



Πλημμύρες: Ίσως η συχνότερα επαναλαμβανόμενη φυσική καταστροφή

Αγγελίδης Παναγιώτης, Καθηγητής Δ.Π.Θ.



Εικόνες από πλημμύρες στον ποταμό Έβρο

2010 FLOODED AREA OF EVROS



2006 --FLOODED VYSSA RURAL AREA



Εικόνες από πλημμύρες στη Μάνδρα Αττικής 2017



Μάνδρα Αττικής πλημμύρα 15 -11-2017

https://www.youtube.com/watch?v=gPsXI91j0ok&ab_channel=%CE%A4%CE%AC%CF%83%CE%BF%CF%82%CE%94%CE%B7%CE%BC%CE%B7%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%AC%CE%B4%CE%B7%CF%82



Καρδίτσα, πλημμύρα 21-09-2020

<https://www.youtube.com/watch?v=brwQgrsT52M>

Πλημμύρα καταστροφές drone Καλογριανά Καρδίτσας νερά μέσα χωριό σπίτια αποθήκες αυλές 21...



**20 Ιουλίου 2021. Ξαφνικές πλημμύρες έπληξαν
πολλές κοινότητες στη Γερμανία προκαλώντας
τουλάχιστον 165 θανάτους**

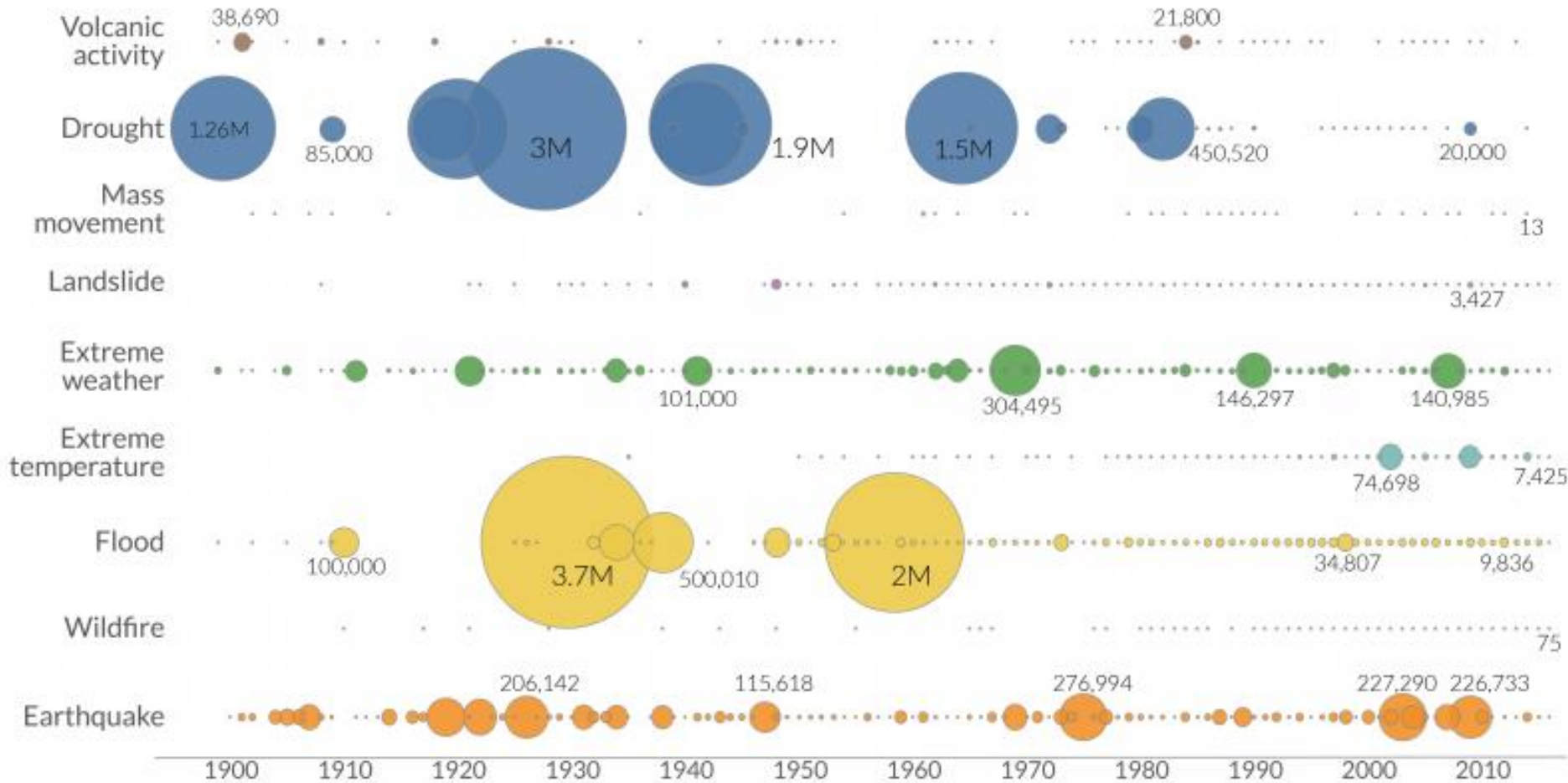


Απώλειες ανθρώπινων ζωών παγκοσμίως από φυσικές καταστροφές 1900-2016

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.

