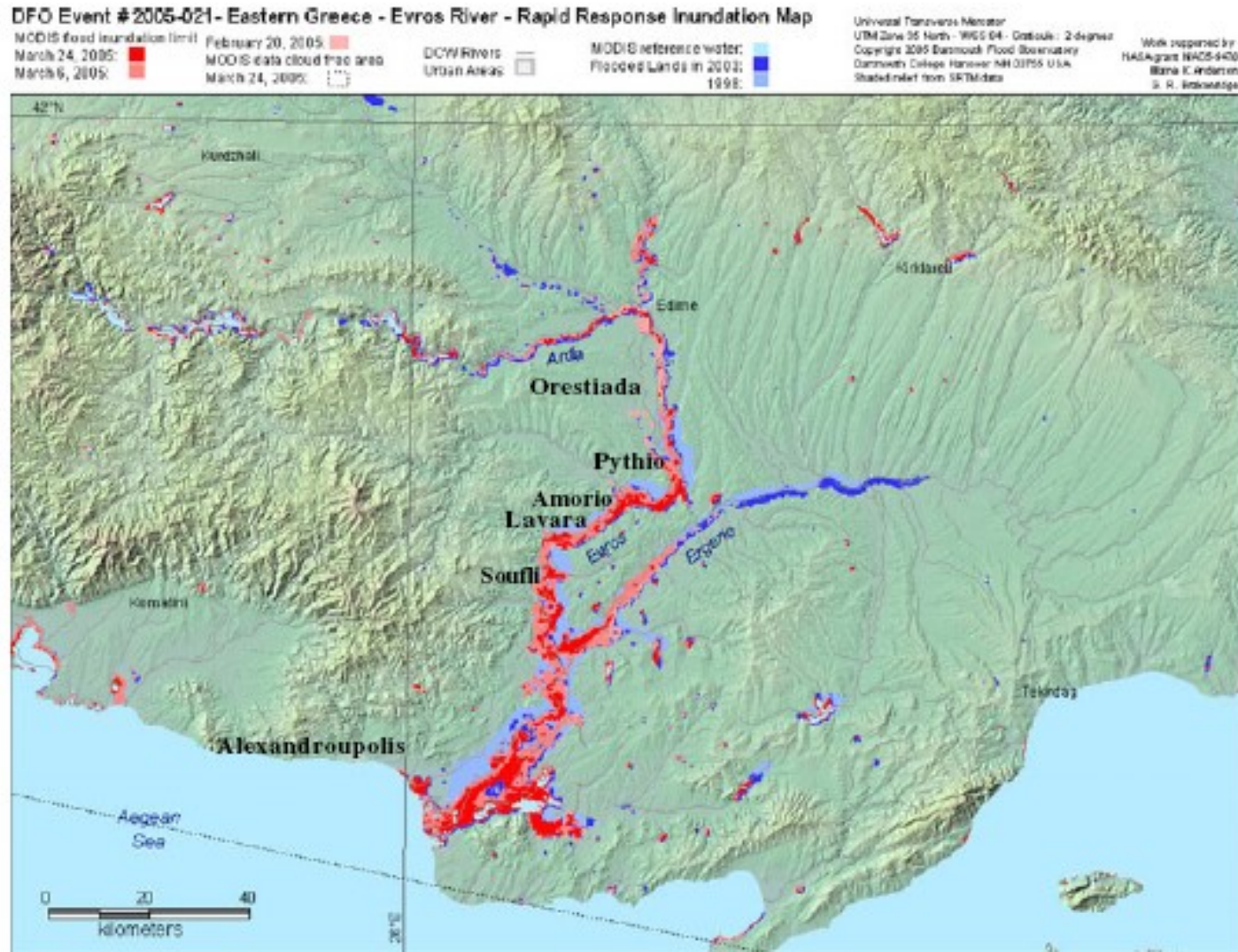


Fig. 2 Evros river inundation map (Darmouth Flood Observatory 2005) for the floods of 20 February 2005, 6 March 2005 and 24 March 2005

Πλημμύρες Φεβ-Μαρ 2005

Διασυννοριακός Ποταμός Έβρος

Περιοχή
Πυθίου



Ο ποταμός Έβρος, στα τελευταία 170 km αποτελεί το σύνορο Ελλάδας – Τουρκίας, σε ένα τελείως πεδινό ανάγλυφο. Η τυπική διατομή του είναι μια διπλή τραπεζοειδής διατομή που διαμορφώνεται από την κύρια (βαθιά) κοίτη και τα εκατέρωθεν αναχώματα σε Ελλάδα και Τουρκία

Διασυνοριακός Ποταμός Έβρος

Περιοχή Σουφλίου



Τα αναχώματα, που έχουν κατασκευαστεί για την προστασία των παρέμβριων οικισμών και των καλλιεργούμενων εκτάσεων, έγιναν με βάση ειδική μελέτη που συνέταξε η αμερικανική εταιρεία Hartza για λογαριασμό των δύο όμορων χωρών, Ελλάδας και Τουρκίας. Τα αντιπλημμυρικά έργα άρχισαν να κατασκευάζονται το 1955. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει από ελληνικής πλευράς την προστασία των οικισμών Ορμενίου, Δικαίων, Ν. Βύσσας, Διδυμοτείχου, Σουφλίου, Λαγυνών, Φυλακτού και Φερρών, καθώς και καλλιεργούμενες εκτάσεις, όπως ο κάμπος της Ορεστιάδας (<https://orestiada.gr/dimos/perivallon/ydatikoi-poroi-stin-perioxi/>)

Διασυννοριακός Ποταμός Έβρος

Περιοχή Λαγυνών



Για την αξιοποίηση όλης της καλλιεργούμενης γης στις παράβριες περιοχές έχουν γίνει και εξακολουθούν να γίνονται αναχώματα ύψους 2 – 3m, τα οποία όμως σε περίπτωση μεγάλης πλημμύρας υπερκαλύπτονται από τα νερά του ποταμού. Οι προστατευόμενες εκτάσεις από τα υπερβλητά αυτά αναχώματα είναι περίπου 110.000στρ. Μεγάλες πλημμύρες που να καλύπτουν τις παραπάνω εκτάσεις εμφανίζονται κάθε 15 – 20 χρόνια. Ωστόσο, από τις πλημμύρες αυτές δεν κινδυνεύουν άμεσα οι παραπάνω οικισμοί, οι οποίοι προστατεύονται από μεγάλα αναχώματα ύψους 3 – 4m (<https://orestiada.gr/dimos/perivallon/ydatikoi-poroi-stin-perioxi/>)

Διασυννοριακός Ποταμός Έβρος

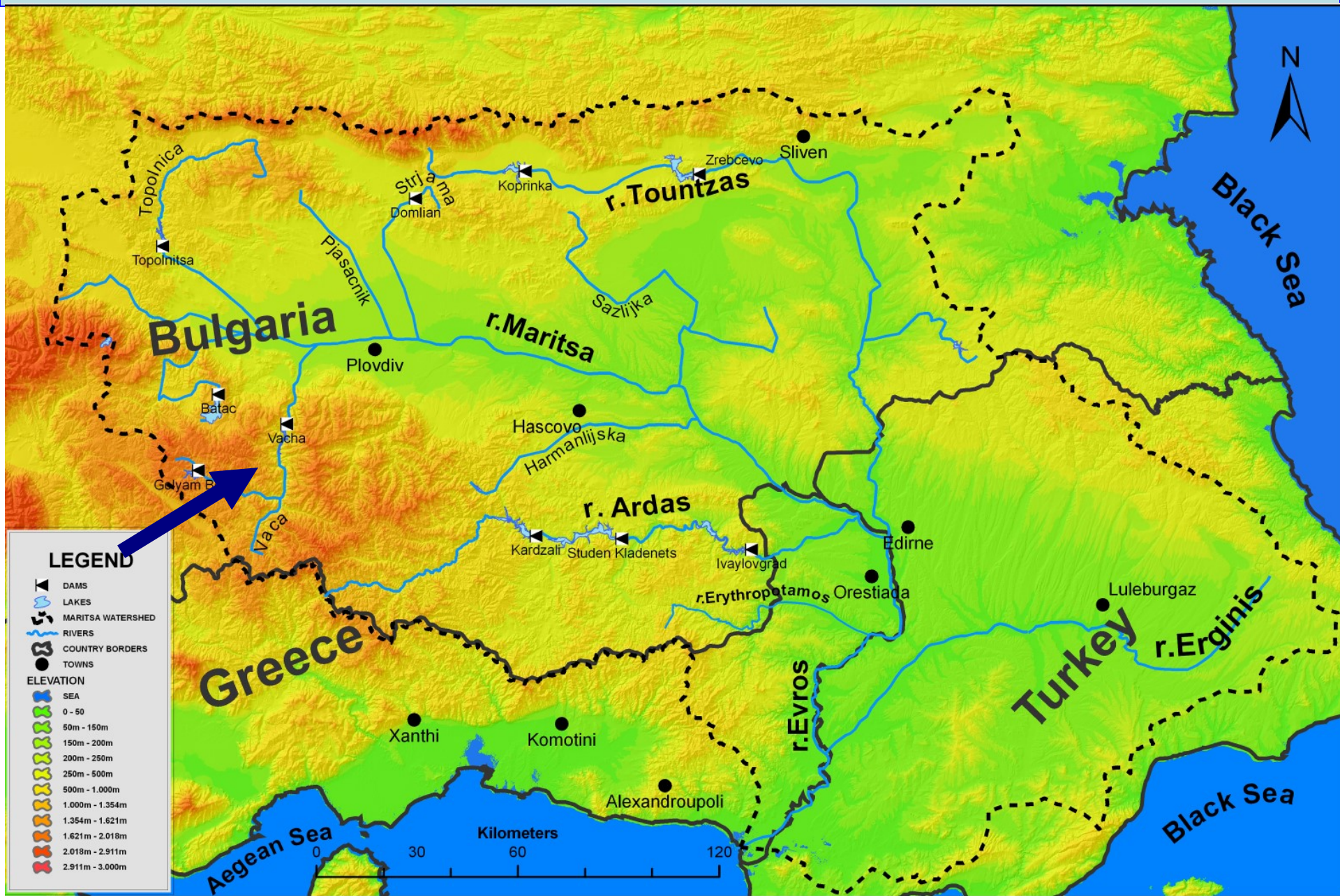
Περιοχή
Λαβάρων

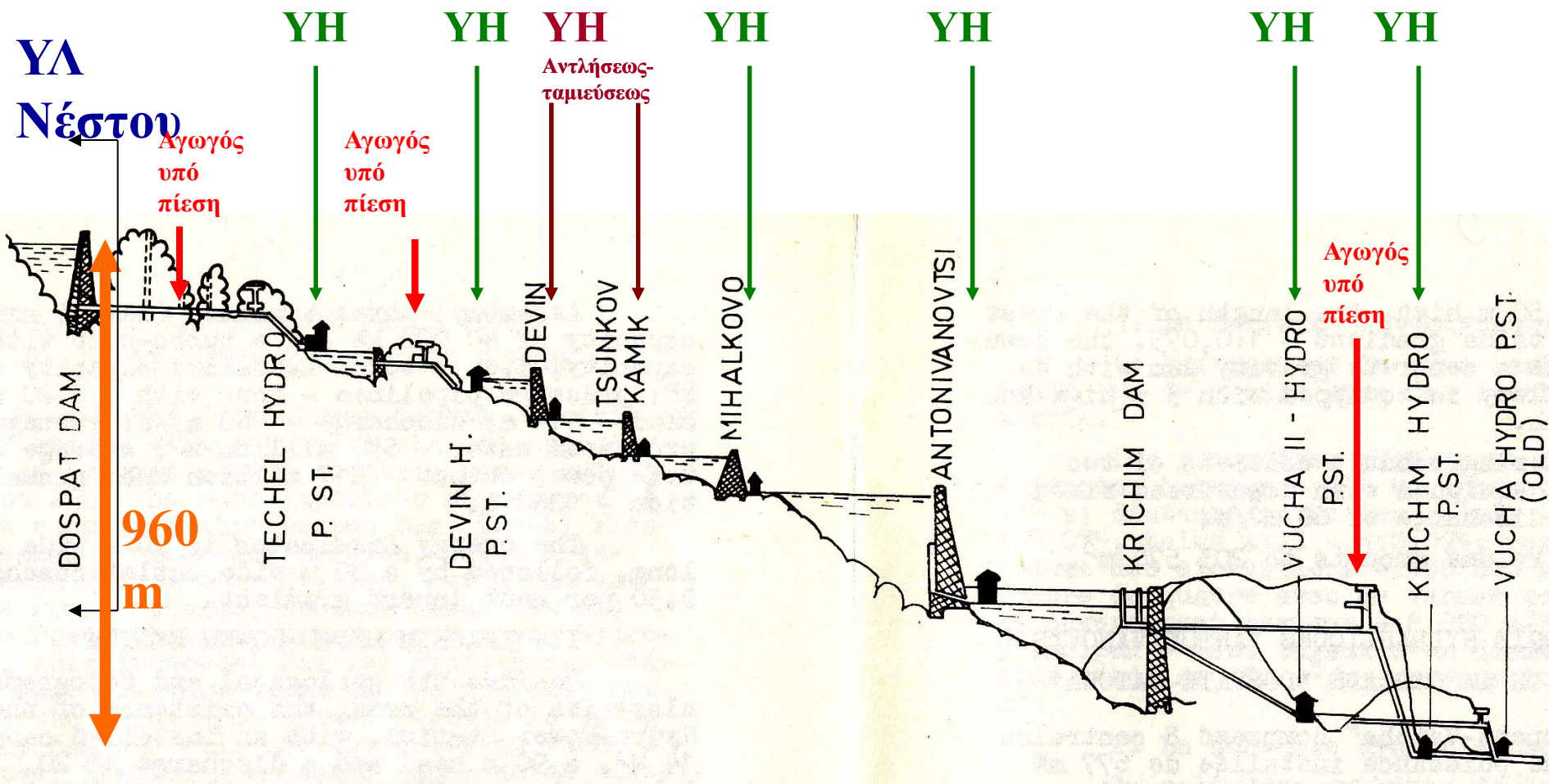


Η κλίση του ποταμού στο τμήμα αυτό είναι εξαιρετικά μικρή:
υψομετρική διαφορά μόλις 50 m στα τελευταία 170 km, ήτοι 0.3 %.

Συγκρότημα DOSPAT – VUCHA

8 φραγμάτων - υδροηλεκτρικών σταθμών





Συγκρότημα Dospat-Vucha

8 YH σταθμοί

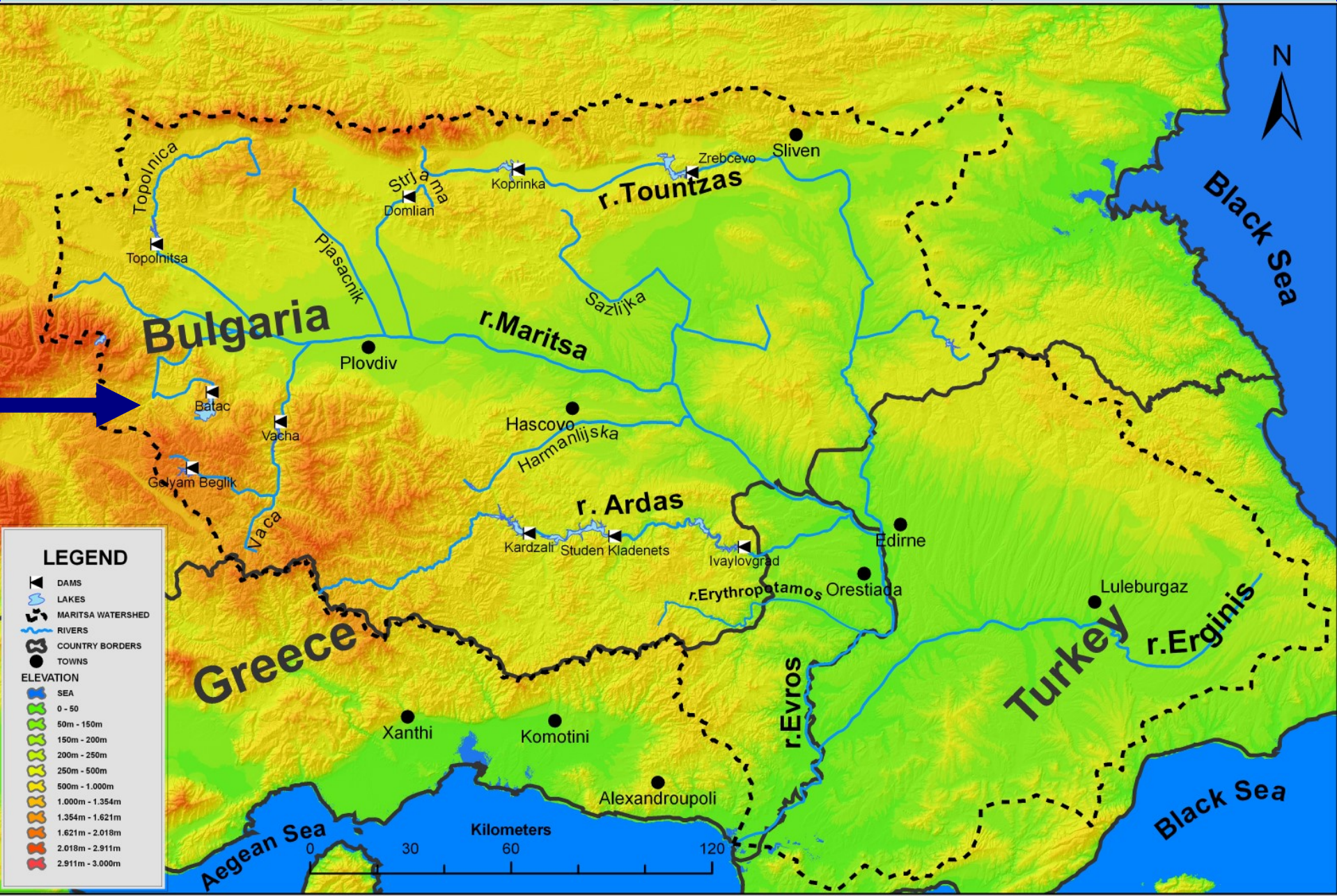
677 MW εγκατεστημένη ισχύς

1124 εκ.KWh ετήσια παραγωγή

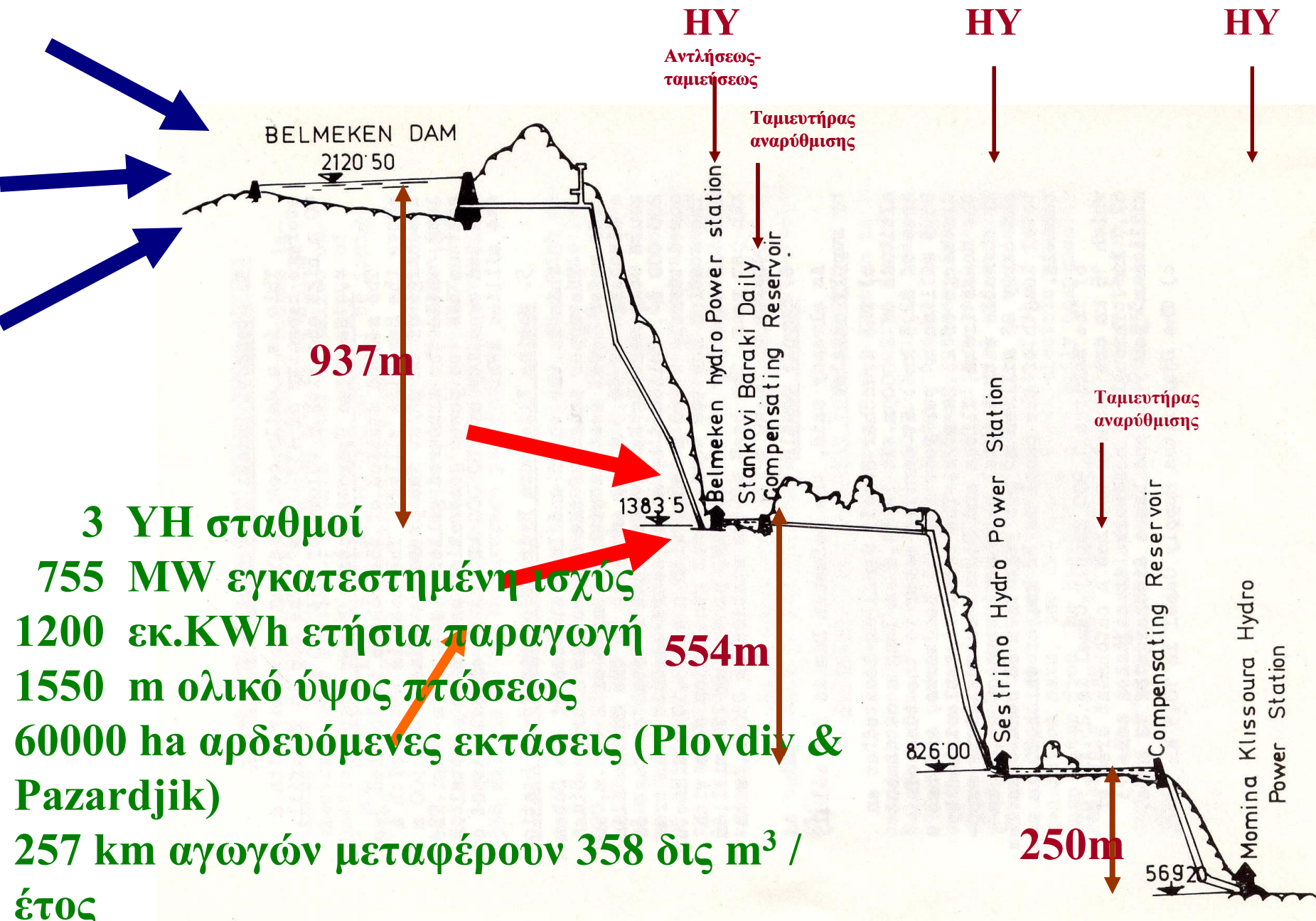
960 m ολικό ύψος πτώσεως

Συγκρότημα BELMEKEN – SESTRIMO

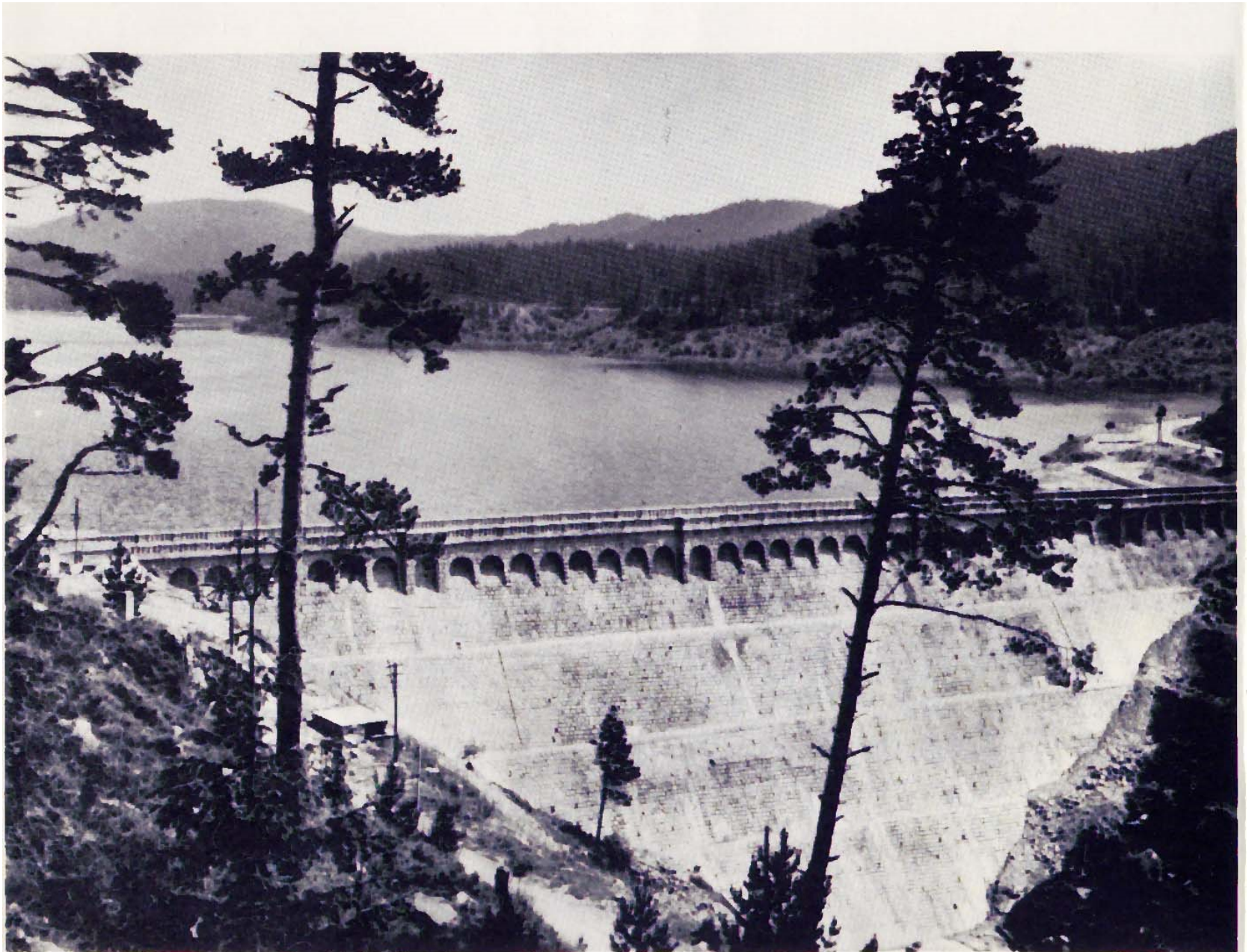
3 φραγμάτων - υδροηλεκτρικών σταθμών



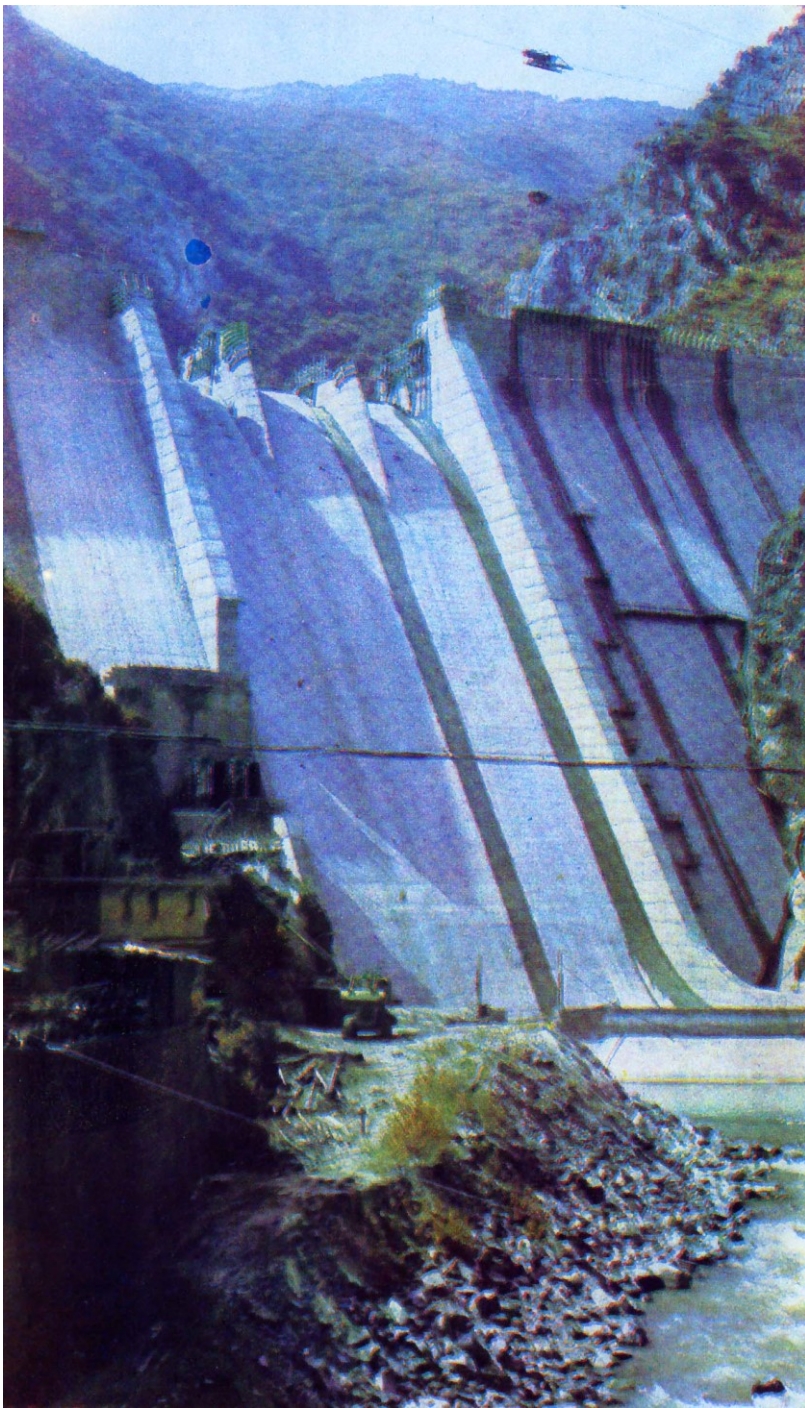
Συγκρότημα ΥΗ σταθμών Belmeken-Sestrimo Hydro



Vassil Kolarov Dam (Belmeken Dam)



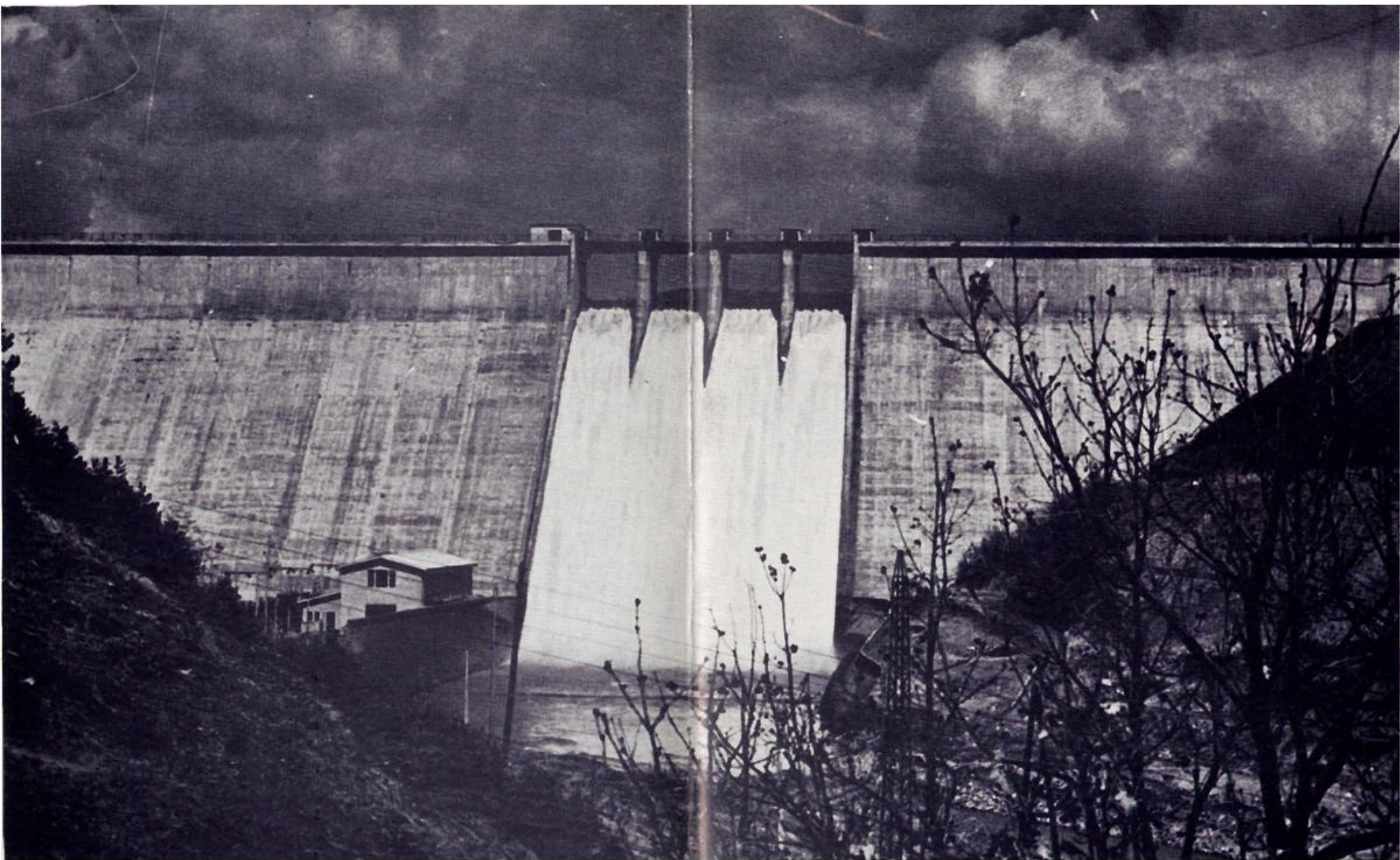
**Vassil Kolarov Dam
(Belmeken Dam)**



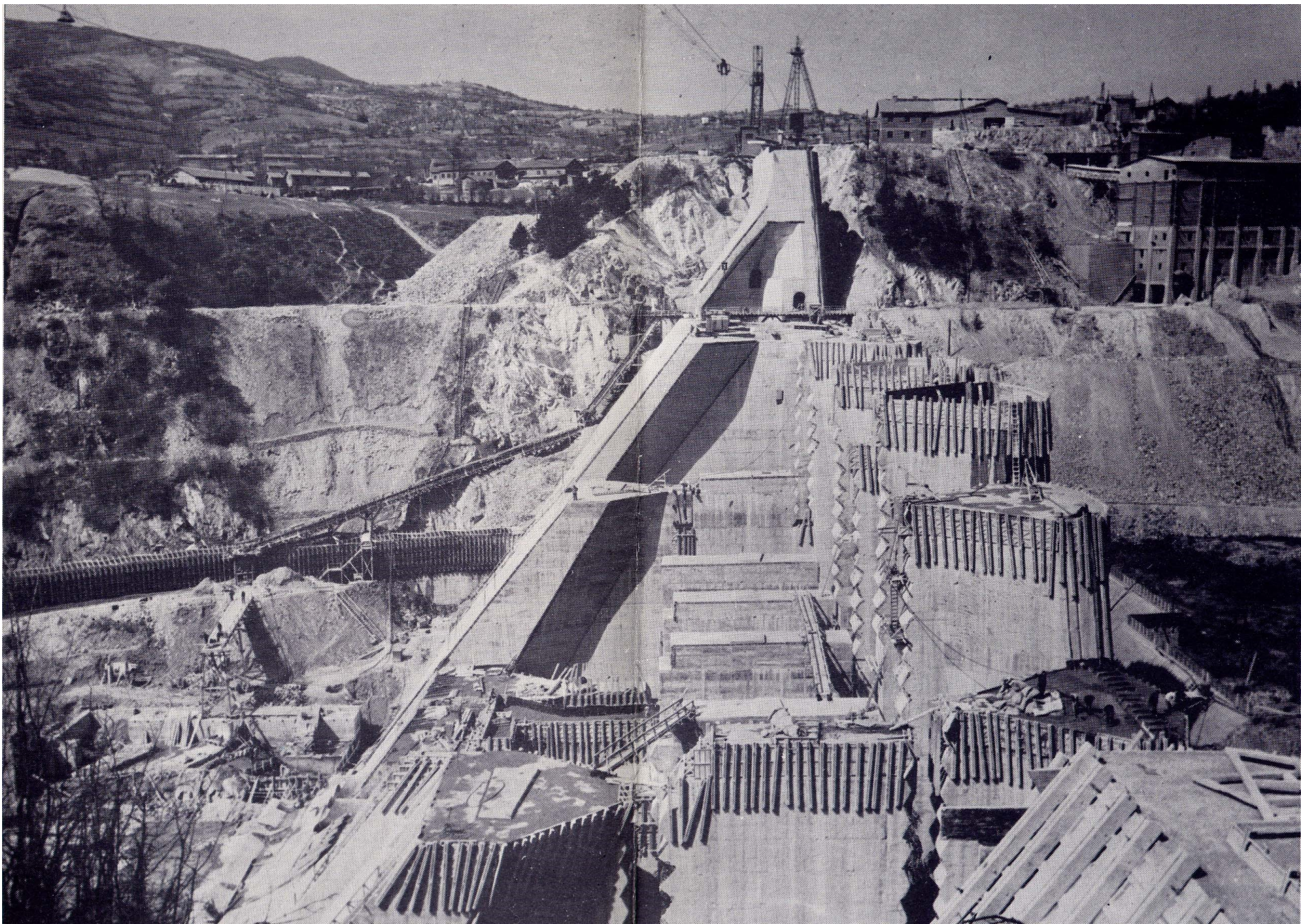
Φράγματα Topolnitza & Pjasacnik και αρδευτικό σύστημα



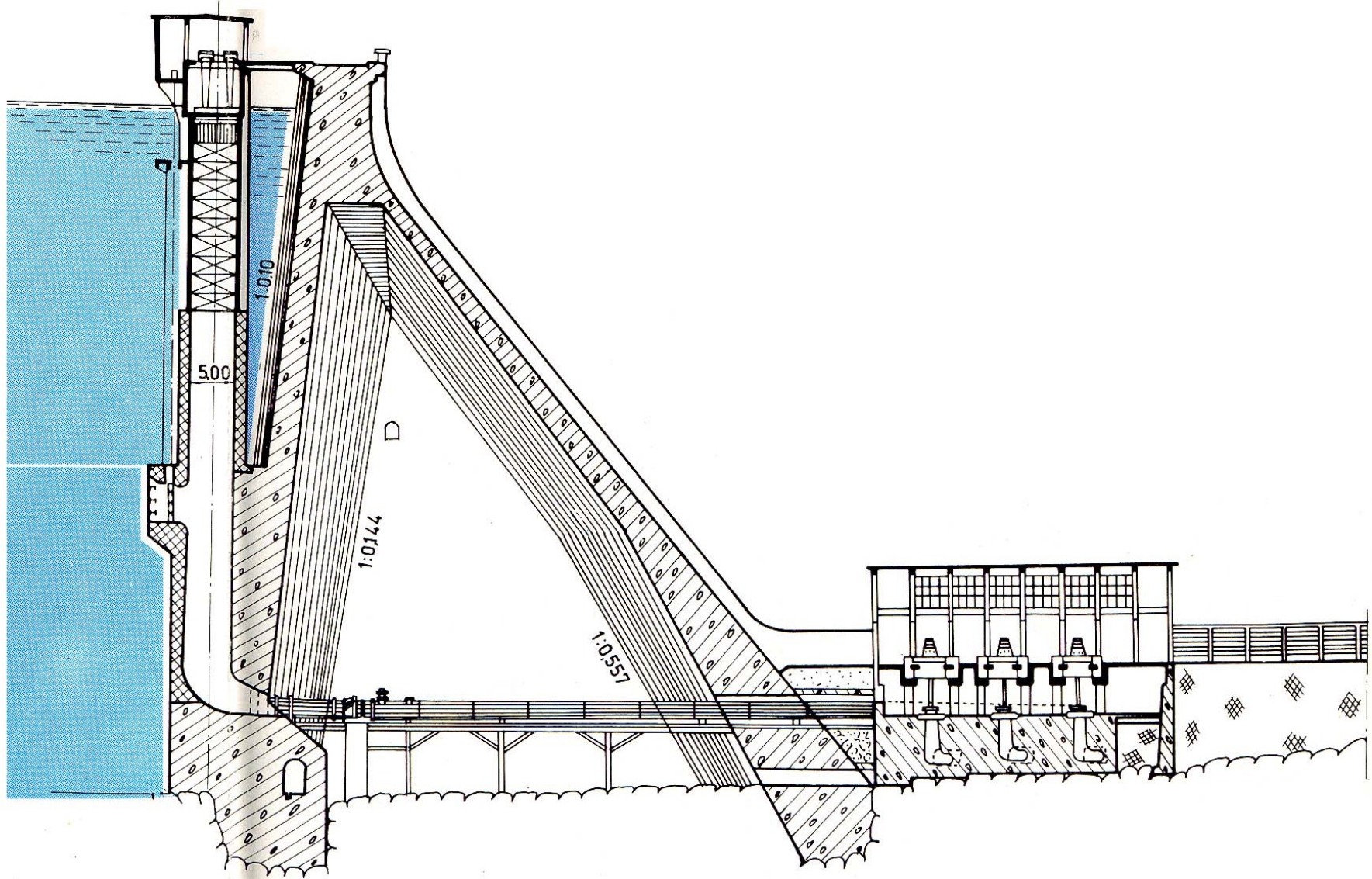
Φράγμα Topolnitsa - όψη



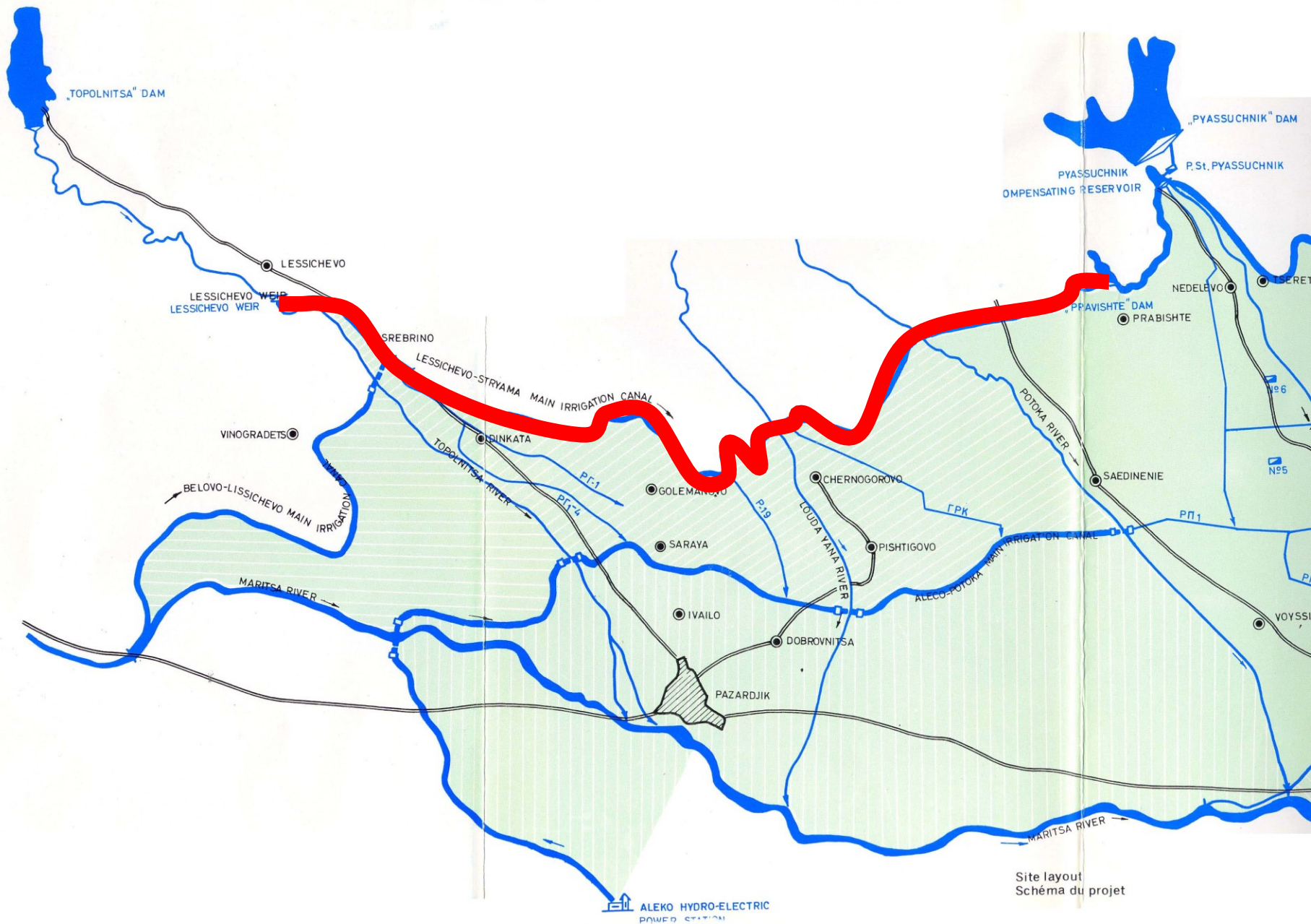
Φράγμα Topolnitsa – τομή



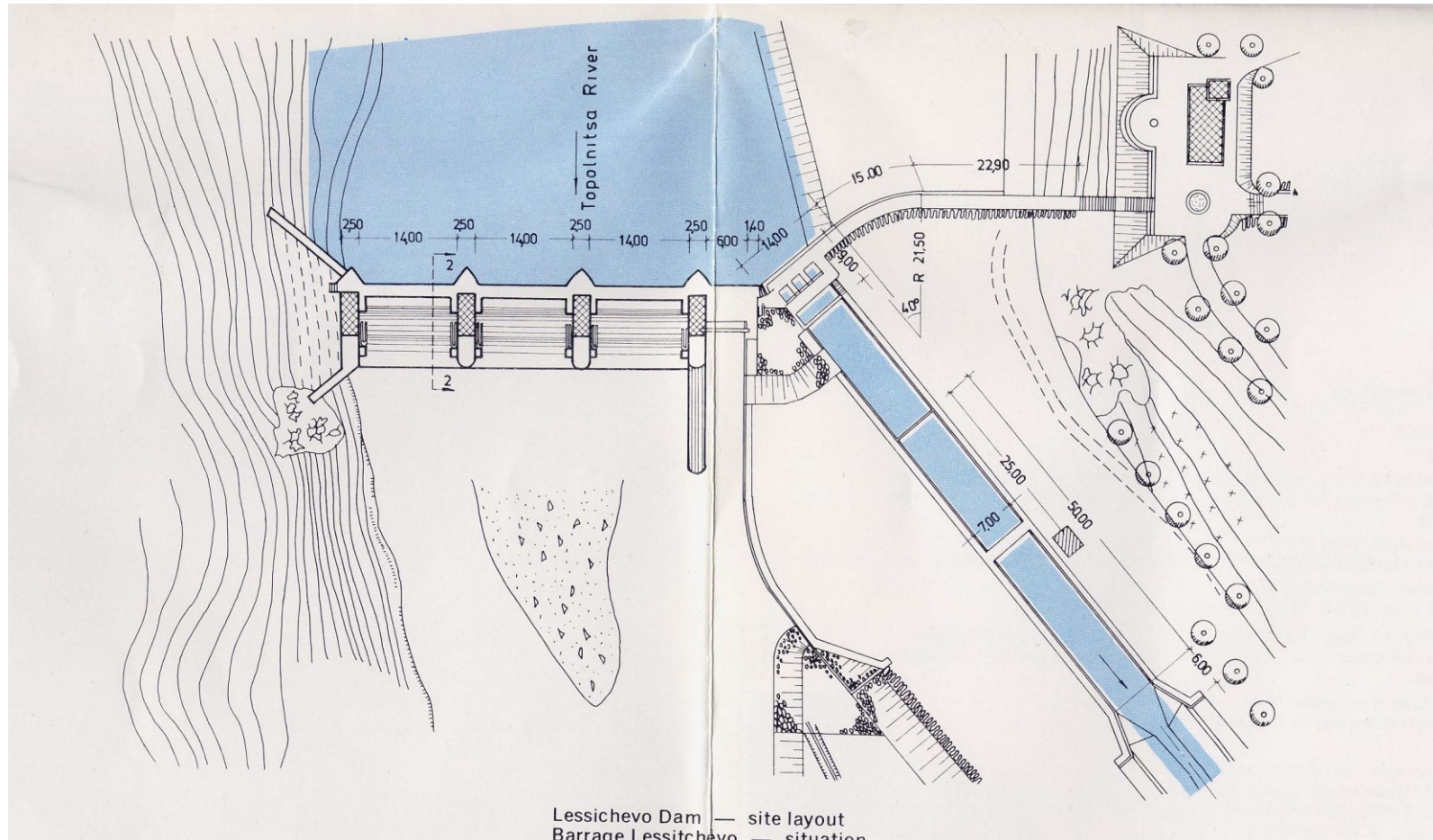
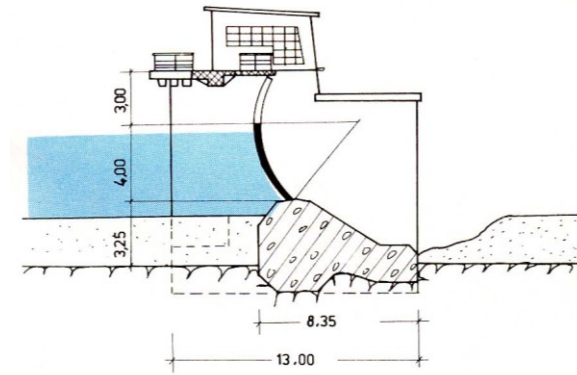
Σχηματική τομή φράγματος Toplonitsa και σταθμού παραγωγής ενέργειας