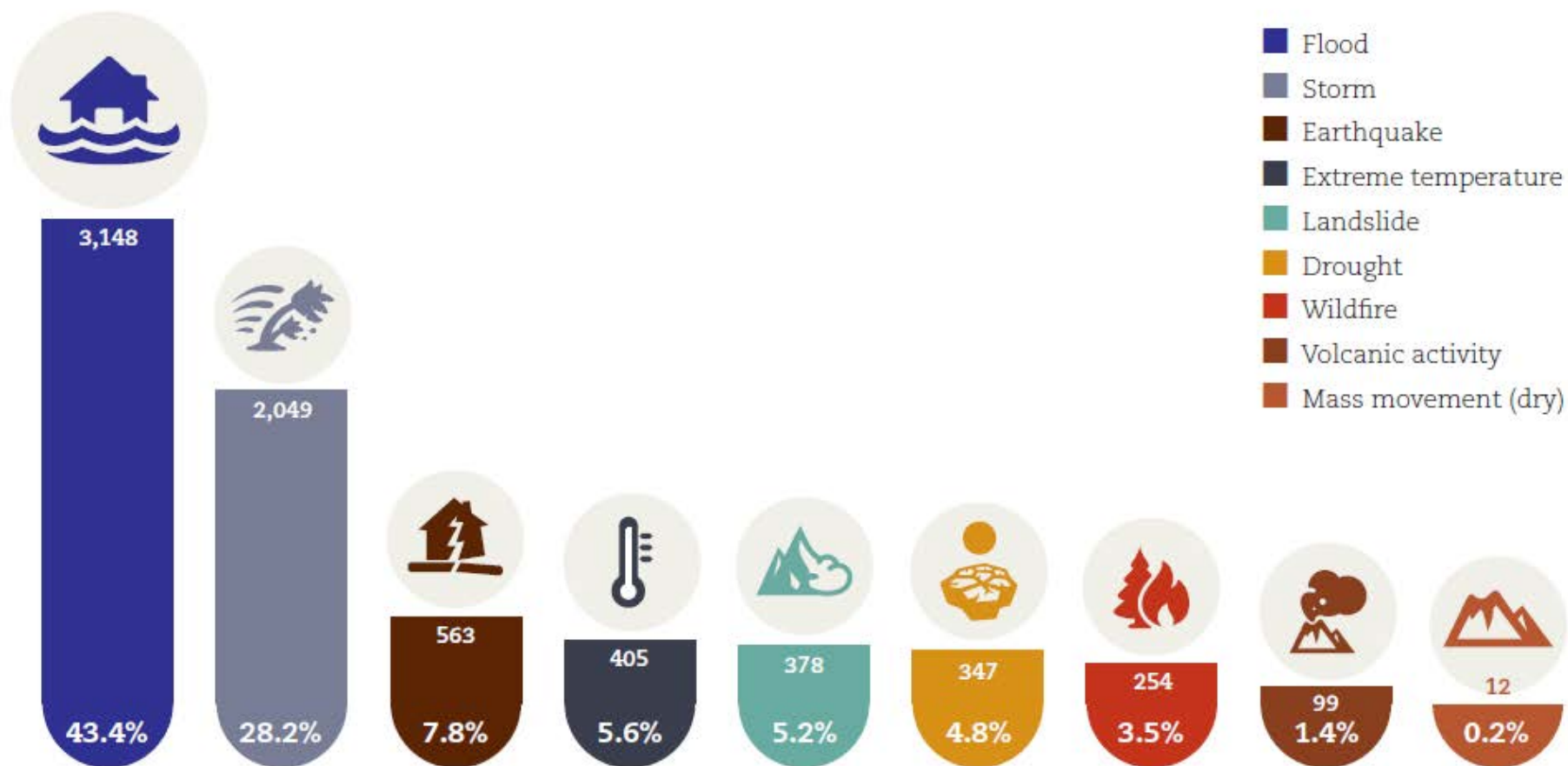


Data source: EMDAT (2017): OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain - Brussels - Belgium.
OurWorldInData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

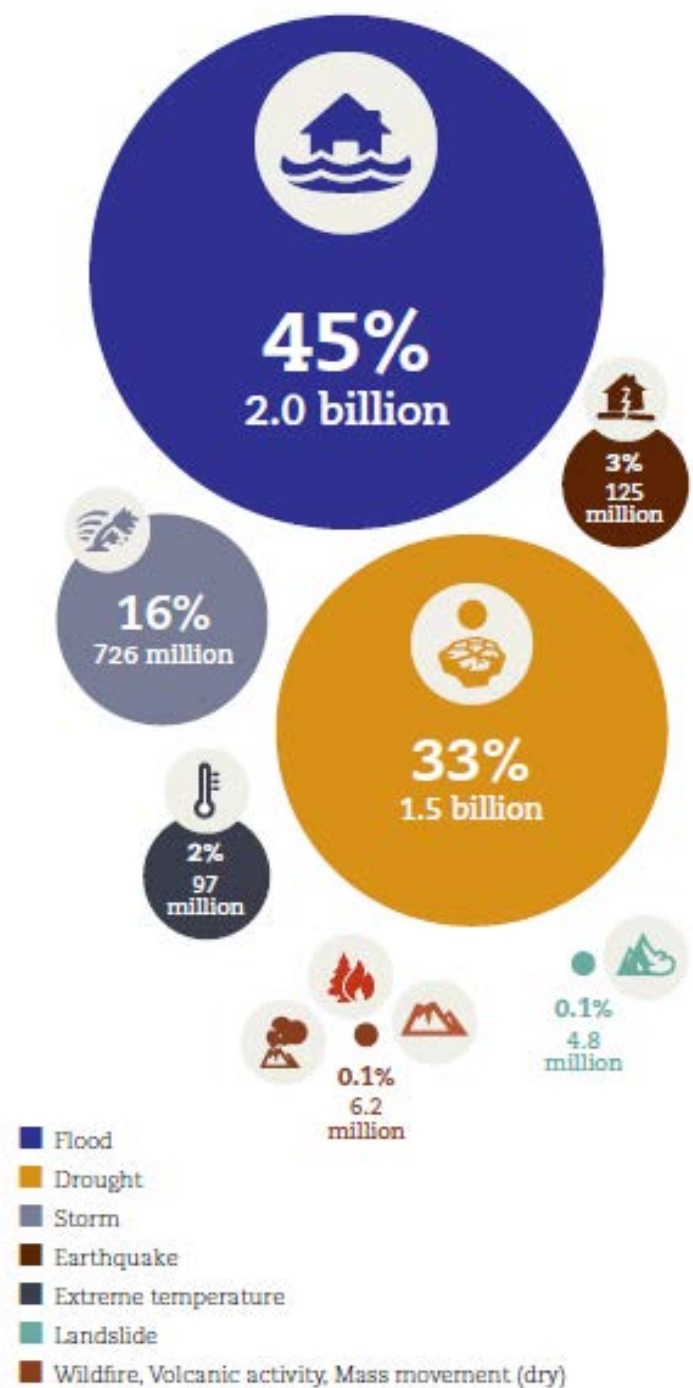
Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

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

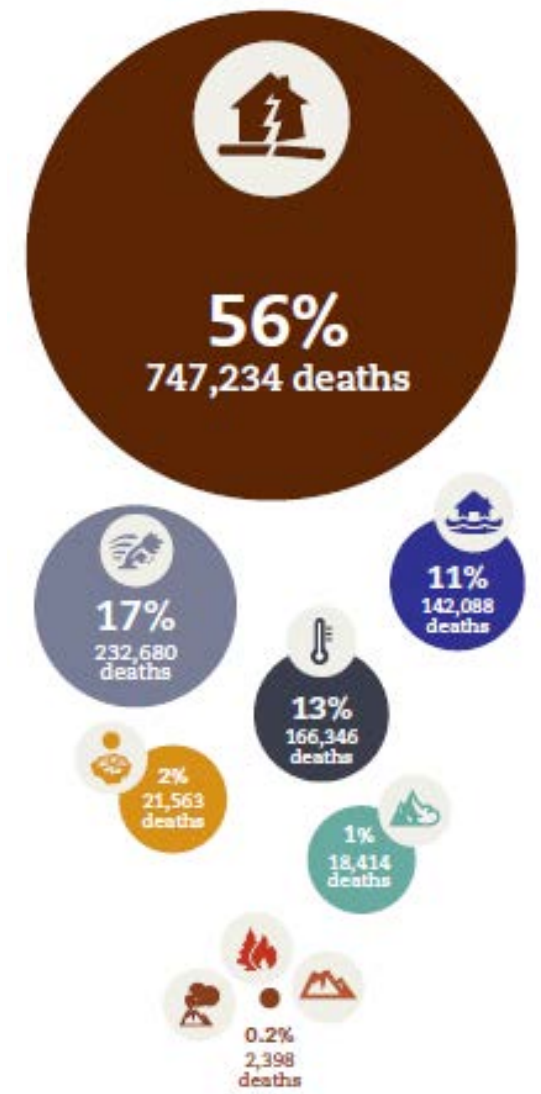
Αριθμός φυσικών καταστροφών κατά τύπο 1998-2017



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

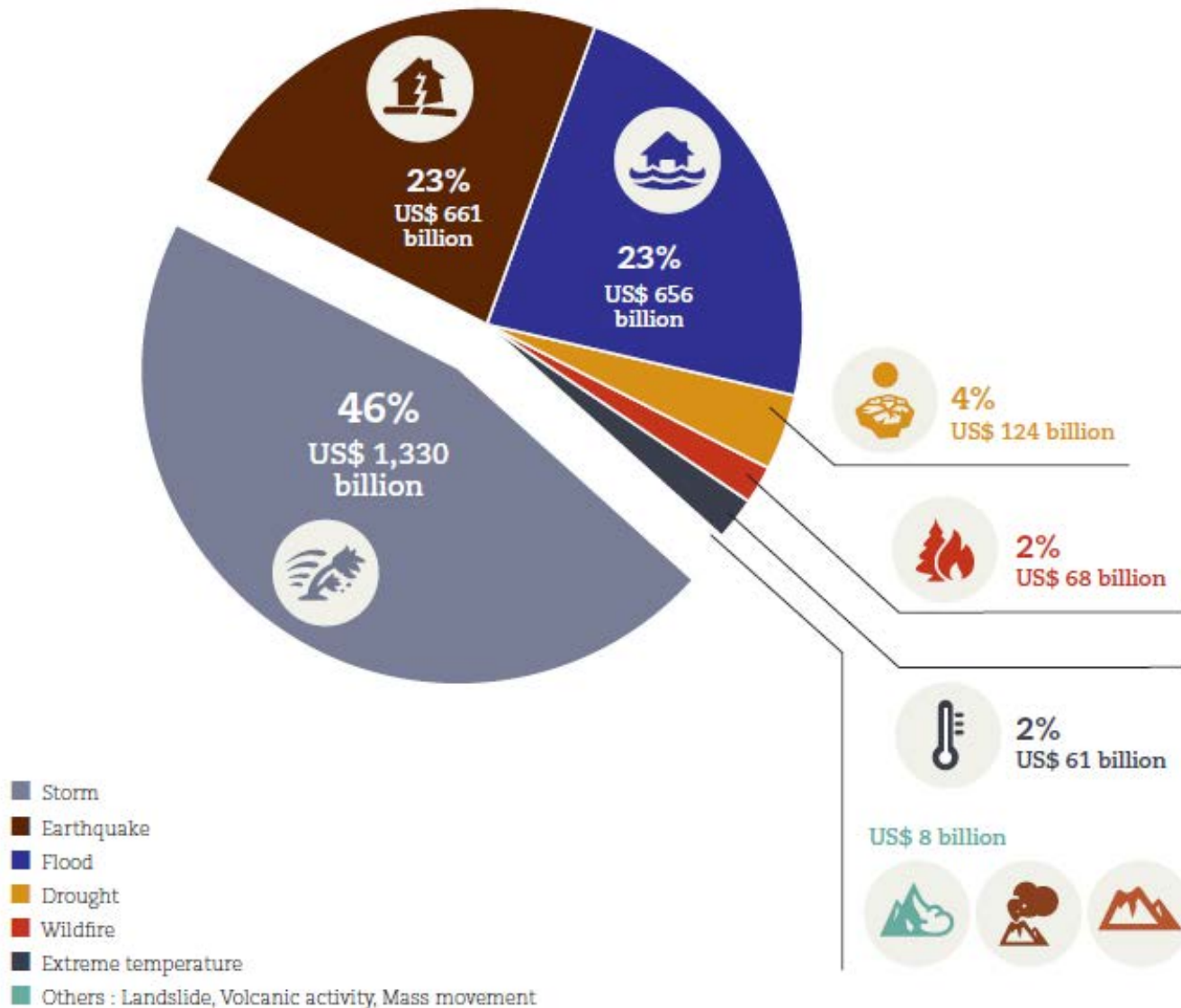


Αριθμός θανάτων ανθρώπων από φυσικές καταστροφές κατά τύπο 1998-2017



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

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



Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

1. Ενέργειες πριν τις πλημμύρες με σκοπό τη μείωση της ευπάθειας έναντι των πλημμυρών

- Σχεδιασμός χρήσεων γης
- Καθορισμός ζωνών όπου συγκεκριμένες χρήσεις γης επιτρέπονται ή απαγορεύονται
- Έλεγχος στην ανάπτυξη περιοχών με υψηλό κίνδυνο πλημμυρών, εγκαταλείποντας κατακλυζόμενες περιοχές
- Αποζημίωση γης και ιδιοκτησιών που βρίσκονται σε περιοχές που πλημμυρίζουν, ενθαρρύνοντας επανεγκατάσταση σε άλλες περιοχές
- Αντιπλημμυρική προστασία (μέσω υψομετρικής διαφοράς, αναχωμάτων, στεγανοποίησης, κ.λπ.)
- Συστήματα πρόγνωσης και έγκαιρης προειδοποίησης
- Αύξηση επαγρύπνησης βελτιώνοντας την πληροφόρηση και την εκπαίδευση στις πλημμύρες και στις ενέργειες, που πρέπει να γίνουν σε περίπτωση ανάγκης, πολιτική προστασία
- Ασφάλιση για τον κίνδυνο πλημμύρας
- Νομοθεσία

2. Αντιπλημμυρικά Έργα

- ❑ Φράγματα και ταμιευτήρες ελέγχου πλημμύρας, αντιπλημμυρικές τάφροι, αναχώματα, έργα εκτροπής
- ❑ Βελτίωση παροχетеυτικότητας ποταμών, ώστε να μπορούν να διοδεύσουν το πλημμυρικό κύμα
- ❑ Έλεγχος στη πηγή μέσω της διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης
- ❑ Αύξηση χώρων προσωρινής αποθήκευσης – κατάκλισης και υγροτόπων
- ❑ Αύξηση διήθησης και διαπερατών επιφανειών
- ❑ Διαχείριση φυτοκάλυψης, δασοκάλυψης και αποφυγή γυμνού εδάφους κατά την περίοδο βροχοπτώσεων
- ❑ Δημιουργία αναβαθμίδων (πεζούλες) και όργωμα παράλληλα με τις ισοϋψείς

3. Ενέργειες μείωσης συνεπειών πλημμυρών (κατά τη διάρκεια και μετά τις πλημμύρες)

□ Εκτίμηση πιθανότητας δημιουργίας πλημμύρας, πρόβλεψη ανώτατης στάθμης νερού στον ποταμό και συνθηκών ροής, γνωστοποίηση στις αρμόδιες αρχές και στο κοινό της έκτασης, της σοβαρότητας και του χρόνου της πλημμύρας, διάχυση της προειδοποίησης, εκκένωση

□ Οικονομική βοήθεια (ασφαλιστικές αποζημιώσεις, δάνεια, έκπτωση φόρων, πάγωμα χρεών), ανακούφιση των πληγέντων.