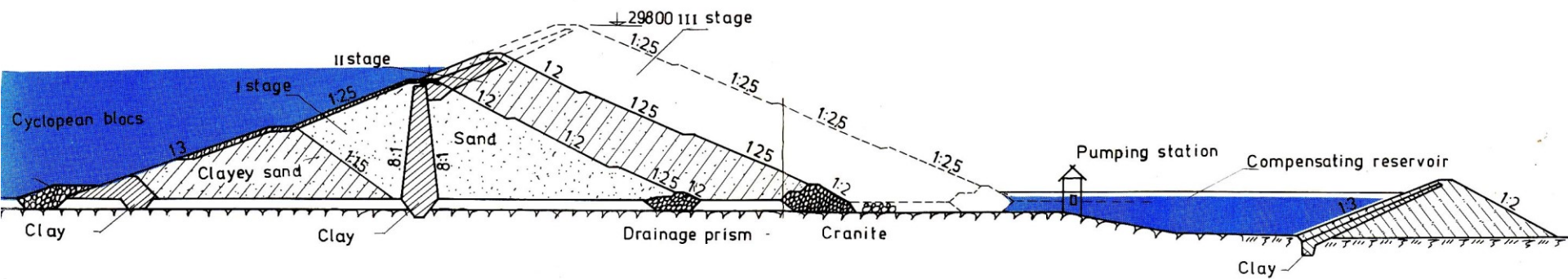
Σύστημα άρδευσης Toplonitsa



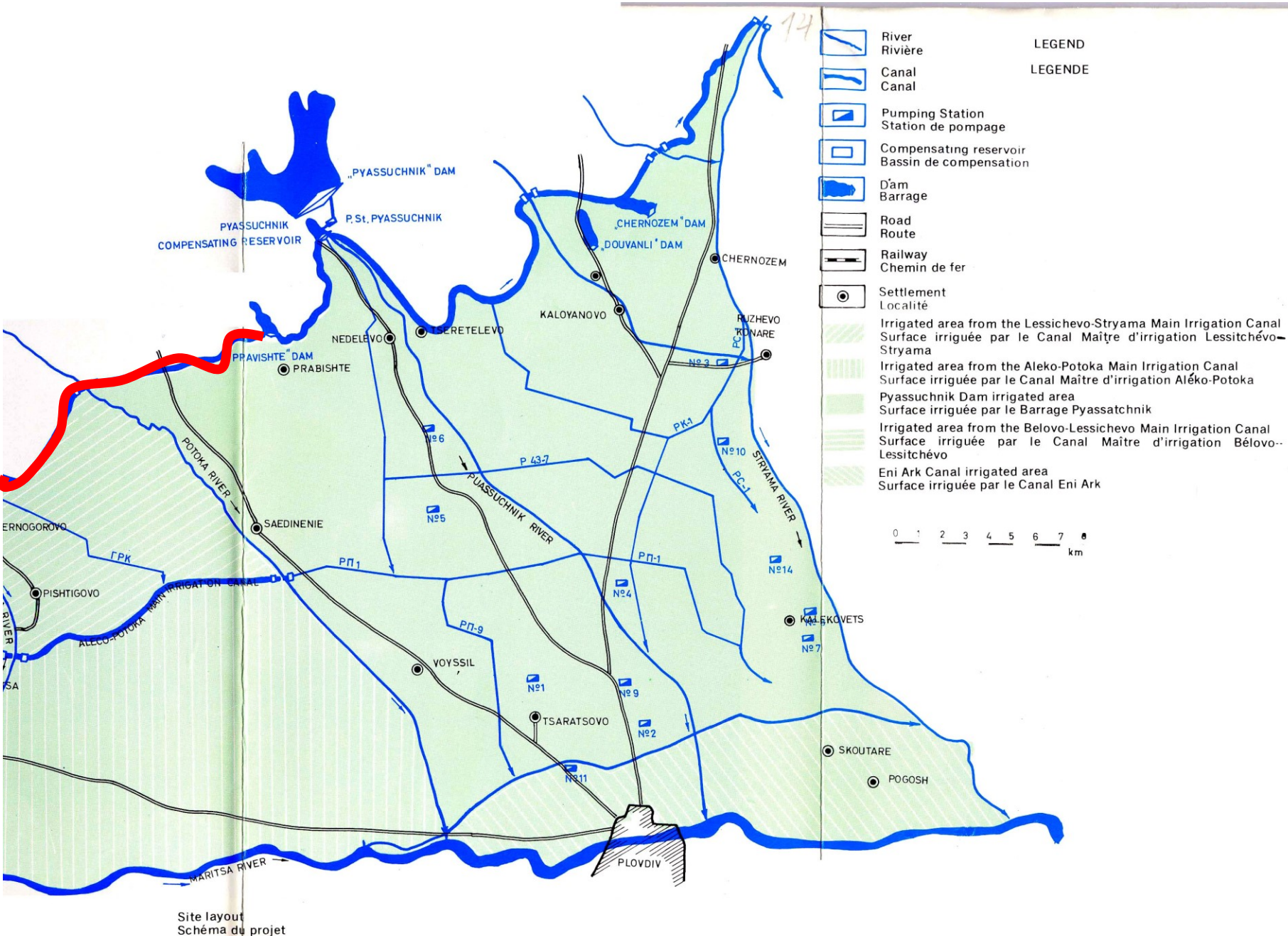
Φράγμα αναρύθμισης Lessichevo – κάτοψη
 15 Km κατάντη του φράγματος Topolnitsa,
 υπάρχει μικρό φράγμα, ταμιευτήρας και
 εκχειλιστής, που τροφοδοτεί αρδευτική
 διώρυγα μήκους 100 km και παροχής 18 m³/s.
 Τερματίζει κατάντη του φράγματος
 Ryassuchnik.



Φράγμα Pyassuchnik – τομή



Σύστημα άρδευσης κατάντη του φράγματος Pyassuchnik)



Φράγματα στον ποταμό Άρδα (Kyrdzali, Studen Kladenets, Ivaylovgrad)



Φράγματα στον ποταμό Άρδα (Kyrdzhali)

Γενική άποψη του ταμιευτήρα του Kyrdzhali στον ποταμό Άρδα.

Το φράγμα βρίσκεται δεξιά.



Φράγματα στον ποταμό Άρδα (Kyrdzhali)

Φράγμα Kyrdzhali



Φράγματα στον ποταμό Άρδα (Kyrdzhali)
Το πλοίο Emona στον ταμιευτήρα Kyrdzhali στον ποταμό Άρδα



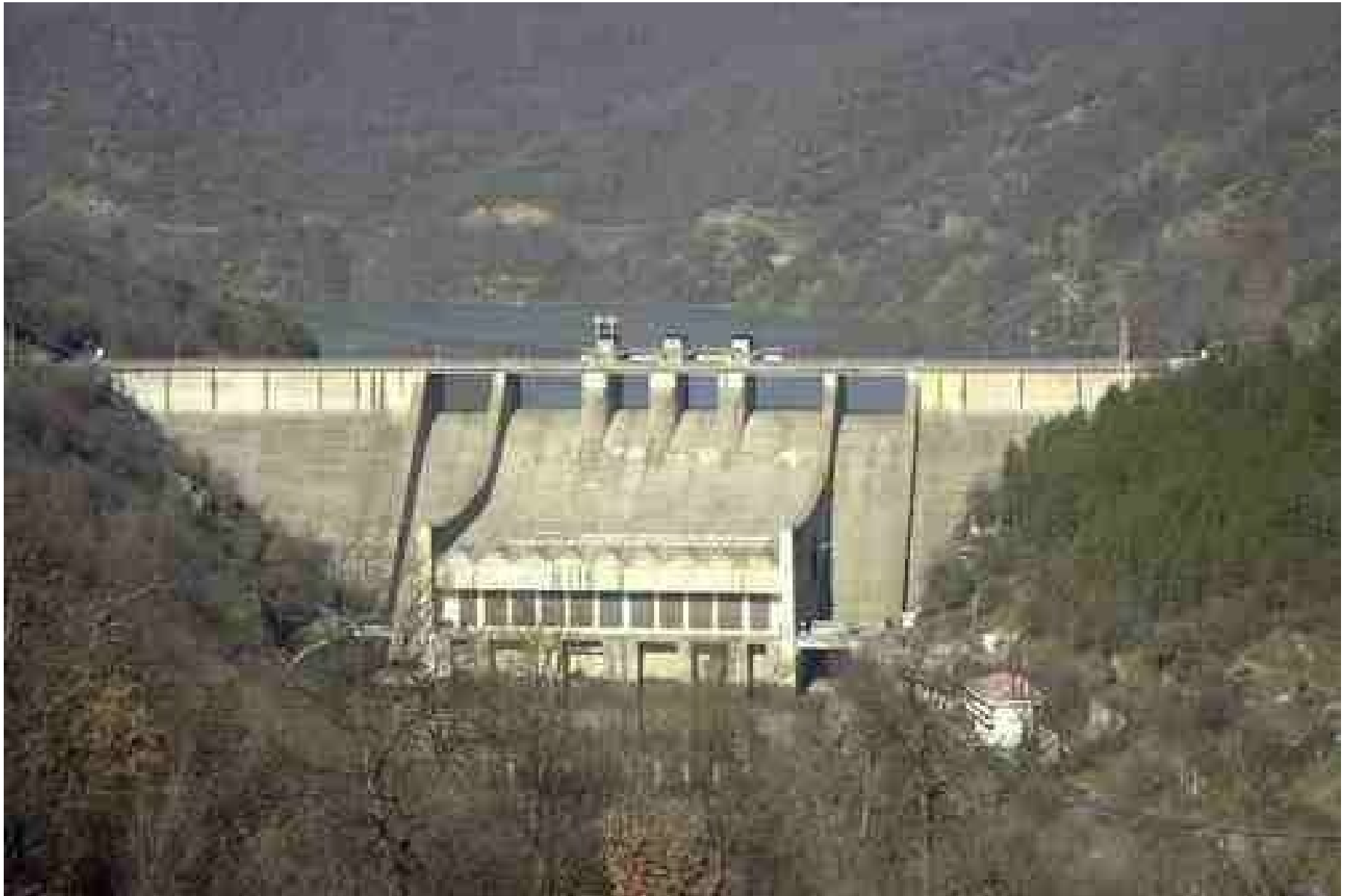
Φράγματα Studen Kladenets στον ποταμό Άρδα



Φράγμα Ivaylovgrad στον ποταμό Άρδα
(6 Km μόλις από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα)



Φράγμα Ivaylovgrad στον ποταμό Άρδα
(6 Km μόλις από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα)



Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



- Το 37% της απορροής στο Βουλγαρικό τμήμα της λεκάνης απορροής ελέγχεται από φράγματα.

Ποταμός Έβρος και κυριώτεροι παραπόταμοι

ΕΒΡΟΣ

ΤΟΥΝΤΖΑΣ

ΑΡΔΑΣ

ΕΡΥΘΡΟΠΟΤΑΜΟΣ

ΕΡΓΙΝΗΣ



Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric

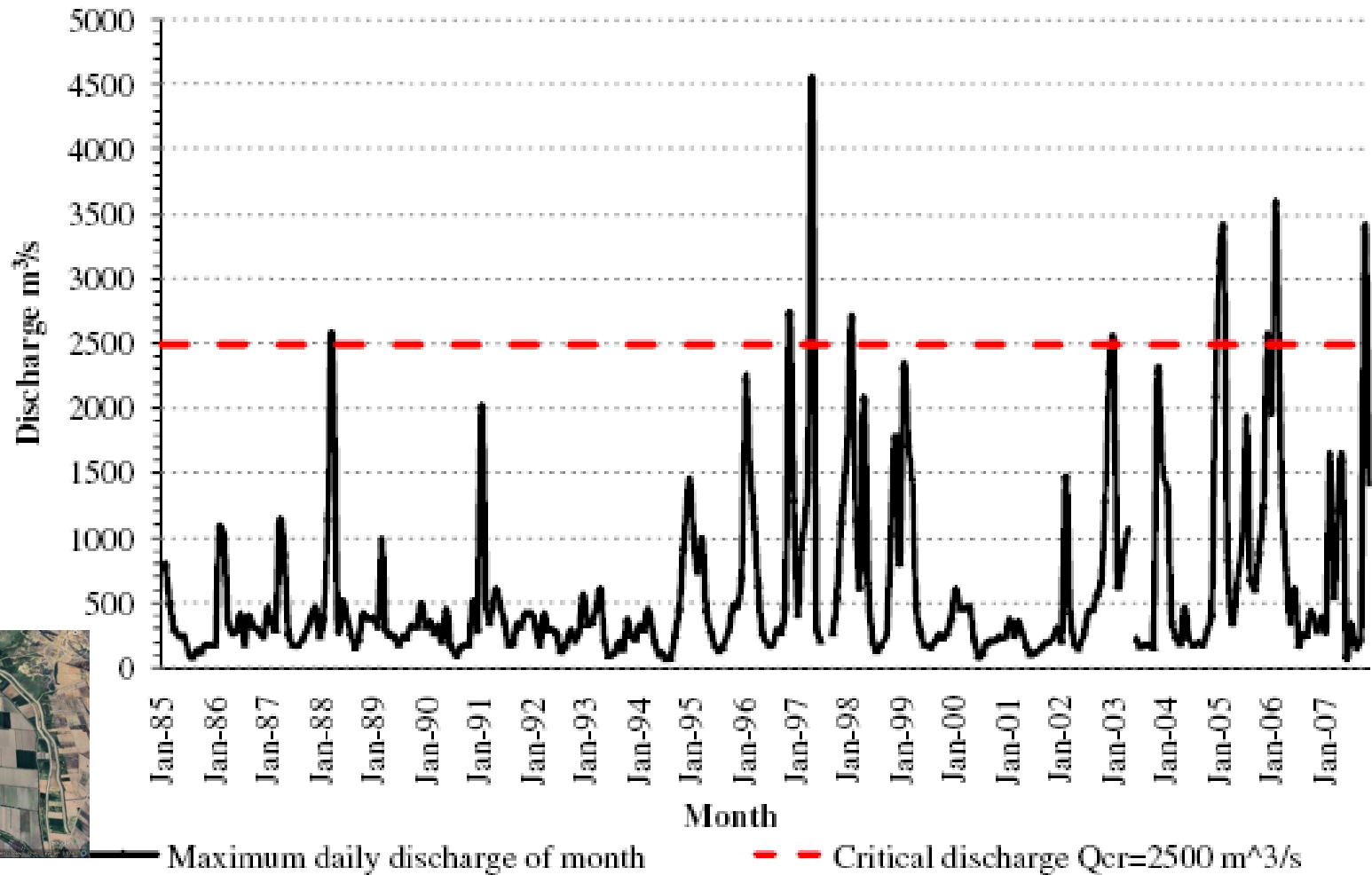


Fig. 3 Maximum daily discharge of the river Evros at the bridge of Pythio (border of Greece and Turkey, downstream the town of Edirne). We observe that only one time the discharge was greater than the critical of $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ between 1985 and 1995, while in the last 12 years (1996–2007) the critical flood discharge of $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ was exceeded seven times

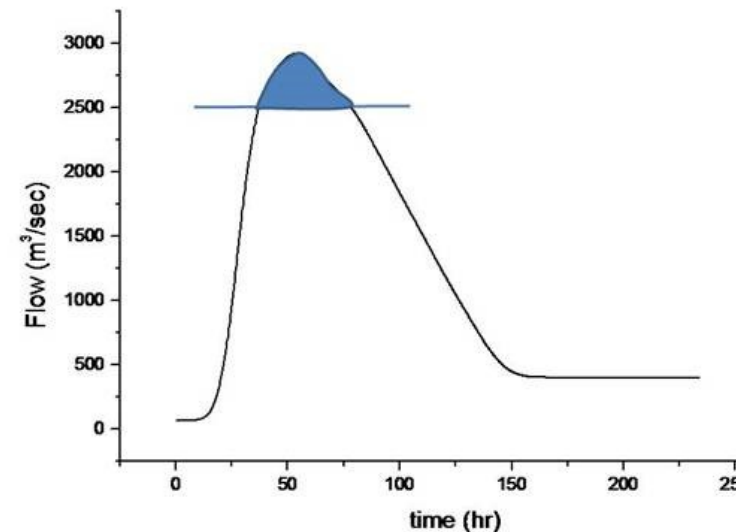
Μέγιστες ημερήσιες παροχές στη θέση Πύθιο του Έβρου (1985-2007)

Είναι αρκετά τα υπάρχοντα έργα (φράγματα);

Η συνολική χωρητικότητα των μεγαλύτερων ταμιευτήρων ξεπερνά τα $2810 \times 10^6 \text{ m}^3$ και η έκταση της υδρολογικής λεκάνης που ελέγχεται από τα φράγματα είναι 12800 km^2 έναντι συνολικής 34169 km^2 , ήτοι 37.5%.

Σε ένα πλημμυρικό υδρογράφημα με αιχμή $2900 \text{ m}^3/\text{s}$, ο όγκος του νερού που πλημμυρίζει είναι περίπου $32 \times 10^6 \text{ m}^3$, ήτοι 1.2% της χωρητικότητας των μεγαλύτερων ταμιευτήρων.

Συνεπώς, η διαχείριση αυτών των ποσοτήτων νερού από τα φράγματα είναι καθοριστικής σημασίας για τις δημιουργούμενες πλημμύρες.

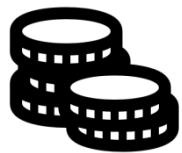


Αύξηση πλημμυρών τις τελευταίες 10ετίες

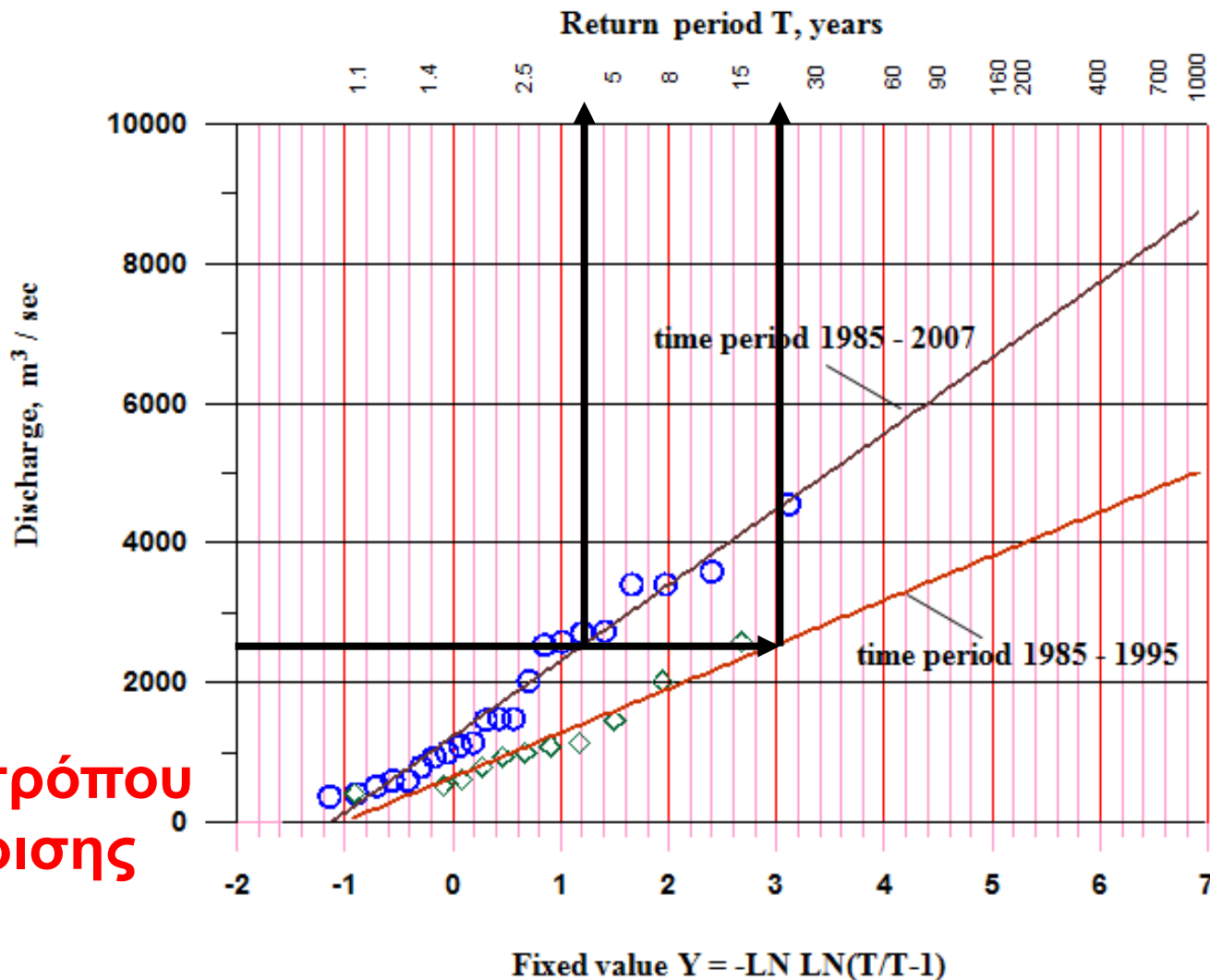
Εξετάζοντας τα ιστορικά πλημμυρικά γεγονότα διαπιστώνουμε ότι:

- περίοδος 1844-1995 (151 χρόνια): 12 πλημμύρες (λιγότερο από 1 πλημμύρα κάθε 12 χρόνια)
- περίοδος 1985-1995 (11 χρόνια): μόνο μία φορά η πλημμυρική παροχή ξεπέρασε τα 2500 m³/s
- περίοδος 1996-2008 (13 χρόνια): επτά φορές ξεπεράστηκε η πλημμυρική παροχή των 2500 m³/s

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



**Αλλαγή τρόπου
διαχείρισης**



Η παροχή των $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ έχει περίοδο επαναφοράς:

➤ 20.6 έτη με βάση τα ιστορικά δεδομένα 1985 – 1995

➤ **3.9** έτη με βάση τα ιστορικά δεδομένα 1985 – 2007

Είναι οι κλιματικές αλλαγές υπεύθυνες για την αύξηση της συχνότητας πλημμυρών τις 3 τελευταίες 10ετίες;

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας προκαλεί επιτάχυνση του υδρολογικού κύκλου. Όμως η απορροή είναι η διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής, η οποία αυξήθηκε και θα συνεχίσει να αυξάνεται. Άρα η διαφορά τους – η απορροή - δεν είναι καθαρό ότι αυξάνεται.

Διάφορες μελέτες Βούλγαρων επιστημόνων όπως Velev (1996), Vassilev and Georgiev (1996), Yordanova (1996) δεν βρήκαν σημαντική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στη Βουλγαρία τα τελευταία χρόνια και επίσης διαπίστωσαν μείωση της βροχόπτωσης και της απορροής.

Συνεπώς καταλήγουμε ότι μάλλον δεν είναι υπεύθυνη η κλιματική αλλαγή για την αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών.

Υπάρχει αλλαγή στη διαχείριση των Βουλγαρικών φραγμάτων τα τελευταία χρόνια καθώς από το 1995 τη διαχείρισή τους ανέλαβαν ιδιωτικές εταιρίες

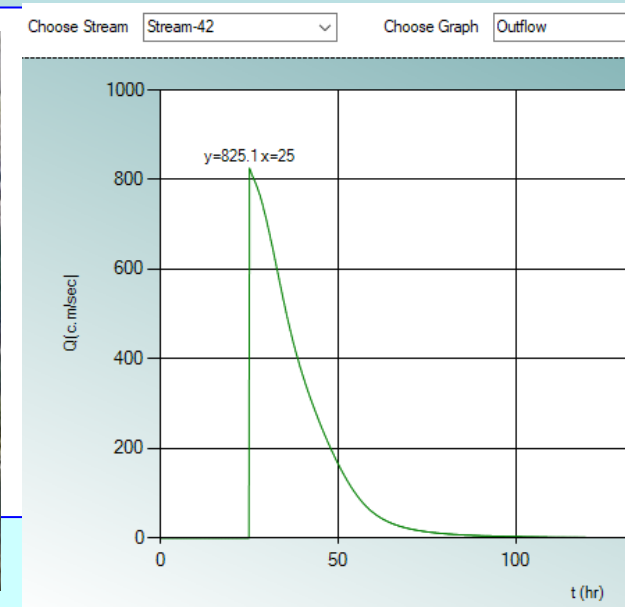
Οι Βουλγαρικές ιδιωτικές εταιρίες παραγωγής ρεύματος (που είναι υπεύθυνες για τη διαχείριση των μεγάλων Βουλγαρικών φραγμάτων) προσπαθούν “να μεγιστοποιήσουν” την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, ακολουθώντας την απλουστευμένη αρχή της διατήρησης της στάθμης του νερού στον ταμιευτήρα πάνω από τη στέψη του υπερχειλιστή, διατηρώντας κλειστά τα θυροφράγματα (μεγιστοποίηση ωφέλιμου ύψους πτώσεως και αποθηκευμένου όγκου νερού).



$$I = 9.81 Q_m H_n n_\sigma$$

$$E = I * t$$

Υπάρχει αλλαγή στη διαχείριση των Βουλγαρικών φραγμάτων τα τελευταία χρόνια καθώς από το 1995 τη διαχείρισή τους ανέλαβαν ιδιωτικές εταιρίες

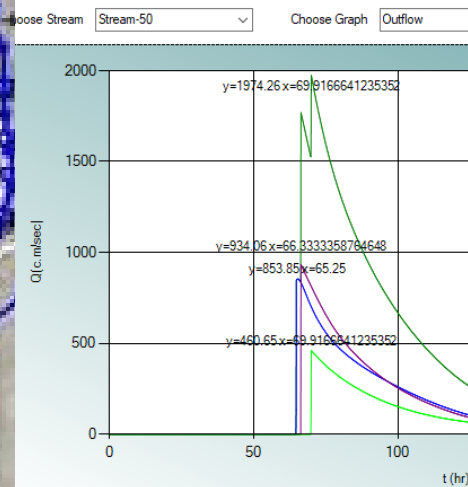
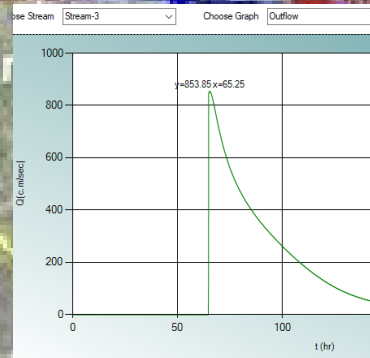
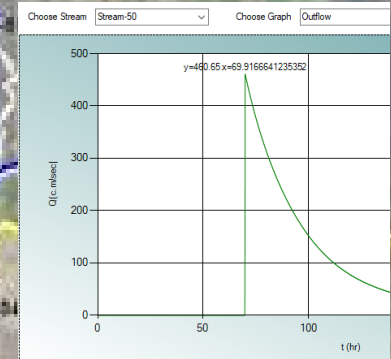
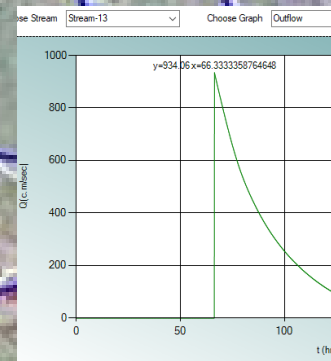
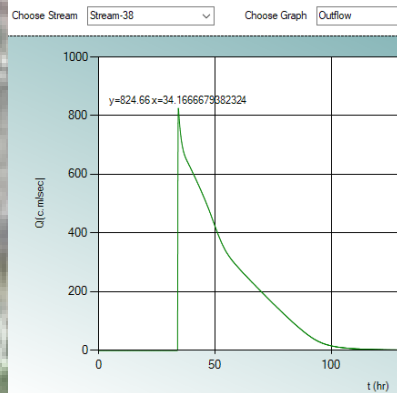
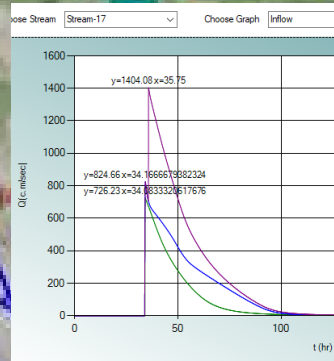
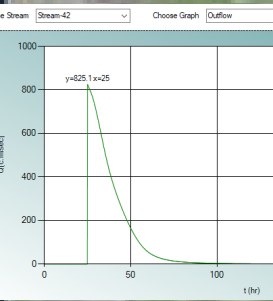


$$Q_{\varepsilon} = C \cdot B \cdot d \cdot H^{1.5}$$

Όταν συμβαίνει μια ισχυρή βροχόπτωση στην υδρολογική λεκάνη του φράγματος και ενώ η στάθμη βρίσκεται ήδη στο ανώτατο επίπεδο, δημιουργείται κίνδυνος υπερπήδησης και ενδεχόμενης καταστροφής του.

Τότε οι διαχειριστές του φράγματος για να αποφύγουν τον κίνδυνο, ανοίγουν απότομα τα θυροφράγματα.

Βασική ιδέα: να μην αθροίζονται οι πλημμυρικές αιχμές



Τι θα μπορούσε να γίνει για μείωση συχνότητας πλημμυρών;

Βασική ιδέα: Διαχείριση των φραγμάτων με τρόπο που να μην «αθροίζονται» οι πλημμυρικές αιχμές των υδρογραφημάτων των απελευθερούμενων νερών από τα φράγματα.

Για τη διερεύνηση και προσομοίωση του φαινομένου έγινε κατασκευή ενός προγράμματος Η/Υ (software), το οποίο απαιτεί ως εισόδους προβλέψεις βροχής για τη Βουλγαρία, Τουρκία και Ελλάδα, καθώς και τις στάθμες των ταμιευτήρων των Βουλγαρικών φραγμάτων κατά την έναρξη της προσομοίωσης.

Ακολουθώς το λογισμικό υπολογίζει και προβλέπει μερικές μέρες πριν τις παροχές σε διάφορες κρίσιμες θέσεις στον ποταμό Έβρο, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο θα διαχειριστούν το νερό των φραγμάτων οι Βούλγαροι.

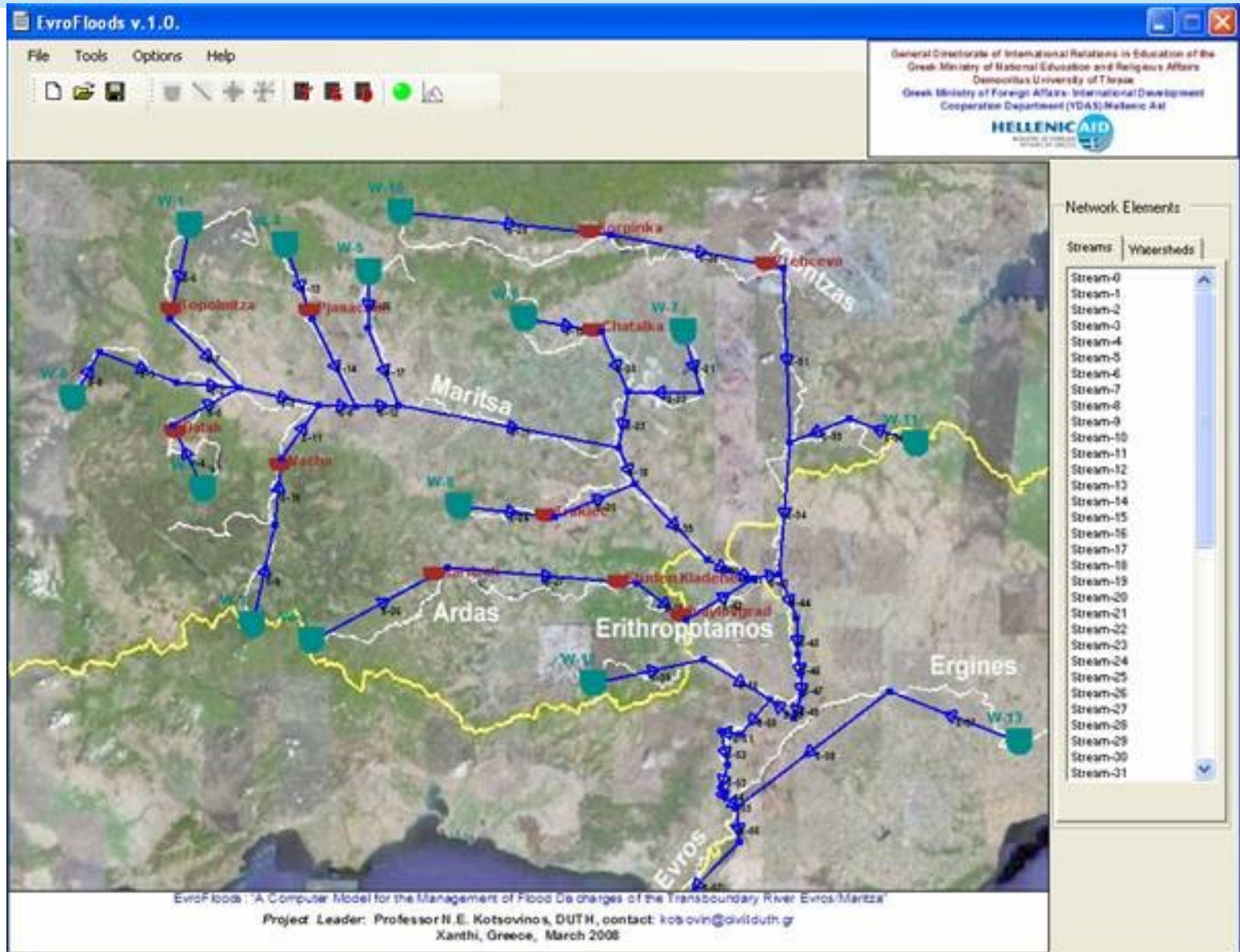
ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΕΝΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το λογισμικό επίσης υπολογίζει τον χρόνο που απαιτείται για τα πλημμυρικά κύματα που δημιουργούνται από το ξαφνικό άνοιγμα των θυροφραγμάτων των υπερχειλιστών των Βουλγαρικών φραγμάτων να φτάσουν στα Ελληνικά σύνορα και ακόμη διοδεύει αυτά τα πλημμυρικά κύματα κατά μήκος του ποταμού Έβρου.

Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη διαφόρων σεναρίων με σκοπό τη βέλτιστη διαχείριση του απελευθερούμενου νερού των φραγμάτων λίγες ώρες πριν συμβεί μια ισχυρή καταιγίδα.

Το λογισμικό επίσης έχει την ικανότητα να προσομοιώσει την υδροηλεκτρική λειτουργία των φραγμάτων, να υπολογίσει την παραγόμενη ενέργεια για διάφορα σενάρια και να υπολογίσει την απώλεια ενέργειας εξαιτίας αντιπλημμυρικής προστασίας.

Αναπτύξαμε ένα νέο λογισμικό Η/Υ για την προσομοίωση της διαχείρισης των πλημμυρικών παροχών στον ποταμό Έβρο, που το ονομάσαμε **EvroFloods**



ΕΙΣΟΔΟΙ:

- Προβλέψεις βροχής για Βουλγαρία, Τουρκία και Ελλάδα
- Οι στάθμες των ταμιευτήρων των Βουλγαρικών φραγμάτων στην έναρξη της προσομοίωσης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

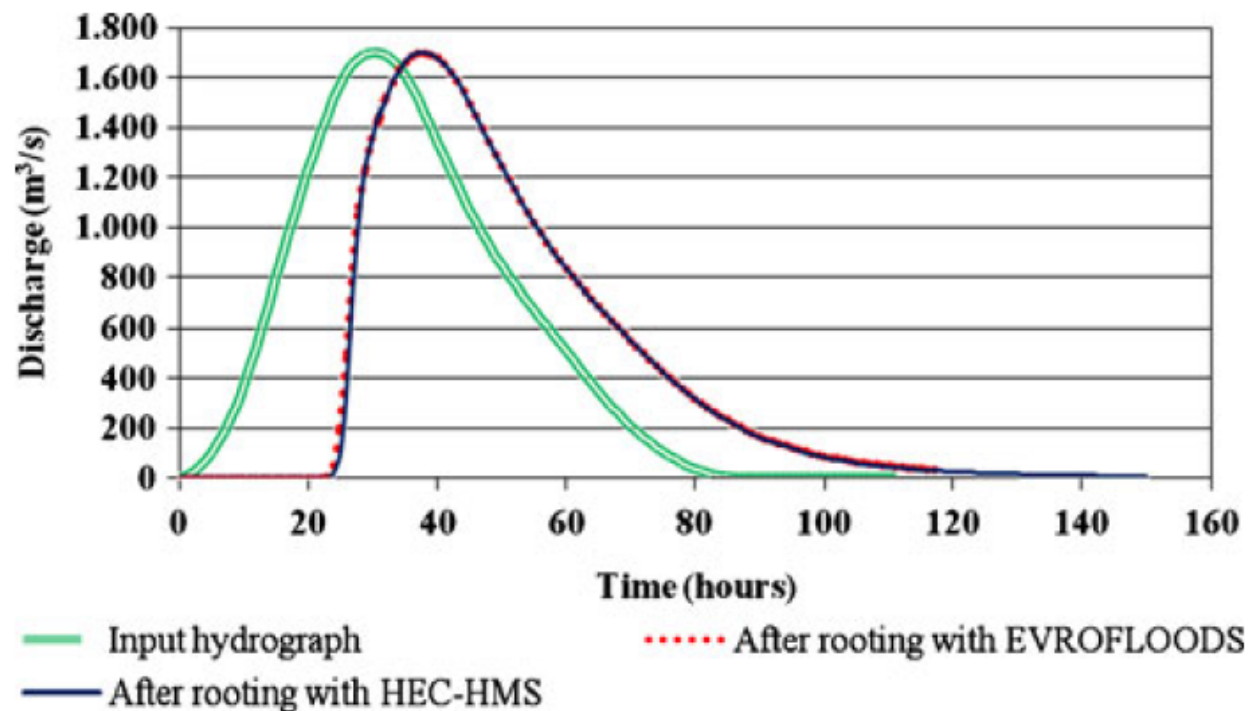
- ✓ Παροχές στον ποταμό Έβρο σε διάφορες κρίσιμες θέσεις, ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης του νερού στα Βουλγαρικά φράγματα
- ✓ Χρόνοι ταξιδιού των πλημμυρικών κυμάτων μέχρι τα Ελληνικά σύνορα, που δημιουργούνται από το ξαφνικό άνοιγμα των θυροφραγμάτων
- ✓ Υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας για διάφορα σενάρια καθώς και των απωλειών ενέργειας λόγω αντιπλημμυρικής προστασίας

ΓΙΑΤΙ ΑΝΑΠΤΥΞΑΜΕ ΝΕΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΠΟΙΟ ΑΠΟ ΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ;

- Γιατί τα υπάρχοντα λογισμικά (HEC-HMS, HEC-RAS, SWAT κ.α. δεν έχουν τη δυνατότητα χειρισμού σεναρίων λειτουργίας φραγμάτων.
- Δεν έχουν τη δυνατότητα υπολογισμού της παραγόμενης ενέργειας και της οικονομικής της αποτίμησης των σεναρίων

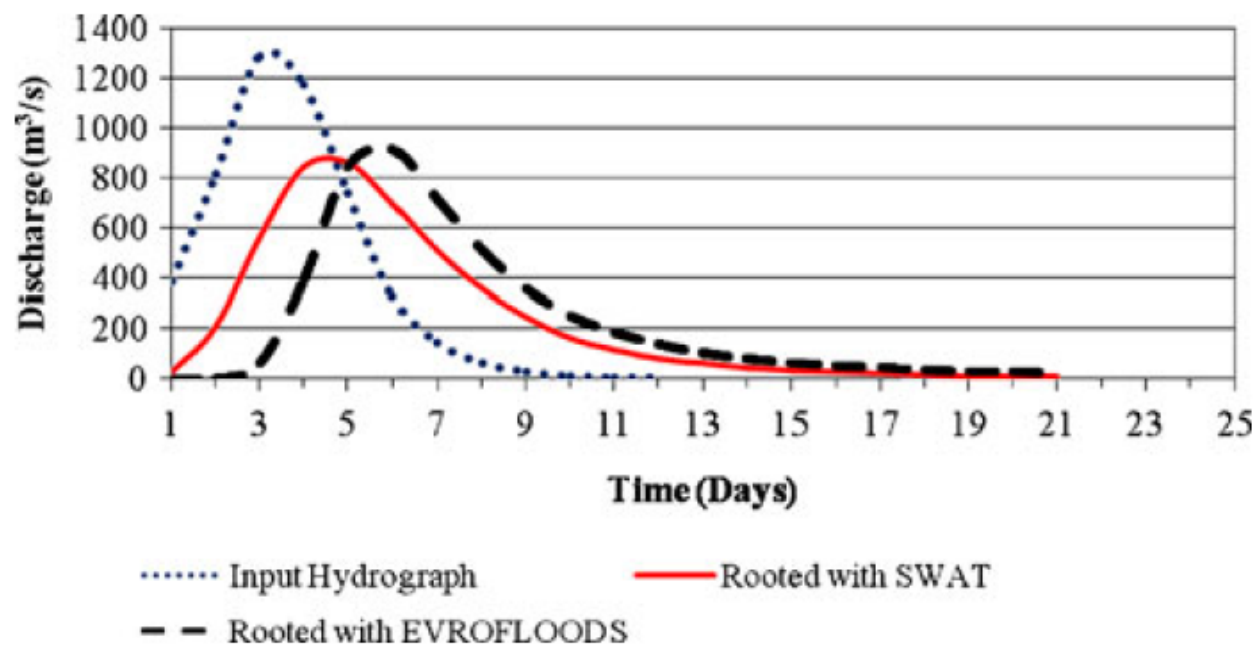
Η θεωρητική βάση, οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη διόδευση πλημμυρικών κυμάτων μέσω ποταμών και μέσω ταμιευτήρων θα παρατεθούν αργότερα.

Fig. 6 Comparison of two models (HEC-HMS and Evrofloods) for routing the same input discharge hydrograph in a reach of a length of 100 km. We observe that the discharge hydrograph from the two models HEC-HMS and Evrofloods are identical



Σύγκριση Evrofloods και HEC-HMS στη διόδευση υδρογραφήματος μέσω ποταμού μήκους 100 Km. Παρατηρείται πλήρης ταύτιση

Fig. 7 Comparison of two models (SWAT and Evrofloods) for routing the same input discharge hydrograph in a reach of a length of 400 km. We observe that SWAT for large river approximates reasonably well Evrofloods



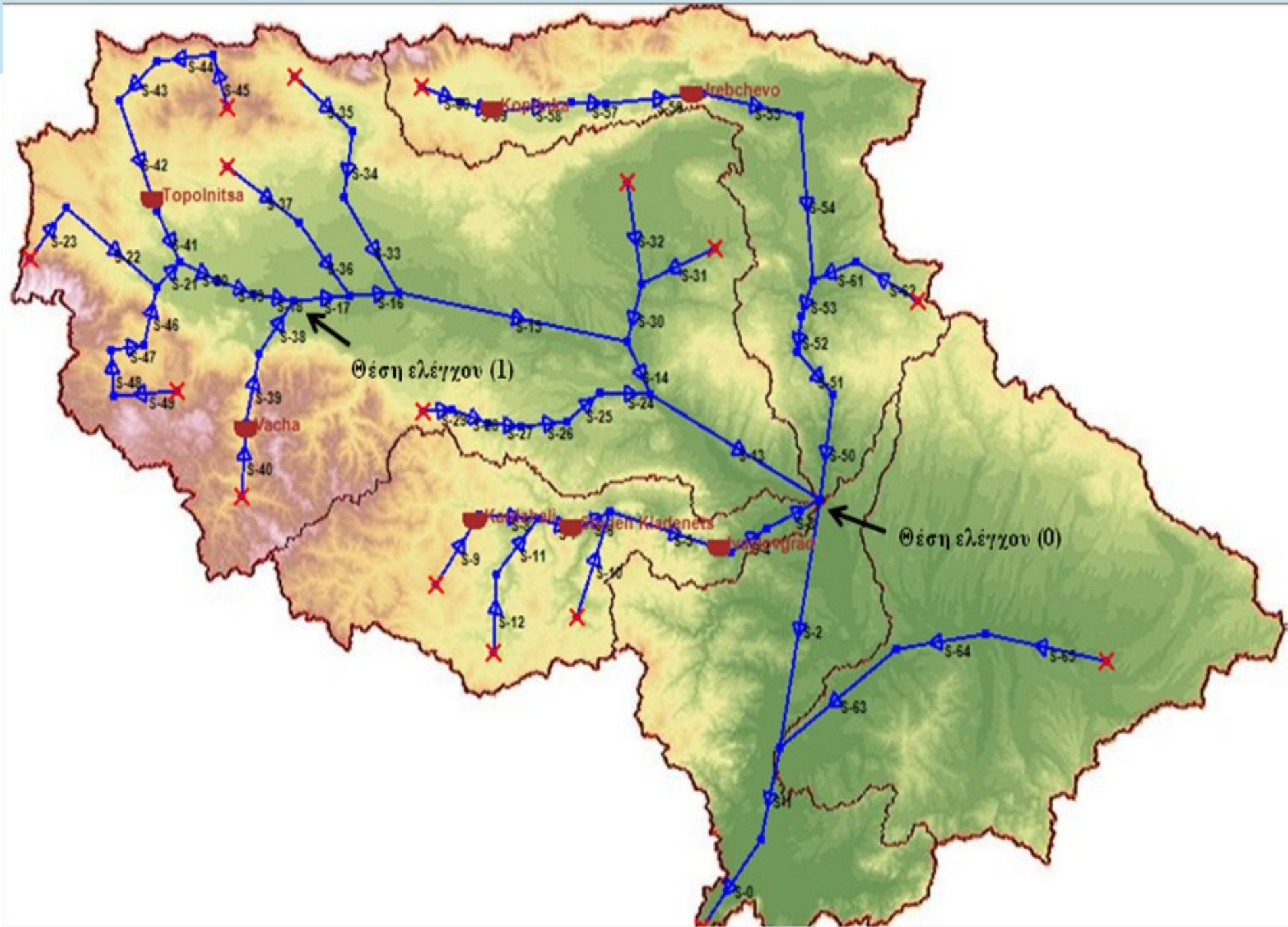
Σύγκριση Evrofloods και SWAT στη διόδευση υδρογραφήματος μέσω ποταμού μήκους 400 Km. Παρατηρείται ταύτιση παροχών αιχμής υδρογραφημάτων, αλλά διαφορά 1 μέρας στην εμφάνιση της αιχμής

ΜΕΡΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σενάριο Σ1:

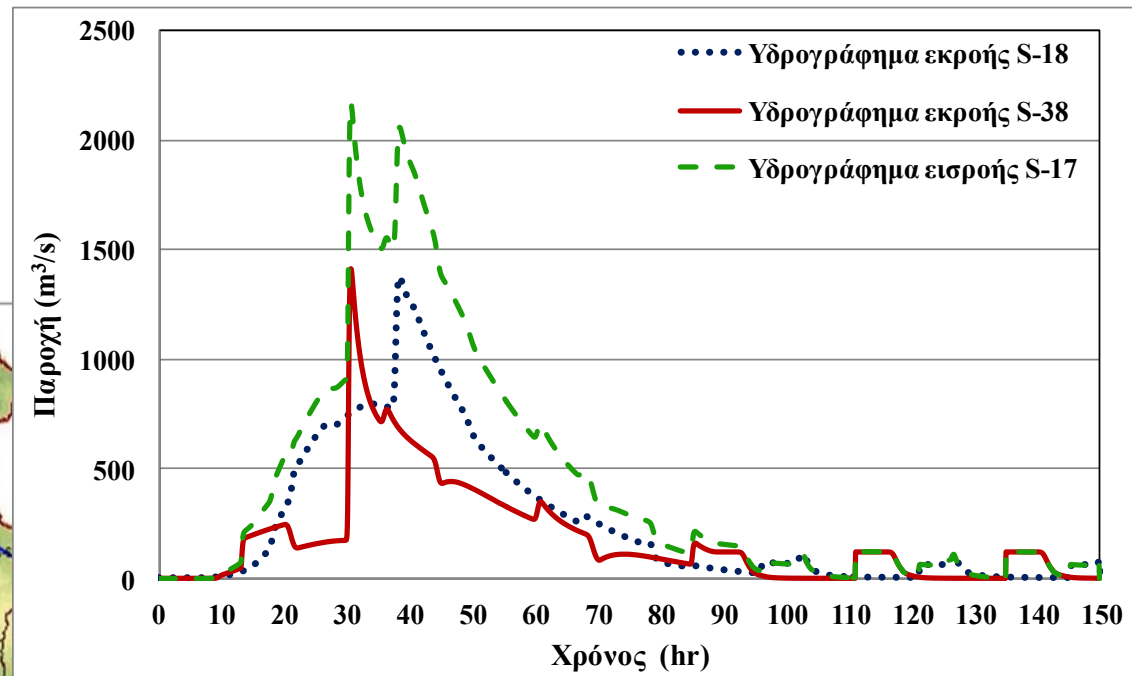
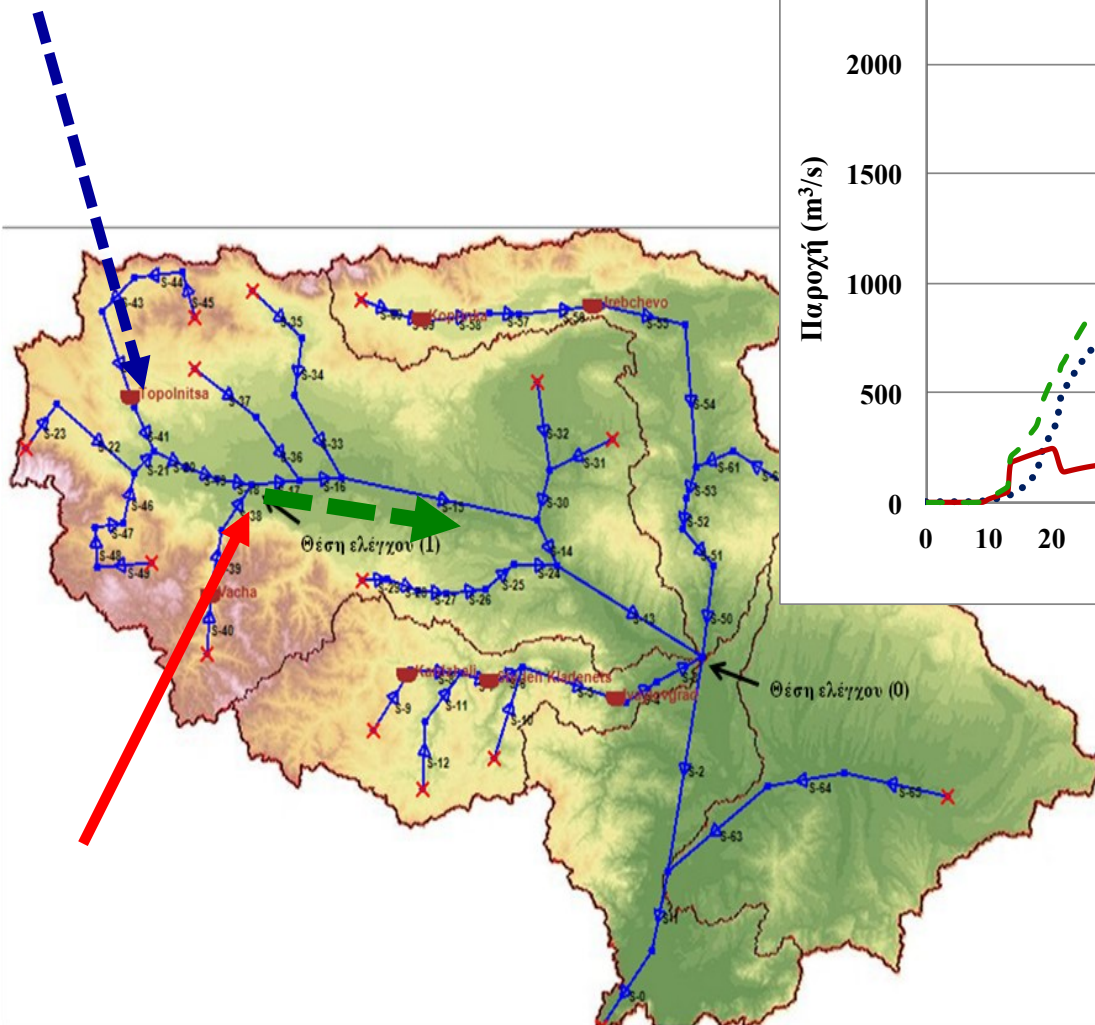
Έστω ότι κρατούνται κλειστά τα θυροφράγματα των υπερχειλιστών, ώστε να μεγιστοποιείται ο αποθηκευμένος όγκος νερού.

Έστω η βροχή της 2/10/2005, καταγεγραμμένη σε 17 σταθμούς (από 6.4 mm έως 73.7 mm)



Ανοίγουν ξαφνικά τα θυροφράγματα Vacha και Topolnitsa.

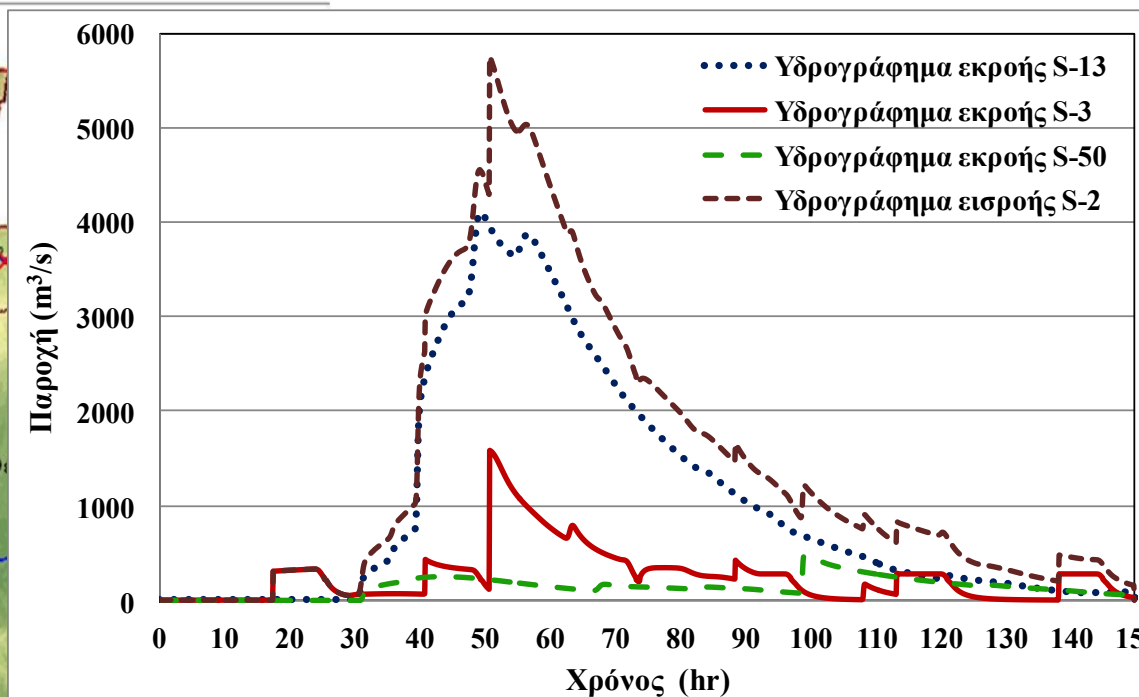
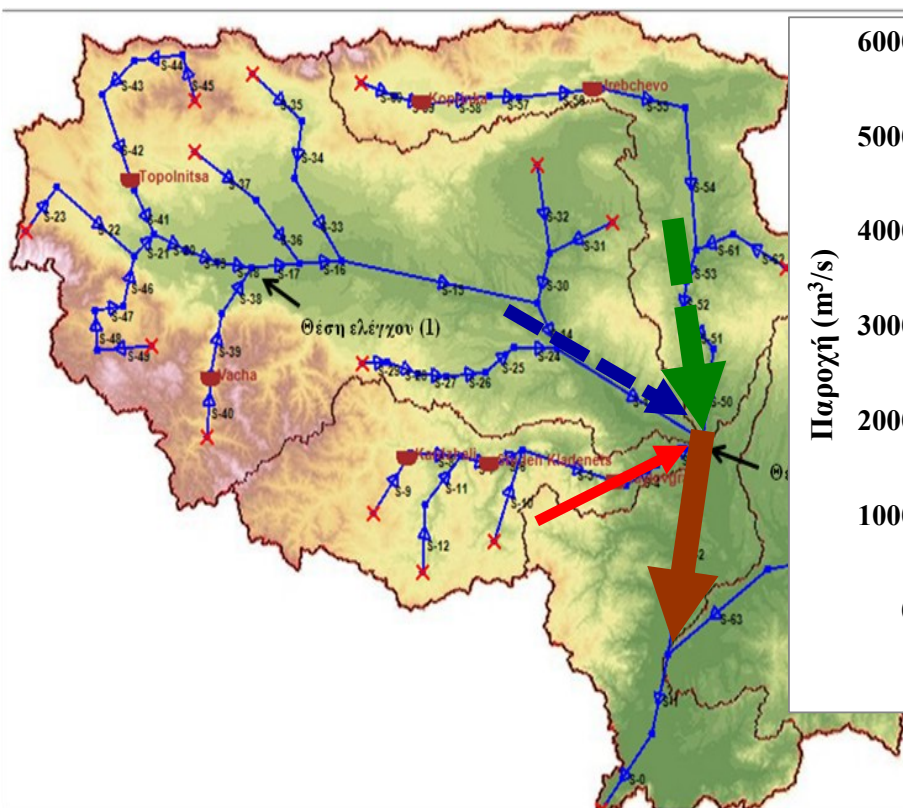
«Αθροίζονται» τα υδρογραφήματα και δημιουργούν παροχή αιχμής μετά τη συμβολή τους 2100 m³/s



Μετά τη συμβολή Έβρου, Tuntza, Άρδα δημιουργείται μια υψηλότερη πλημμυρική αιχμή της τάξεως των $5766 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) της τάξεως των $45,892 \text{ MWh}$

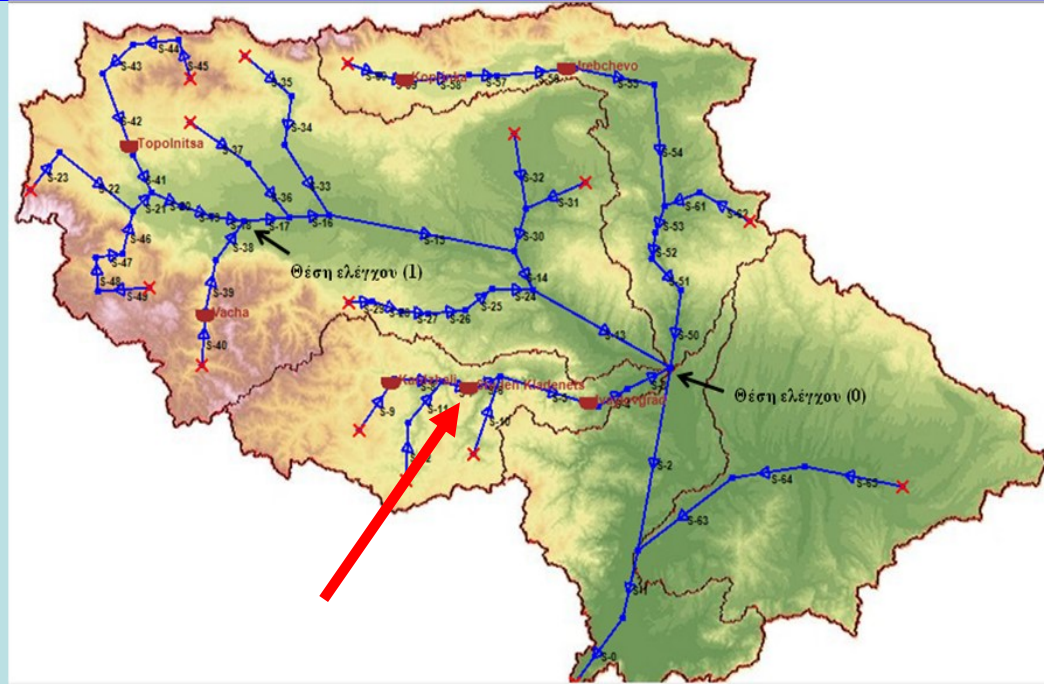
Αν δεν υπήρχαν καθόλου φράγματα, για την ίδια βροχή, θα προέκυπτε πλημμυρική αιχμή ίση με $5364 \text{ m}^3/\text{s}$, δηλαδή κατά $402 \text{ m}^3/\text{s}$ μικρότερη



Σενάριο Σ2:

Υποβιβάζεται η στάθμη του ταμιευτήρα του φράγματος Student Kladenets (επί του Άρδα) κατά 5.0 m, που με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων του αντιστοιχεί σε

24ωρη παραγωγή ενέργειας για περίπου 3 μέρες πριν αρχίσει η βροχή και 8ωρη ηθελημένη παραγωγή ενέργειας στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου.

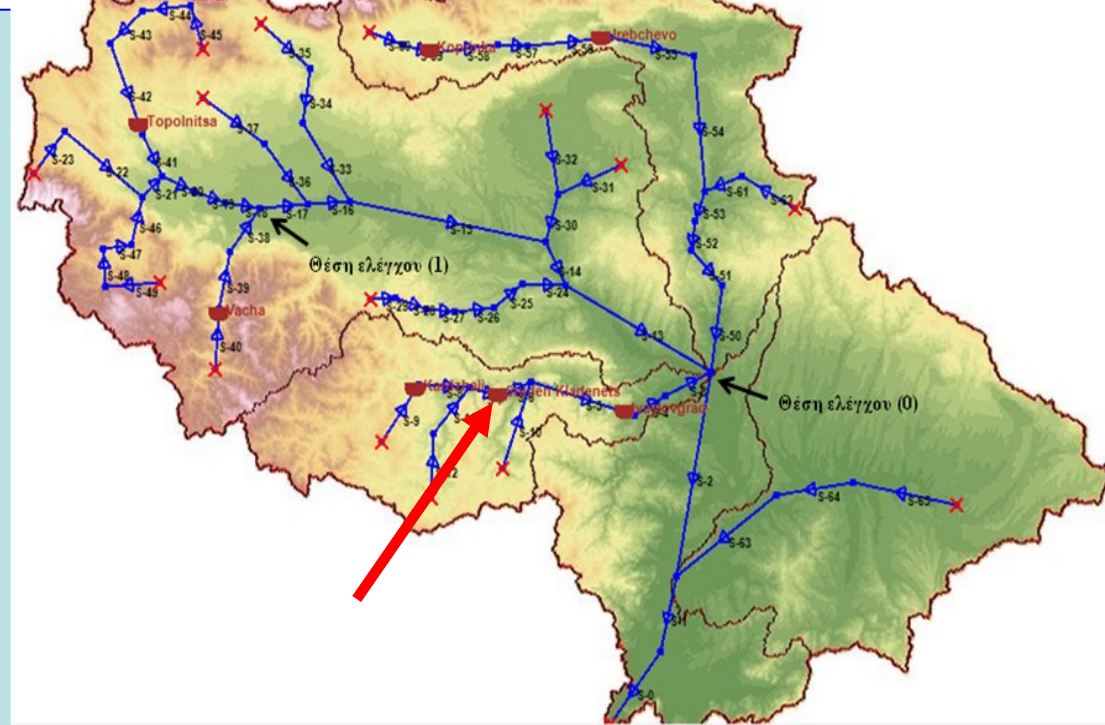


Ως αποτέλεσμα προκύπτει παροχή αιχμής 4564 m³/s στη θέση ελέγχου (0) στην Ανδριανούπολη, δηλαδή σημαντικά μικρότερη σε σχέση με του σεναρίου Σ1, που ήταν 5766 m³/s.

Το ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) είναι ελαφρώς μικρότερο σε σχέση με το σενάριο βάσης Σ1

Σενάριο Σ3:

Υποβιβάζεται η στάθμη του ταμιευτήρα του φράγματος Student Kladenets (επί του Άρδα) κατά 5.0 m, που με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων του αντιστοιχεί σε 24ωρη παραγωγή ενέργειας για περίπου 3 μέρες πριν αρχίσει η βροχή και 24ωρη ηθελημένη παραγωγή ενέργειας στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επηρεασμού.

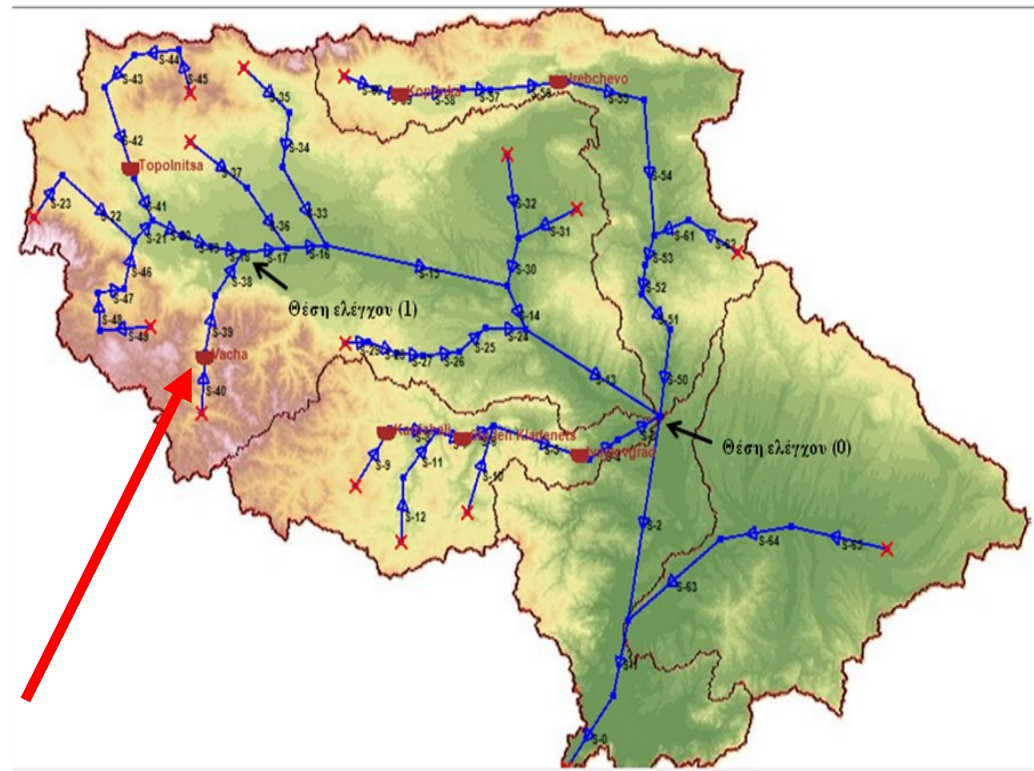


Ως αποτέλεσμα προκύπτει ακόμα μικρότερη παροχή αιχμής 4400 m³/s στη θέση ελέγχου (0) στην Ανδριανούπολη.

Το ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) είναι **μεγαλύτερο** από όλα τα προηγούμενα.

Σενάριο Σ4:

Επιλέγεται 24ωρη παραγωγή ενέργειας 3 μέρες πριν αρχίσει η βροχή αλλά και κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου με στόχο τον υποβιβασμό της στάθμης του ταμιευτήρα του φράγματος Vacha.



Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν τα καλύτερα από όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις, καθώς η παροχή αιχμής μειώθηκε περεταίρω σε $3965 \text{ m}^3/\text{s}$ στη θέση ελέγχου (0) στην Ανδριανούπολη, και το ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) αυξήθηκε ακόμα περισσότερο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Γίνεται φανερή η σημασία της ορθολογικής διαχείρισης των φραγμάτων σε συνδυασμό με έγκαιρη πρόβλεψη και προσομοίωση τόσο για τον μετριασμό ή αποφυγή πλημμυρών όσο και για την παραγωγή ενέργειας.
- Συντονίζοντας τις ενέργειες εκτόνωσης των φραγμάτων είναι δυνατό, όχι μόνο να ελαττωθούν οι πλημμυρικές αιχμές, αλλά και να αυξηθεί το οικονομικό όφελος.
- Στα παραπάνω σενάρια εργασίας επιχειρήθηκε εναλλακτικός χειρισμός σε ένα κάθε φορά φράγμα, και όπως προέκυψε, είναι δυνατό να βελτιωθεί σημαντικά το τελικό αποτέλεσμα.
- Βέβαια το πρόβλημα των κατάλληλων χειρισμών σε κάθε φράγμα, ώστε να προκύψει μέγιστο οικονομικό όφελος και αποφυγή πλημμυρών δεν είναι καθόλου απλό, καθώς γίνεται αντιληπτός ο τεράστιος αριθμός συνδυασμών χειρισμού των φραγμάτων.
- Όμως η βέλτιστη λύση βρίσκεται σε έναν από τους παραπάνω συνδυασμούς ενεργειών, πρέπει να αναζητηθεί με έναν συστηματικό – μαθηματικό τρόπο, και αναμένεται να είναι εξαιρετικά επωφελής.

Ο ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΡΔΑΣ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΤΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



- Πλημμύρες προκαλούνται από τον συνδυασμό των παροχών Έβρου – Άρδα – Τούντζα - Εργίνη
- Κρισιμότερος ποταμός για πρόκληση πλημμυρών σε Ελληνικό έδαφος είναι ο Άρδας

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Άρδα



- Συνολικό εμβαδό λεκάνης απορροής ΑΡΔΑ = 5.600 km²
- Μόλις 345 km² εντός του Ελληνικού εδάφους (6%).
- 3 μεγάλα φράγματα συνολικής χωρητικότητας 1085x10⁶ m³, που ελέγχουν πλήρως την απορροή, που είναι πολλαπλής σκοπιμότητας, αλλά κυρίως για παραγωγή ενέργειας

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Άρδα



Λόγω του **ορεινού** χαρακτήρα του μεγαλύτερου μέρους της υδρολογικής λεκάνης, του μεγάλου **μεγέθους** της, αλλά και των **κλιματικών** συνθηκών, προκαλούνται πολύ συχνά μεγάλες πλημμυρικές απορροές με τεράστιες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες τόσο για τη Βουλγαρία, αλλά κυρίως για την Ελλάδα και την Τουρκία, που είναι οι κατάντη χώρες.

Στην λεκάνη του Άρδα προκαλούνται τις περισσότερες φορές ξαφνικές και επικίνδυνες πλημμύρες, που οφείλονται σε καταρρακτώδεις βροχές και απότομη τήξη χιονιού, ως συνέπεια του κλίματος

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Άρδα



Οι πλημμύρες συνήθως συμβαίνουν προς το τέλος του χειμώνα, αν και όχι σπάνια υπήρξαν πλημμυρικά γεγονότα μέσα στο καλοκαίρι καθώς και σε άλλες εποχές.

Παρά την ύπαρξη τριών μεγάλων ταμιευτήρων στο Βουλγαρικό τμήμα κυρίως για παραγωγή ενέργειας, αρκετά συχνά δημιουργούνται προβλήματα και πλημμύρες μετά τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα.

Το Φράγμα του Kyrdzhali



Τα Φράγματα του Studen Kladenets



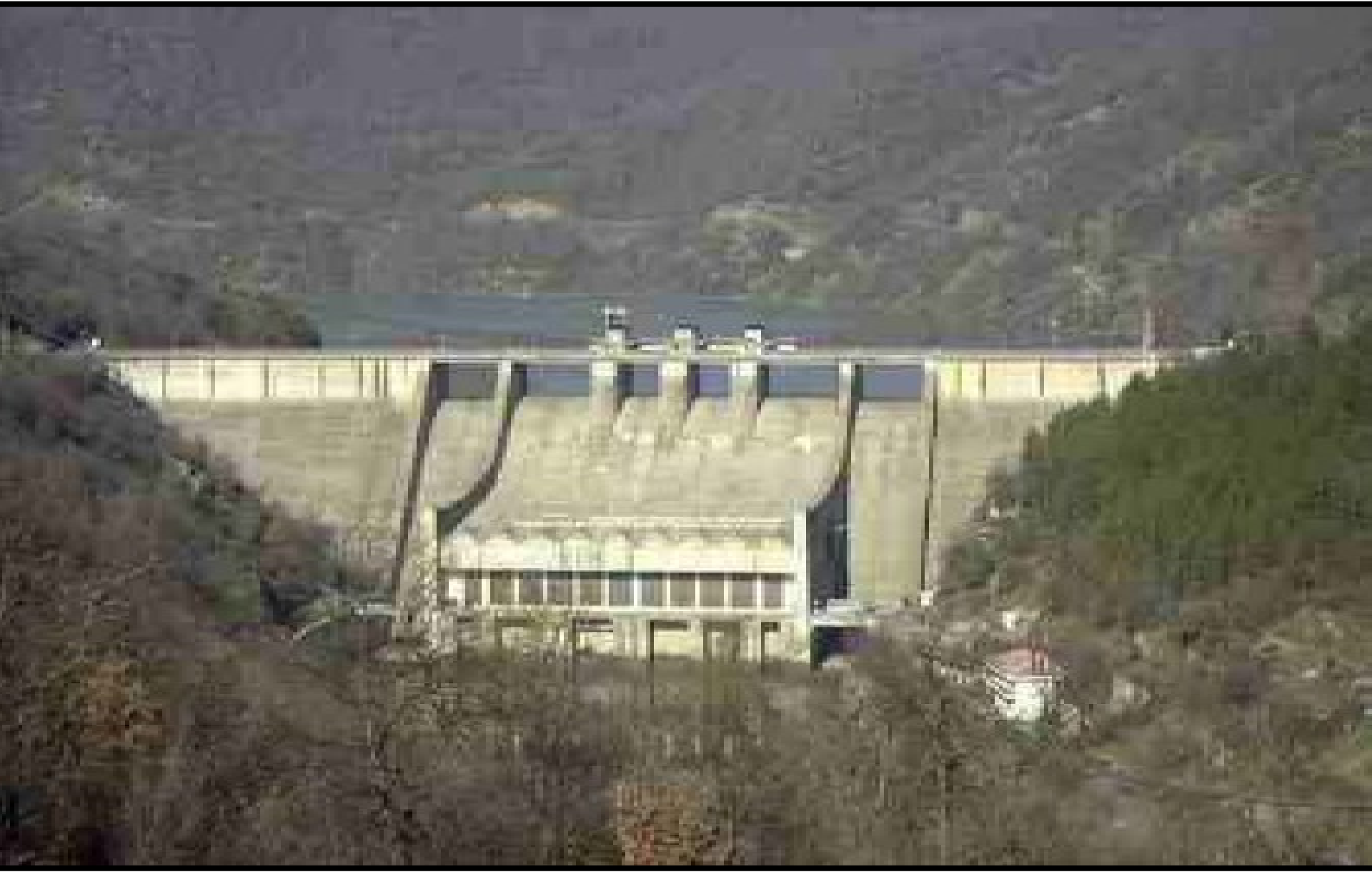
Το Φράγμα του Ivaylovgrad

(6 Km μόλις από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα)



Το Φράγμα του Ivaylovgrad

(6 Km μόλις από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα)





European Territorial Cooperation Programme
Greece-Bulgaria 2007-2013
INVESTING IN OUR FUTURE

ARDA
FORECAST



Co-funded by the European Union (ERDF)
and National Funds of Greece and Bulgaria



ΈΡΓΟΥ
ARDAFORECAST

Εγκατάσταση/Δημιουργία συστήματος προειδοποίησης
πλημμυρών στη λεκάνη του Ποταμού Άρδα
για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου
στη διασυνοριακή περιοχή

<http://arda.hydro.bg/>

ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ARDAFORECAST

Η **Ελλάδα και η Βουλγαρία** συνεργάστηκαν στα πλαίσια του «Ευρωπαϊκού προγράμματος διασυνοριακής συνεργασίας Ελλάδας – Βουλγαρίας 2007-2013» σε ένα κοινό έργο με τίτλο «Εγκατάσταση συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρών στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Άρδα για τη μείωση του κινδύνου στη διασυνοριακή ζώνη – **ARDAFORECAST**», προκειμένου να αντιμετωπίσουν από κοινού το πλημμυρικό πρόβλημα.

Προϋπολογισμός: 823,220.50 €

Υλοποίηση: 2012 – 2014

Εταίροι: **(Τουρκία ως παρατηρητής)**



NATIONAL INSTITUTE OF METEOROLOGY AND HYDROLOGY – BULGARIA

Contact person: Dobri Dimitrov

66, Tsarigradsko Chaussee, Sofia 1784, Bulgaria

E-mail: ardaforecast@meteo.bg

www.meteo.bg



EAST AEGEAN RIVER BASIN DIRECTORATE – BULGARIA

Contact person: Eng. Gergana Georgieva

35, Yanko Sakazov Str., Plovdiv 4000, Bulgaria

E-mail: ardaforecast@abv.bg

www.earbd.org



**DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE – SPECIAL ACCOUNT –
DEP. OF CIVIL ENGINEERING – GREECE**

Contact person: Professor Nikolaos Kotsovinos

University Campus – Dep. of Civil Engineering, Vas. Sofias 12, 67100 Xanthi, Greece

E-mail: kotsovin@civil.duth.gr www.duth.gr



REGIONAL DEVELOPMENT FUND OF EAST MACEDONIA – THRACE – GREECE

Contact person: Christos Partasias

D. Tsetine 7, Komotini, Greece

E-mail: c.partasias@pta-emth.gr

www.pamth.gov.gr, www.pta-emth.gr

ΚΥΡΙΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ARDAFORECAST

- πρόβλεψη βροχόπτωσης
- εκτίμηση απορροής με βάση την πρόβλεψη βροχόπτωσης
- ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών
- διόδευση πλημμυρικού κύματος και χάρτες πλημμυρισμού
- σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης και προστασία από τις πλημμύρες – πολιτική προστασία
- σύστημα υδρομετεωρολογικών πληροφοριών
- εγκατάσταση πρόσθετων υδρομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών

ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΤΙΜΗΤΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΣΗ

για το πρόγραμμα

ARDAFORECAST

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επέλεξε 28 έργα από όλα τα προγράμματα (όχι μόνο τα INTERREG), ως παραδείγματα για το πως τα Ευρωπαϊκά χρήματα «πιάνουν τόπο» για τους Ευρωπαίους πολίτες.

Μέσα σε αυτά βρίσκεται το ARDAFORECAST.

http://ec.europa.eu/regional_policy/index.cfm/en/projects/bulgaria/ardaforecast-a-reliable-flood-warning-system-developed-for-the-cross-border-arda-river



Programme co-financed by the
EUROPEAN UNION



Greece - Bulgaria 2007-2013

AWARD DIPLOMA

THIS DIPLOMA IS AWARDED
IN RECOGNITION OF PROJECT

"ARDAFORECAST"

implemented by:

National Institute of Meteorology and Hydrology –
Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria

Democritus University of Thrace -
Dep. of Civil Engineering, Greece

East Aegean River Basin Directorate, Bulgaria

Regional Development Fund East Macedonia-
Thrace, Greece

AS AN EXEMPLARY IMPLEMENTED PROJECT

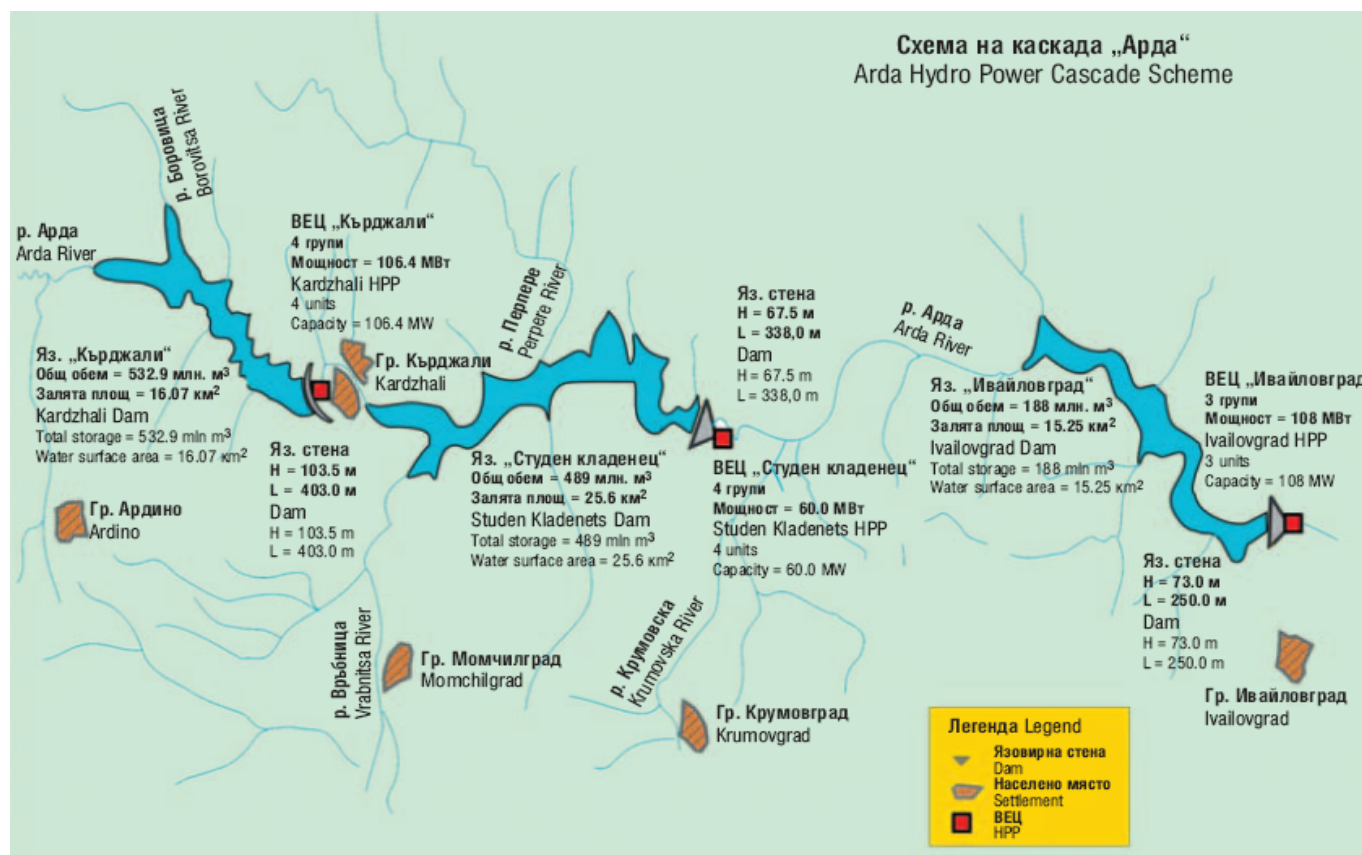
Lilyana Pavlova, PhD

Minister of Regional Development and Public Works

EUROPEAN TERRITORIAL COOPERATION
IN THE REPUBLIC OF BULGARIA -
ACCOMPLISHMENTS BRINGING NEW PERSPECTIVES
13 October 2015, Sofia, Bulgaria

Στην υδρολογική λεκάνη του Άρδα έχουν γίνει μεγάλες κατασκευαστικές παρεμβάσεις με την κατασκευή 3 διαδοχικών φραγμάτων, που ελέγχουν σχεδόν το σύνολο της απορροής.

Για τον λόγο αυτό πρέπει να διερευνηθεί ο ρόλος ήπιων δράσεων (μη κατασκευαστικών παρεμβάσεων) στο πλημμυρικό φαινόμενο.



Η αντιμετώπιση των πλημμυρών γίνεται πολύ δυσκολότερη, όταν πρόκειται για **διακρατική** υδρολογική λεκάνη, όπου εμπλέκονται περισσότερες χώρες, όπως στην περίπτωση του διακρατικού ποταμού Άρδα, όπου η υδρολογική λεκάνη μοιράζεται σε δύο χώρες, τη Βουλγαρία που είναι η ανάντη χώρα και την Ελλάδα, που είναι η κατάντη χώρα, αλλά οι απορροές του Άρδα επηρεάζουν δυσμενώς και την Τουρκία.



Ιδιαίτερα δε, όταν η ανάντη χώρα, που κατασκεύασε μεγάλα φράγματα, ενδιαφέρεται κύρια για την οικονομική τους εκμετάλλευση, η οποία αντιστρατεύεται την αντιπλημμυρική προστασία των κατάντη χωρών.

Τα φράγματα παρεμβαίνουν αποφασιστικά στις φυσικές ροές των ποταμών μεταβάλλοντας την παροχή αιχμής, τον χρόνο εμφάνισης και τη διάρκεια της πλημμύρας, έτσι ώστε να μειώνονται οι αρνητικές συνέπειες κατάντη.

Όμως όταν απελευθερώνονται γρήγορα μεγάλες ποσότητες νερού μέσω των υπερχειλιστών, είναι δυνατό να προκληθούν δυσμενείς πλημμυρικές συνέπειες στα κατάντη.

Kardjali



Studen – Kladenets



Ivaylovgrad



Τι είναι το ARDAFORECAST;

<http://arda.hydro.bg/index.php?glaven=data>

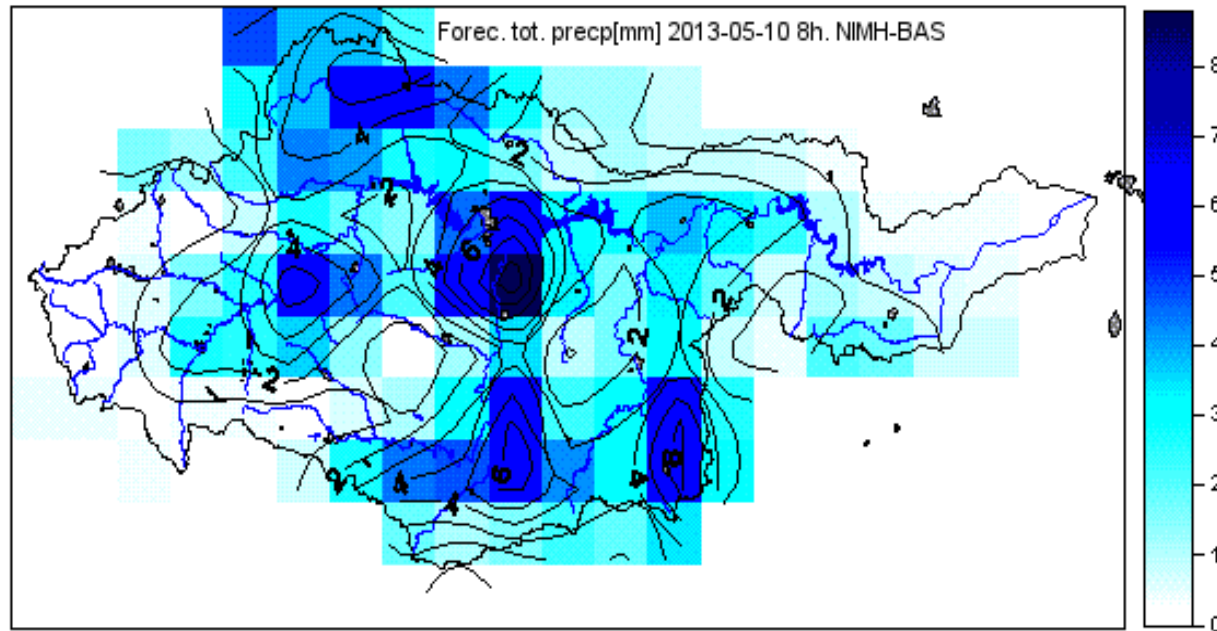
Το ARDAFORECAST είναι ένα σύνθετο σύστημα, που ενσωματώνει επιστημονική έρευνα και περίπλοκα μοντέλα προσομοίωσης φυσικών διαδικασιών (μετεωρολογικών, υδρολογικών και υδραυλικών), και που λαμβάνει υπόψη του μια σειρά από παραμέτρους (συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής διάστασης του θέματος).