□ Επανακατασκευή των καταστραφέντων κτιρίων, υποδομών και αντιπλημμυρικών έργων, αποκατάσταση του περιβάλλοντος και των οικονομικών δραστηριοτήτων

□ Επενεξέταση των ενεργειών διαχείρισης πλημμύρας με στόχο τη βελτίωση των διαδικασιών και του σχεδιασμού για μελλοντικά πλημμυρικά γεγονότα (παραπομπή στις 1 & 2)

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

Τα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας διακρίνονται σε:

- **Κατασκευαστικά – structural (“hard”)** ή
- **Μη κατασκευαστικά – ήπιες δράσεις (“soft”)**

Τα κατασκευαστικά μέτρα, όπως φράγματα, αναχώματα κ.λπ. έχουν μακρά παράδοση, καθώς κατασκευάζονται εδώ και 4000 χρόνια. Κατασκευάζοντας ταμιευτήρες, όπου το περίσσειμα του νερού μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά, ρυθμίζεται η κατανομή της πλημμυρικής παροχής, και αποφεύγεται η πλημμύρα με τη μείωση της αιχμής.

Συνεπώς ο όρος «**κατασκευαστικά μέτρα – structural**» αναφέρεται σε μεγάλης κλίμακας αντιπλημμυρικά έργα, όπως: φράγματα και ταμιευτήρες ρύθμισης, αναχώματα, εκτροπές, βελτιώσεις της παροχетеυτικής ικανότητας του ποταμού (εκβάθυνση, αύξηση πλάτους, προστασία της όχθης, ευθυγράμμιση άξονα – αύξηση κλίσης, κ.λπ.)

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

Έτσι τα υπόλοιπα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας, που αφορούν καταναεμημένα μέτρα σε όλη την υδρολογική λεκάνη, που είναι μικρής κλίμακας, θεωρούνται ήπιες (soft) δράσεις.

Ήπιες δράσεις αντιπλημμυρικής προστασίας (non-structural measures) είναι πολύ ενδιαφέρουσες εναλλακτικές δράσεις, που είναι συμπληρωματικές των κατασκευαστικών (υδραυλικά έργα μεγάλης κλίμακας) και που μπορεί να οδηγήσουν στην μείωση των απωλειών ζωής και περιουσιών, που προκαλούνται από τις πλημμύρες.

Στόχος μας είναι να διερευνηθεί ο ρόλος των ήπιων δράσεων, ώστε να αυξηθεί η ικανότητά μας στην πρόγνωση, στον μετριασμό των αρνητικών συνεπειών, στην αντιμετώπιση και στην αποκατάσταση των προβλημάτων που σχετίζονται με τις πλημμύρες.

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

Μέχρι πριν από 50 χρόνια, η επιστήμη του νερού κυριαρχούνταν από το δόγμα της «τιθάσευσης της φύσης» και η αντιμετώπιση των κινδύνων των πλημμυρών γίνονταν με κατασκευές έργων μηχανικού, ολοένα αυξανόμενου μεγέθους, κλίμακας εφαρμογής και σπουδαιότητας: αναχώματα, τάφροι, επεμβάσεις στις κοίτες των ποταμών, φράγματα και ταμιευτήρες, κ.λπ.

Όλες αυτές οι κατασκευές φτιάχνονταν για την μείωση της συχνότητας πλημμύρας των προστατευόμενων περιοχών, και πολύ λιγότερο για τον μετριασμό των προκαλούμενων ζημιών.

Ο άνθρωπος πρέπει να αποδεχτεί, ότι τα τεχνικά έργα, όσο ακριβά και να είναι, πρέπει να συνδυαστούν με άλλες, μη-κατασκευαστικές ήπιες παρεμβάσεις για την καλύτερη αντιμετώπιση και την συνύπαρξη με τους αναπόφευκτους κινδύνους.

Σήμερα αναπτύσσεται ένας προβληματισμός σχετικά με τα υπέρ και τα κατά των μεγάλων κατασκευαστικών παρεμβάσεων.

Υπάρχει μια αυξανόμενη συνειδητοποίηση, ότι οι κατασκευαστικές παρεμβάσεις μπορεί να μην είναι κατάλληλες για μακροπρόθεσμη ανάπτυξη, δεδομένης της περιορισμένης διαθεσιμότητας χρηματοδοτικών πόρων σε συνδυασμό με την ευαισθησία για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Η σύγχρονη τάση είναι η εφαρμογή ενός μικτού σχήματος τόσο από κατασκευαστικές όσο και από ήπιες παρεμβάσεις.

Μερικοί «μύθοι» σχετικά με τις πλημμύρες και την αντιπλημμυρική προστασία

Τα συστήματα αντιπλημμυρικής προστασίας εγγυώνται απόλυτη ασφάλεια:

Επειδή τα φράγματα και τα αναχώματα κοστίζουν τόσα πολλά χρήματα, πρέπει να αντιστέκονται με επιτυχία σε μεγάλες πλημμύρες

Οι πλημμύρες συμβαίνουν σε σχεδόν κανονικά (περιοδικά) χρονικά διαστήματα:

Πολλοί πιστεύουν, ότι αφού μια πλημμύρα με περίοδο επαναφοράς 100 ετών συνέβη πρόσφατα, η επόμενη ίδια πλημμύρα δεν θα συμβεί κατά τη διάρκεια ζωής αυτής της γενιάς

Μερικοί «μύθοι» σχετικά με τις πλημμύρες και την αντιπλημμυρική προστασία

Αμετάβλητος κόσμος: οι γεωφυσικές διαδικασίες στο μέλλον θα είναι όμοιες με αυτές στο παρελθόν:

Έχοντας ζήσει σε ένα μέρος για κάποιο διάστημα, κάποιος έχει την αίσθηση του τι αναμένεται. Κάποιοι δύσκολα μπορούν να αντιληφθούν, ότι ένα επόμενο πλημμυρικό κύμα μπορεί να έχει διάσταση, που θα ξεπερνάει σημαντικά όλα τα προηγούμενα καταγραφέντα

Πλημμύρες δεν συμβαίνουν σε όλους τους ποταμούς:

Πολλοί πιστεύουν, ότι πλημμύρες συμβαίνουν συχνά σε «υγρές» περιοχές, όπως π.χ. στο Bangladesh. Δεν είναι αντιληπτό, ότι καταστροφικές πλημμύρες συμβαίνουν επίσης και σε περιοχές με ξηρασία, όπου ο πληθυσμός είναι απροετοίμαστος

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Πρόγνωση πλημμύρας και έγκαιρη προειδοποίηση

- Είναι πολύ σημαντική και είναι πιθανόν να σώσει ζωές
- Βασίζεται σε μαθηματική προσομοίωση και επιτρέπει στους ειδικούς επιστήμονες να συνδυάσουν δεδομένα από το παρελθόν, με την σημερινή κατάσταση εδαφικής υγρασίας και την πρόγνωση της επερχόμενης βροχής και να προβλέψουν παροχές, στάθμες νερού, κ.λπ. στο χώρο και το χρόνο
- Γίνονται πολλές προσπάθειες για τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων και για την επιμήκυνση του χρονικού ορίζοντα
- Μια σημερινή πρόκληση αποτελεί η διασύνδεση των μοντέλων με ατμοσφαιρικά και υδρολογικά δεδομένα

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Διαχείριση υδρολογικής λεκάνης

- Πρόκειται για σημαντικά μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας, καθώς τροποποιείται ο σχηματισμός πλημμύρας με έλεγχο στην πηγή
- Αφορά τις χρήσεις γης και τη συγκράτηση του εδαφικού υλικού με στόχο τη μείωση της επιφανειακής απορροής, της διάβρωσης και της μεταφοράς φερτών, μέσω δημιουργίας αναβαθμίδων (πεζούλες) και οργώματος παράλληλα με τις ισοϋψείς, και μέσω της διαχείρισης της φυτοκάλυψης και της δασοκάλυψης
- Η ιδέα της «συγκράτησης του νερού στη θέση που πέφτει» υλοποιείται με μέτρα όπως η αύξηση της διήθησης, η μείωση των αδιαπέρατων επιφανειών, η αύξηση της αποθήκευσης σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Διαχείριση υδρολογικής λεκάνης

- Αυξάνοντας τη συγκράτηση, εξουδετερώνονται οι αντίθετες επιδράσεις της αστικοποίησης, καθώς η συγκρατούμενη ποσότητα νερού θα αύξανε την αιχμή του υδρογραφήματος
- Η διαχείριση της υδρολογικής λεκάνης περιλαμβάνει επίσης την αύξηση των χώρων αποθήκευσης μέσα στο υδρογραφικό δίκτυο (χώροι κατάκλισης δίπλα στο ποτάμι, αποξηραμένες εκτάσεις προστατευόμενες με αναχώματα, κ.λπ.)

❖ Ασφάλιση, αρωγή του δημοσίου και αποκατάσταση μετά την πλημμύρα

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Επανεγκατάσταση σε ασφαλείς περιοχές

➤ Εάν οι άνθρωποι έχουν οικοδομήσει μέσα στην ευρύτερη πλημμυρική κοίτη του ποταμού, τότε δεν υπάρχει λύση. Γι' αυτό προληπτικά μέτρα, όπως καθορισμός ζωνών και οριοθέτηση της πλημμυρικής ζώνης είναι αναγκαία.

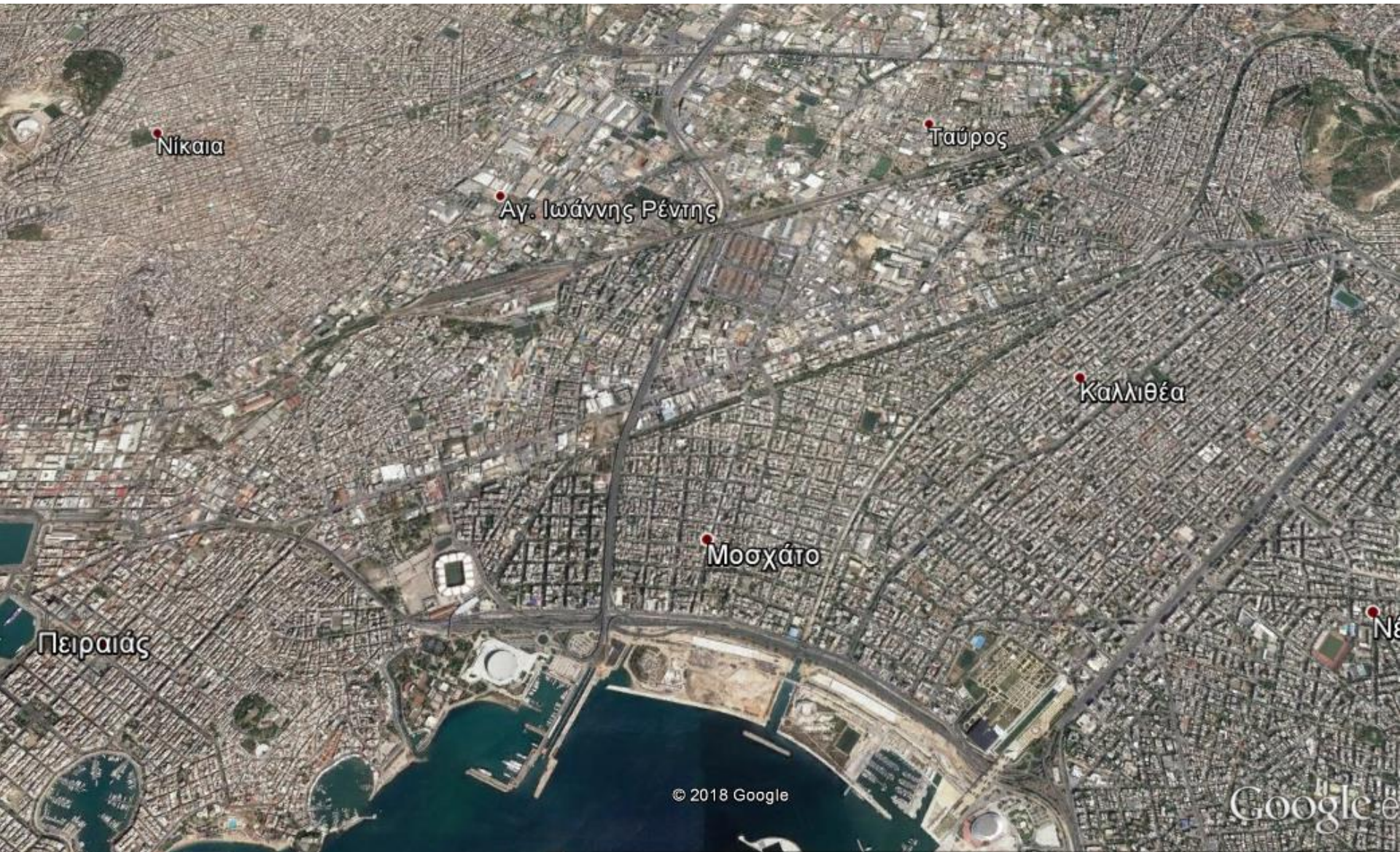
➤ Ωστόσο μερικές φορές, μόνιμη εκκένωση τέτοιων κατακλυζόμενων περιοχών είναι αδιανόητη π.χ. στο Bangladesh – μια πυκνοκατοικημένη περιοχή σε μια υποανάπτυκτη χώρα, ίσως την περισσότερο πληττόμενη από τις πλημμύρες χώρα του κόσμου.

➤ Η χώρα του Bangladesh πρέπει κυριολεκτικά να ζει με τις καταστροφικές πλημμύρες, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργήσιμης γης αποτελείται από κατακλυζόμενες εκτάσεις, η γονιμότητα των οποίων εξαρτάται από την «επίσκεψη» των πλημμυρών.