Οι βασικές δράσεις του είναι:



Πρόβλεψη βροχόπτωσης

Με βάση σύγχρονες μετεωρολογικές μεθόδους γίνεται πρόβλεψη βροχόπτωσης για τις επόμενες 5 μέρες, ανά 3ωρο, σε τετραγωνικά κελιά διαστάσεων 8 x 8 Km. (NIMH)



<http://arda.hydro.bg/index.php?glaven=data>

Εκτίμηση απορροής με βάση την πρόβλεψη βροχόπτωσης

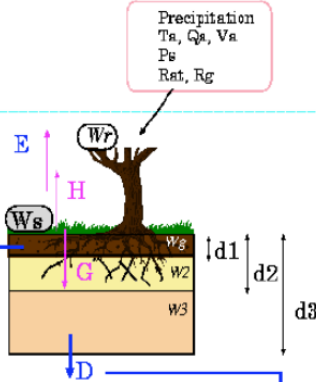
Με τη χρήση υδρολογικών μοντέλων (MODCOU και άλλων) γίνεται προσομοίωση της επιφανειακής και της υπόγειας απορροής.

Η υδρολογική λεκάνη χωρίζεται σε κελιά ή σε υπολεκάνες. Γίνεται διόδευση της επιφανειακής απορροής μέσω του δικτύου υδατορρευμάτων. **(NIMH – DUTH)**

ISBA-MODCOU
coupled model

Atmospheric forcing
time step = 3 hours

ISBA
Surface scheme
time step = 5 min



Hydrological model
time step = 1 day

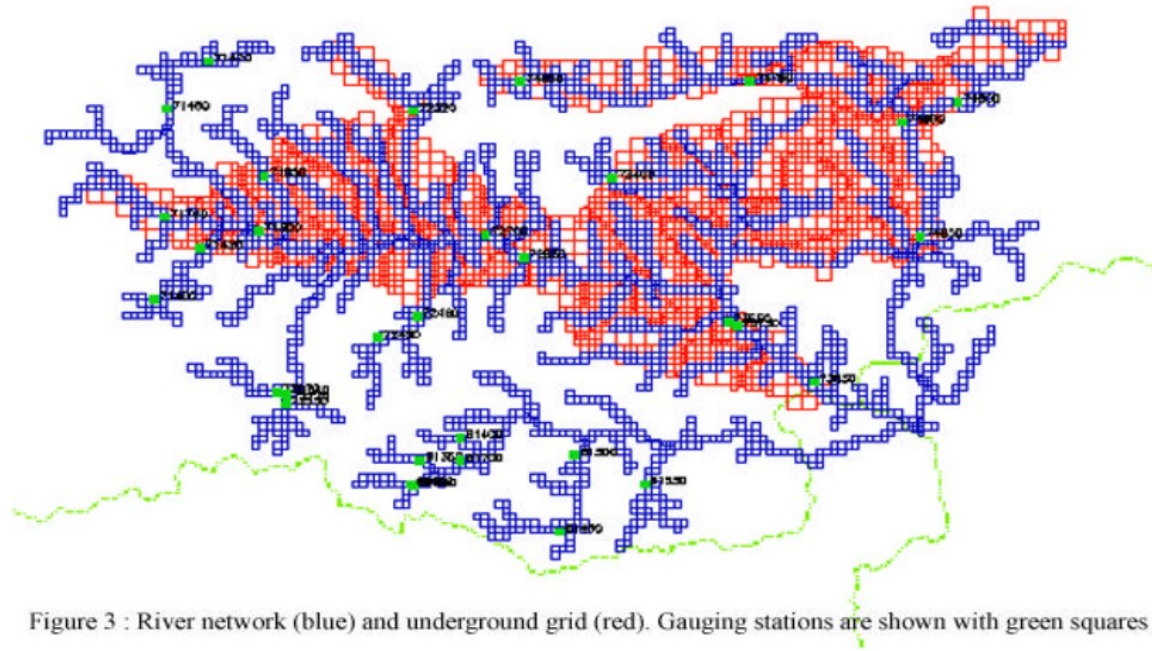
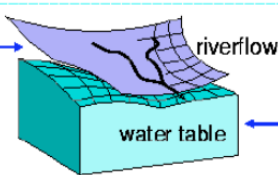
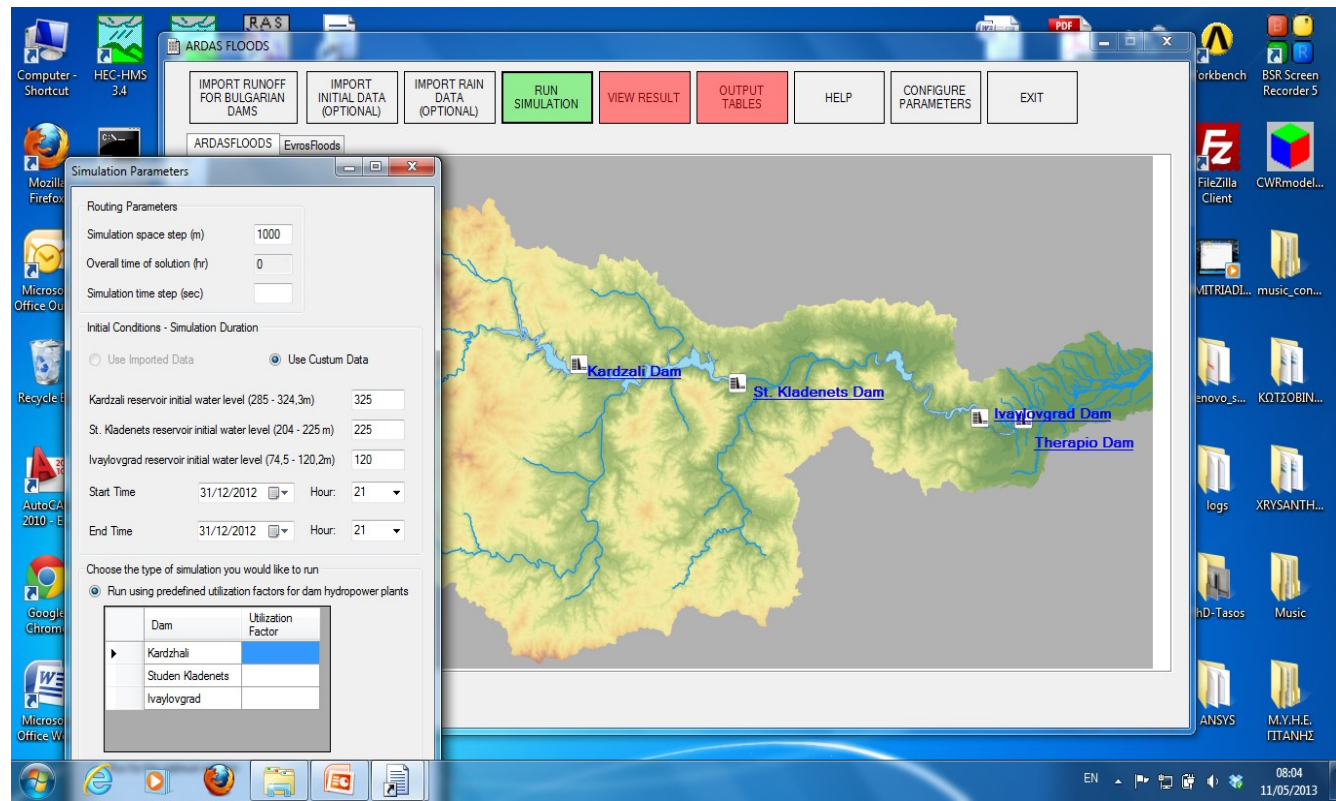


Figure 3 : River network (blue) and underground grid (red). Gauging stations are shown with green squares

Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (DUTH)

Η βασική ιδέα, που προτείνουμε, είναι, ότι ο χρόνος των 5 ημερών για τις οποίες μπορεί να γίνει πρόβλεψη βροχόπτωσης και απορροής, είναι σημαντικός και κρίσιμος για να αμυνθούμε έναντι των πλημμυρών.



Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (DUTH)

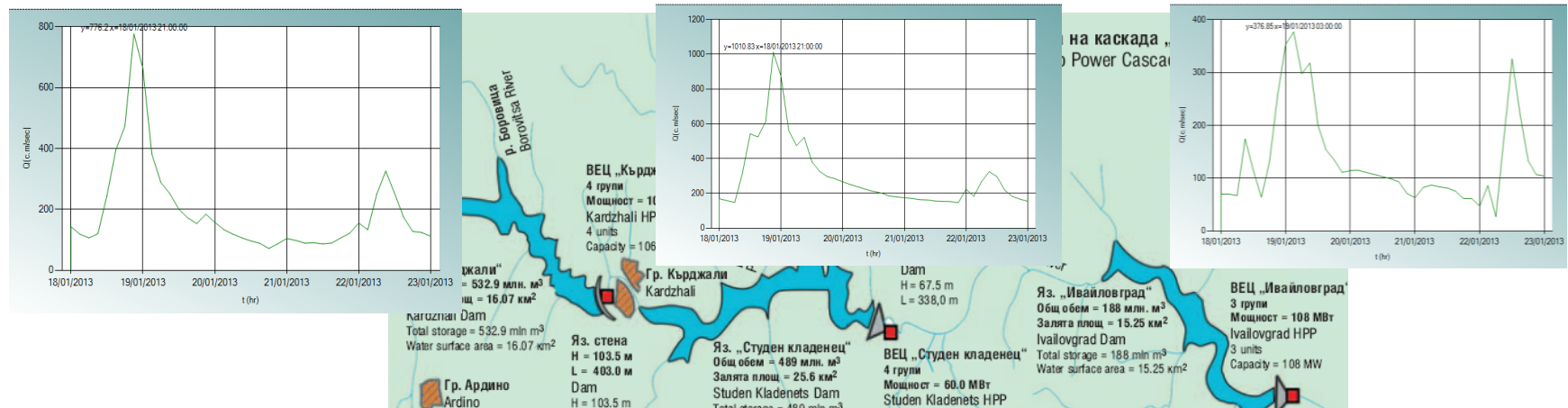
Πως μπορούμε να αμυνθούμε;

- Γνωρίζοντας ποια θα είναι η βροχή και τελικά η εισροή σε κάθε ταμιευτήρα για τις επόμενες 5 ημέρες, μπορούμε να αδειάζουμε τους ταμιευτήρες, ώστε να μπορέσουν να χωρέσουν την επερχόμενη εισροή.
- Για να μη έχουμε οικονομική απώλεια, το άδειασμα των ταμιευτήρων θα γίνεται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια ακόμα και σε ώρες που δεν τη χρειαζόμαστε (π.χ. όλο το 24ωρο), ώστε να εκμεταλλευτούμε όσο γίνεται καλύτερα το νερό.

Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (DUTH)

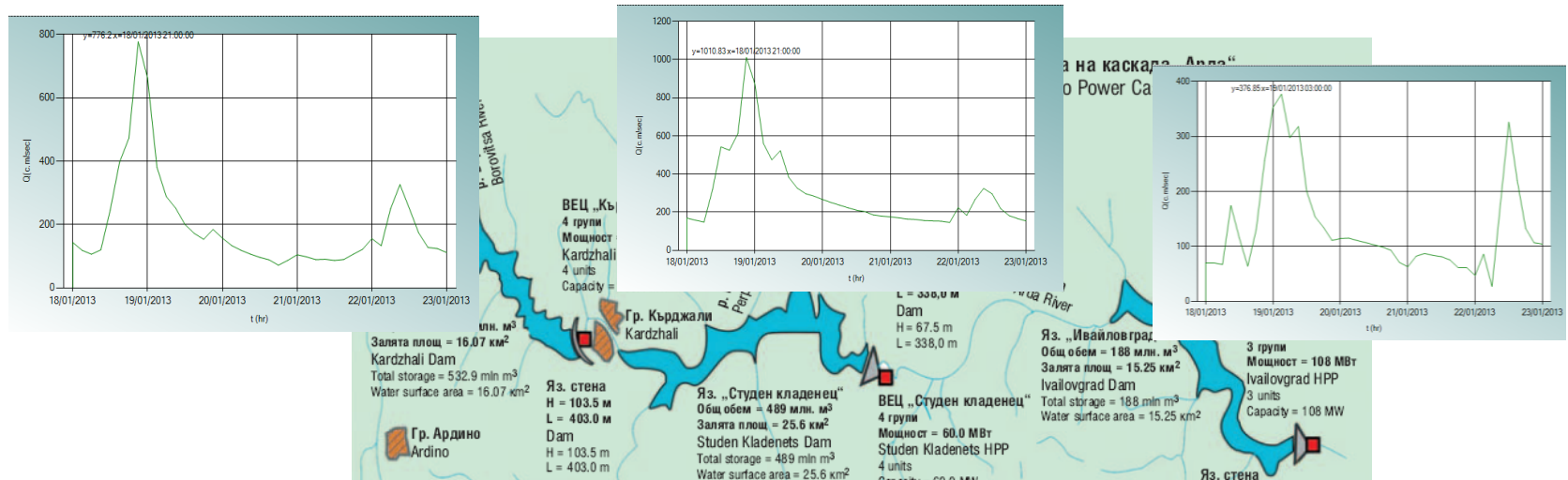
Όμως πόσο νερό πρέπει να αδειάσουμε από το κάθε φράγμα; Η απάντηση δεν είναι εύκολη, ούτε τετριμένη, γιατί εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως:

- Πόση είναι η αναμενόμενη εισροή σε κάθε ταμιευτήρα και με ποια χρονική κατανομή;
- Ποια είναι η αρχική στάθμη του κάθε ταμιευτήρα; Μήπως χωρέσει το νερό που πρόκειται να εισέλθει;
- Ποια ποσότητα ενδέχεται να υπερχειλίσει από κάθε φράγμα, σε ποια χρονική στιγμή και πως θα επηρεάσει τα κατάντη φράγματα;



Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (DUTH)

- Πόσο χρόνο θα κάνει για να φτάσει η εκροή από ένα φράγμα στο κατάντη φράγμα; Ο χρόνος αυτός δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες ροής.
- Πόσο γρήγορα ανεβαίνει ή κατεβαίνει η στάθμη του ταμιευτήρα, λόγω εισροής και εκροής;
- Πόσο χάνουμε ή κερδίζουμε οικονομικά;

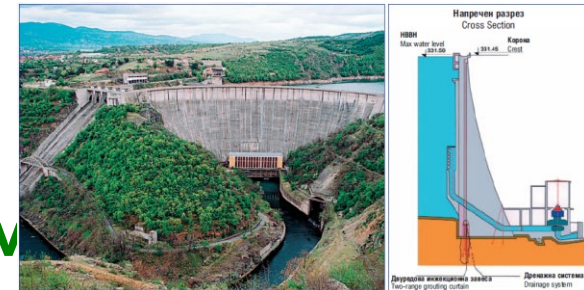


Απάντηση: Προσομοίωση στον Η/Υ της λειτουργίας των 3 φραγμάτων του Άρδα, με στόχο τη μεγιστοποίηση παραγωγής ενέργειας και της αποφυγής πλημμύρας

Σκοπός: Συνεχής προσομοίωση της ροής μέσω των ταμιευτήρων και μέσω του ποταμού με ένα πρόγραμμα H/Y για τις επόμενες 5 μέρες. Η προσομοίωση περιλαμβάνει όλους τους εναλλακτικούς τρόπους λειτουργίας των υδροηλεκτρικών εργοστασίων, τη διόδευση κάθε φορά της ροής μέσω του ποταμού και των ταμιευτήρων με στόχο τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας και την αποφυγή πλημμύρας. <http://arda.hydro.bg/index.php?glaven=data>

Εισαγωγή δεδομένων:

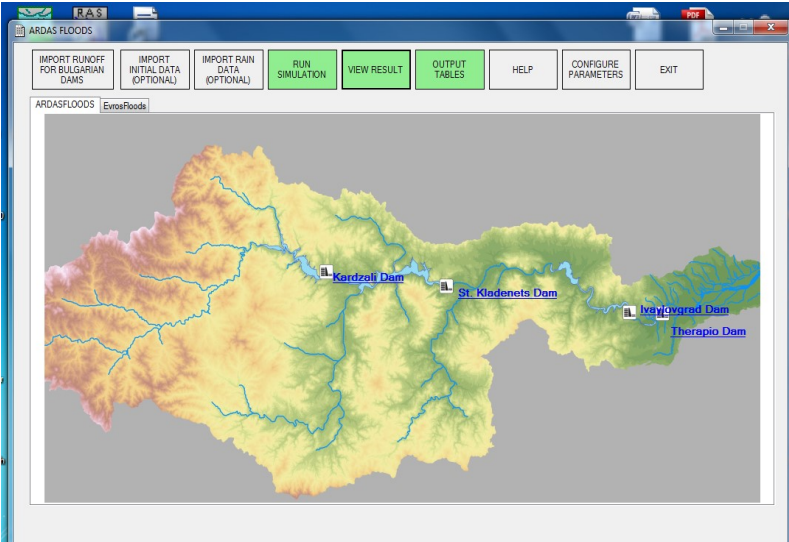
- **Εκτίμηση απορροής των επόμενων 5 ημερών και αρχικές στάθμες ταμιευτήρων**



Αποτέλεσμα: Βέλτιστος χειρισμός απελευθερώσεων νερού από τα 3 φράγματα για μεγιστοποίηση παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας και αποφυγή πλημμυρών

Περιορισμοί:

Μέγιστες επιτρεπόμενες παροχές κατάντη των φραγμάτων πέρα από τις οποίες δημιουργούνται πλημμύρες.



$MaxQ_{Kardjali}$

$MaxQ_{Stud.Klad.}$

$MaxQ_{Ivailovgrad}$



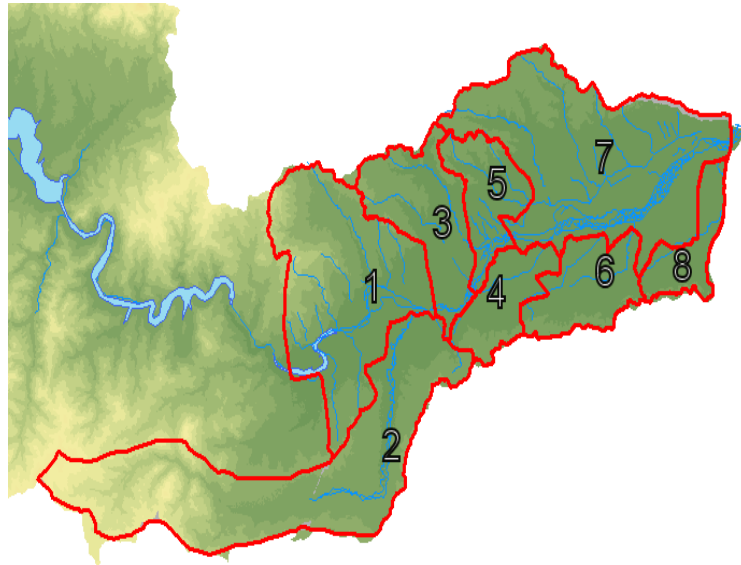
Τι ακριβώς κάνει το λογισμικό;

- Εξετάζει όλους τους εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης στα τρία φράγματα και κάνει όλους τους υδραυλικούς υπολογισμούς για κάθε έναν από αυτούς.
- Για να προσομοιωθεί η λειτουργία των υδροηλεκτρικών εργοστασίων για συγκεκριμένες ώρες και όχι για 24ωρη λειτουργία εισήχθη ο συντελεστής χρησιμοποίησης (Utilization Factor), ο οποίος λαμβάνει τιμές από 0% (για μηδενική λειτουργία) έως 100% (για 24ωρη λειτουργία). Ο συντελεστής χρησιμοποίησης υπολογίζεται από το αναπτυχθέν λογισμικό, όταν αναζητείται η βέλτιστη λύση.
- Ταυτόχρονα υπολογίζει την παραγόμενη κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου υδροηλεκτρική ενέργεια καθώς και τη δυνάμενη να παραχθεί με το αποθηκευμένο στους ταμιευτήρες νερό στο τέλος του επεισοδίου.

Τι ακριβώς κάνει το λογισμικό;

➤ Υδρολογική προσομοίωση

Στο Ελληνικό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης και έχοντας πρόβλεψη βροχόπτωσης για τις επόμενες πέντε μέρες, ανά 3ωρο, σε τετραγωνικά κελιά διαστάσεων 8 x 8 Km προερχόμενη από το NIMH, μετασχηματίζει τη βροχή σε **άμεση απορροή** με τη μέθοδο του Συνθετικού Μοναδιαίου Υδρογραφήματος του **Snyder** σε συνδυασμό με την μέθοδο **Horton** για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω διήθησης



Τι ακριβώς κάνει το λογισμικό;

➤ Διόδευση υδρογραφημάτων διαμέσου υδατορευμάτων

Η διόδευση των υδρογραφημάτων διαμέσου των υδατορευμάτων γίνεται με τη διακριτοποίηση και αριθμητική επίλυση των εξισώσεων του **κινηματικού κύματος**.

Οι βασικές εξισώσεις που περιγράφουν τη γενική **μονοδιάστατη ασταθή ροή** του νερού σε ανοικτούς αγωγούς και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι η εξίσωση της **συνέχειας** και της **ορμής** (εξισώσεις St. Venant):

Συνέχεια:
$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = q_L + (i - f)$$

Μετά από

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

Ορμή:
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} = g(S_0 - S_f) - q_L \frac{(u - v)}{y}$$
 απλοποιήσεις:

$$Q = aA^m$$

Τι ακριβώς κάνει το λογισμικό;

➤ **Διόδευση υδρογραφημάτων διαμέσου ταμιευτήρων**
Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του υδατικού ισοζυγίου σε συνδυασμό τις σχέσεις «στάθμης νερού» – «όγκου νερού» στους ταμιευτήρες:

$$\frac{dS}{dt} = I - Q$$

όπου dS/dt είναι η μεταβολή του αποθηκευμένου όγκου νερού σε χρονικό διάστημα dt , I είναι η εισροή νερού στον ταμιευτήρα, Q είναι η εκροή νερού από τον ταμιευτήρα είτε μέσω των υδροστροβίλων, είτε μέσω του υπερχειλιστή.

Για την εκροή από τον υπερχειλιστή χρησιμοποιήθηκε σχέση της μορφής:

$$Q_{\varepsilon} = C \cdot B \cdot d \cdot H^{1.5}$$

Επιλογή βέλτιστου διαχειριστικού σχεδίου

➤ Επιλέγεται το βέλτιστο διαχειριστικό σχέδιο με 2 τρόπους:

➤ Τρόπος (α):

□ Κατατάσσει τις εναλλακτικές λύσεις με βάση το οικονομικό όφελος, δηλαδή με βάση την παραγόμενη ενέργεια. Η κατάταξη γίνεται κατά φθίνουσα σειρά από τη μεγαλύτερη ενέργεια προς τη μικρότερη.

□ Παράλληλα, με βάση τις πλημμυρικές αιχμές, που δημιουργούνται κατόπιν των τριών φραγμάτων, αποκλείονται τα σενάρια εκείνα που προκαλούν πλημμύρες.

□ Οπότε, ως βέλτιστη επιλογή προτείνεται εκείνο το σενάριο διαχείρισης, όπου παράγεται η μέγιστη ενέργεια (από τον κατάλογο κατά φθίνουσα σειρά), αλλά ταυτόχρονα δεν δημιουργεί πλημμύρα κατόπιν των φραγμάτων.

Επιλογή βέλτιστου διαχειριστικού σχεδίου

Result Viewer

Optimum Solution

Graphs

Output Tables

	Simulation for Viewing	Kardzali UF(%)	St. Kladenets UF (%)	Ivaylovgrad UF (%)	Total Energy Production plus the remaining energy (kWh)	Max flow downstream Kardzhali (m3/s)	Max flow downstream St. Kladenets (m3/s)	Max flow downstream Ivaylovgrad (m3/s)	Max flow downstream Ardas river (m3/s)
☐	80	40	80	277,565	162.0	561.1	668.4	645.7	
☐	100	100	60	277,084	162.0	516.3	795.4	768.2	
☐	100	60	80	276,951	162.0	569.5	722.6	694.2	
☐	60	40	60	276,812	162.0	530.0	717.5	687.5	
☒	100	20	100	276,800	162.0	624.8	579.3	576.8	
☐	60	80	40	276,613	162.0	482.8	779.8	738.5	
☐	40	100	100	276,406	685.9	482.8	568.8	564.0	
☐	80	60	60	276,243	162.0	534.2	756.6	719.7	

Flood Detected in Scenario

Flood Danger Detected in Scenario

No Flood Danger

Flood Limit At downstream of Ardas (m3/s):

Flood Limit At downstream of Kardzali Dam (m3/s):

Flood Limit At downstream of St. Kladenets Dam (m3/s):

Flood Limit At downstream of Ivaylovgrad Dam (m3/s):

800

600

600

800

Export to .csv file

➤ Εάν η πρώτη επιλογή (μεγαλύτερη ενέργεια) δημιουργεί ροές στον Άρδα, που η αιχμή τους δεν ξεπερνάει τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια που τέθηκαν, τότε αυτή είναι η βέλτιστη λύση.

➤ Αλλιώς πάμε στη 2^η επιλογή, ή στην 3^η, κ.ο.κ.

Επιλογή βέλτιστου διαχειριστικού σχεδίου

- Επιλέγεται το βέλτιστο διαχειριστικό σχέδιο με 2 τρόπους:
 - Τρόπος (β):
 - Βασίζεται σε ένα συνθετικό κριτήριο αξιολόγησης με στόχο τη συνολική βελτιστοποίηση του συστήματος, που ορίζεται ως εξής:
 - οικονομική αποτίμηση της παραγόμενης ενέργειας και παράλληλα οικονομική αποτίμηση των (ενδεχόμενων) ζημιών πλημμυρών από τη διόδευση των πλημμυρικών κυμάτων στον ποταμό Άρδα διαμέσου των τριών Βουλγάρικων φραγμάτων.
 - Έτσι η αξιολόγηση και η κατάταξη όλων των σεναρίων διαχείρισης των φραγμάτων γίνεται με βάση το όφελος από την παραγωγή ενέργειας μείον το αντιστοιχούν λόγω των απελευθερωμένων ποσοτήτων νερού από τα τρία φράγματα (ενδεχόμενο) κόστος πλημμυρών.

Επιλογή βέλτιστης διαχείρισης με τον (β) τρόπο

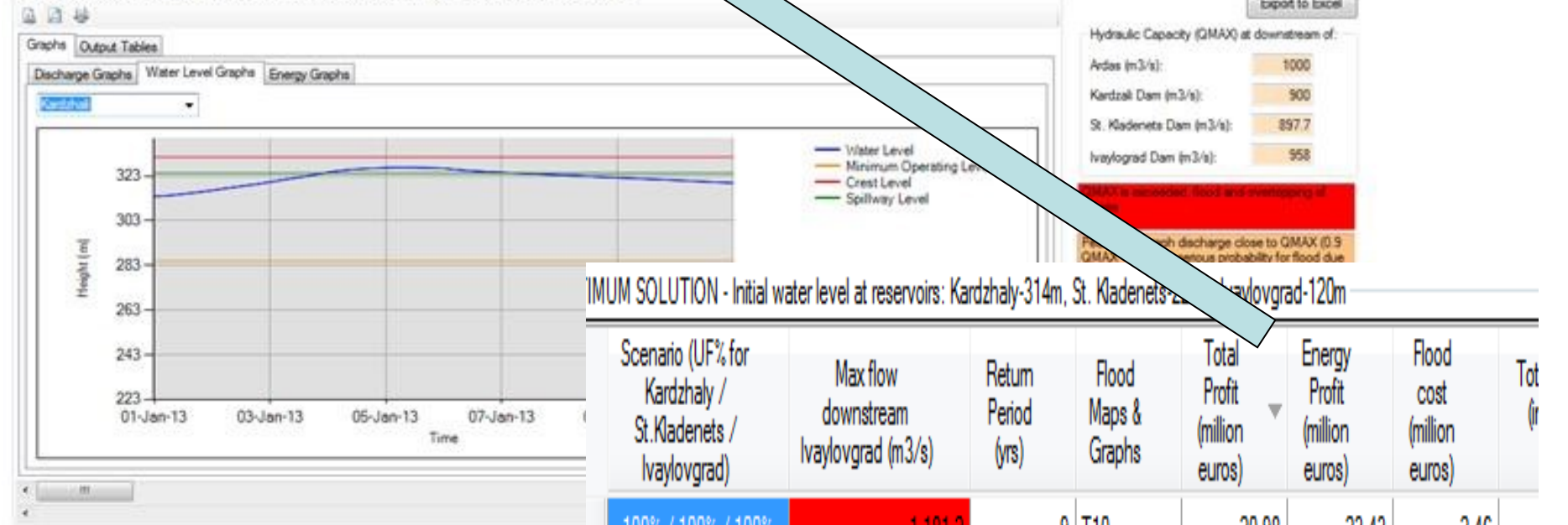
Result Viewer

OPTIMUM SOLUTION - Initial water level at reservoirs: Kardzhaly-314m, St. Kladenets-220m, Ivaylovgrad-120m

Scenario (UF% for Kardzhaly / St.Kladenets / Ivaylovgrad)	Max flow downstream Ivaylovgrad (m ³ /s)	Return Period (yrs)	Flood Maps & Graphs	Total Profit (million euros)	Energy Profit (million euros)	Flood cost (million euros)	Total Weighted Energy (including remaining energy)(MWh)	Total Energy Production plus the remaining energy (MWh)	Max flow downstream Kardzhali (m ³ /s)	Max flow downstream St. Kladenets (m ³ /s)	Max flow at Ardas outlet (m ³ /s)	Total E during c
100% / 100% / 100%	1,181.2	9	T10	20.98	23.43	2.46	334,762	341,439	532.3	877.5	1,180.8	
75% / 100% / 100%	1,187.9	10	T10	20.70	23.37	2.67	333,851	339,918	625.8	896.3	1,184.9	
50% / 100% / 100%	1,189.7	10	T10	20.53	23.28	2.75	332,540	337,675	687.4	912.6	1,188.3	

Choose Scenario from the above table selecting the appropriate row

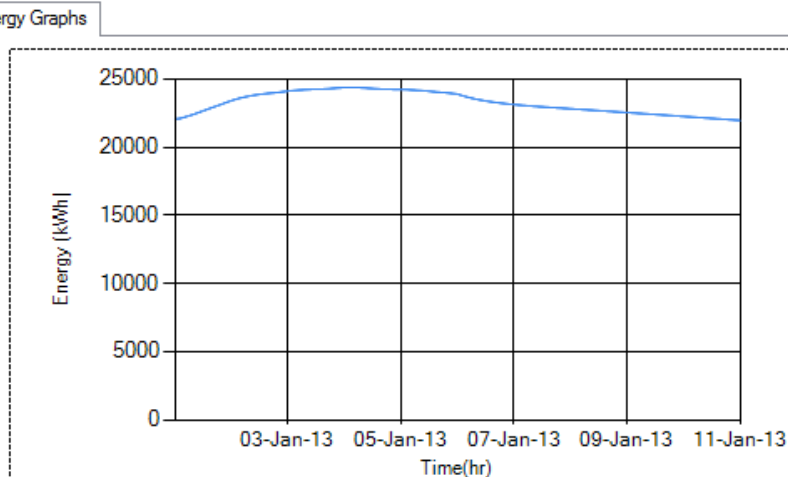
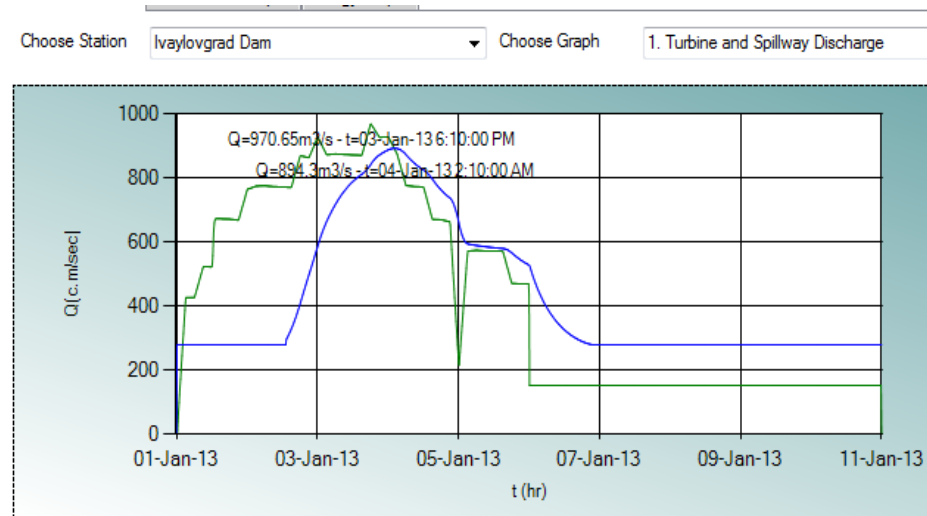
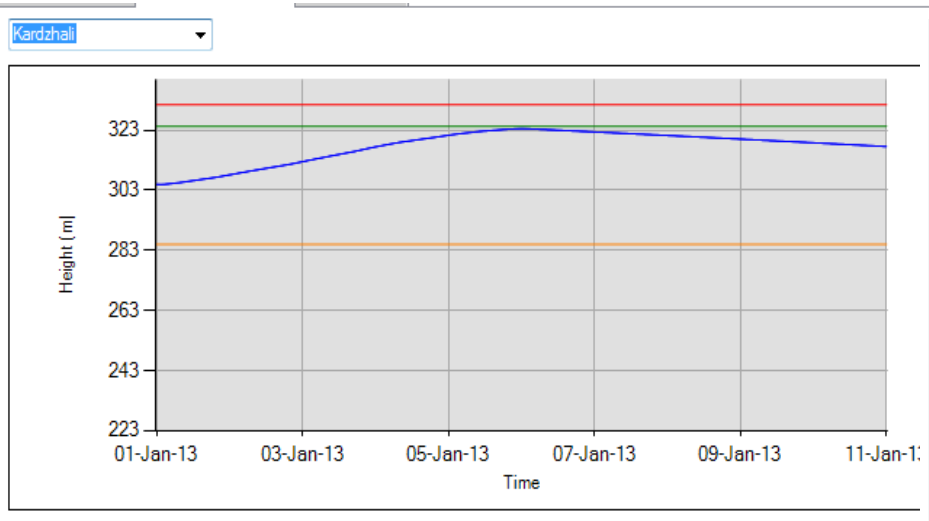
DETAILS FOR SCENARIO: UF FOR KARDZHALLY:100% / ST.KLADENETS:100% IVAYLOVGRAD DAM:100%



Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για την βέλτιστου διαχειριστικού σχεδίου;

- Η απάντηση στο ερώτημα ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για την επιλογή του βέλτιστου διαχειριστικού σχεδίου έρχεται αμέσως μόλις εισαχθούν στο λογισμικό ρεαλιστικά δεδομένα.
- Και οι δύο τρόποι οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα, καθώς το κόστος της πλημμύρας είναι συνήθως τάξεις μεγέθους μεγαλύτερο από το επιπλέον όφελος από την παραγωγή ενέργειας με διαφορετικούς χειρισμούς κατά τη διάρκεια της πλημμυρικής κρίσης.
- Συνεπώς, τα πραγματικά δεδομένα οδηγούν στη μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας, αλλά και στην αποφυγή πλημμύρας με κάθε τρόπο.

Παράγεται ποικιλία γραφημάτων και πινάκων αναφορικά με τα υδρογραφήματα εισροής – εκροής στους ταμιευτήρες και στα υδατορεύματα, την παραγόμενη ενέργεια συναρτήσει του χρόνου, την εξέλιξη της στάθμης στους ταμιευτήρες



Graphs Output Tables

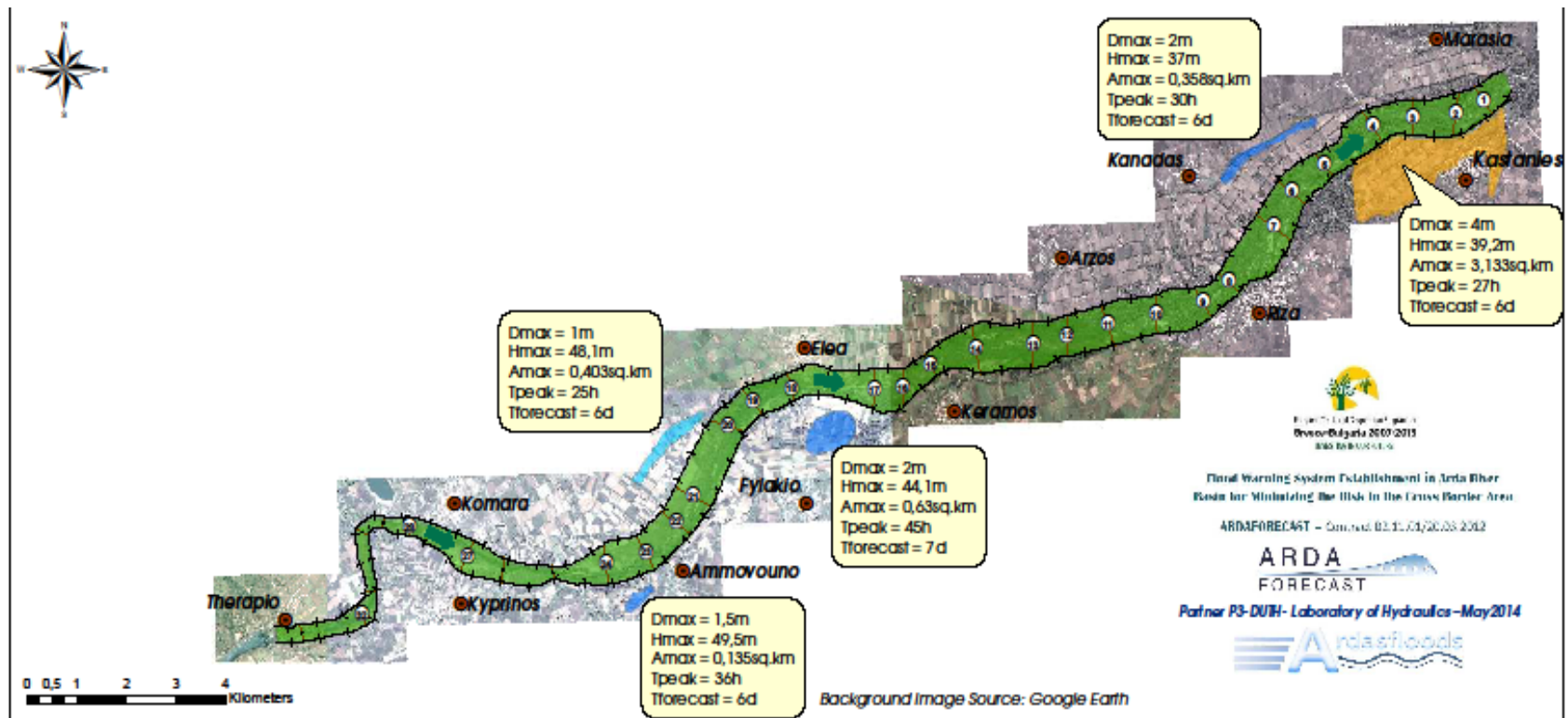
Discharge Tables Dams' Reservoir Water Balance

Kardzhali

	Time	Initial Elevation (m)	Water in Reservoir (X 1,000,000 m³)	Total Reservoir Inflow (m³/s)	Plant Discharge (m³/s)	Crest Discharge (m³/s)	Outflow (m³/s)	Energy Produced
►	01-Jan-13 12:...	320.95	393.49	0	0	0	0	0
	01-Jan-13 12:...	320.95	393.49	0	162	0	162	22087.69
	01-Jan-13 12:...	320.94	393.39	29.77	162	0	162	22086.02
	01-Jan-13 12:...	320.94	393.31	100.61	162	0	162	22085.27
	01-Jan-13 12:...	320.93	393.28	151.87	162	0	162	22085.09
	01-Jan-13 12:...	320.93	393.27	201.87	162	0	162	22085.65
	01-Jan-13 1:...	320.93	393.29	251.22	162	0	162	22086.76
	01-Jan-13 1:...	320.94	393.35	300.18	162	0	162	22088.43
	01-Jan-13 1:...	320.95	393.43	348.87	162	0	162	22090.85

Export to Excel

Με βάση την παροχή αιχμής στο Ελληνικό έδαφος εμφανίζεται πλημμυρικός χάρτης



INUNDATION MAP FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD $T = 10 \text{ yrs}$

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
1.201 cu.m/s

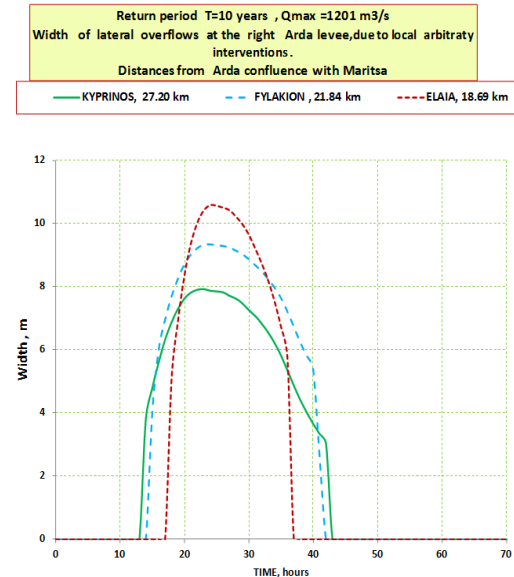
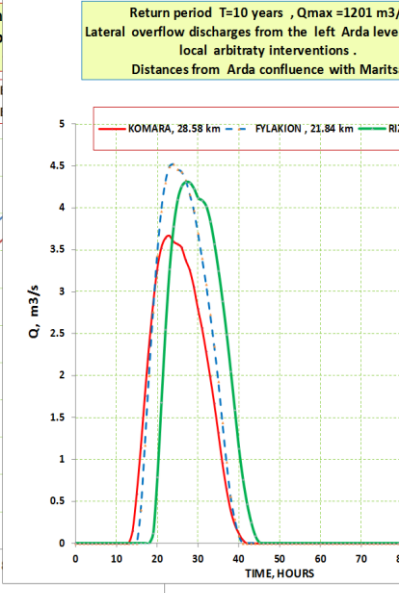
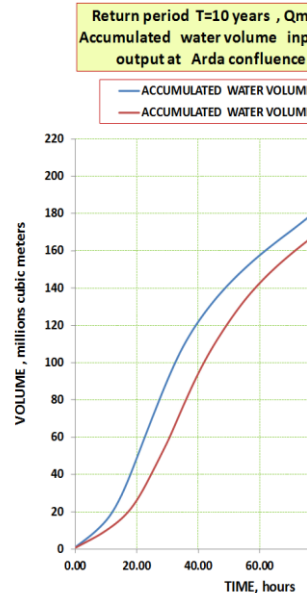
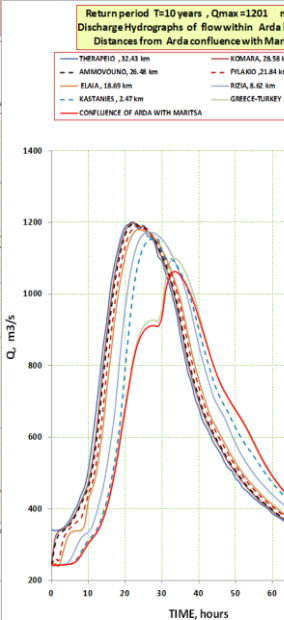
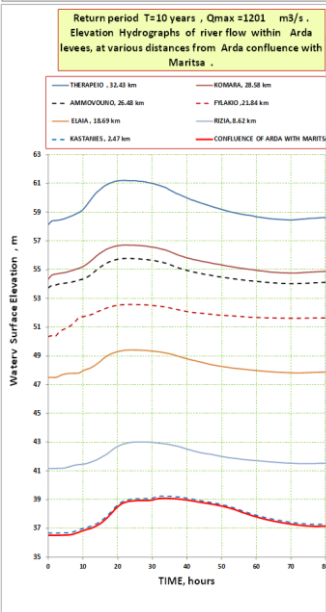
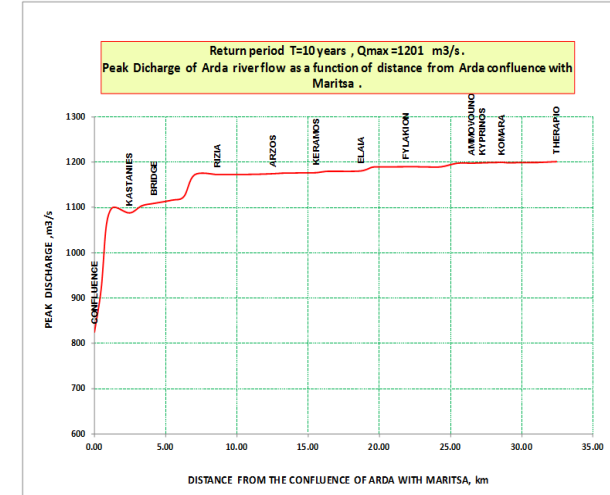
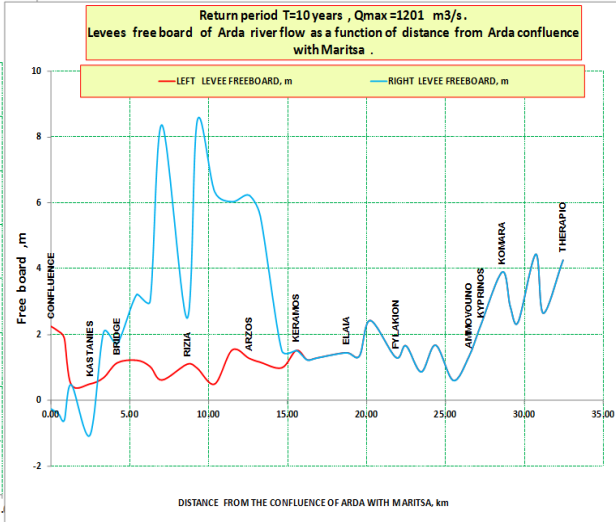
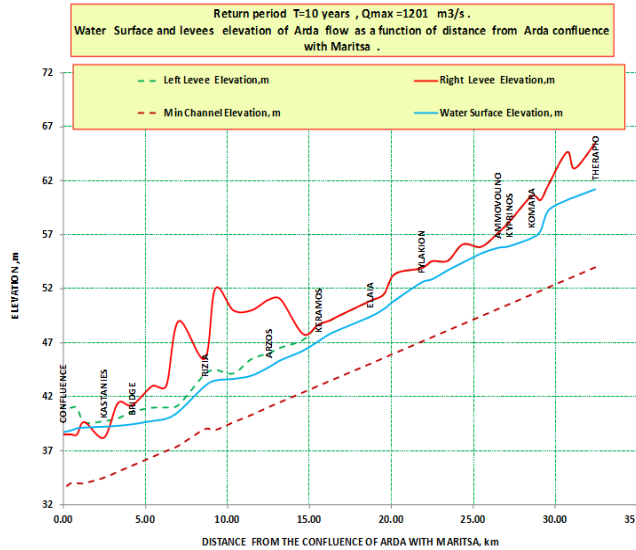
MAP LEGEND