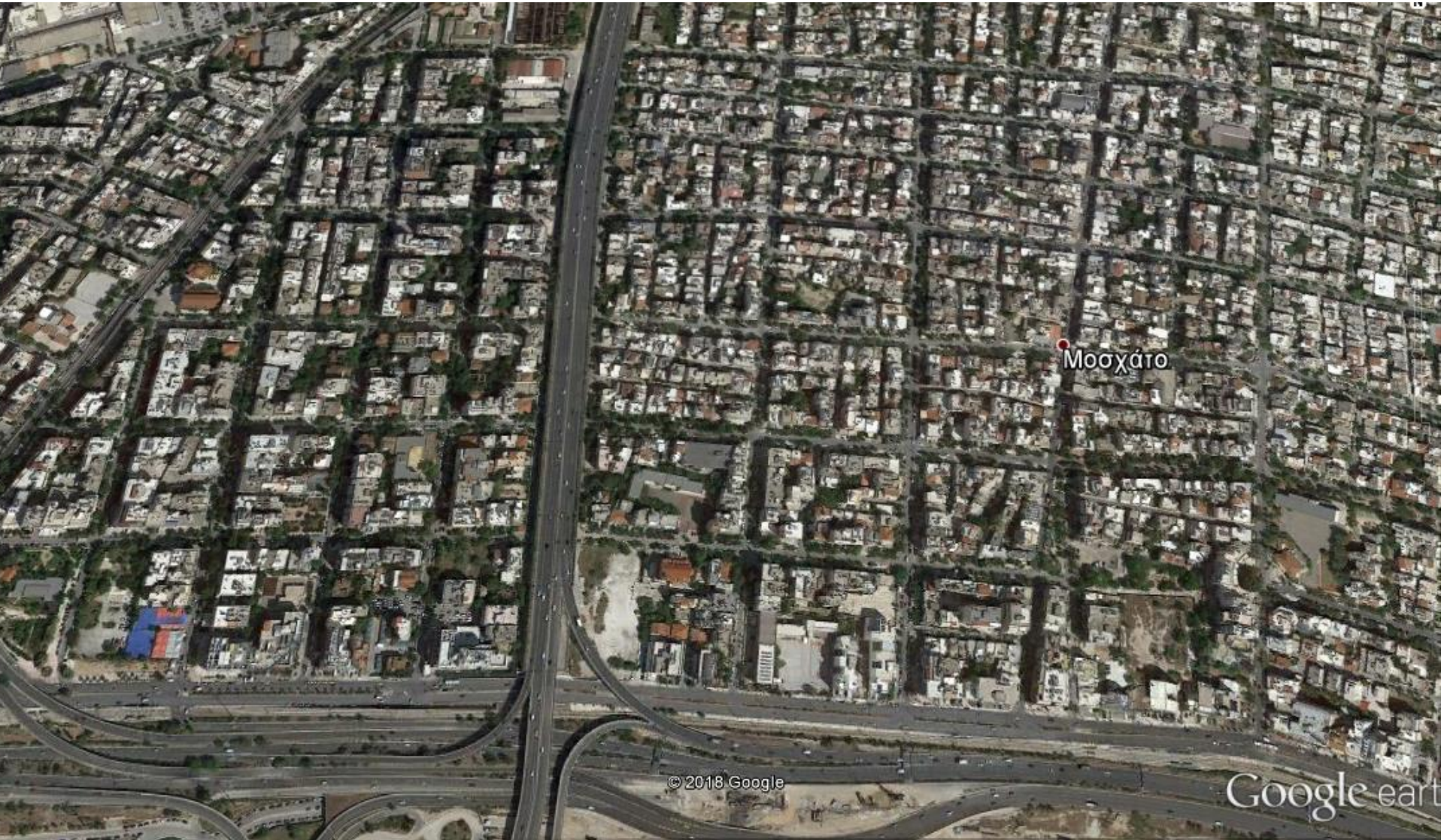
➤ Νέα αναχώματα, ακόμα και αν μπορούσαν οικονομικά να κατασκευαστούν, θα στερούσαν πολύτιμη γη.

Αστικές πλημμύρες – Η περίπτωση του Κηφισού ποταμού

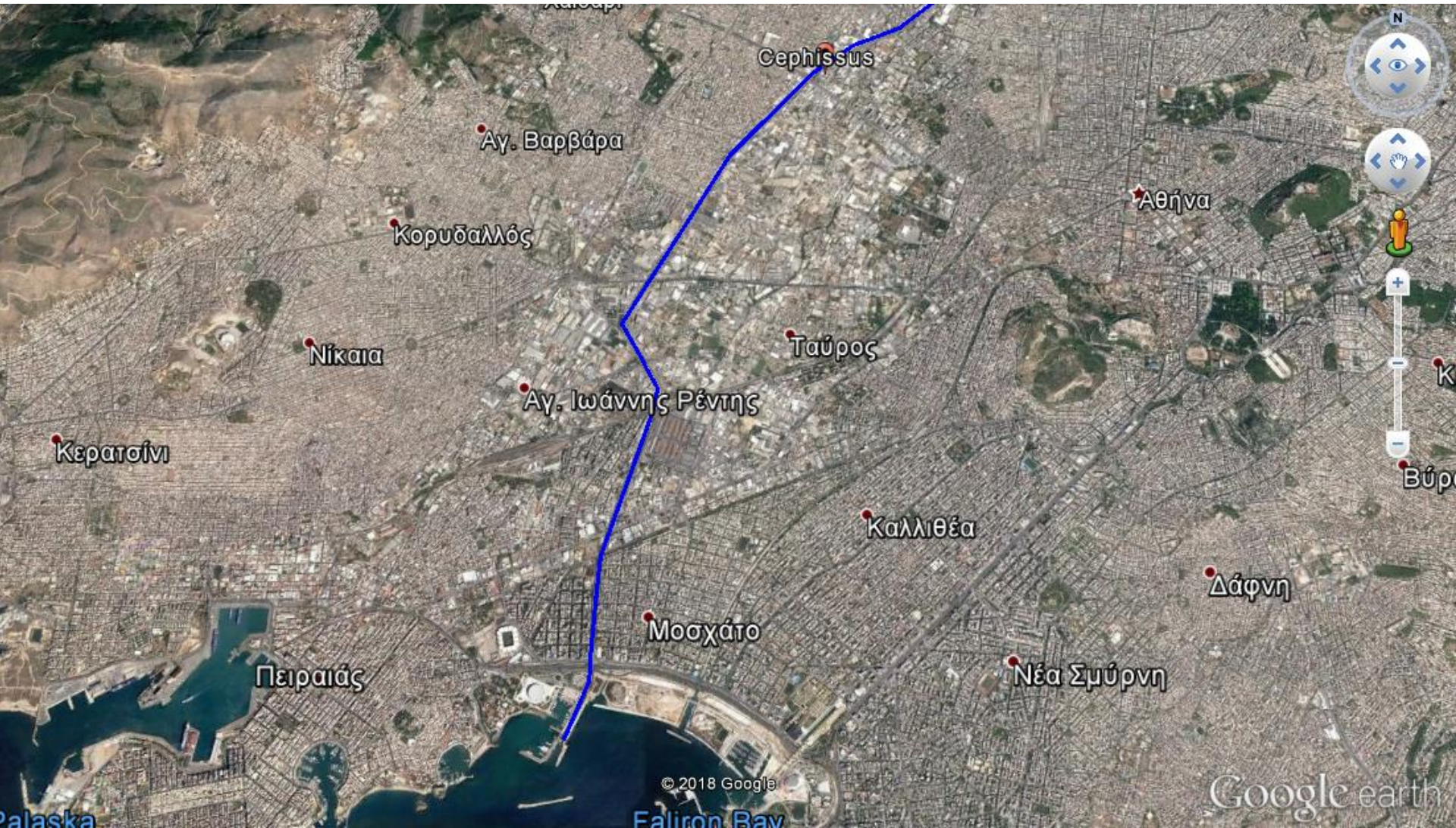
Περιοχή Μοσχάτου – π. Κηφισός



Περιοχή Μοσχάτου – π. Κηφισός

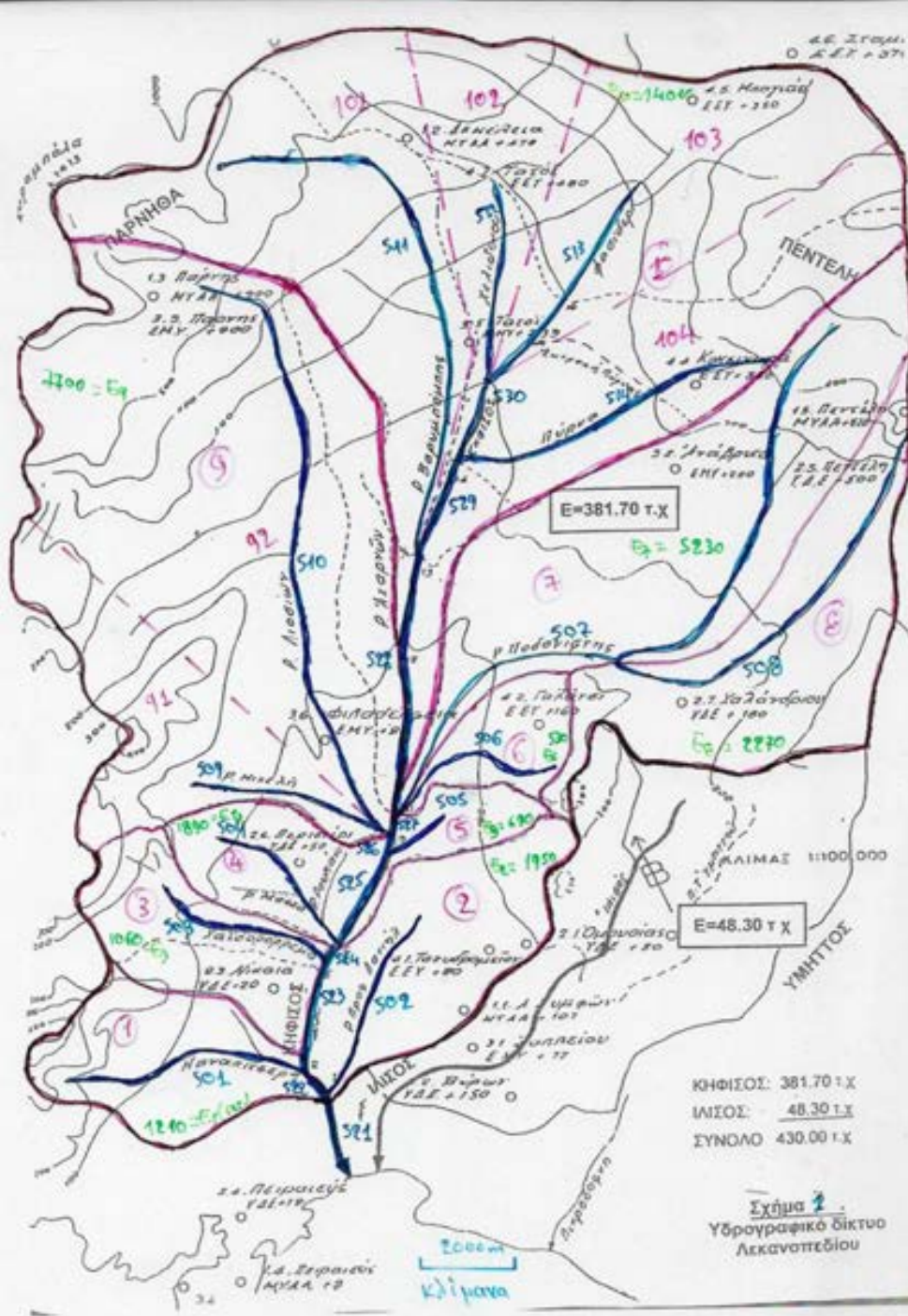


Περιοχή Μοσχάτου – π. Κηφισός



Υδρολογική λεκάνη π. Κηφισού

$E=381 \text{ km}^2$



Μεγάλη πλημμύρα το 1961

Εκείνο το σχετικά κρύο βράδυ της 5ης Νοεμβρίου του 1961, τίποτε δεν προμήνυε τον Αρμαγεδώνα νερού που «χτύπησε» την Αθήνα, λίγο πριν τα μεσάνυχτα.

Κηφισός και Ιλισσός δεν υπερχείλισαν απλά, αλλά έστειλαν τεράστιους υδάτινους όγκους να κατακλύσουν κυριολεκτικά τις Δυτικές και Βορειοδυτικές συνοικίες της Αθήνας.

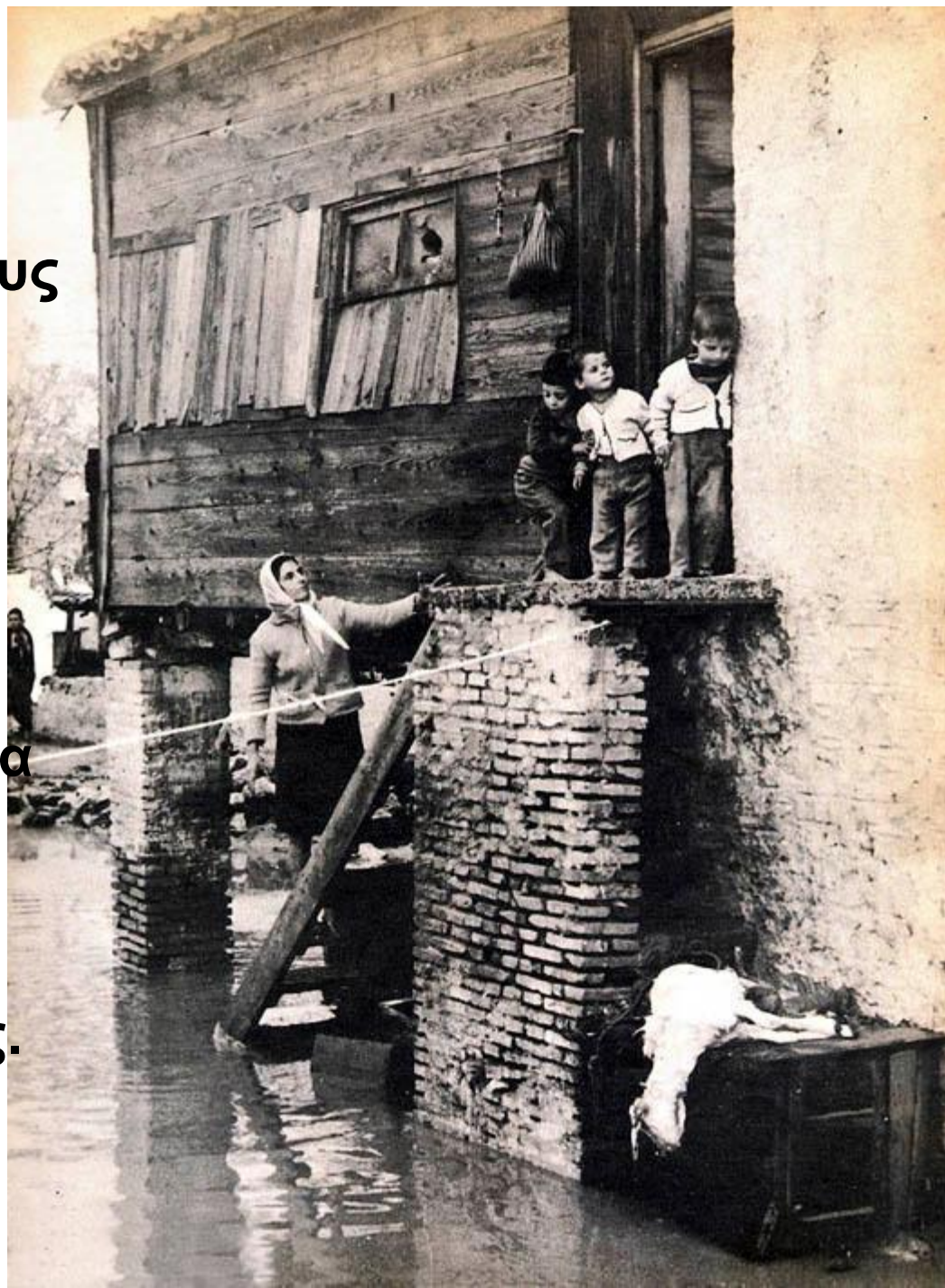
Το Μπουρνάζι, τα Νέα Λιόσια, ο Ταύρος, το Θησείο, το Μοσχάτο, το Φάληρο, η Νίκαια, το Αιγάλεω και ο Ρέντης θύμιζαν ανοχύρωτο πολεμικό μέτωπο μετά από βομβαρδισμό.