- Settlement
 - Arda's river banks
 - River cross-section
 - Flow between Arda's levees
- Maximum depth (Dmax)**
- <1m
 - 1m - 2m
 - 2m - 4m
 - 4m - 6m

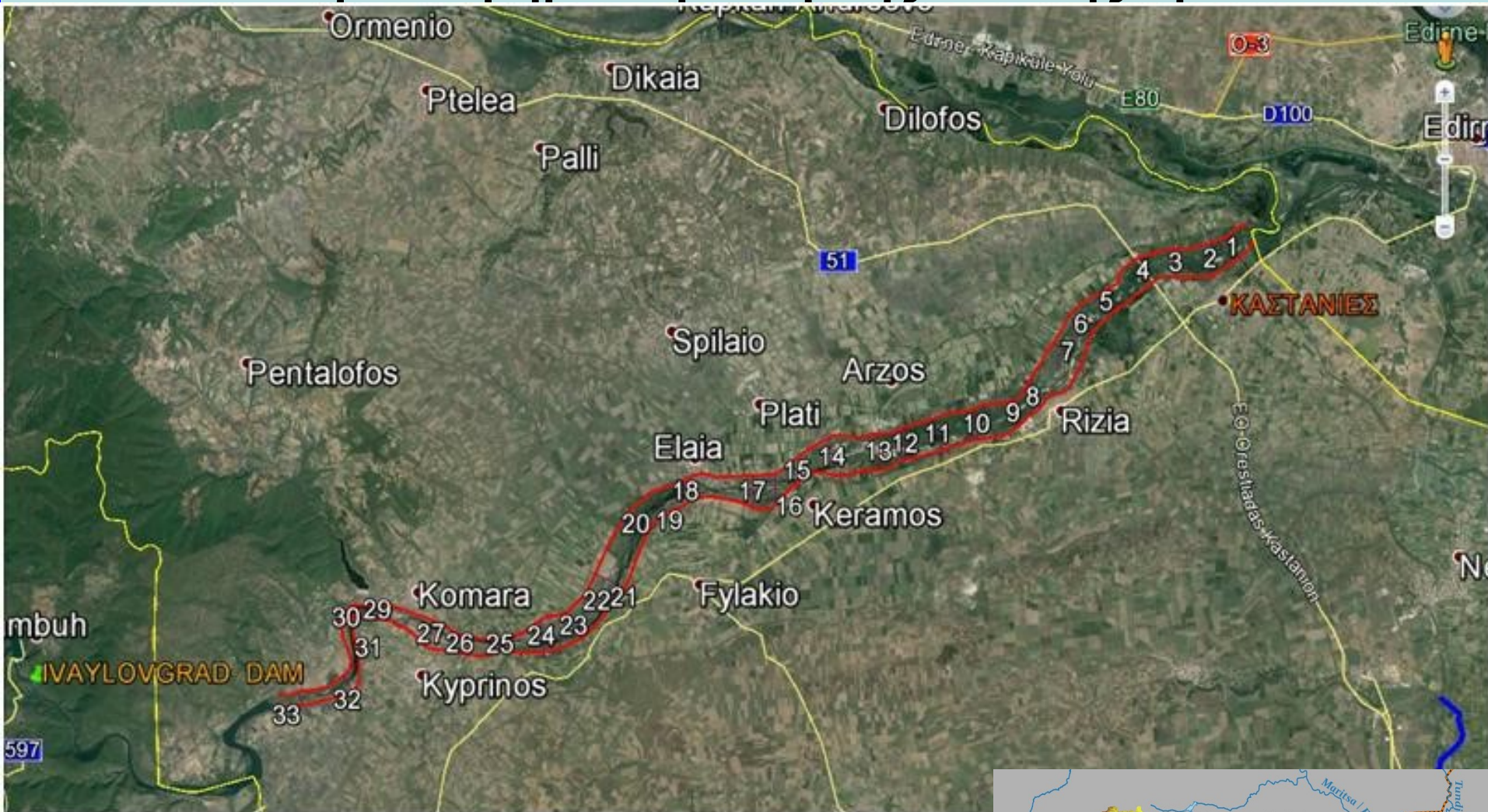
FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area, in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area, in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam, hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth, in days
Amax	Max inundation area, km ²

Με βάση την παροχή αιχμής στο Ελληνικό έδαφος εμφανίζεται πλήθος γραφημάτων εξέλιξης του πλημμυρικού υδρογραφήματος



Ελληνικό τμήμα υδρολογικής λεκάνης Άρδα

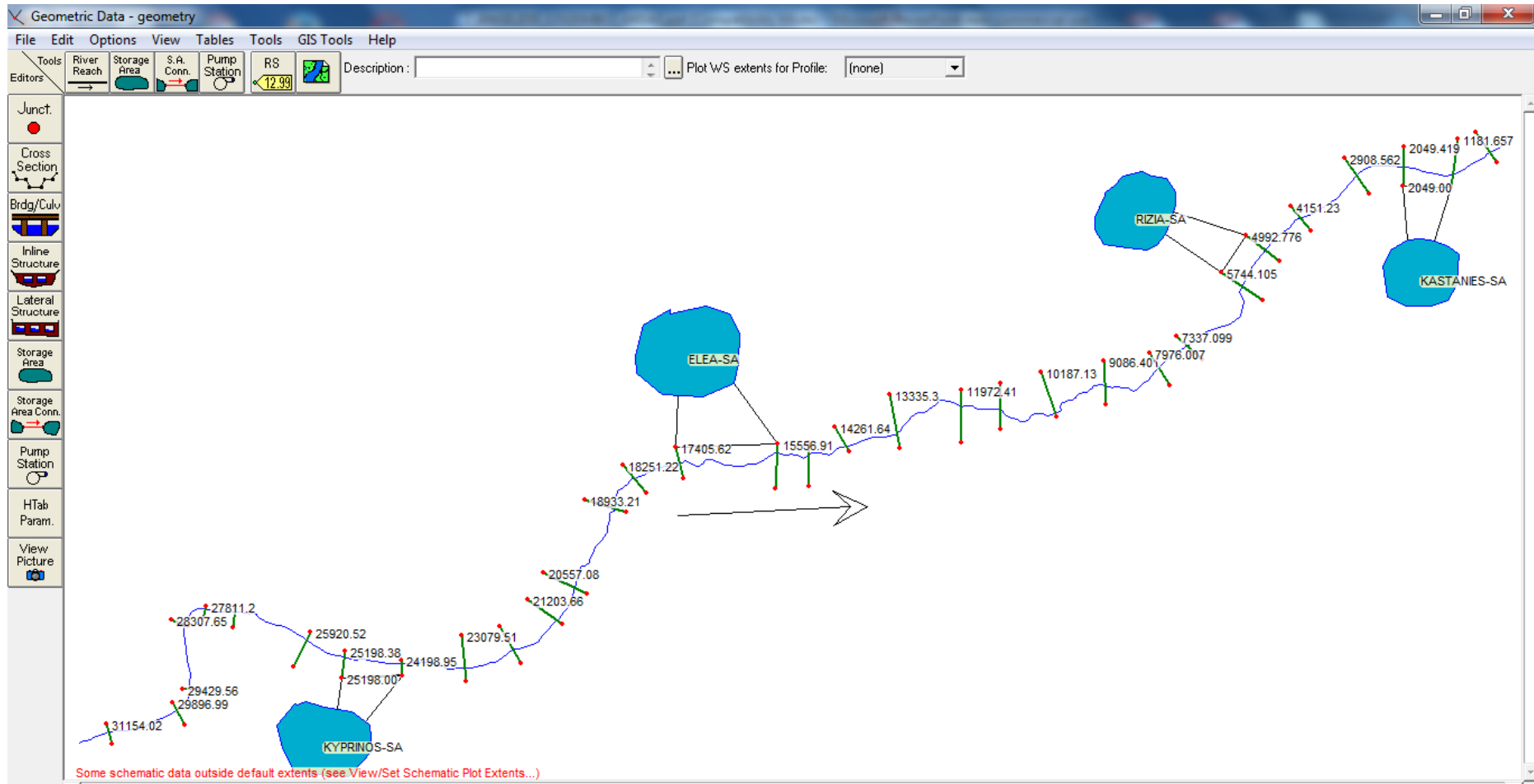


- 345 km² εντός του Ελληνικού εδάφους.
- Με κόκκινες γραμμές φαίνονται αριστερά και δεξιά τα αναχώματα



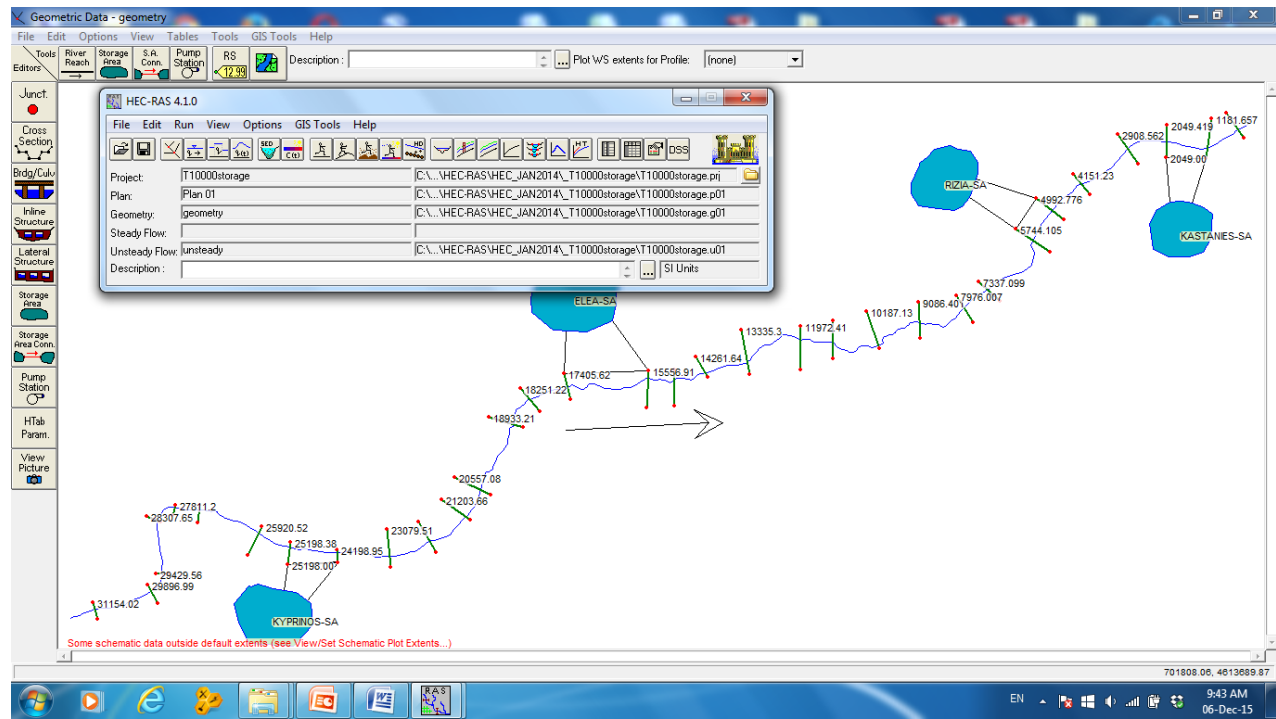
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ HEC-RAS

- Τοπογραφική αποτύπωση 33 διατομών (περίπου ανά 1 χιλ.)
- Λεκάνες κατάκλισης (storage areas), που ανάλογα με τις συνθήκες είναι δυνατό να πλημμυρίσουν, λόγω υπέρβασης των αναχωμάτων, που λειτουργούν ως πλευρικοί υπερχειλιστές



ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HEC-RAS

- Αναπτύχθηκε από το Κέντρο Υδρολογικής Μηχανικής (Hydrologic Engineering Center - HEC) των ΗΠΑ
- Υπολογίζει το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας του νερού για μόνιμη ή μη μόνιμη μονοδιάστατη βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή, για υποκρίσιμη, υπερκρίσιμη ή μικτή ροή σε ανοιχτό αγωγό και επιπλέον έχει τη δυνατότητα υπολογισμού μεταφοράς φερτών υλών και ανάλυσης ποιότητας νερού.



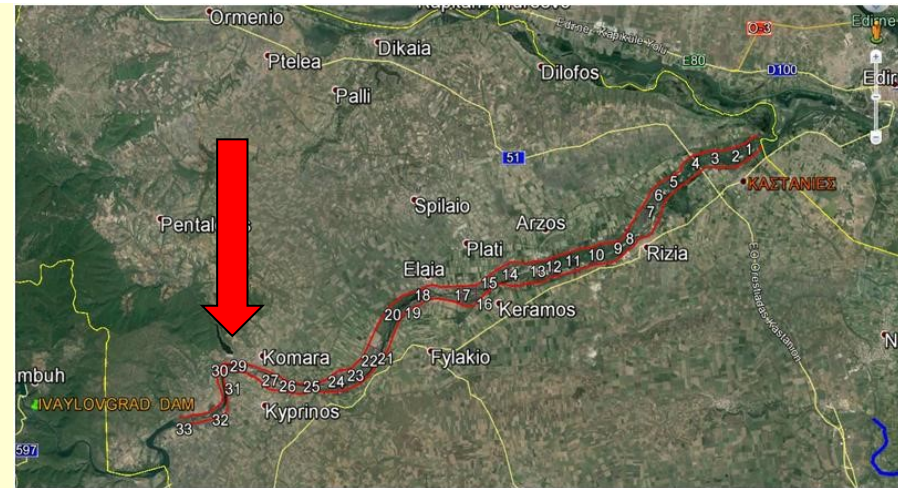
ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HEC-RAS

- Στηρίζεται στην επίλυση της εξίσωσης ενέργειας, όπου επιλύεται η διαφορική μορφή της με πεπερασμένες διαφορές σε συνδυασμό με την εξίσωση Manning για την εκτίμηση της κλίσης της γραμμής ενέργειας (απώλειες λόγω τριβής)
- Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες, που δημιουργούνται από διάφορα εμπόδια στη ροή, όπως γέφυρες, οχετοί και γενικά διευρύνσεις και στενώσεις κατά μήκος του αγωγού.
- Όταν δεν είναι εφαρμόσιμη η εξίσωση διατήρησης της ενέργειας, που προϋποθέτει συνθήκες βαθμιαίας μεταβαλλόμενης ροής, όπως π.χ. σε υδραυλικό άλμα, σε θέσεις γεφυρών, σε συμβολές υδατορευμάτων κ.λπ., τότε εφαρμόζεται η εξίσωση διατήρησης της ορμής

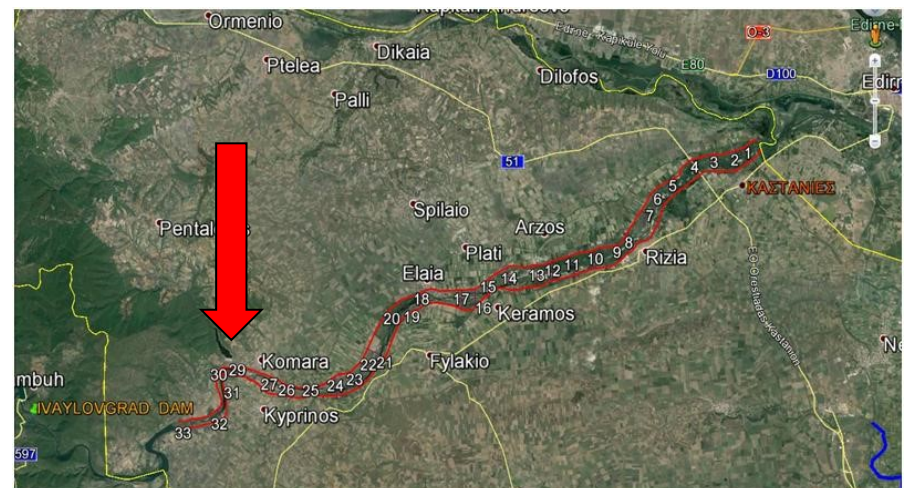
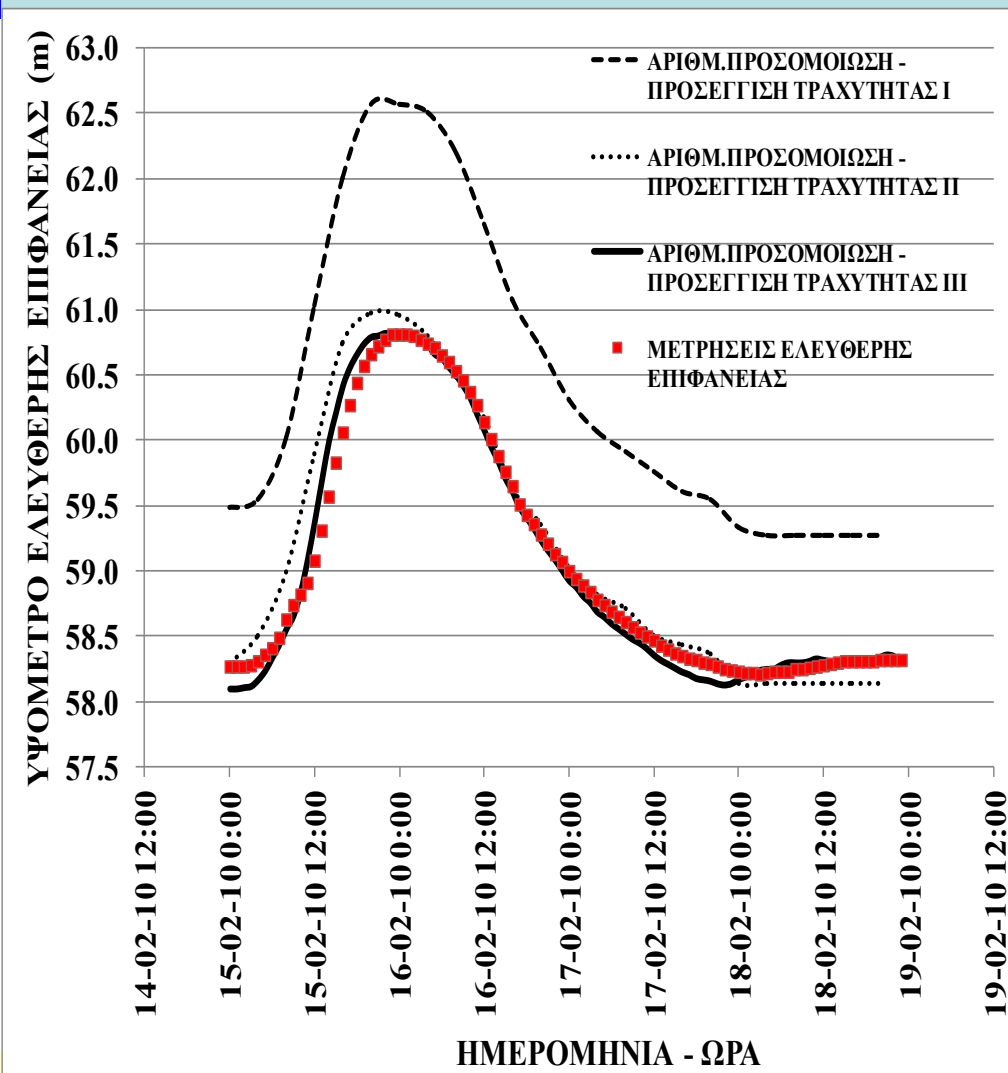
- Σημαντική η επίδραση της βλάστησης που τελικώς εκφράζεται μέσω του συντελεστή τραχύτητας
- Ο ποταμός Άρδας έχει μια πολύ ήπια κλίση
- Για σημαντικές παροχές η ροή κατευθύνεται κυρίως στη δευτερεύουσα κοίτη, η οποία έχει διαμορφωθεί με αναχώματα, που απέχουν μεταξύ τους σε ορισμένες διατομές έως 800 m, όπου η βλάστηση είναι άφθονη
- Με βάση
 - επιτόπιες επισκέψεις
 - δορυφορικές εικόνες από το Google Earth, έγιναν 3 προσεγγίσεις των συντελεστών Manning στις 33 διατομές του ποταμού Άρδα και προσομοίωση της ροής με το λογισμικό HecRas.

ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ HEC-RAS

- Μετρήσεις στάθμης νερού διατίθεται μόνο σε μια θέση του ποταμού, στα Κόμαρα
- Το μειονέκτημα της θέσης αυτής είναι, ότι βρίσκεται κοντά στο ανάντη άκρο του Ελληνικού τμήματος του ποταμού Άρδα, καθώς απέχει μόλις 916 m από το αρδευτικό φράγμα στο Θεραπειό.
- Δεδομένου όμως, ότι η ροή στον Άρδα είναι υποκρίσιμη, η συμπεριφορά του στα Κόμαρα εξαρτάται αθροιστικά από τις υδραυλικές συνθήκες και κυρίως από τις τραχύτητες σε όλες τις κατάντη διατομές και άρα αποτελεί κατάλληλη θέση βαθμονόμησης.



ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ HEC-RAS



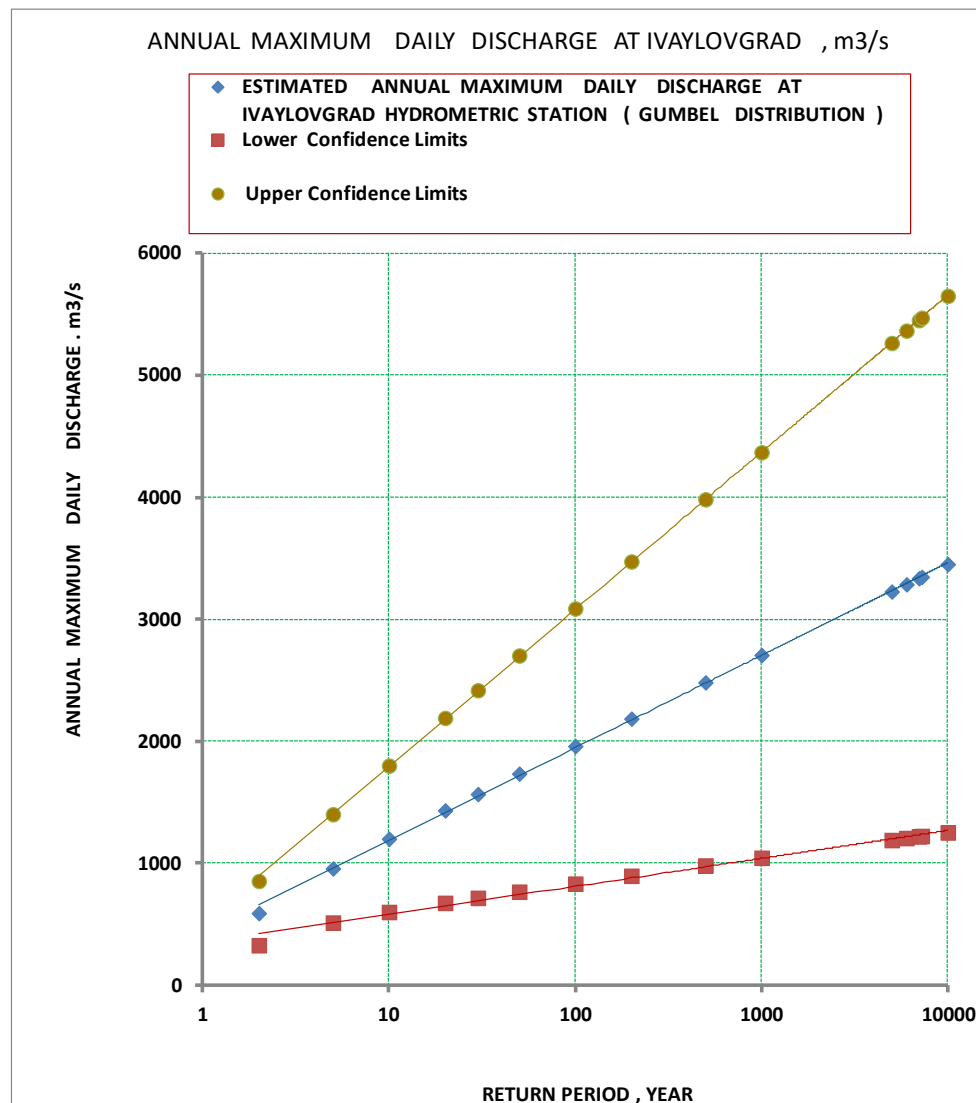
Υψόμετρο ελεύθερης επιφάνειας νερού στη διατομή ελέγχου στα Κόμαρα, από μετρήσεις και από αριθμητική προσομοίωση (Φεβρουάριος 2010) με 3 διαφορετικά σενάρια τραχύτητας Manning

Ανάλυση συχνότητας μεγίστων ακραίων τιμών παροχών αιχμής για διάφορες περιόδους επαναφοράς κατάντη Ivaylovgrad

- Δεδομένα: Ωριαίες τιμές παροχής 8 ετών 2005-2013

- Ανάλυση συχνότητας κατά Gumbel

- Άνω και κάτω όρια των παροχών για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για να μελετηθεί η υδραυλική συμπεριφορά του ποταμού Άρδα στο Ελληνικό τμήμα του, έγιναν προσομοιώσεις για διάφορα πλημμυρικά υδρογραφήματα με παροχές αιχμής που αντιστοιχούν σε περιόδους επαναφοράς:

T=2 έτη

T=5 έτη

T=10 έτη

T=20 έτη

T=30 έτη

T=50 έτη

T=100 έτη

T=200 έτη

T=500 έτη

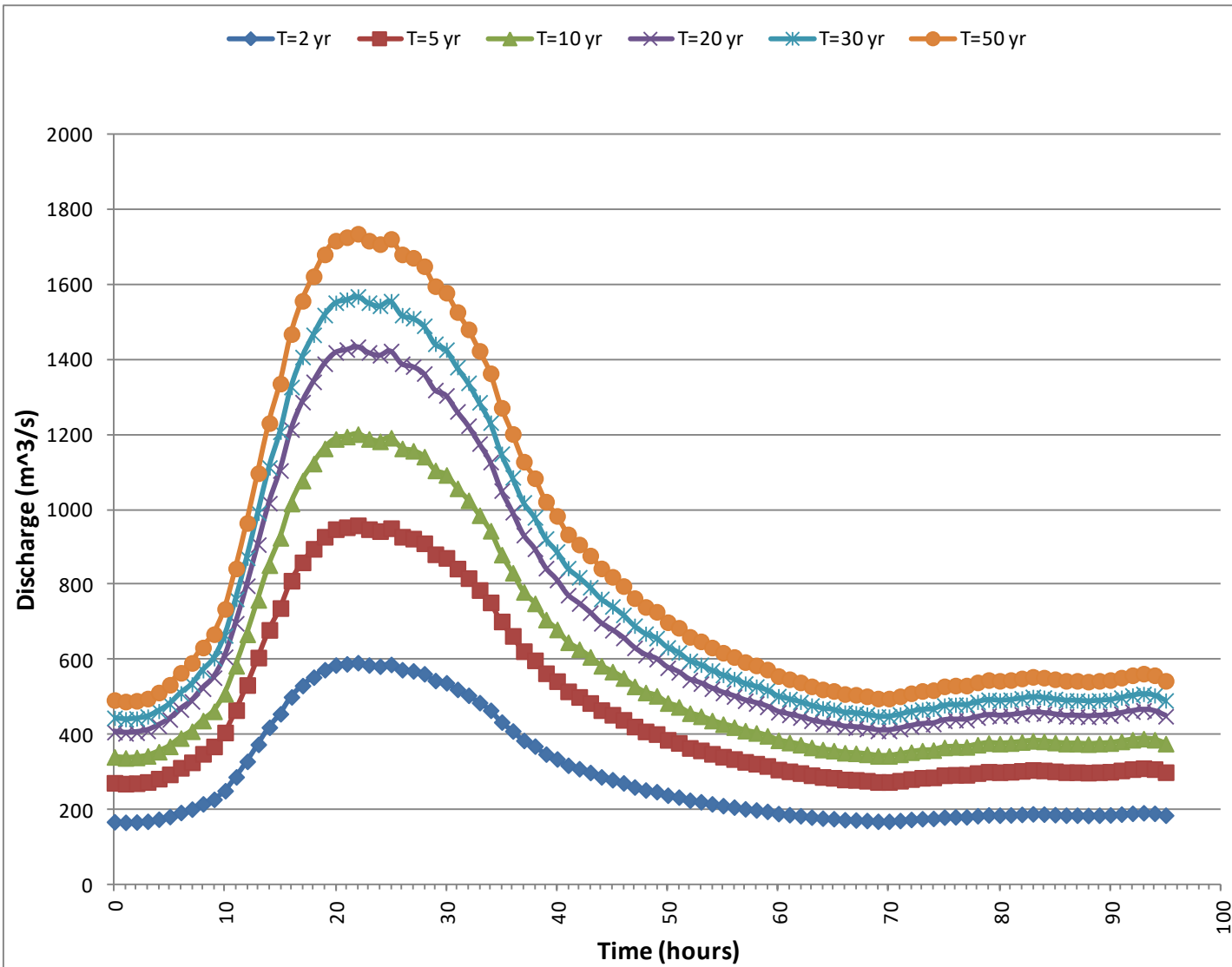
T=1000 έτη

T=10000 έτη

➤ Προσομοιώθηκε τόσο η ροή εντός των αναχωμάτων, όσο και οι υπερχειλίσσεις καθώς και η εξέλιξη των υπερχειλίσεων.

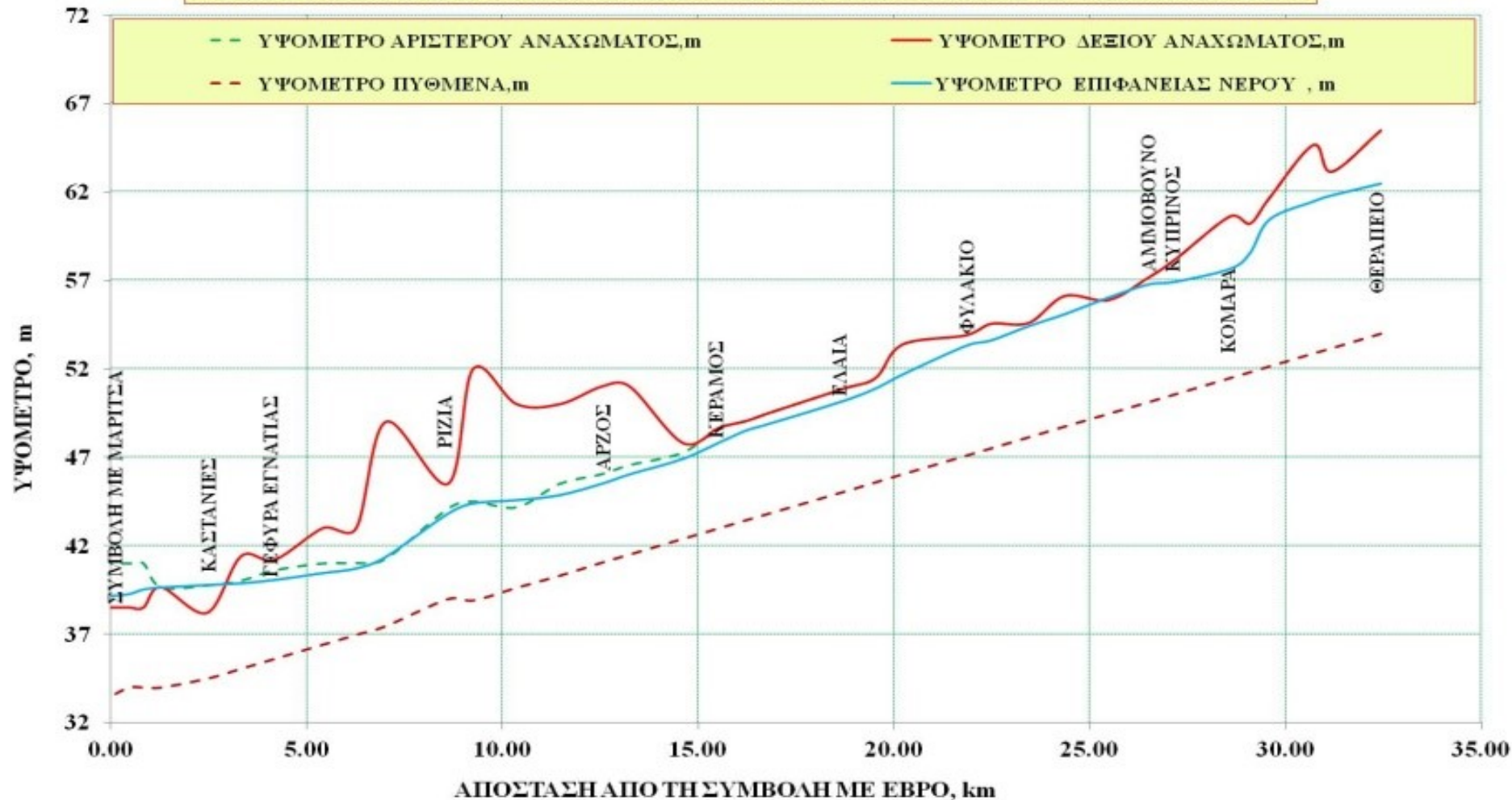
➤ Παρουσιάζονται στη συνέχεια τα αποτελέσματα διόδευσης πλημμυρογραφήματος περιόδου επαναφοράς $T=100$ ετών με παροχή αιχμής $1961 \text{ m}^3/\text{s}$.

Πλημμυρικά υδρογράφημα σχεδιασμού (κατάντη του Iyaylongrad) για περιόδους επαναφοράς $T=2$ έτη, $T=5$ έτη, $T=10$ έτη, $T=20$ έτη, $T=30$ έτη, $T=50$ έτη.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

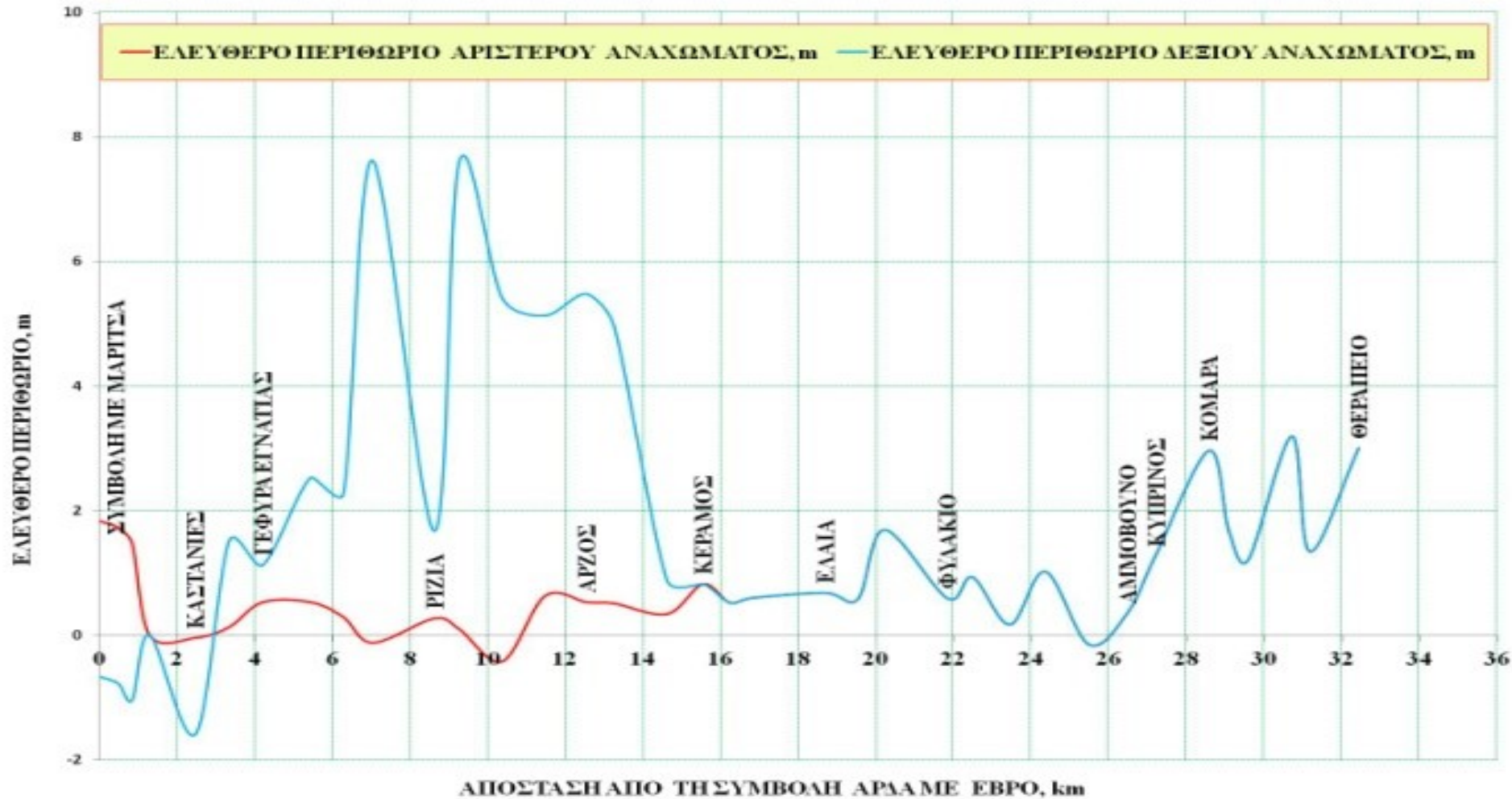
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ $T=100$ χρόνια, $Q_{\max}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΡΔΑ ΜΕ ΕΒΡΟ



Στάθμη ελεύθερης επιφάνειας νερού και αναχωμάτων Άρδα σε συνάρτηση με την απόσταση από τη συμβολή με τον Έβρο.

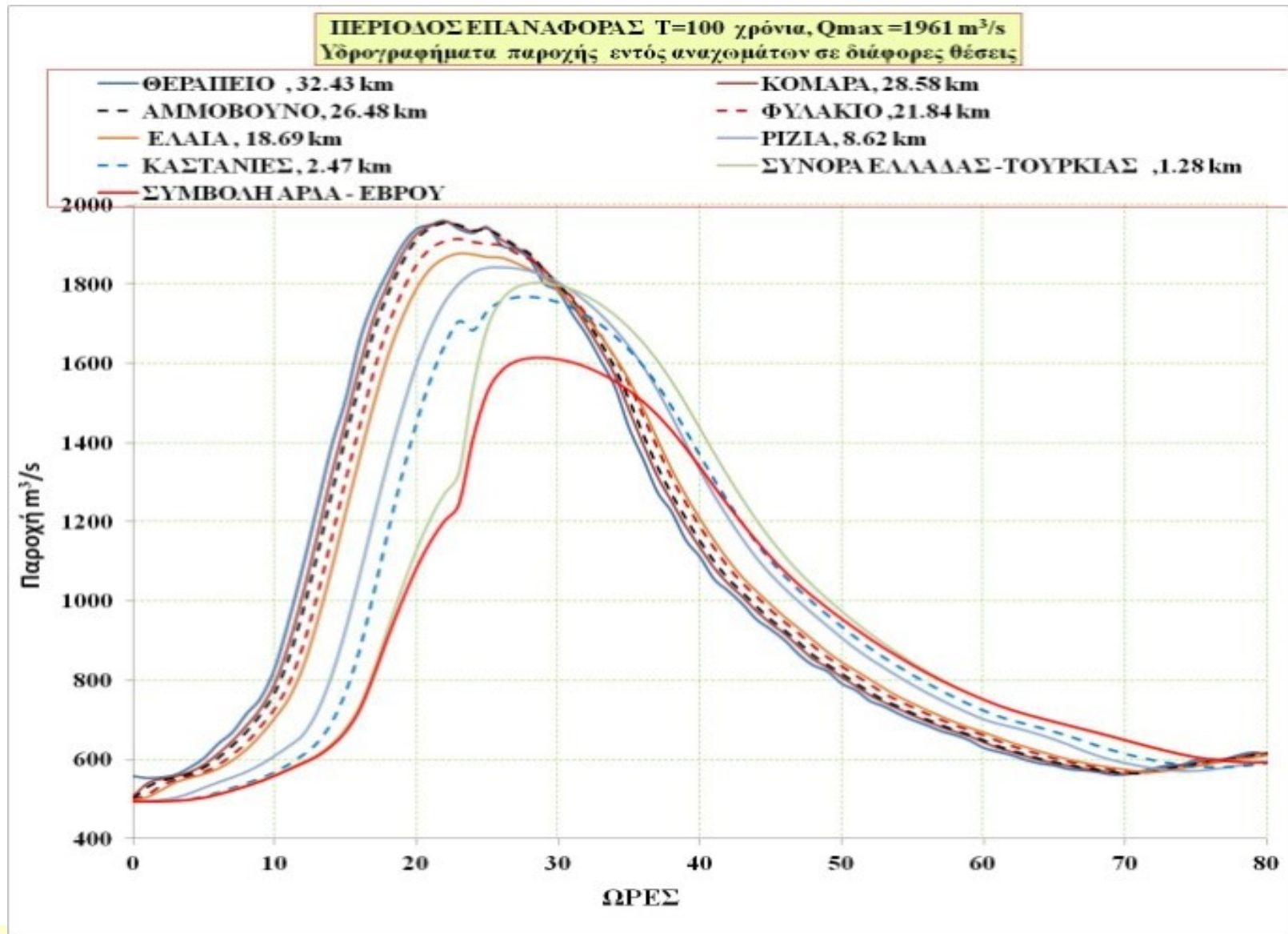
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ $T=100$ χρόνια, $Q_{max}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$.
ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΡΔΑ ΜΕ ΕΒΡΟ



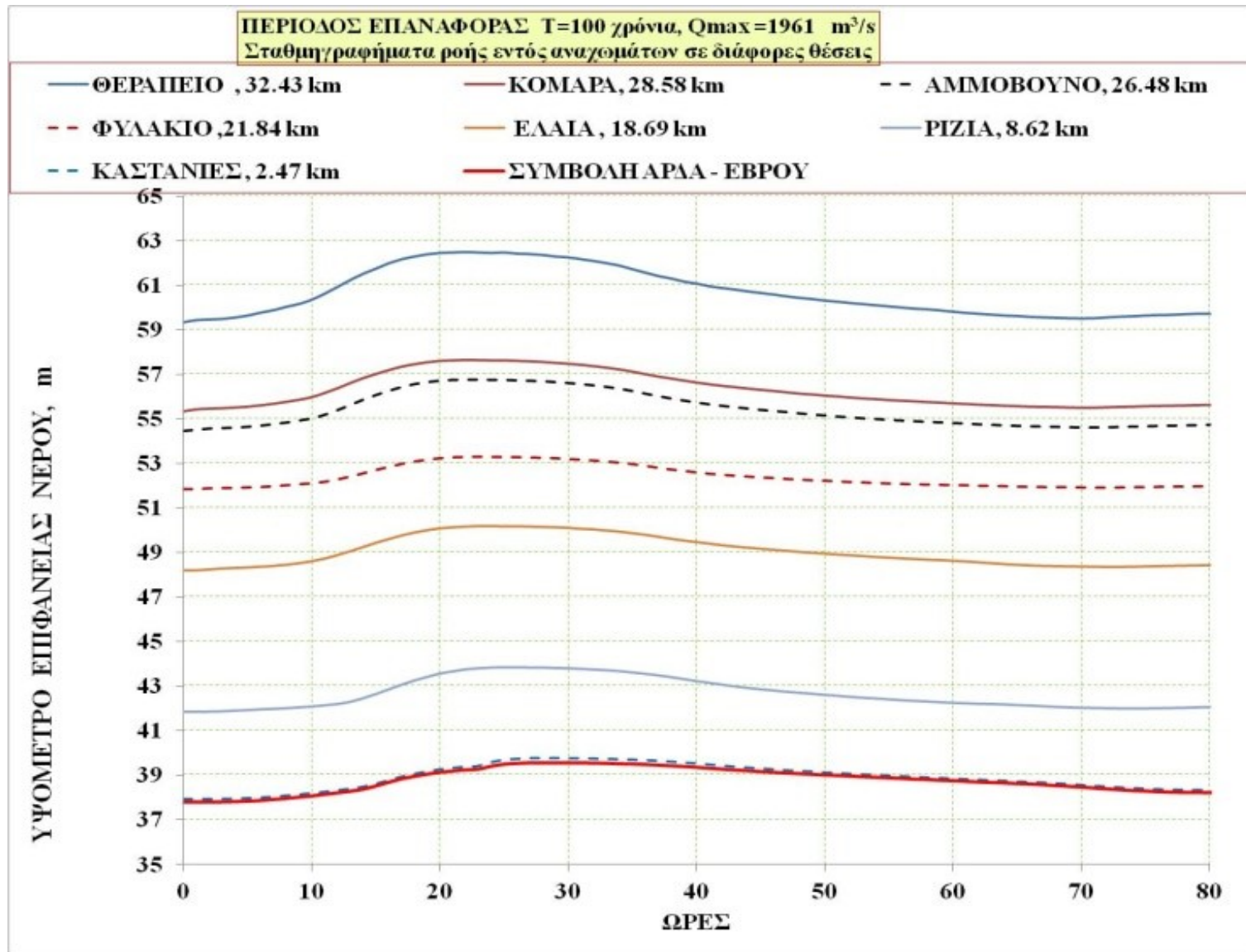
Ελεύθερο περιθώριο στάθμης νερού και αναχωμάτων σε συνάρτηση με την απόσταση από τη συμβολή Άρδα - Έβρου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Υδρογραφήματα παροχής εντός αναχωμάτων σε διάφορες θέσεις.

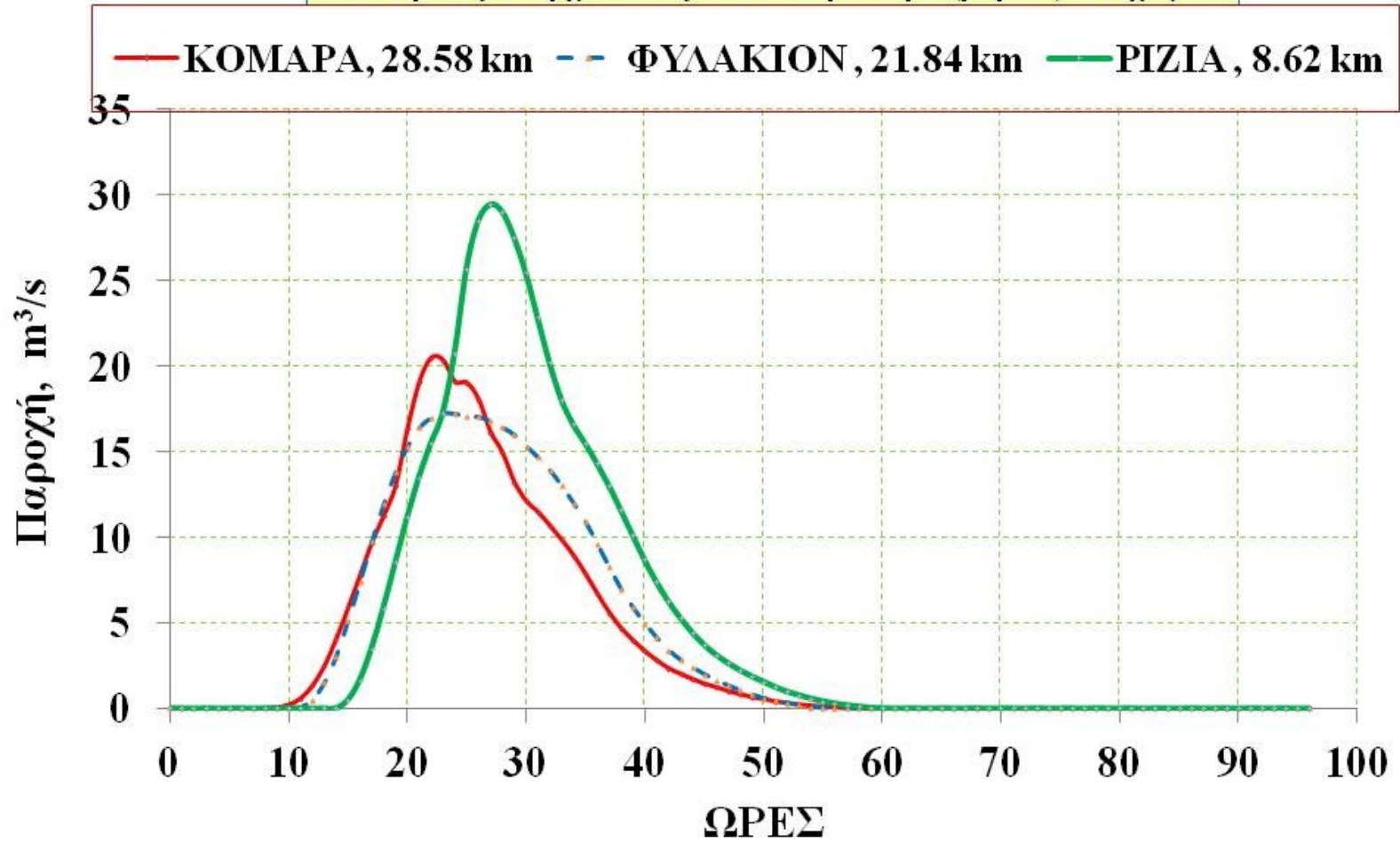
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Σταθμηγραφήματα ροής εντός αναχωμάτων σε διάφορες θέσεις.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

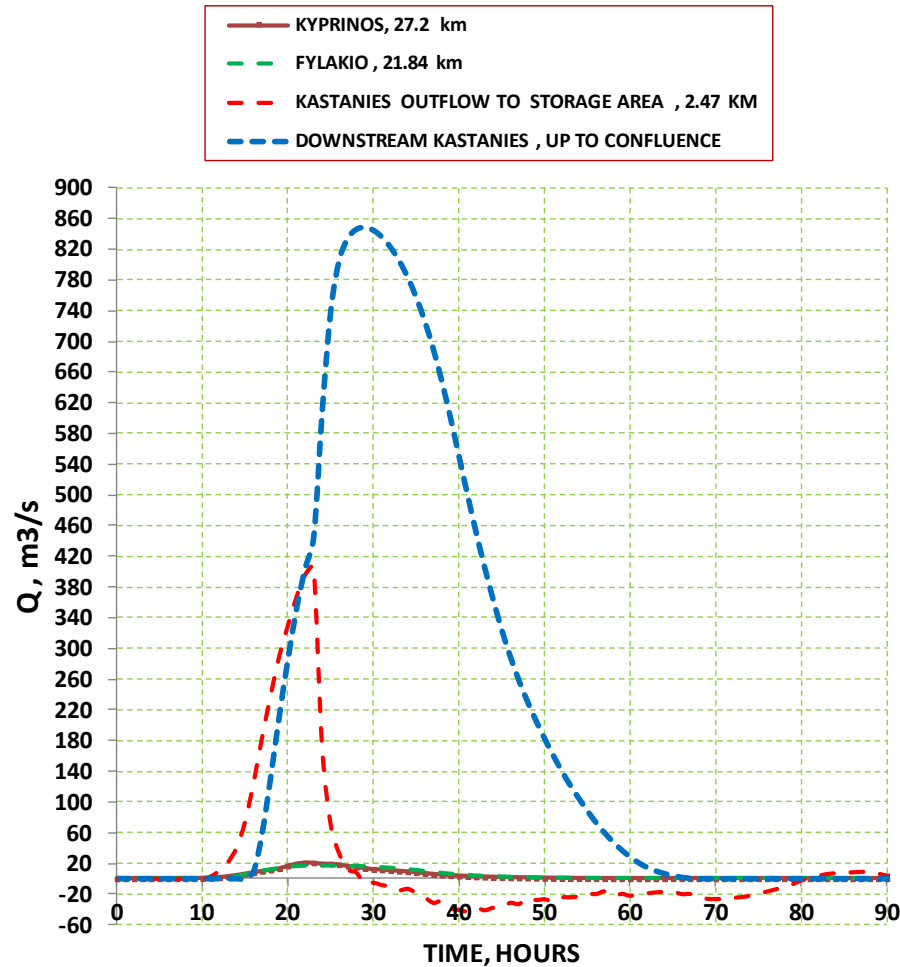
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ $T=100$ χρόνια, $Q_{\max}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$
Πλευρικές υπερχειλίσεις από το αριστερό (βόρειο) ανάχωμα



Πλευρικές υπερχειλίσεις από το αριστερό (βόρειο) ανάχωμα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Return period $T=100$ years , $Q_{max}=1961$ m³/s .
Lateral overflow discharges from the right Arda levee.
Distances from Arda confluence with Maritsa

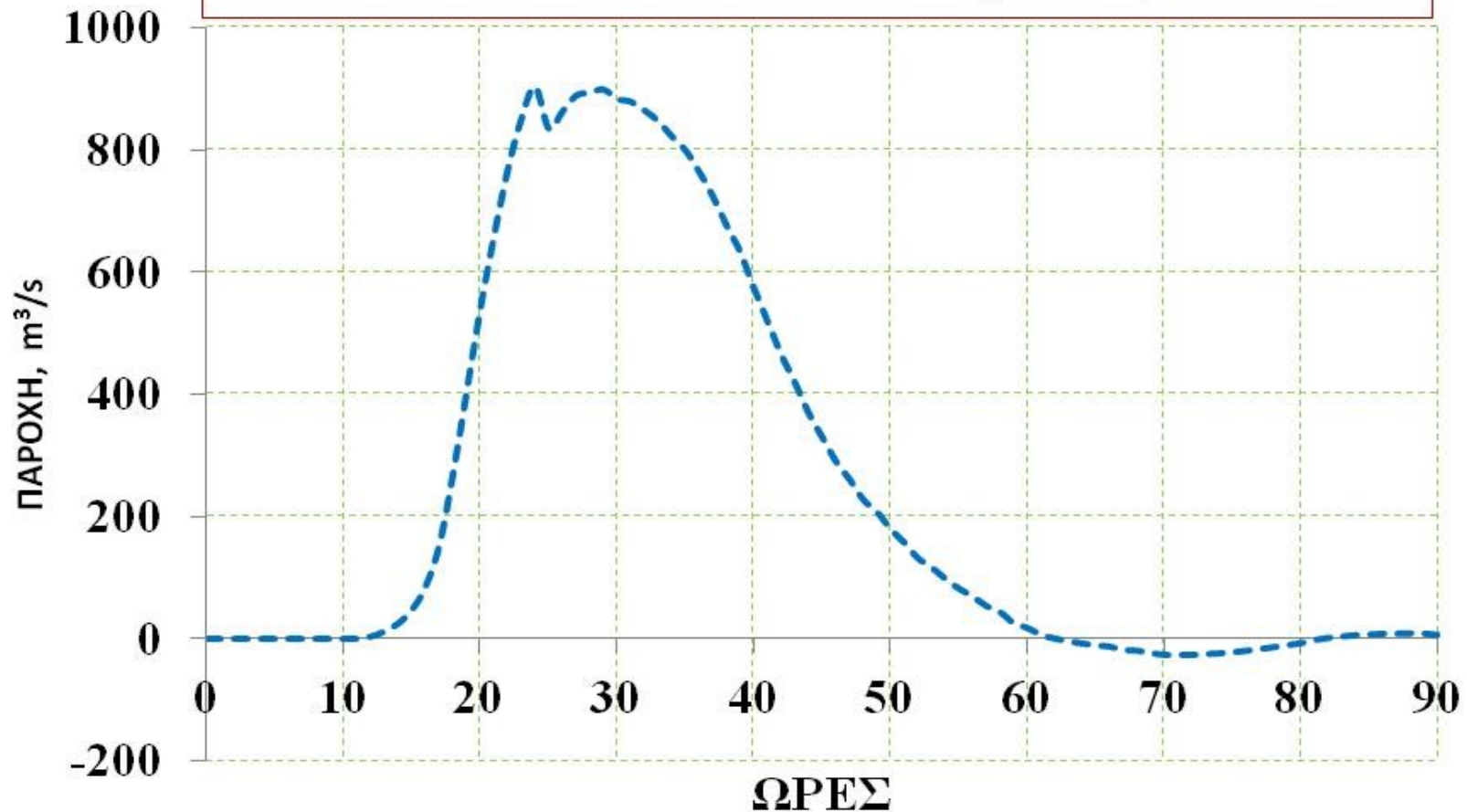


Πλευρικές υπερχειλίσεις από το δεξιό (νότιο) ανάχωμα, λόγω αυθαίρετου υποβιβασμού στάθμης αναχωμάτων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

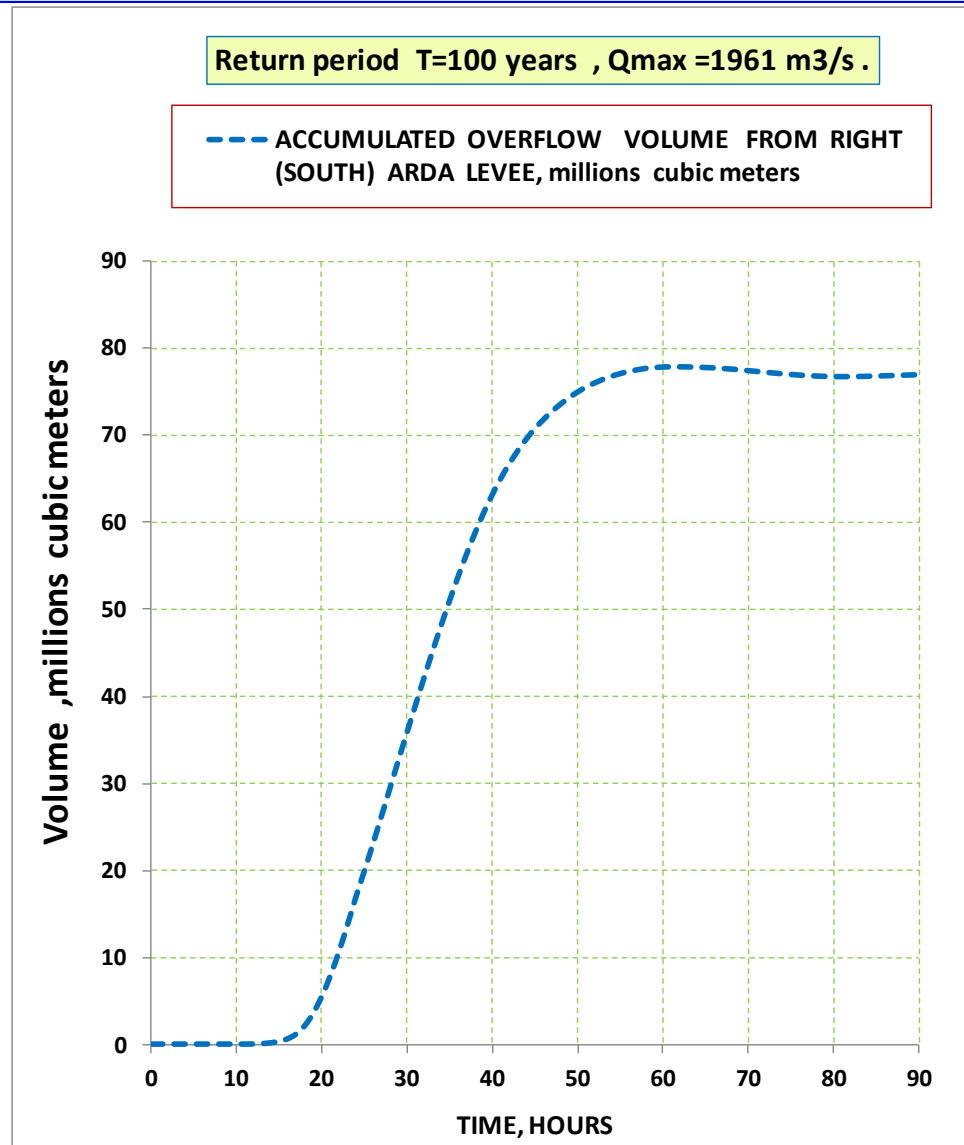
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ $T=100$ χρόνια, $Q_{\max}=1961 \text{ m}^3/\text{s}$

--- ΠΑΡΟΧΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ
ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΔΕΞΙΟ (ΝΟΤΙΟ) ΑΝΑΧΩΜΑ



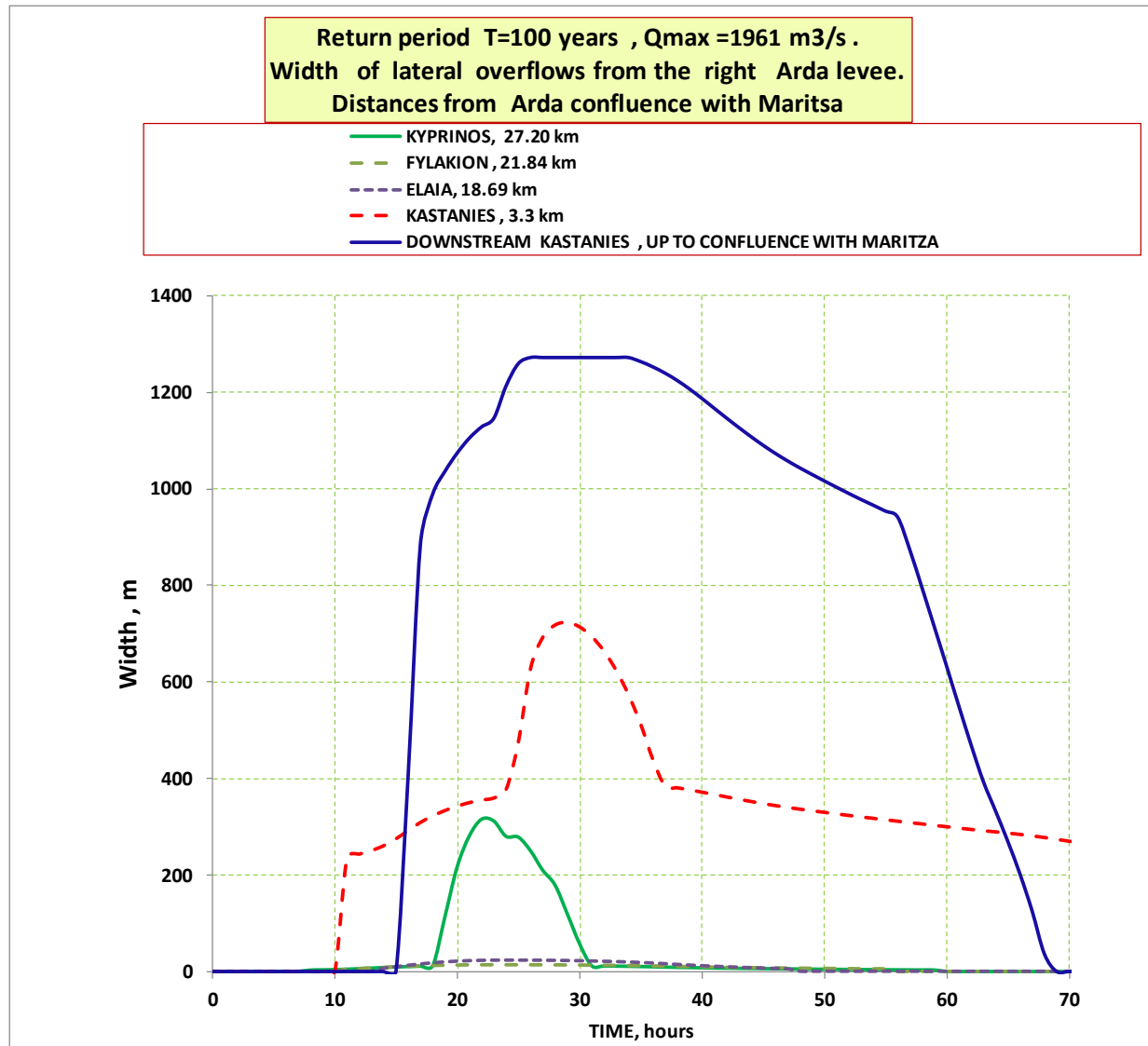
Συνολική πλευρική υπερχείλιση από το δεξιό (νότιο) ανάχωμα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



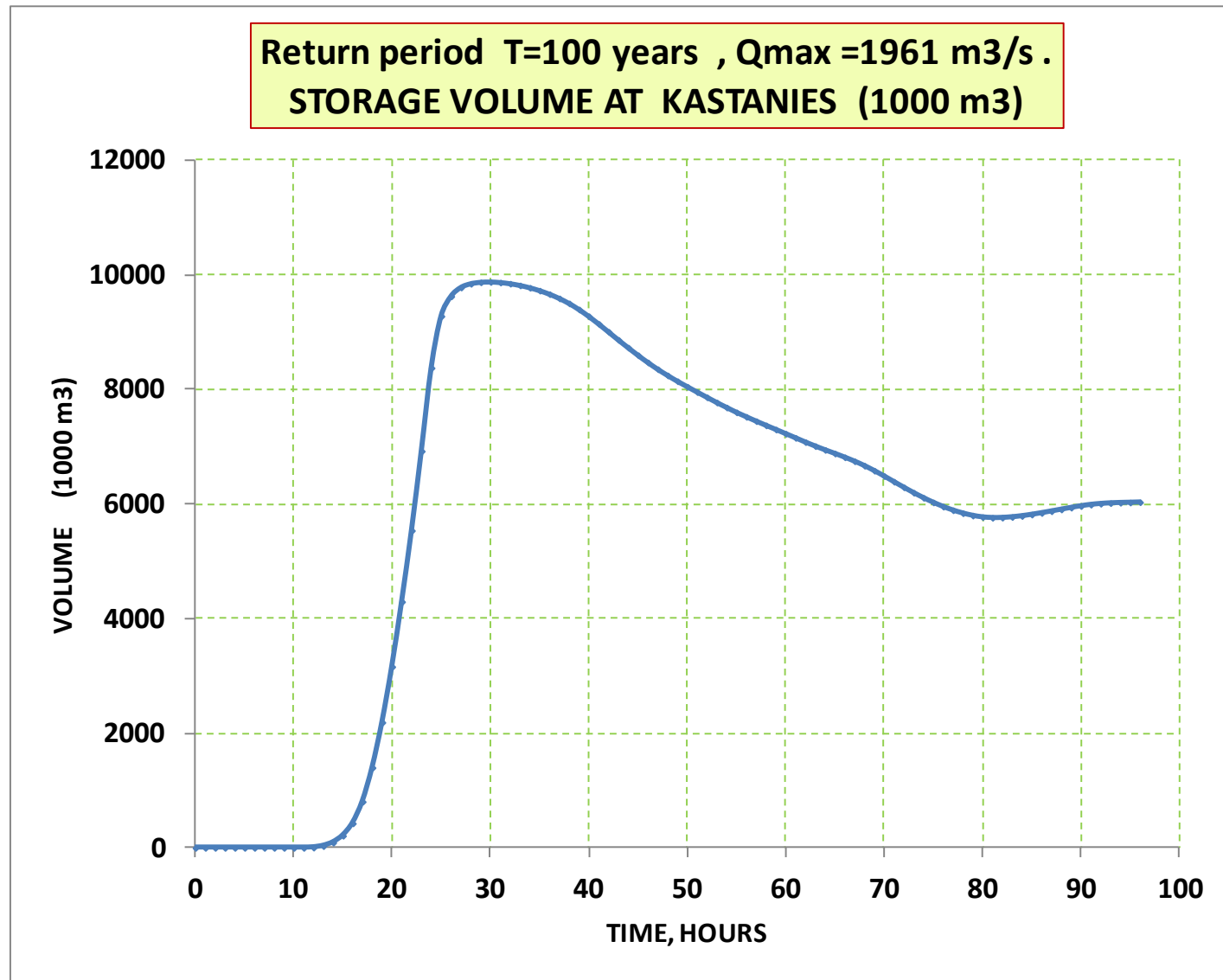
Αθροιστικός όγκος πλευρικών υπερχειλίσεων προς περιοχές κατάκλισης από το δεξιό (νότιο) ανάχωμα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



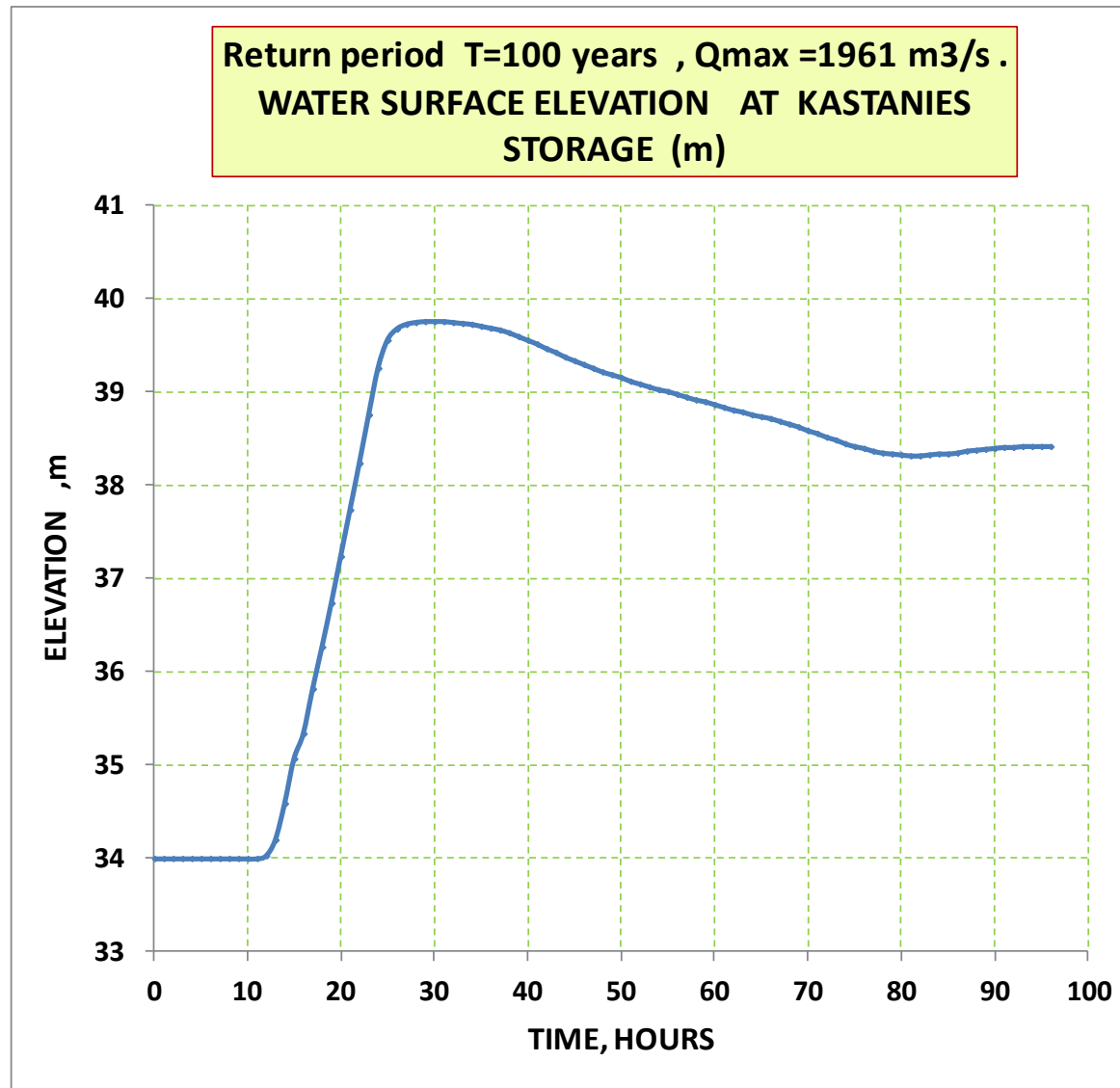
Πλάτος (σε m) πλευρικών υπερχειλίσεων από το δεξιό (νότιο) ανάχωμα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



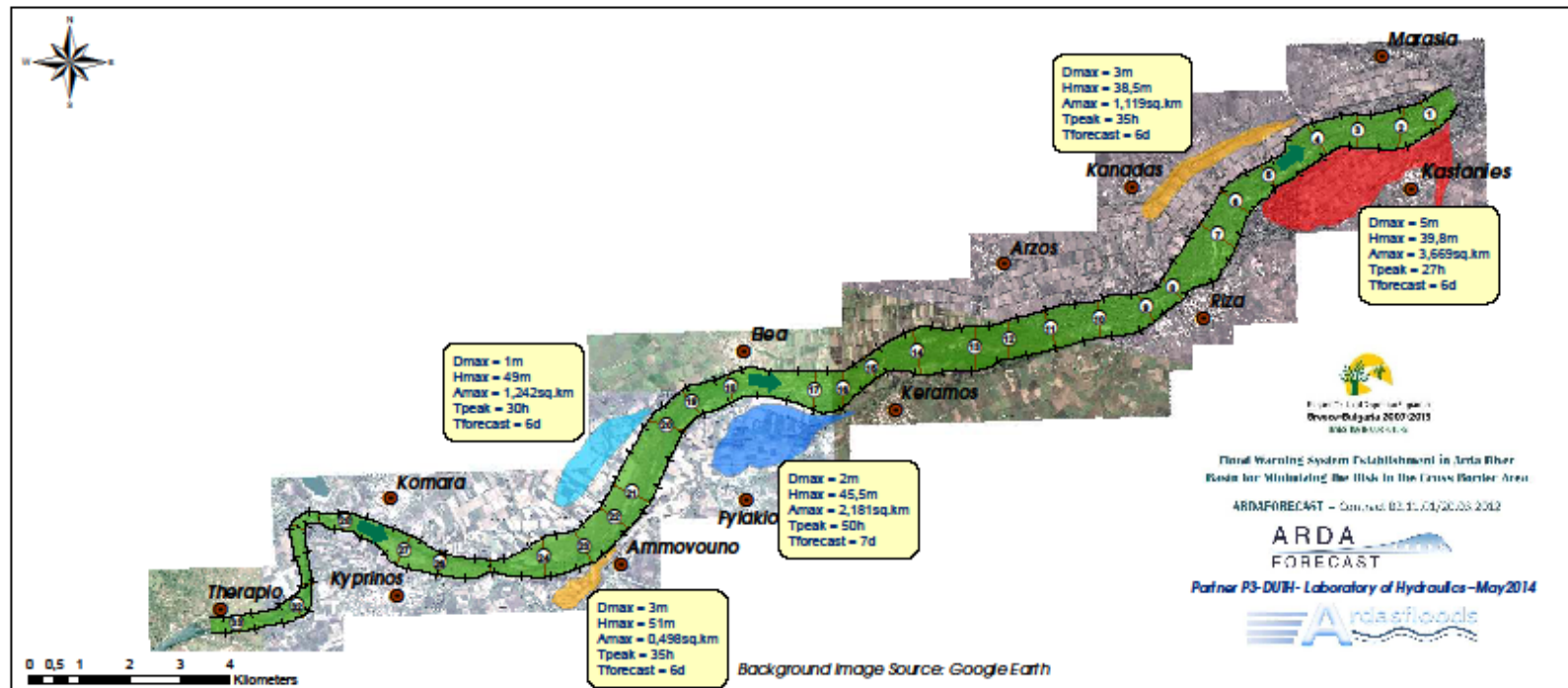
Χρονική εξέλιξη του όγκου νερού στην περιοχή κατάκλισης Καστανιών (σε 1000 m³)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Χρονική εξέλιξη της στάθμης νερού στην περιοχή κατάκλισης Καστανιών (σε m)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



INUNDATION MAP FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD $T = 100\text{yrs}$

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
1.961 cu.m/s

MAP LEGEND

- Settlement
 - Arda's river banks
 - River cross-section
 - Flow between Arda's levees
- Maximum depth (Dmax)
- <1m
 - 1m - 2m
 - 2m - 4m
 - 4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area, in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area, in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam, hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth, in days
Amax	Max inundation area, km ²

Χάρτης πλημμυρισμού σε όλο το Ελληνικό τμήμα του ποταμού Άρδα

- Για να προστατευτούν οι παρακείμενες στον ποταμό Άρδα αγροτικές περιοχές, κατασκευάστηκαν πριν από 40 περίπου χρόνια αναχώματα, ώστε να συγκρατούνται μεταξύ των αναχωμάτων παροχές μέχρι περίπου 2000 m³/s.
- Ωστόσο, από την έρευνά μας προέκυψε, ότι η παροχευτική ικανότητα του ποταμού μεταξύ των αναχωμάτων είναι πολύ μικρότερη σε διάφορες θέσεις, όπως για παράδειγμα στις Καστανιές, που είναι περίπου 750 m³/s.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Οι βασικοί λόγοι είναι οι διάφορες επεμβάσεις υποβιβασμού της στάθμης των αναχωμάτων, για διάφορους λόγους, όπως:

- ✓ για ευκολότερη πρόσβαση σε κατασκευασθείσες διαβάσεις Ιρλανδικού τύπου
- ✓ για εύκολη πρόσβαση στη διευρυμένη κοίτη για αμμοληψίες
- ✓ από λάθη είτε στο σχεδιασμό είτε στην κατασκευή των αναχωμάτων

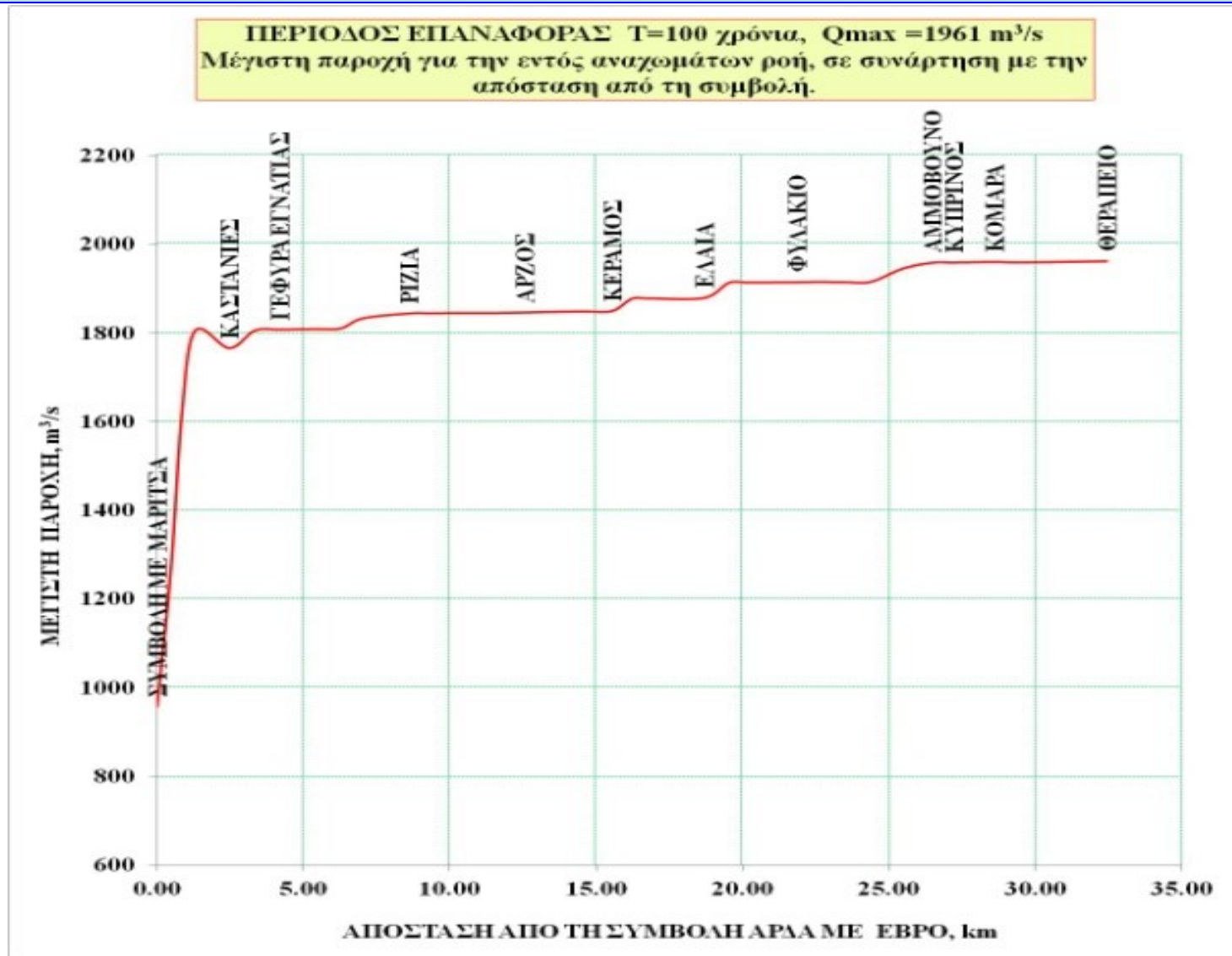
Διάβαση Καστανεών



Διάβαση Ριζίων

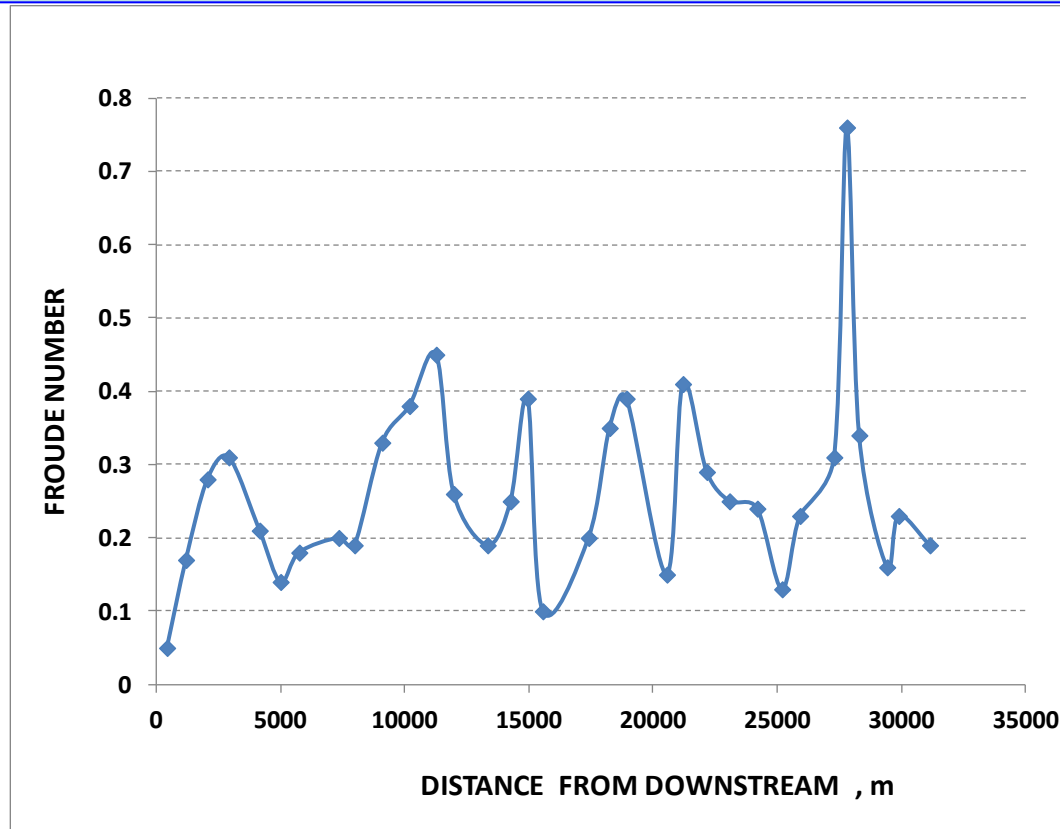


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Μέγιστη παροχή για την εντός αναχωμάτων ροή, σε συνάρτηση με την απόσταση από τη συμβολή

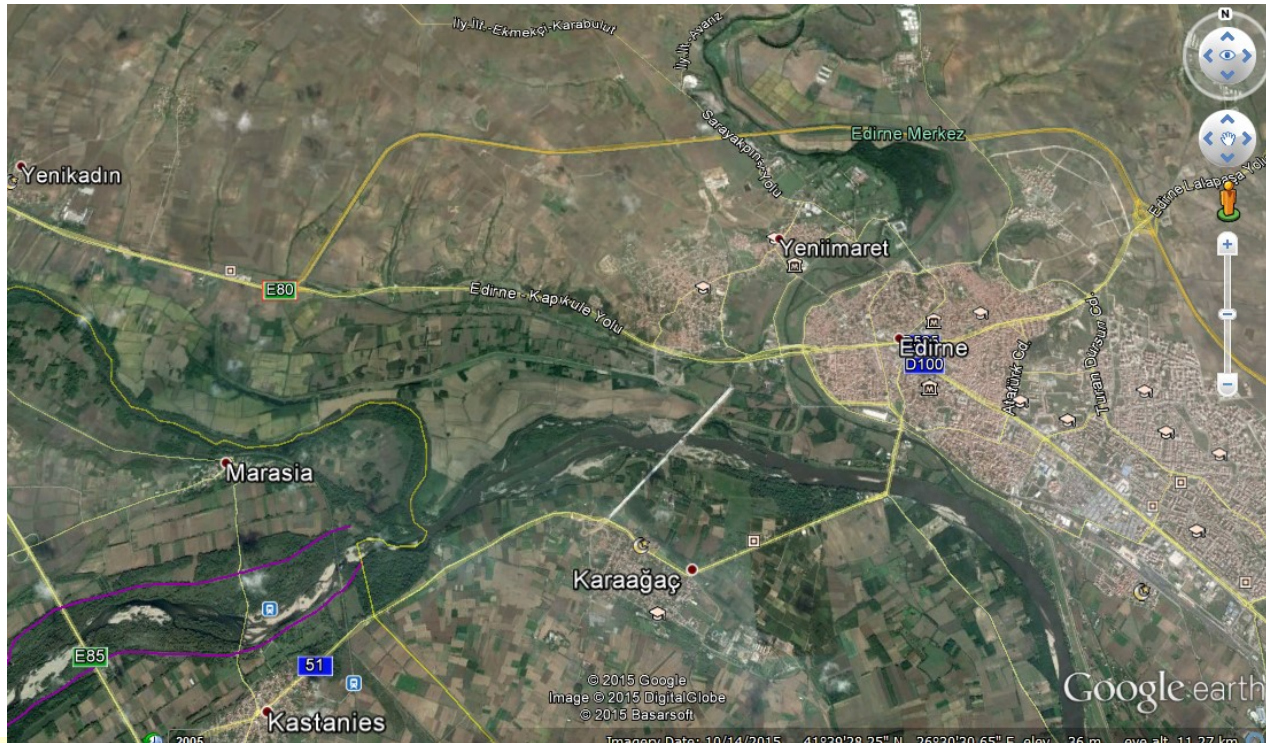
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΡΔΑ ΚΑΙ ΕΒΡΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



Ο Αριθμός Froude κατά μήκος του ποταμού Άρδα, από το φράγμα στο Θεραπειό έως τη συμβολή με τον Μαρίτσα, για υδρογράφημα με μέγιστη παροχή $1000\text{m}^3/\text{s}$.

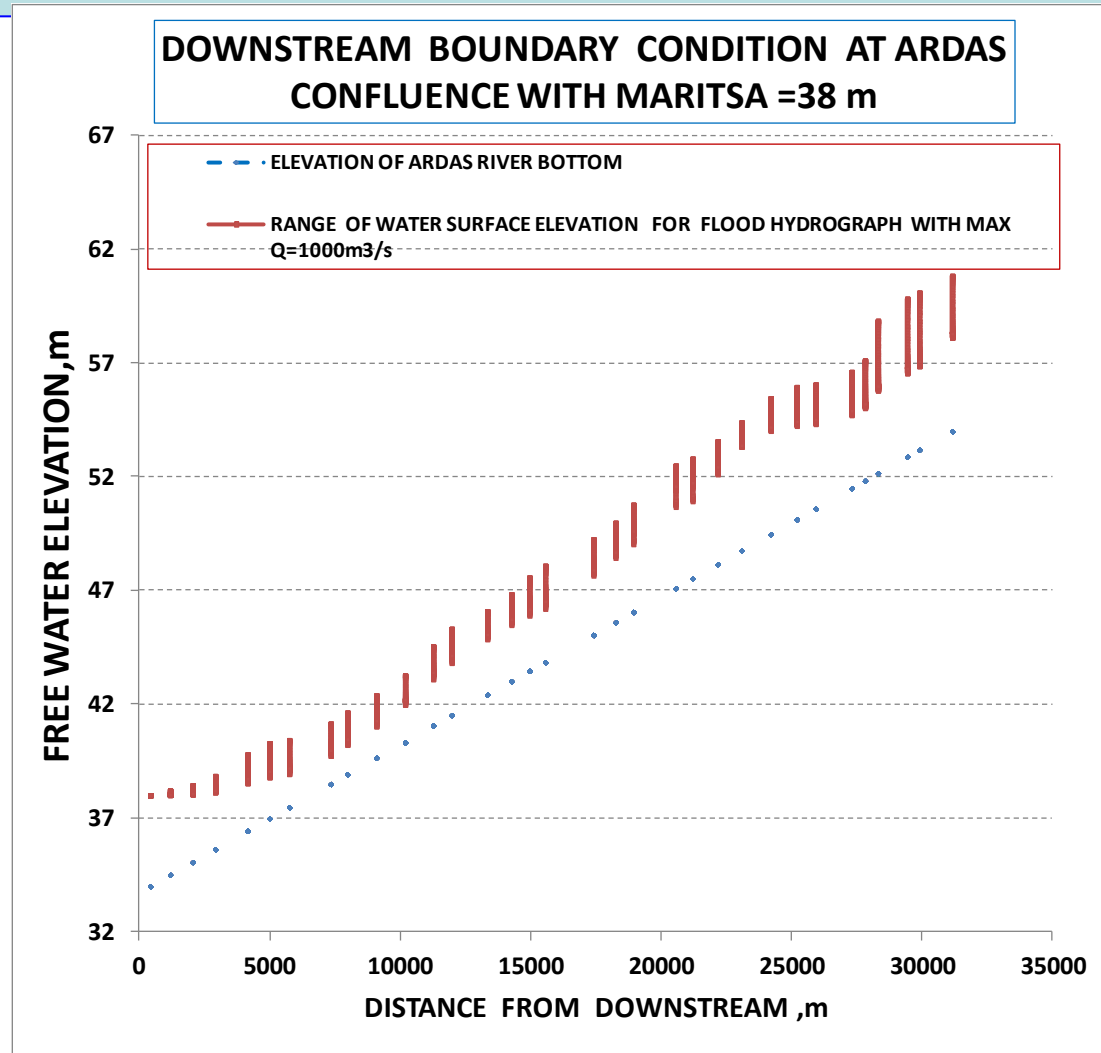
Παρατηρούμε ότι η ροή είναι **παντού υποκρίσιμη**, άρα **ελέγχεται από τα κατάντη**.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΡΔΑ ΚΑΙ ΕΒΡΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



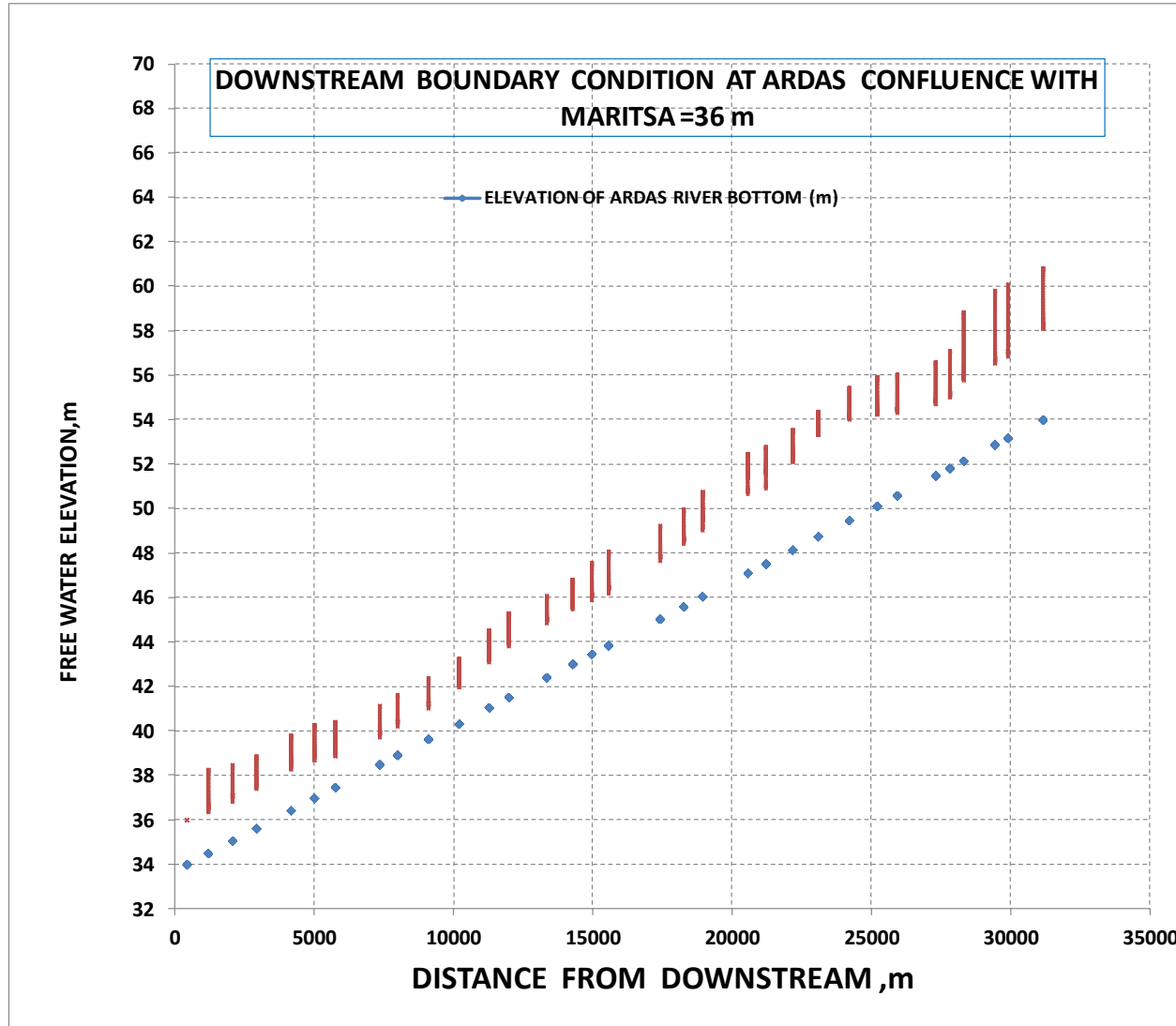
Σε μεγάλα πλημμυρικά γεγονότα, η ευρύτερη πεδιάδα της Ανδριανούπολης πλημμυρίζει και φθάνει μέχρι τη συμβολή Άρδα - Έβρου. Από την επεξεργασία υφιστάμενων δεδομένων και μετά από συσχέτιση υψομέτρων νερού και παροχών καταλήγουμε στο συμπέρασμα, ότι για παροχές στον Έβρο (Kirishane) $1600 \text{ m}^3/\text{s}$, $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ και $3300 \text{ m}^3/\text{s}$, το υψόμετρο της επιφάνειας νερού στη συμβολή Άρδα – Έβρου είναι 36 m, 37 m και 38 m αντίστοιχα.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΡΔΑ ΚΑΙ ΕΒΡΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



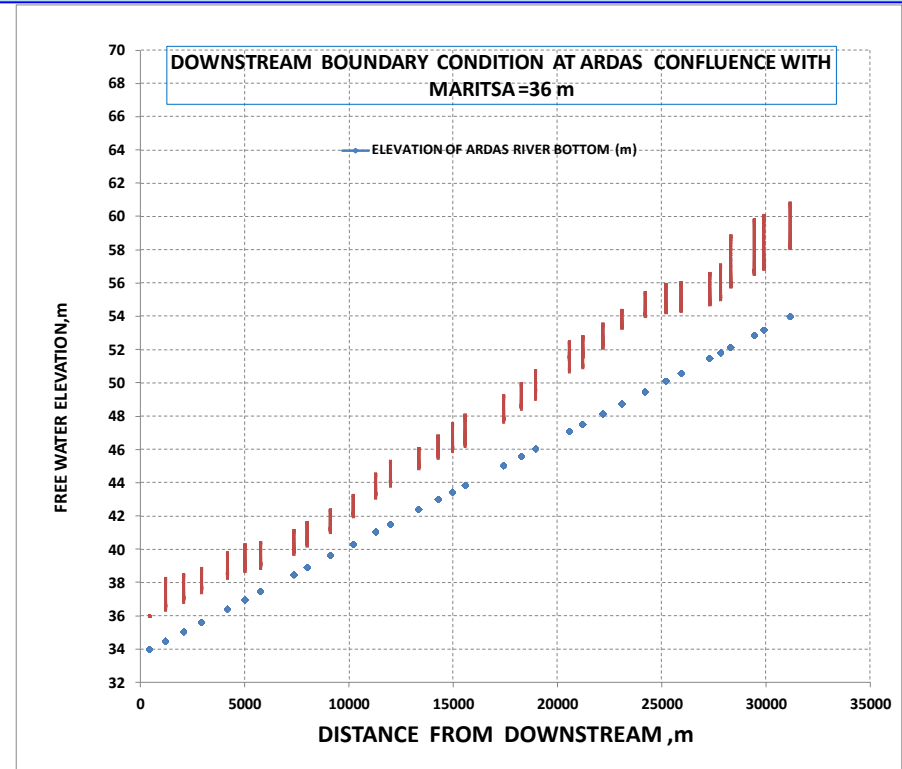
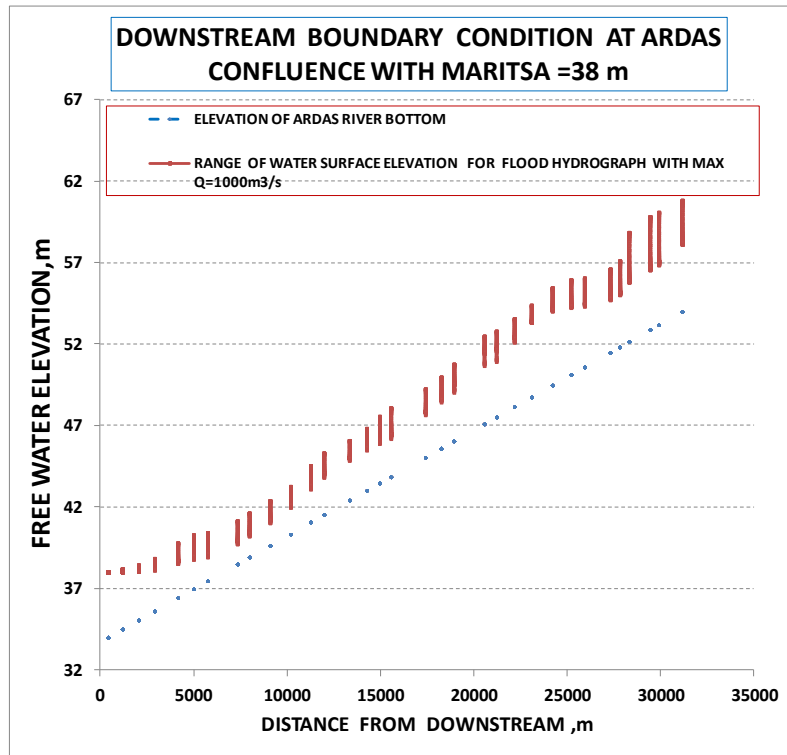
Προσομοίωση διόδευσης υδρογραφήματος στον Άρδα με παροχή αιχμής $1000\text{ m}^3/\text{s}$ με κατάντη οριακή συνθήκη $H=38\text{ m}$.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΡΔΑ ΚΑΙ ΕΒΡΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



Προσομοίωση διόδευσης υδρογραφήματος στον Άρδα με παροχή αιχμής $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ με κατάντη οριακή συνθήκη $H=36 \text{ m}$.

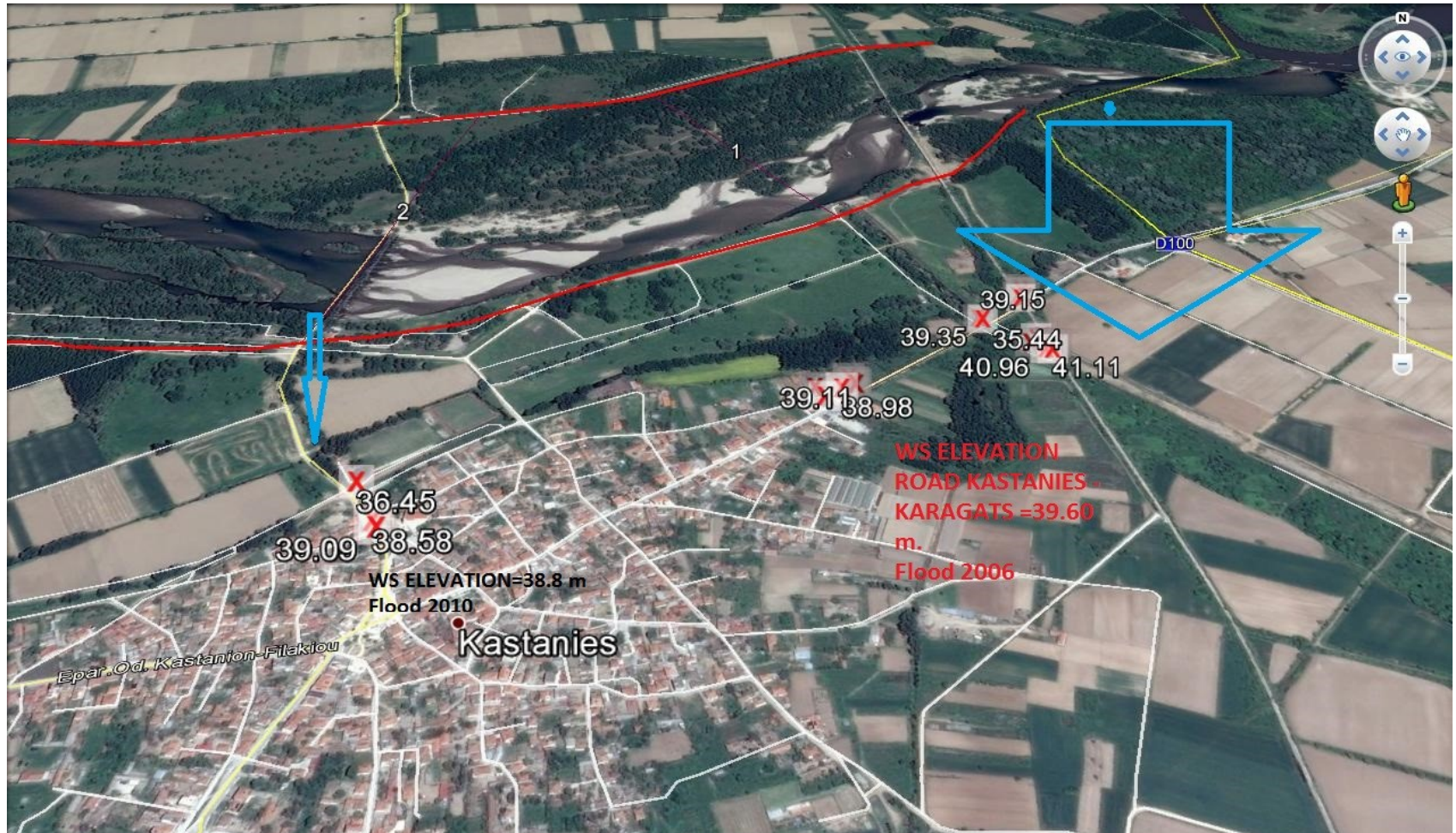
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΡΔΑ ΚΑΙ ΕΒΡΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



Προέκυψε σημαντική διαφοροποίηση της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, η οποία μειώνεται με την απομάκρυνση από τη συμβολή και μηδενίζεται σε απόσταση περίπου 9 Km.

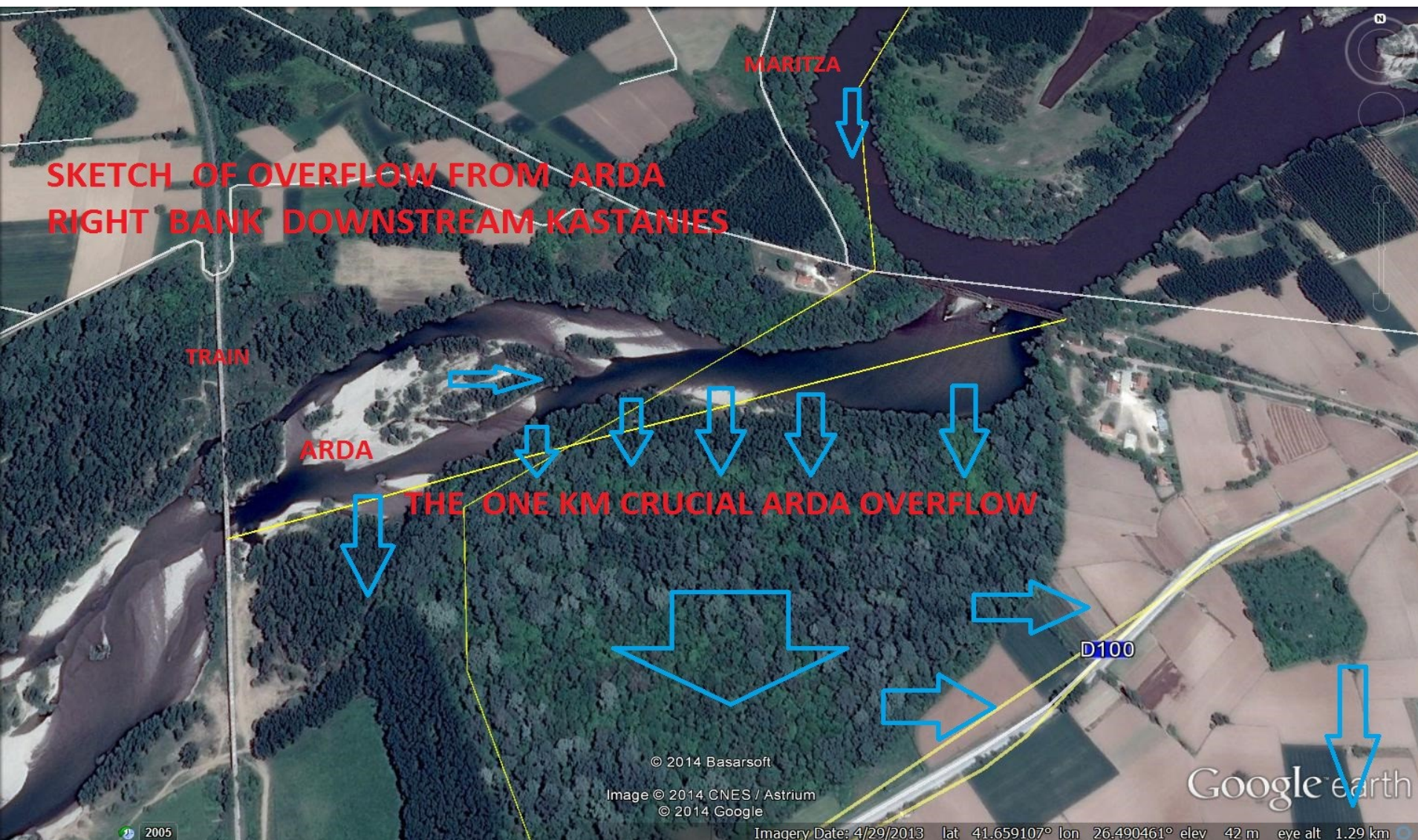
Αυτή η αύξηση της στάθμης του νερού συμβάλει επίσης στην αύξηση των υπερχειλίσεων πάνω από τα αναχώματα στην περιοχή αυτή.

BUT WHERE GOES THIS LARGE VOLUME OF WATER?



**Sketch from right levee overflow
downstream Kastanies**

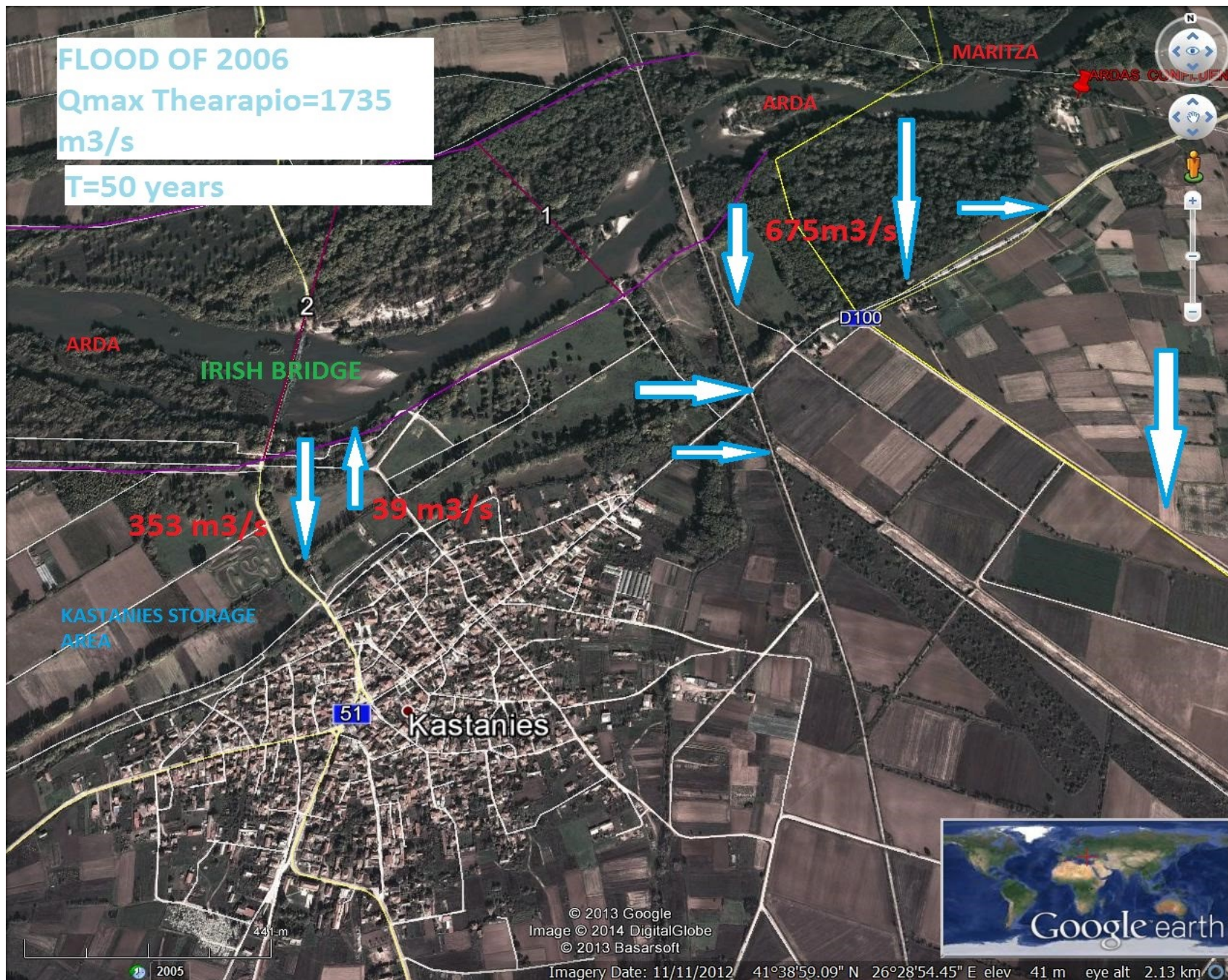
**SKETCH OF OVERFLOW FROM ARDA
RIGHT BANK DOWNSTREAM KASTANIES**



FLOOD OF 2006

$Q_{\max} \text{ Thearapio} = 1735 \text{ m}^3/\text{s}$

$T = 50 \text{ years}$







NEA VYSSA LEVEE

**FOR QTherapio above 1400 m³/s, the
Nea Vyssa levee will be overtoped.**

© 2014 Google
© 2014 Basarsoft
Image © 2014 DigitalGlobe
Image © 2014 CNES / Astrium

Nea Vyssa

Google earth

Imagery Date: 4/29/2013 lat 41.618593° lon 26.546536° elev 34 m eye alt 8.65 km

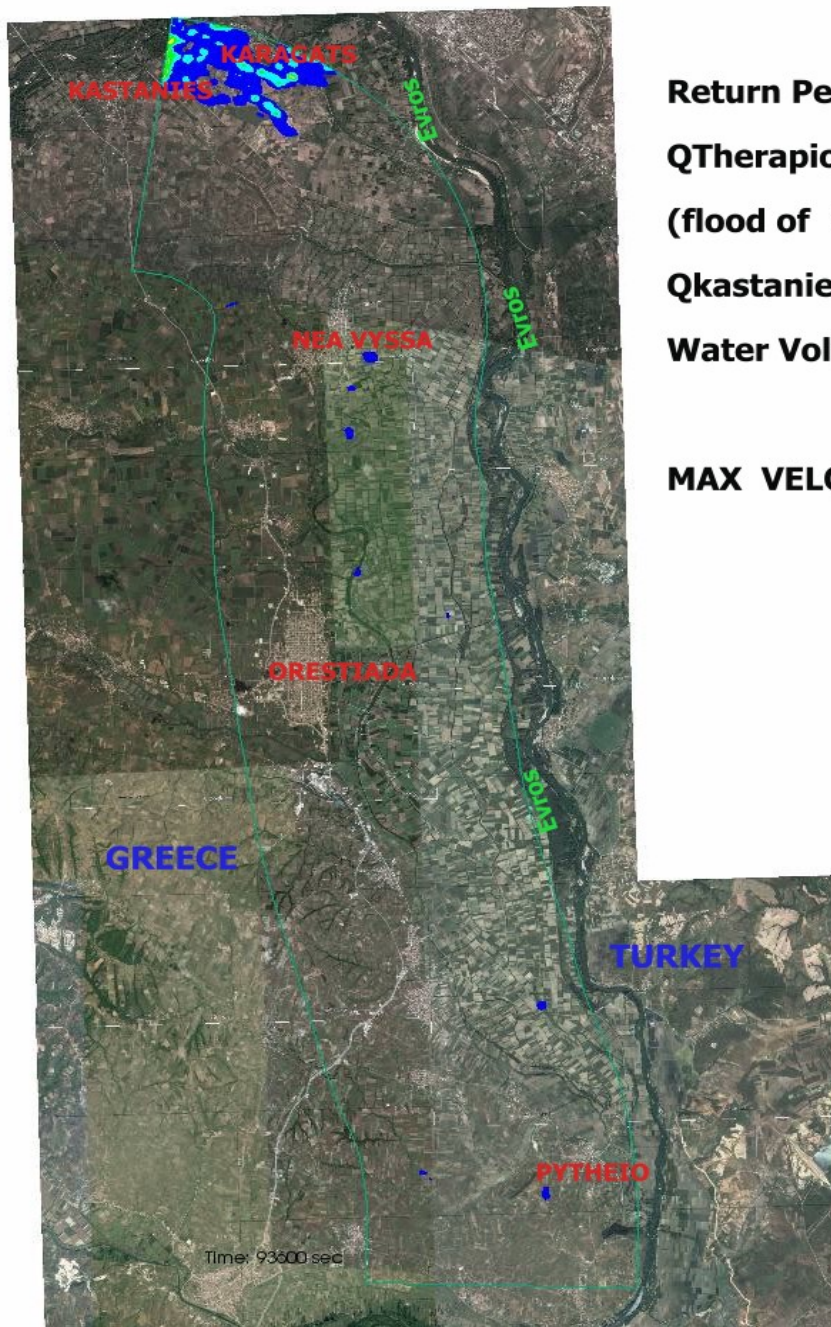
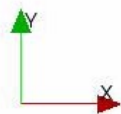
**WE MADE TWO DIMENSIONAL
SIMULATION OF ARDA FLOOD
WATERS MOVEMENT IN FLOOD
REGION III FOR THE SCENARIO:**

Return period $T=50$ years

$Q_{\max \text{ Therapio}} = 1735 \text{ m}^3/\text{s}$

**The Nea Vyssa levee will be
overtopped.**





Return Period $T=50$ Years

$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

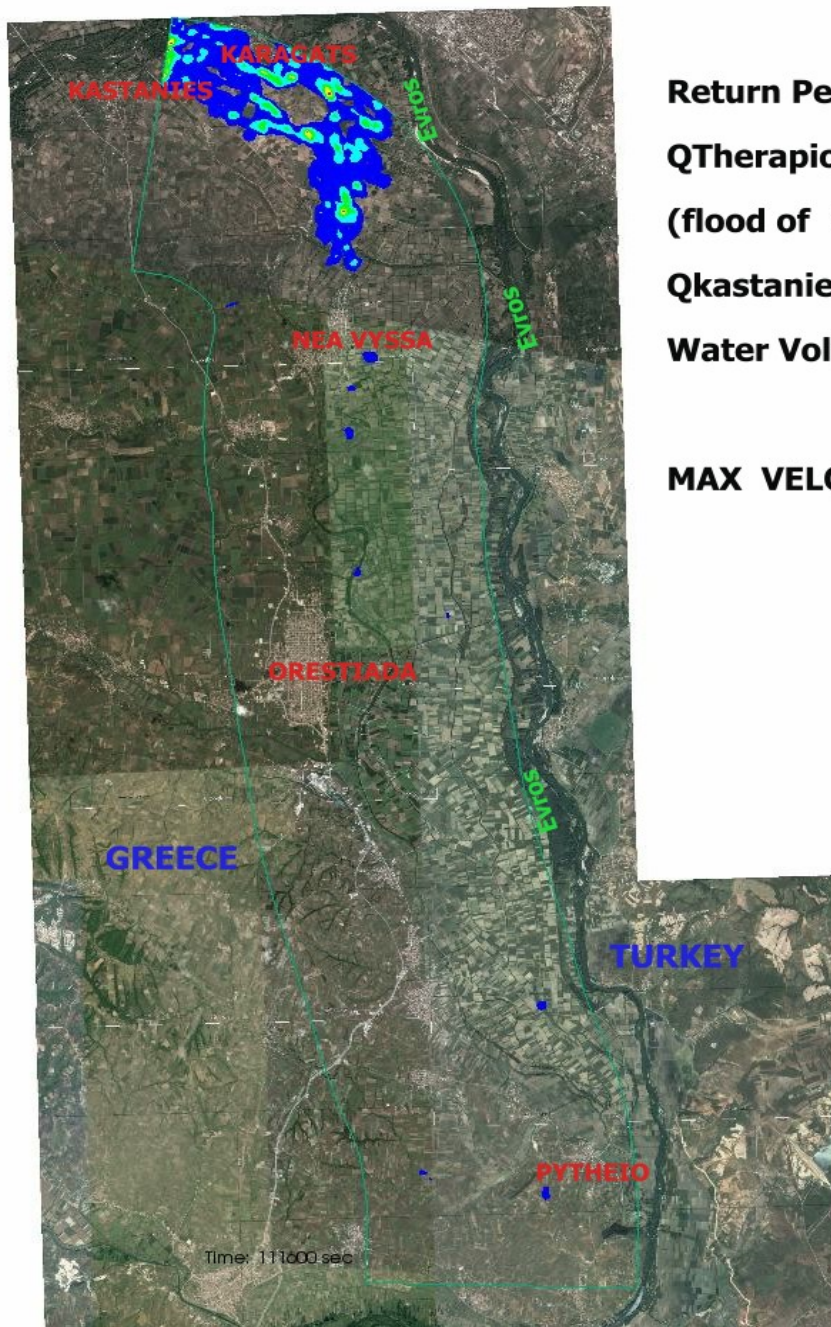
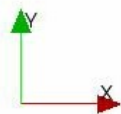
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period T=50 Years

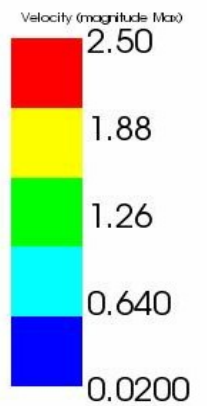
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

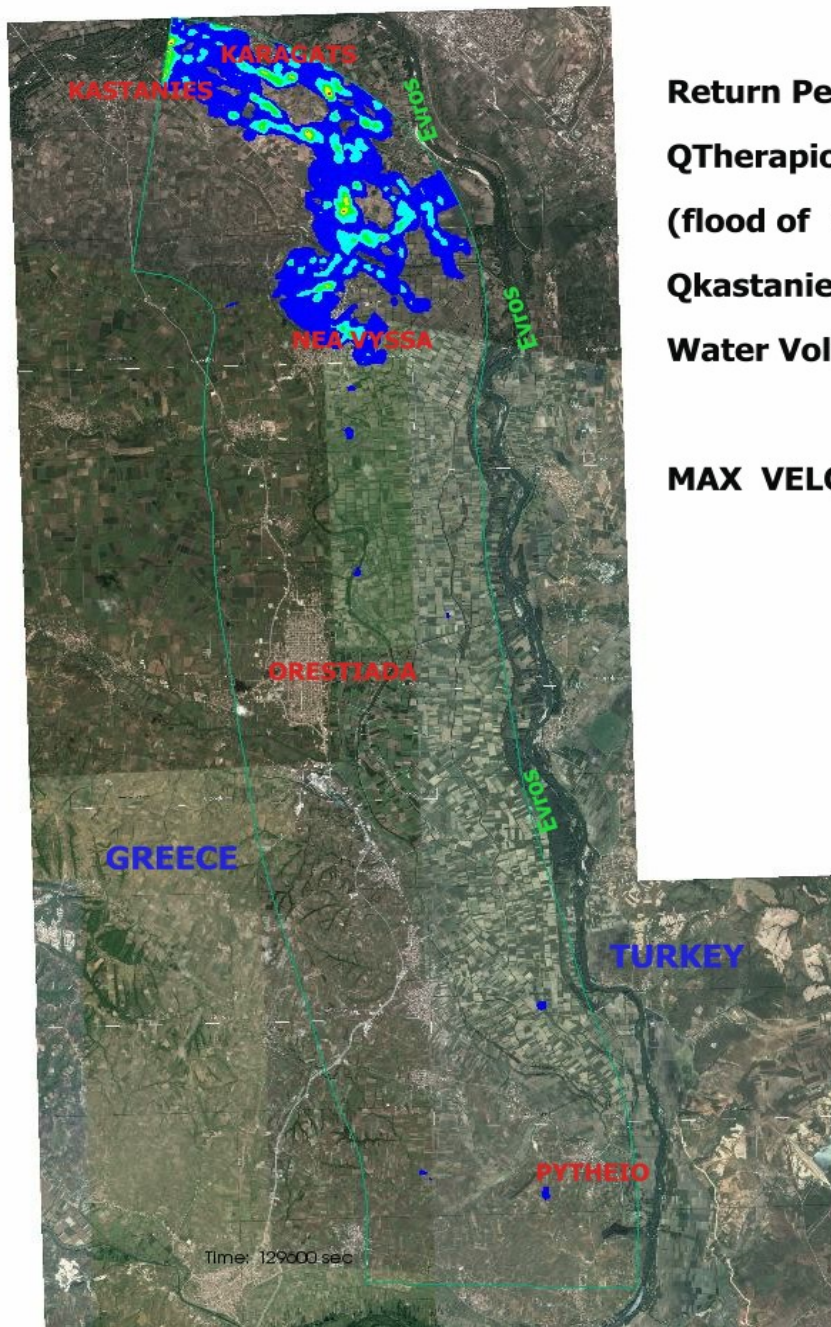
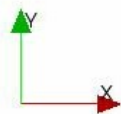
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

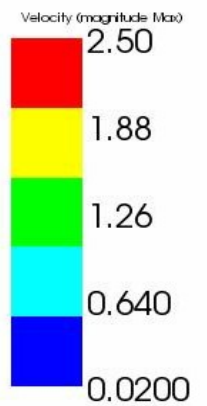
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

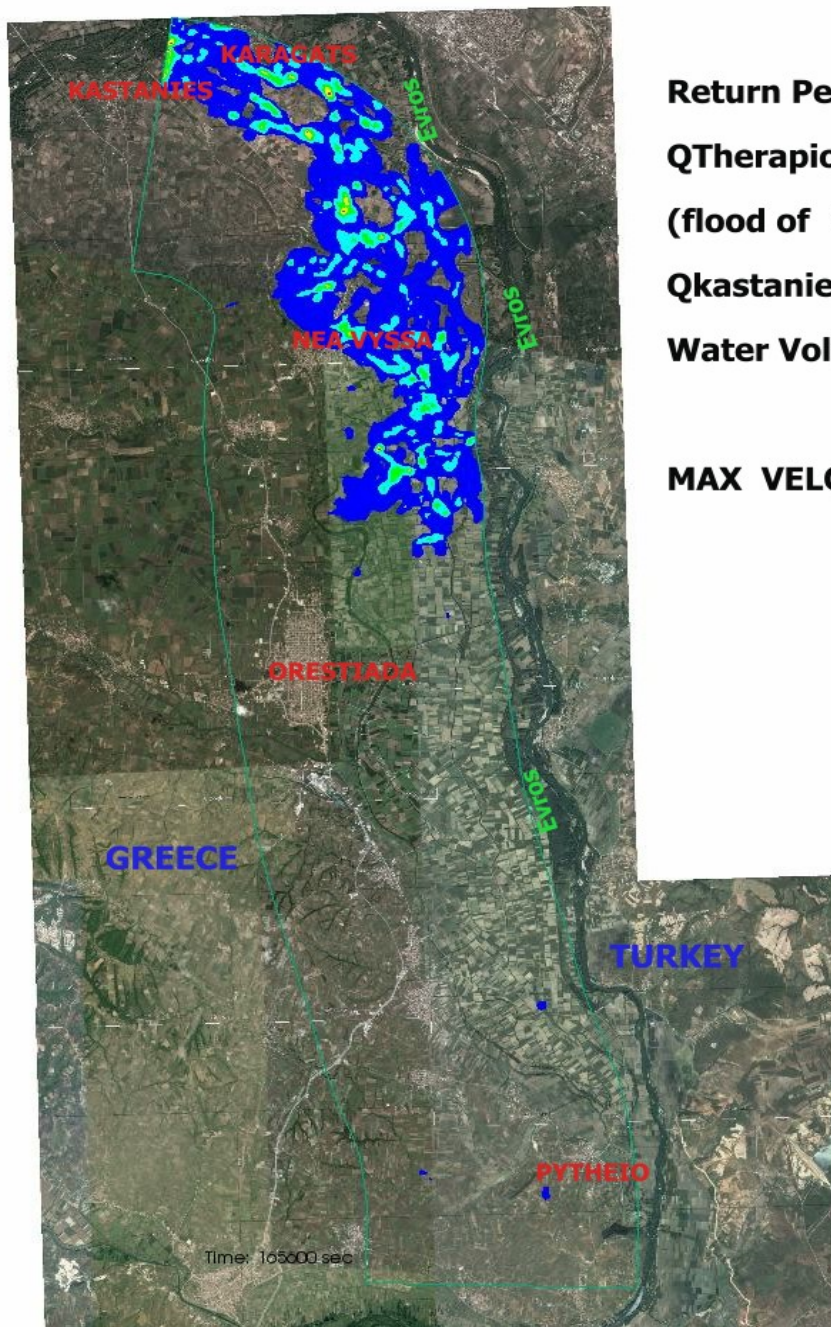
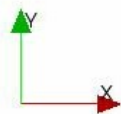
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

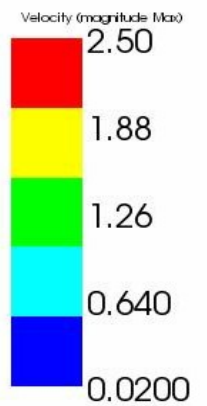
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

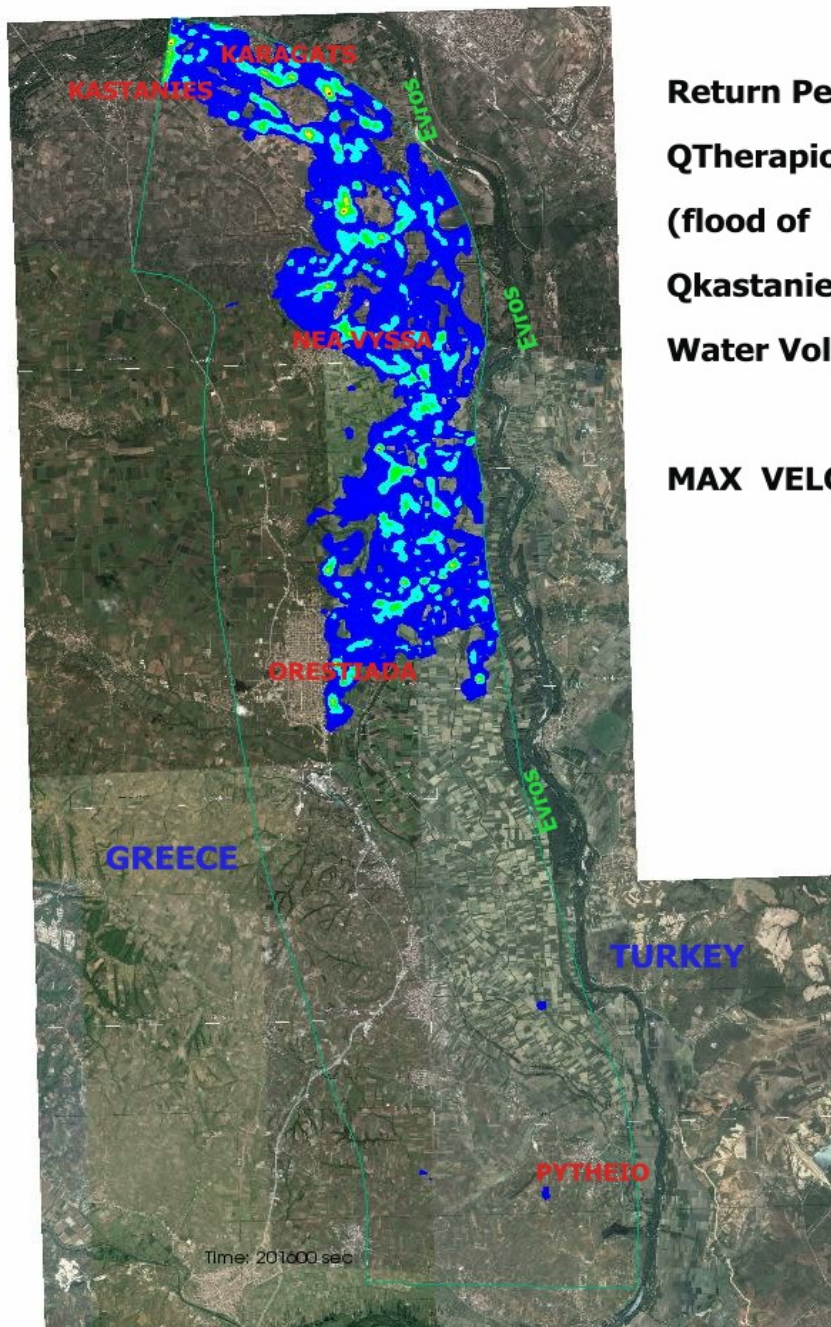
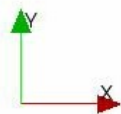
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

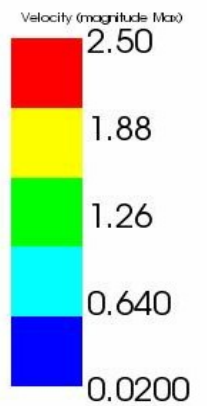
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

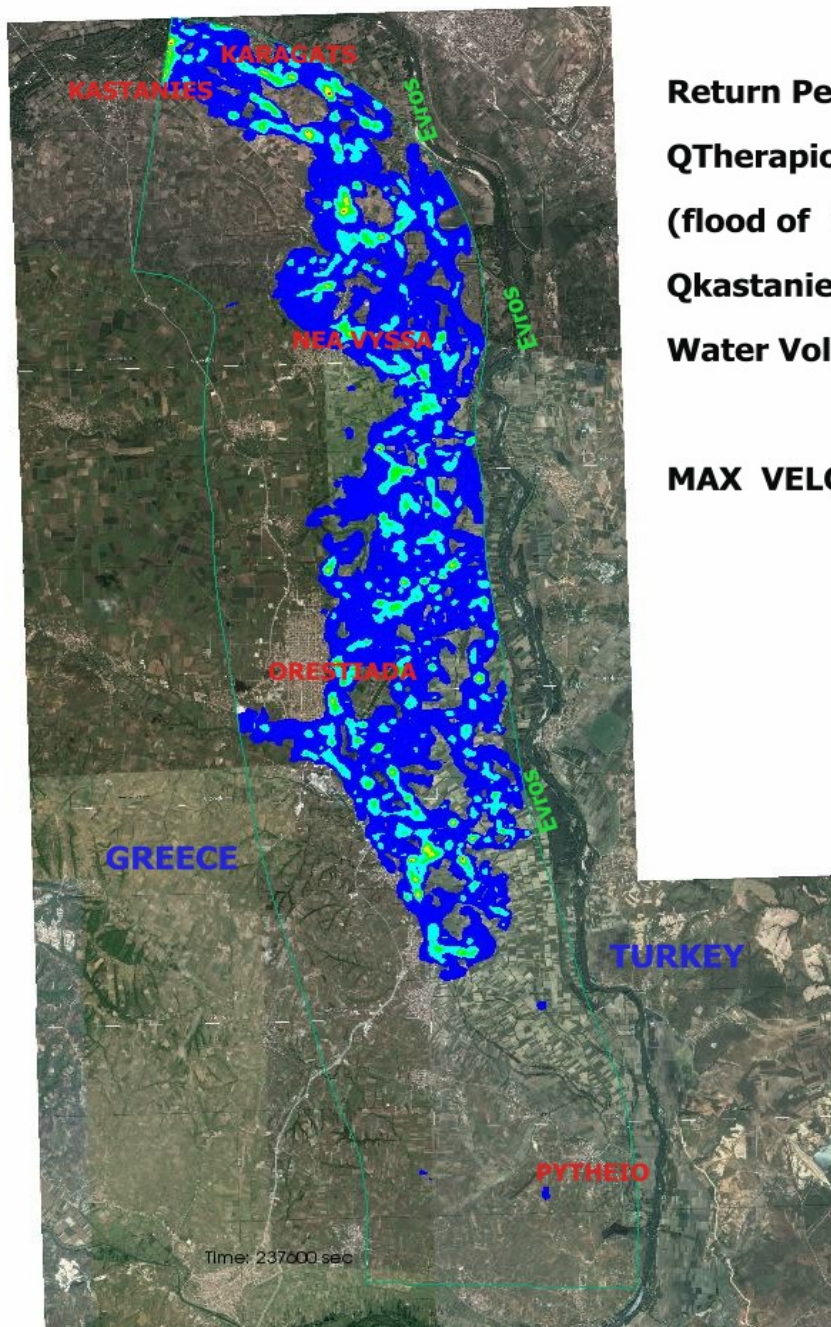
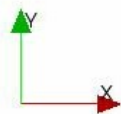
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

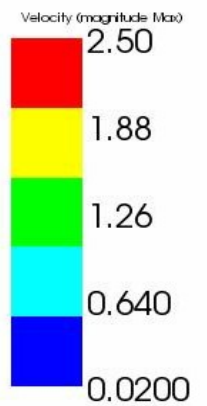
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

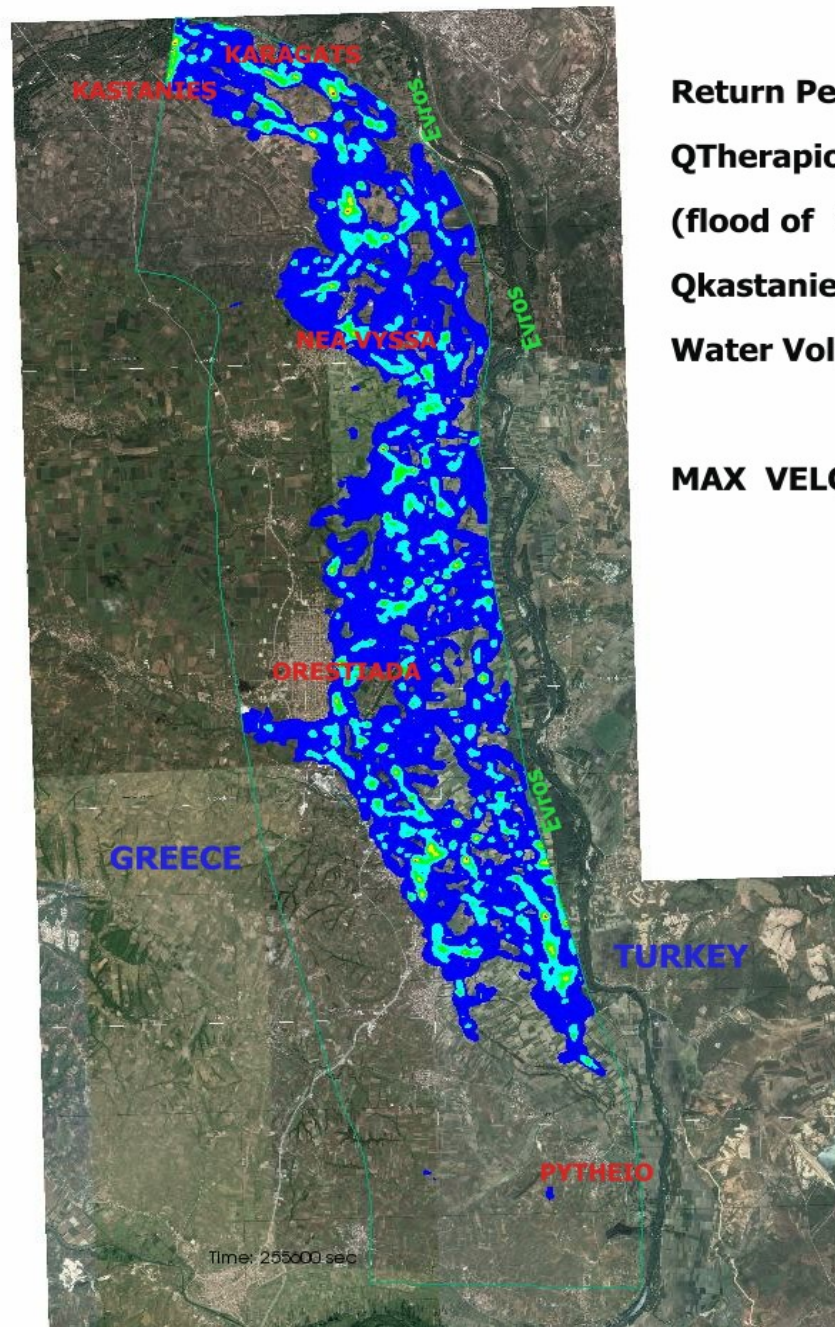
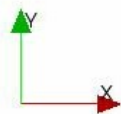
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

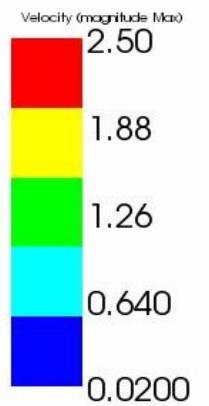
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

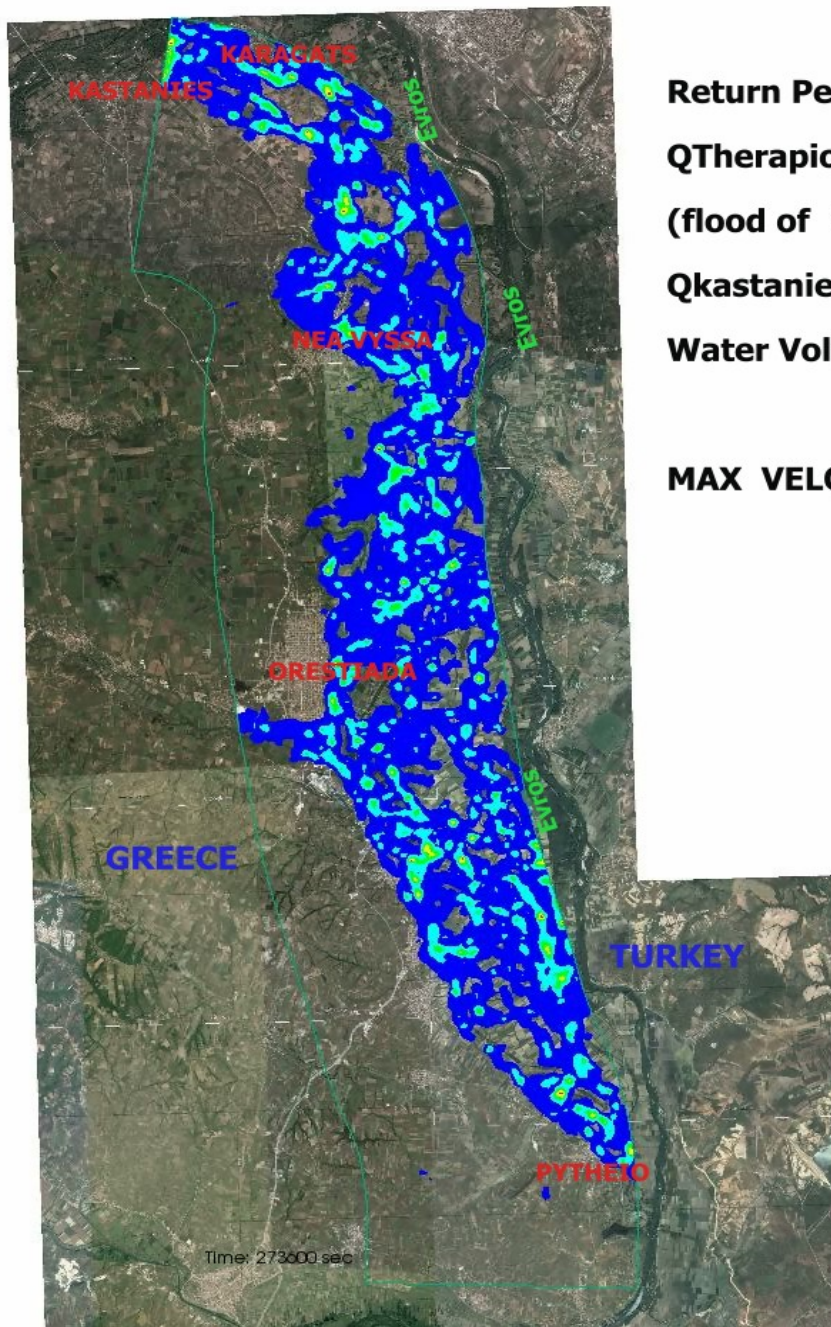
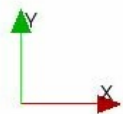
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

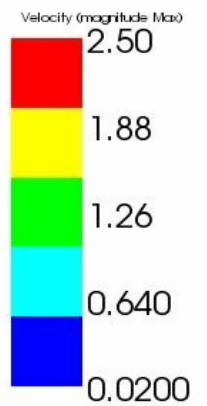
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

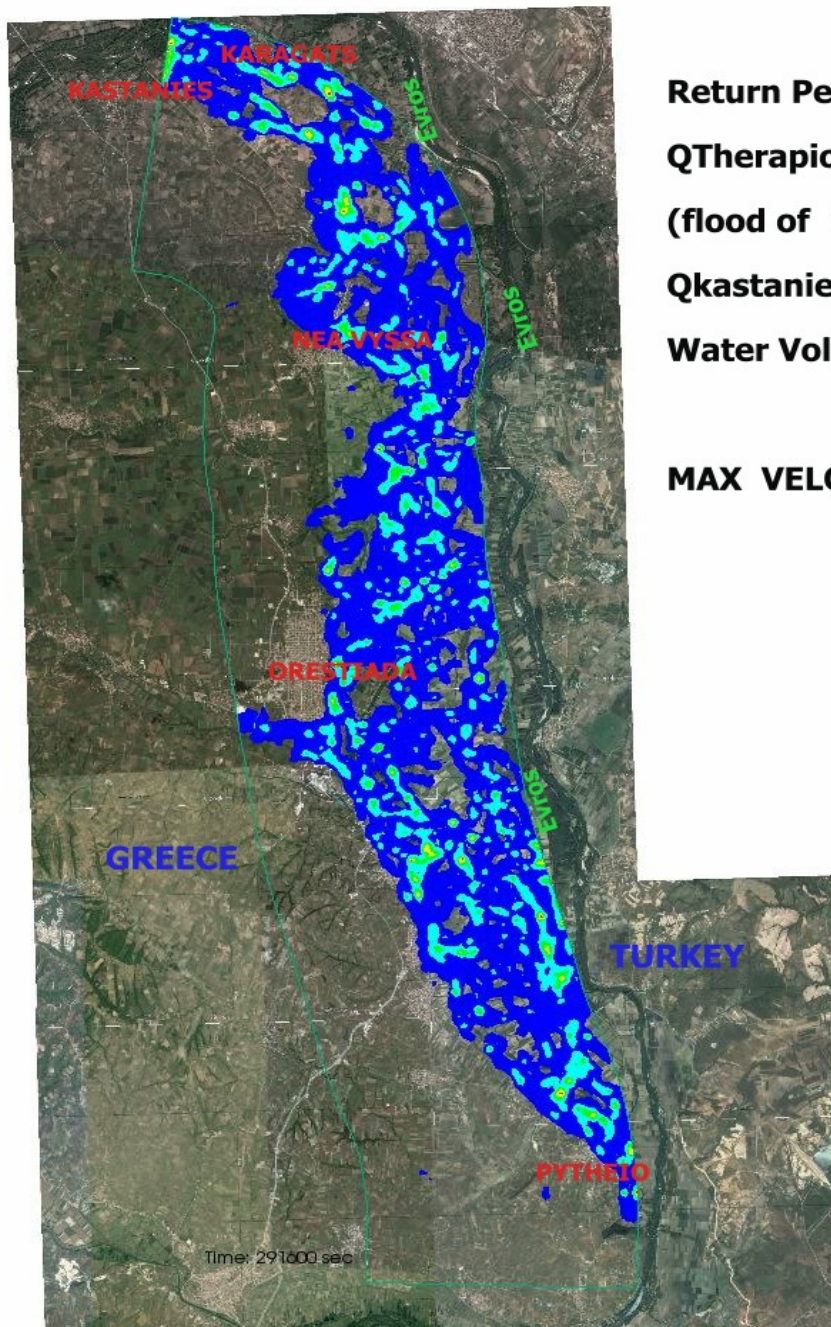
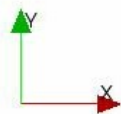
(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s





Return Period $T=50$ Years

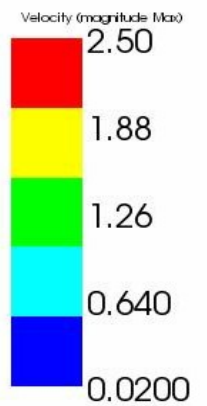
$Q_{Therapio}=1735 \text{ m}^3/\text{s}$

(flood of 2006)

$Q_{kastanies-confluence}=675 \text{ m}^3/\text{s}$

Water Volume=49 million m^3

MAX VELOCITY , m/s



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι δύο χώρες Ελλάδα και Βουλγαρία έχουν συνειδητοποιήσει τη σπουδαιότητα της συνεργασίας για την επίλυση του προβλήματος των πλημμυρών, που από τεχνική άποψη δεν είναι ούτε απλό, ούτε τετριμμένο.
- Ευτυχώς που υπάρχει η ΕΕ, ως μέλη της οποίας οι δύο χώρες είναι υποχρεωμένες να συνεργάζονται (κοινό νομικό πλαίσιο) και να λογοδοτούν.
- Έχει γίνει σημαντική επιστημονική ανάλυση και έρευνα για τον Άρδα και η παρούσα εργασία αποτελεί ένα μέρος της συνολικής αυτής συνεργατικής προσπάθειας.
- Υπάρχουν ακόμα αγκυλώσεις και καχυποψία από το παρελθόν, καθώς και «διπλωματικές σκοπιμότητες».
- Απομένει τώρα οι δύο χώρες να προχωρήσουν περισσότερο αποφασιστικά στην εφαρμογή και στη χρήση όσων αναπτύχθηκαν σε καθημερινή βάση με πνεύμα ειλικρινούς συνεργασίας, αφήνοντας στο παρελθόν την καχυποψία και την μετάθεση ευθυνών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Πιστεύουμε, πως ο καλύτερος τρόπος επίλυσης προβλημάτων διασυνοριακών λεκανών είναι:
 - Η εύρεση λύσεων και εναλλακτικών στρατηγικών σε τεχνικό επίπεδο από μικτές (κοινές) επιστημονικές ομάδες, με επεξεργασία των ίδιων δεδομένων, με κοινές προσομοιώσεις με κοινή διερεύνηση όλων των εναλλακτικών τεχνικά λύσεων.
 - Στη συνέχεια με διαπραγματεύσεις σε διπλωματικό επίπεδο οι εμπλεκόμενες χώρες θα επιλέξουν από κοινού τη βέλτιστη στρατηγική μοιραζόμενες από κοινού τα οφέλη αλλά και τα αναλογούντα κόστη.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΕ 2 ΑΞΟΝΕΣ:

Α) Σύσταση τριμερούς διακρατικής επιστημονικής επιτροπής με στόχους:

- Προσομοίωση του συνόλου της υδρολογικής λεκάνης του Έβρου
- Διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων απόκρισης με βάση ιστορικά δεδομένα
- Συμπερίληψη τρόπου διαχείρισης φραγμάτων ώστε να μη συγχρονίζονται και αθροίζονται οι πλημμυρικές αιχμές αλλά και μεγιστοποίηση οφέλους παραγωγής ενέργειας
- Ανάπτυξη συστήματος πραγματικού χρόνου (online) πρόβλεψης πλημμύρας με δυνατότητα συμπερίληψης υπαρχόντων υδρομετρικών σταθμών και διόρθωση της πρόβλεψης
- Κατάστρωση σχεδίων δράσεων για διάφορες περιπτώσεις επερχόμενων πλημμυρών
- Προτάσεις συμπληρωματικών αντιπλημμυρικών έργων (αναχώματα, θυροφράγματα κ.λπ.)

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΕ 2 ΑΞΟΝΕΣ:

Αντικειμενικές δυσκολίες σε ένα τέτοιο εγχείρημα:

- Εξαρτάται από το επίπεδο των σχέσεων των τριών χωρών, το οποίο παρουσιάζει διακυμάνσεις και εντάσεις. Μπορεί να ξεκινήσει μια διαδικασία συνεργασίας και να σταματήσει στη συνέχεια, όπως έγινε τη 10ετία του 1950 με τη μελέτη HARTZA
- Υπάρχουν διπλωματικές ιδεοληψίες και αγκυλώσεις κάποιων χωρών, όπως π.χ.:
 - η Βουλγαρία δεν δέχονταν 3μερή συνεργασία αν και ήταν σύμφωνη για 2μερή συνεργασία τόσο με την Τουρκία όσο και με την Ελλάδα
 - η Βουλγαρία «θεωρούσε» το κάθε ποτάμι αυτοτελές π.χ. τον Άρδα και δεν δέχονταν ότι είναι παραπόταμος του Έβρου
- Εκτός από τη διπλωματία εμπλέκονται και τα υπουργεία Άμυνας της κάθε χώρας, που είναι δύσκολο να συμφωνήσουν π.χ. στη δημιουργία ψηφιακού αναγλύφου εδάφους (DEM) με μια σύγχρονη μέθοδο (π.χ. LIDAR)

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΕ 2 ΑΞΟΝΕΣ:

B) Η Ελλάδα να αναπτύξει από μόνη της ένα σύστημα πρόγνωσης και διαχείρισης πλημμυρών

- Στο σύστημα αυτό θα συμπεριλάβει όλα όσα προαναφέρθηκαν εκτός από τον τρόπο διαχείρισης των Βουλγαρικών φραγμάτων
- Θα χρησιμοποιηθούν ελεύθερα δεδομένα ψηφιακού μοντέλου εδάφους για τις εκτός Ελλάδας περιοχές
- Για το Ελληνικό τμήμα να παραχωρηθούν δωρεάν ψηφιακά δεδομένα εδάφους από τις αρμόδιες αρχές ή να εγκριθεί η απόκτησή τους με σύγχρονη μέθοδο (π.χ. LIDAR)
- Προτάσεις συμπληρωματικών αντιπλημμυρικών έργων (αναχώματα, θυροφράγματα κ.λπ.)
- Βελτιωτικές προτάσεις αύξησης παροχетеυτικότητας ποταμού (π.χ. καθαρισμός βλάστησης δευτερεύουσας κοίτης κ.α.)

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΕ 2 ΑΞΟΝΕΣ:

➤ Θα πρέπει να εξεταστεί εάν και πως επηρεάζουν τις πλημμύρες έργα του Ελληνικού υπουργείου Άμυνας, όπως για παράδειγμα η αντιαρματική τάφρος και ο φράχτης του Έβρου



ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Αντιαρματική Τάφρος: συνολικό μήκος 135 χιλιόμετρα, πλάτος 32 μέτρα και βάθος 7 μέτρα. Εκτείνεται παράλληλα με τον ποταμό Έβρο. Η στάθμη των υδάτων του ποταμού Έβρου πέφτει, ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες, και γι αυτό κατασκευάζεται η τάφρος.



ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Φράχτης Έβρου: αποτελείται από ισχυρό μεταλλικό κιγκλίδωμα από χάλυβα ύψους 5 μέτρων. Πρέπει να ληφθούν μέτρα, ώστε να μην παρεμποδίζει το «άδειασμα» πλημμυρισμένων περιοχών



ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΟΥ ΑΡΔΑ

➤ Η Βουλγαρία είχε την υποχρέωση μέχρι το έτος 2024 να αφήνει συγκεκριμένες ποσότητες νερού από το φράγμα του Ivaylongrad, με βάση μεταπολεμική συμφωνία Ελλάδας και Βουλγαρίας, ως πολεμική αποζημίωση της Βουλγαρίας.
(<https://orestiada.gr/dimos/perivallon/ydatikoi-poroi-stin-perioxi/>)

αριθμόν 2, το οποίο αφορά στο άρθρο 3 παρ. β της συμφωνίας “Περί διακανονισμού των εκκρεμών οικονομικών ζητημάτων και αναπτύξεως της οικονομικής συνεργασίας μεταξύ του Βασιλείου της Ελλάδος και της Λαϊκής Δημοκρατίας της Βουλγαρίας” του 1964. Πρόκειται για συμφωνία που υπογράφεται κάθε χρόνο μεταξύ των δύο χωρών και αποτελεί πολεμική αποζημίωση της Βουλγαρίας προς την Ελλάδα, επειδή οι Βούλγαροι εισέβαλλαν κατά το Β’ Παγκόσμιο Πόλεμο στη Β. Ελλάδα με τις δυνάμεις του Άξονα. Έτσι, κατά το μήνα Σεπτέμβριο κάθε έτους υποβάλλεται διάγραμμα των μηνιαίων απαιτήσεων νερού για την επόμενη αρδευτική περίοδο, αλλά η συνολική παρεχόμενη ποσότητα νερού παραμένει σταθερή κάθε χρόνο και ισούται με 186.000.000 m³ (Γ.Ο.Ε.Β. Ορεστιάδας).

➤ Η συμφωνία αυτή διάρκειας 60 ετών έχει λήξει (2024). Δεν έχει αντικατασταθεί με κάποια νέα διακρατική συμφωνία.

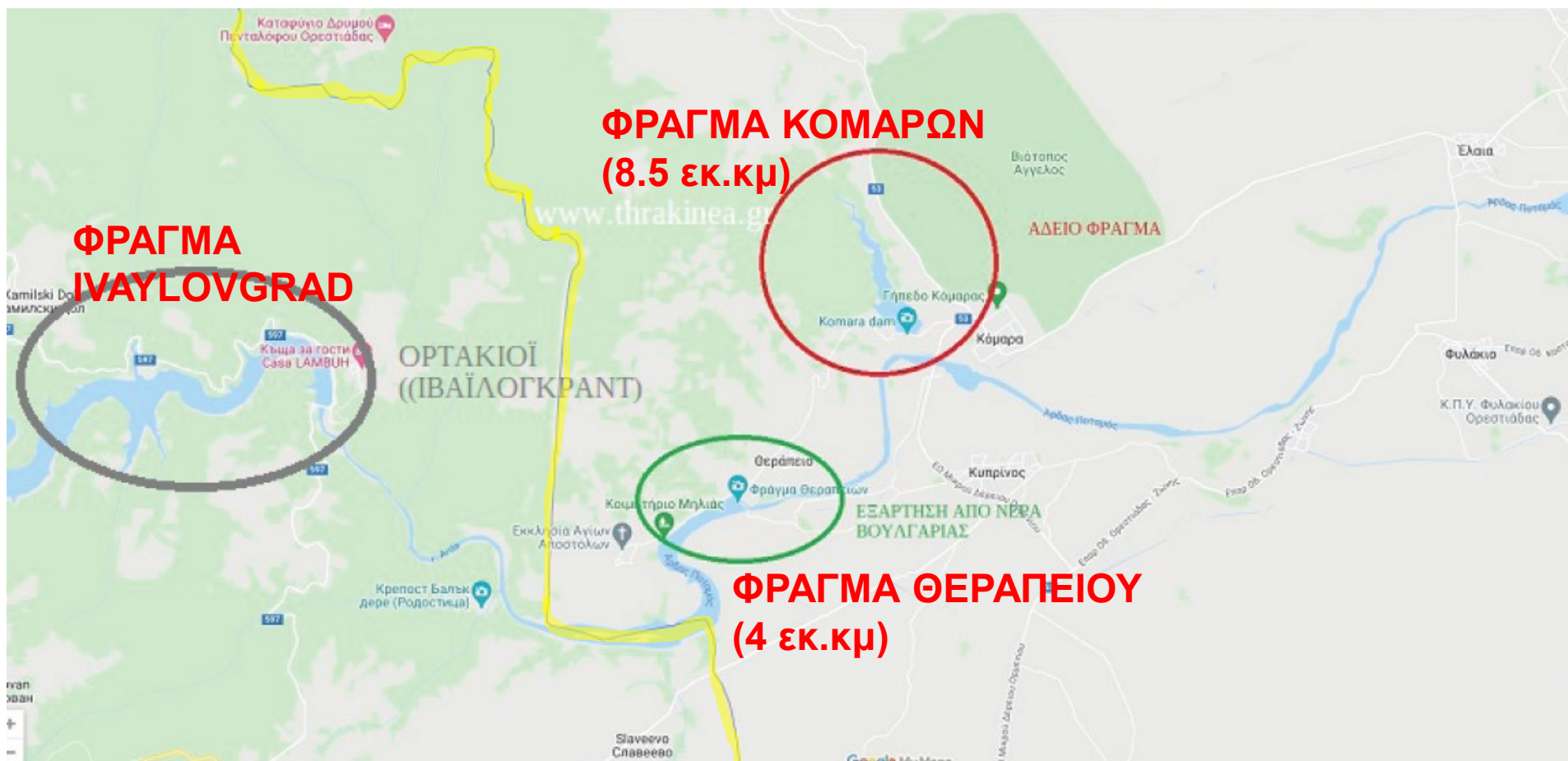
➤ Οπότε δημιουργείται αβεβαιότητα για την εξασφάλιση του αναγκαίου αρδευτικού νερού για τα 220,000 στρέμματα καλλιεργήσιμων εκτάσεων στην περιοχή.

($220,000 \times 300 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}/\text{έτος} = 66,000,000 \text{ m}^3/\text{έτος} < 186,000,000$)

➤ Ας δούμε στη συνέχεια τις δυνατότητες ταμίευσης νερού.



Φράγματα Ivaylovgrad – Θεραπειού – Κομάρων (π.Καλύβα)



Φράγμα Ivaylovgrad



Έναρξη λειτουργίας: 1964

Ύψος: 73 m

Μήκος 250 m

Παροχετευτικότητα Υπερχειλιστή: 5250 m³/s

Χωρητικότητα ταμιευτήρα: 157 x 10⁶ m³/s

Εμβαδόν υδρολογικής λεκάνης: 5128 Km²

Ωφέλιμο ύψος πτώσεως: 52 m

Τουρμπίνες: 4 τύπου Francis

Εγκατεστημένη ισχύς: 104 MW

Ετήσια παραγωγή ρεύματος: 195 GWh

Ερώτημα:

**Είναι δυνατόν η
Βουλγαρία να θέσει εκτός
λειτουργίας ένα φράγμα
για το οποίο δαπάνησε
πολλά χρήματα και
αποδίδει 195 GWh / έτος;**

Φράγμα Ivaylovgrad

Ερώτημα:

Υπάρχει περίπτωση η Βουλγαρία να θέσει εκτός λειτουργίας ένα φράγμα για το οποίο δαπάνησε πολλά χρήματα και αποδίδει 195 GWh / έτος;
($195 \times 0.10 = 19.5$ εκ.ευρώ/έτος)



Η προσωπική μου άποψη είναι, ότι ακόμα και αν δεν υπάρξει διακρατική συμφωνία για εγγυημένη παροχή νερού τους καλοκαιρινούς μήνες, η Βουλγαρία θα εξακολουθεί να απελευθερώνει νερό, λόγω υδροηλεκτρικής παραγωγής στο Ivaylovgrad.

Αν λόγω κλιματικής αλλαγής δεν υπάρχει αρκετό νερό και αυτό που θα υπάρχει θα «ανακυκλώνεται» στα ανάντι φράγματα Kyrdzali / Student Kladenets, τότε η χώρα μας πρέπει να φροντίσει για την ταμίευση του όποιου νερού απελευθερώνεται.

Τα πράγματα περιπλέκονται περισσότερο καθώς τη διαχείριση των φραγμάτων την έχουν μεγάλες ιδιωτικές εταιρίες και όχι η Βουλγαρική κυβέρνηση.

Υπάρχει νέα Ελληνο-Βουλγαρική συμφωνία;

Έχει συναφθεί νέα Ελληνο-Βουλγαρική συμφωνία για εγγυημένες παροχές κατά την αρδευτική περίοδο;



Στην απάντησή του στη Βουλή ο Υφυπουργός κ. Ταγαράς (13-11-2025), λέει ότι η κοινή διακήρυξη για τη χρήση των υδάτων του Άρδα, που υπεγράφη στις 2 Μαΐου 2025 μεταξύ των Υπουργών Εξωτερικών των δύο χωρών, Γεραπετρίτη και Γκεοργκίεφ, διασφαλίζει την "παροχή από τη Βουλγαρία επαρκούς ποσότητας νερού για περίοδο πέντε ετών".

Έτσι, θα έχουμε σίγουρη "την ομαλή και αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος άρδευσης και της γεωργικής παραγωγής στην παραμεθόρια περιοχή του Έβρου, μετά τη λήξη της σχετικούς ειδικής εξηκονταετούς διμερούς συμφωνίας μεταξύ Ελλάδας-Βουλγαρίας". (<https://www.e-evros.gr/gr/eidhseis/3/quot-periergh-apanthsh-gia-ta-nera-toy-arda-kai-thn-ellhnoboylgarikh-symfwnia/post55367>)

Φράγμα στο Θεραπειό



Είναι έργο του 1967. Έχει μικρό ωφέλιμο όγκο (4 εκ. κ.μ.) και ο χαρακτήρας του είναι αναρυθμιστικός. **Διατέθηκαν πρόσφατα 5 εκ. ευρώ για εργασίες συντήρησης και αναβάθμισης.**

<https://www.youtube.com/watch?v=ljQP7CCOu10>

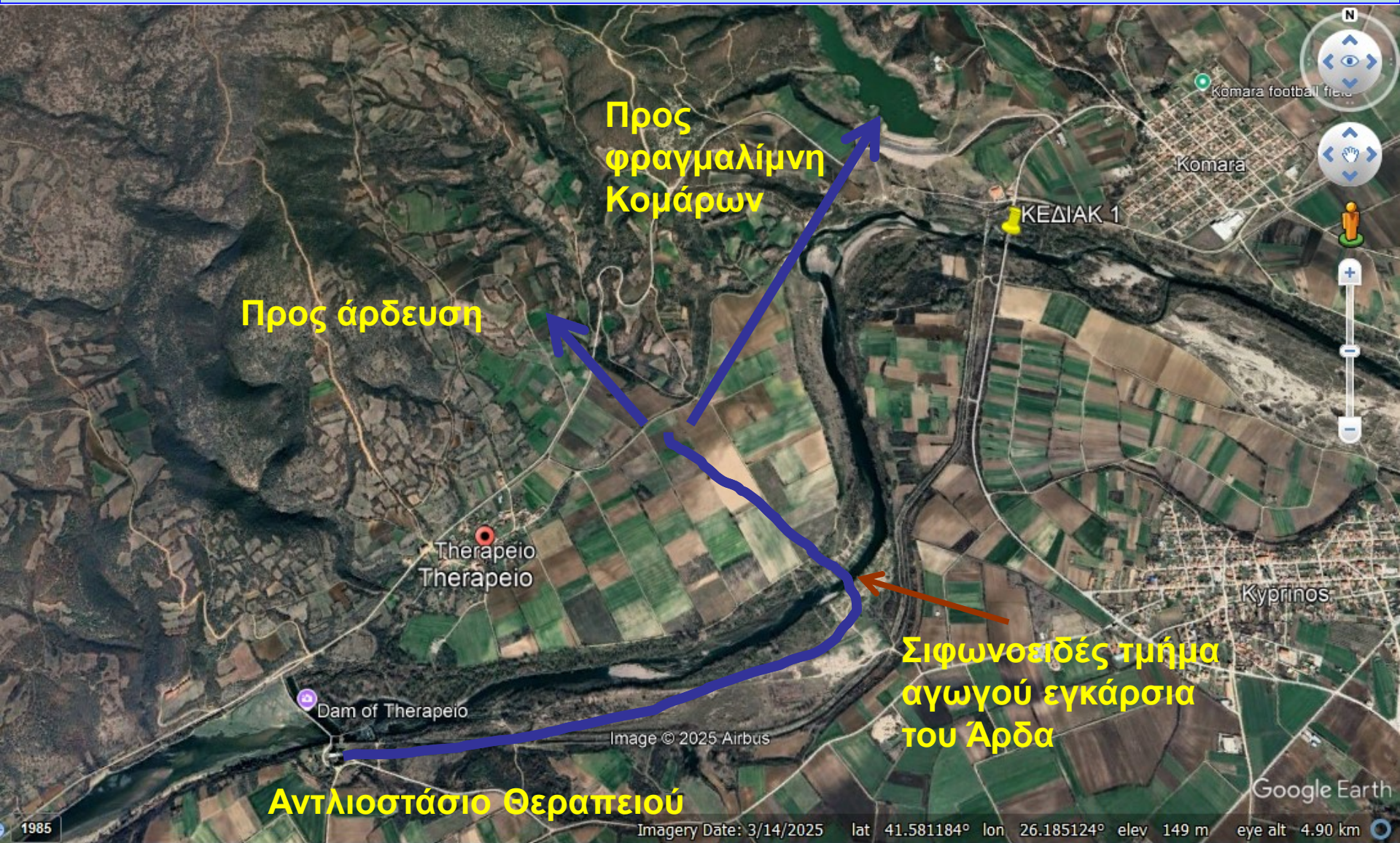
Φραγμαλίμνη Κομάρων (π. Καλύβα)



Έχει ύψος 38 m, ωφέλιμο όγκο $8.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ και επαρκεί για άρδευση 55,000 στρεμμάτων. Ολοκληρώθηκε το 2009. Παρουσίασε διαρροές. Δεν βρίσκεται σε λειτουργία.

<https://www.youtube.com/watch?v=2qg-wzsgVS8>

Φραγμαλίμνη Κομάρων



Κλειστός υπό πίεση αγωγός για μεταφορά αρδευτικού νερού βόρεια

Προτάσεις για την εξασφάλιση αρδευτικού νερού

- Έχουν περάσει 15 χρόνια από την ολοκλήρωση του φράγματος Κομάρων και την εμφάνιση διαρροών. Η πολιτεία πρέπει επιτέλους να προχωρήσει στις απαιτούμενες αναθέσεις μελετών και στη σφράγιση των διαρροών, ώστε να λειτουργήσει το φράγμα αυτό.
- Συνέχιση των διαπραγματεύσεων με τη Βουλγαρία για τη σύναψη μιας μακρόχρονης συμφωνίας (αντί 5ετούς διάρκειας) για την παροχή εγγυημένων ποσοτήτων νερού κατά την αρδευτική περίοδο.
- Να διερευνηθεί η δυνατότητα κατασκευής και άλλης λιμνοδεξαμενής είτε σε παραπόταμο του Άρδα, είτε πλησίον του Άρδα για την ταμίευση πρόσθετων ποσοτήτων νερού.

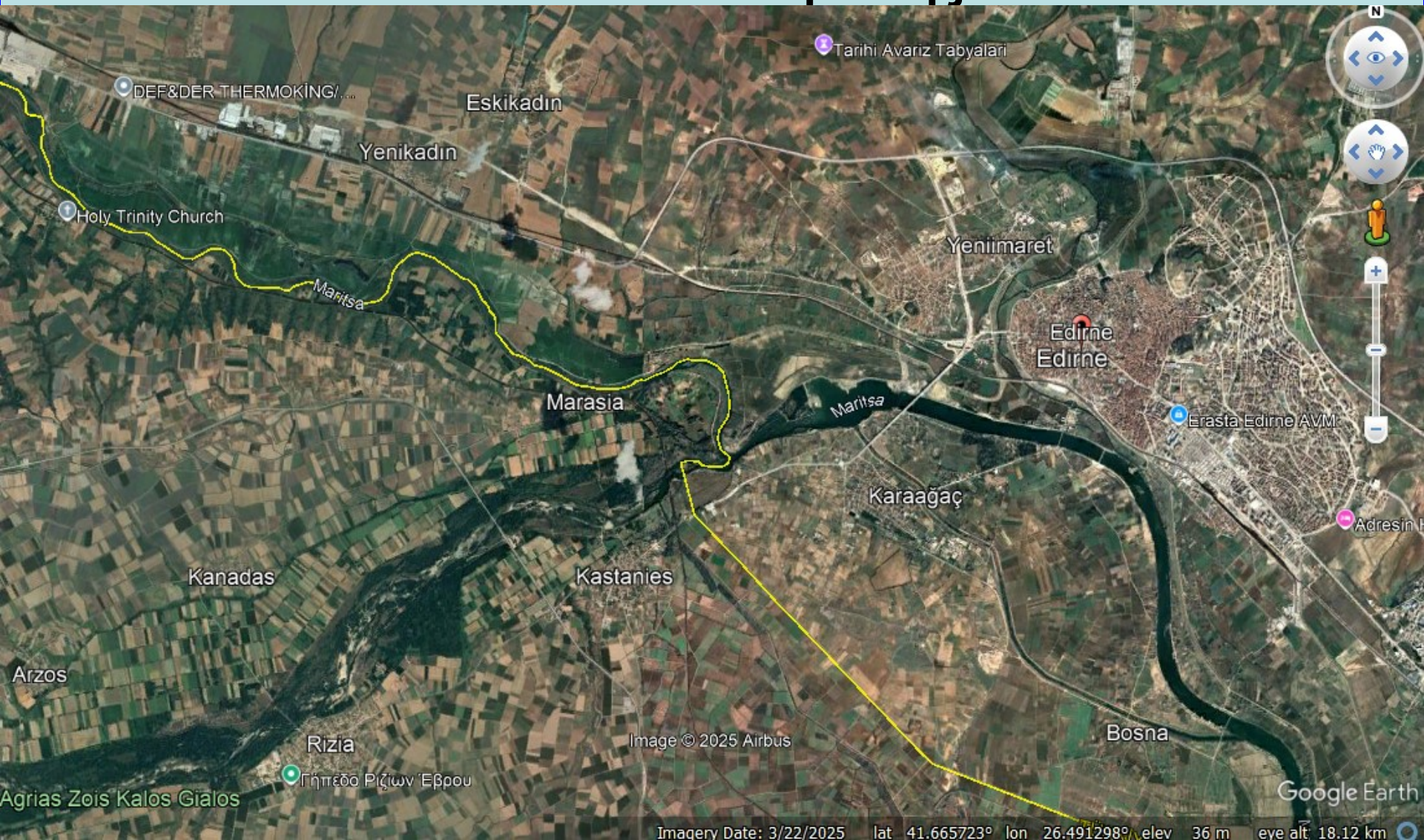
ΠΡΟΣΦΑΤΑ ΤΟΥΡΚΙΚΑ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΡΓΑ

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



- Στην Ανδριανούπολη συμβάλουν 3 μεγάλοι ποταμοί: Έβρος – Άρδας – Τούντζας
- Ο συνδυασμός αυτών των παροχών προκαλεί συχνά πλημμύρες

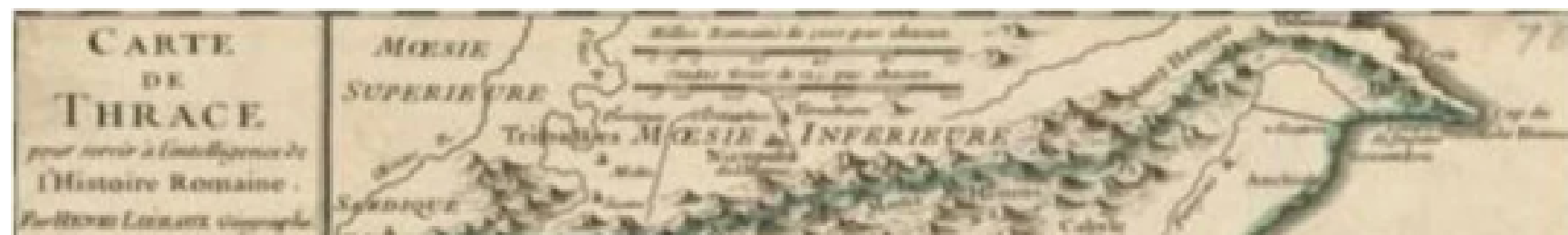
Η Ανδριανούπολη πλήττονταν από πλημμύρες, καθώς δυτικά της διέρχεται ο Έβρος ποταμός, στον οποίο συμβάλει ο Άρδας ποταμός και επίσης ο Τούντζας ποταμός που διέρχεται δίπλα από τα όριά της



Ελληνική παραχώρηση του τριγώνου του Καραγάτς

<https://www.protothema.gr/stories/article/1589896/ta-edafi-pou-parahorise-i-ellada-se-geitonikes-hores-apo-to-1912-os-to-1925/>

Τα μεσάνυχτα της 27ης προς 28η Σεπτεμβρίου (11 Οκτωβρίου με το νέο ημερολόγιο) υπογράφηκε η Ανακωχή των Μουδανιών. Η Ελλάδα υποχρεωνόταν να εκκενώσει την Ανατολική Θράκη εντός 15 ημερών και μέσα σε 30 ημέρες να παραδώσει την πολιτική εξουσία της στην περιοχή στην Τουρκία. Οι Έλληνες αντιπρόσωποι στα Μουδανιά βρέθηκαν προ τετελεσμένων. Η Επαναστατική Επιτροπή δέχθηκε τελικά όσα συμφωνήθηκαν στα Μουδανιά. Ακολούθησε και η εκχώρηση του Τριγώνου του Κάραγατς, καθώς η χώρα μας αδυνατούσε να πληρώσει πολεμικές αποζημιώσεις στην Τουρκία. Οι κάτοικοι του Κάραγατς ίδρυσαν την Ορεστιάδα.



**Τουρκικό κανάλι της Ανδριανούπολης: Μήκος 7800 m, πλάτος 50 m, βάθος 3 m. Παροχетеυτικότητα: 500 m³/s
Κόστος: 11 εκ. ευρώ**

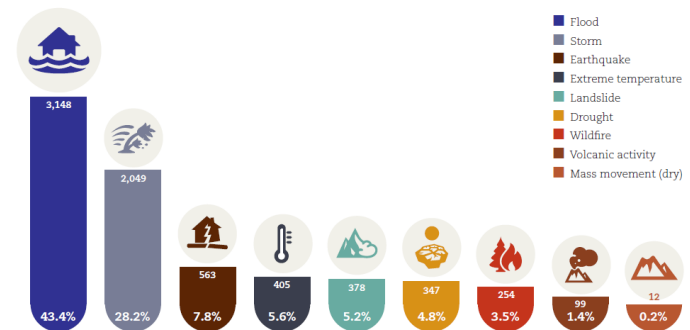


**Τουρκικό κανάλι της Ανδριανούπολης: Μήκος 7800 m, πλάτος 50 m, βάθος 3 m. Παροχευτικότητα: 500 m³/s
Κόστος: 11 εκ. ευρώ**



Θα απαλλαγούμε ποτέ από τις πλημμύρες;

- Οι κλιματικές αλλαγές εντείνουν συνεχώς τη ραγδαιότητα των μετεωρολογικών φαινομένων και συνεπώς και τη συχνότητα και το μέγεθος των πλημμυρών.
- Οι παρεμβάσεις με κατασκευαστικά μέτρα αλλά και με μη κατασκευαστικά είναι περισσότερες τώρα σε σχέση με το παρελθόν. Όμως είναι όλο και πιο δύσκολες και περισσότερο κοστοβόρες, καθώς πολλές φορές πρόκειται για κατοικημένες περιοχές ή για περιοχές με έντονη οικονομική δραστηριότητα.
- Οι πλημμύρες κοστίζουν όλο και περισσότερο, καθώς πλήττουν περιοχές με μεγαλύτερη οικονομική σημασία σε σχέση με το παρελθόν.



Θα απαλλαγούμε ποτέ από τις πλημμύρες;

- Άρα η ανάγκη εφαρμογής των στρατηγικών αντιπλημμυρικής προστασίας θα γίνεται όλο και πιο επιτακτική.
- Συμπερασματικά: Πρέπει να μάθουμε να ζούμε με τις πλημμύρες και να προετοιμαζόμαστε συνεχώς καλύτερα για την αντιμετώπισή τους, μειώνοντας τις αρνητικές τους συνέπειες.
- Τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης – πέραν όλων των άλλων μέτρων – θα καθίστανται όλο και πιο χρήσιμα και πιο αποτελεσματικά καθώς με μικρό κόστος είναι δυνατό να αποφευχθούν απωλειών ζωών και να μειωθούν οι απώλειες περιουσιών.