Μεγάλη πλημμύρα το 1961

400 σπίτια κατέρρευσαν, 43 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους και πάνω από 400 τραυματίστηκαν, ενώ πλημμύρισαν πάνω από 4000 κατοικίες και οικήματα.

Στο Μπουρνάζι, την Ανθούπολη και τα Νέα Λιόσια καταμετρήθηκαν τα περισσότερα θύματα, ενώ περισσότερες από 500 οικογένειες, έμειναν άστεγες.



Μεγάλη πλημμύρα την 2-11-1977

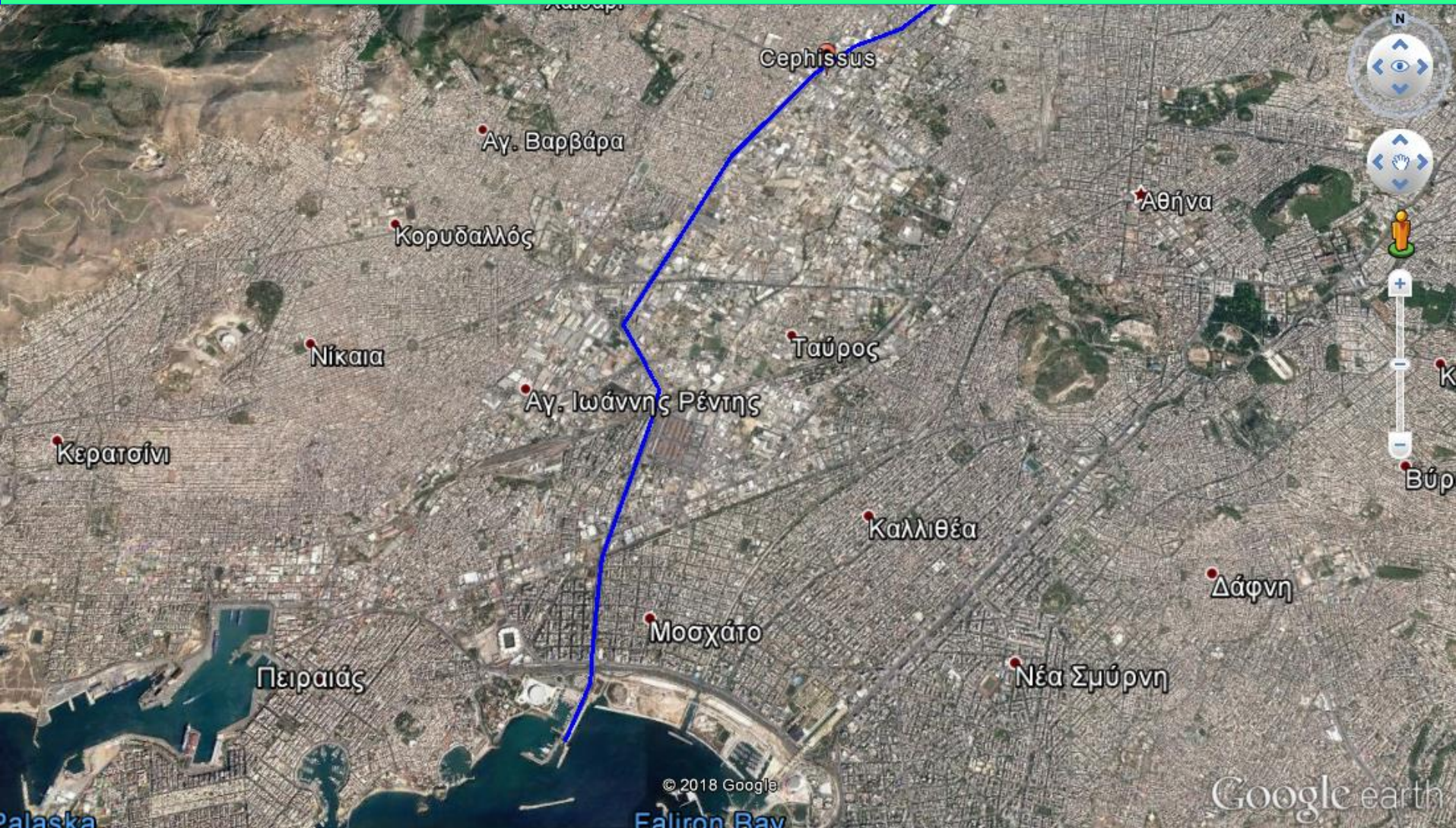
Το ρεύμα κόβεται σταδιακά σε όλη σχεδόν την πόλη, το αεροδρόμιο του Ελληνικού κλείνει, τα δρομολόγια του ηλεκτρικού διακόπτονται, Κηφισός υπερχειλίζει ξανά και χειρουργεία διακόπτονται, ενώ καταρρέει μεγάλο μέρος του δικτύου επικοινωνιών του ΟΤΕ.

Ακολουθούν σκηνές χάους με ανθρώπους να έχουν ανέβει πάνω σε στάσεις λεωφορείων για να σωθούν, άλλους να αγκαλιάζουν κολώνες ενώ στιγμές αλλοφροσύνης εκτυλίσσονται στην Πέτρου Ράλλη, την Πειραιώς, την Χαμοστέρνας, την Ιερά Οδό και την Ποσειδώνος.



Ο θλιβερός τελικός απολογισμός είναι 37 ανθρώπινες ζωές, 1900 υπόγεια, σπίτια και καταστήματα πλημμυρισμένα, τεράστιες καταστροφές στους δρόμους και 170 διαλυμένα οχήματα.

Με το πέρασμα του χρόνου, στην περιοχή του Μοσχάτου, επιτράπηκε η δόμηση, με τον όρο τα σπίτια να έχουν pilotis και με την απαγόρευση των υπογείων.
Υψόμετρο εδάφους στο Μοσχάτο < υψόμετρο θάλασσας



Λόγω της οικιστικής ανάπτυξης των περιοχών, τα τελευταία χιλιόμετρα του π. Κηφισού διευθετήθηκαν



Σταδιακή παραβίαση των όρων δόμησης

- Οι πυλωτές χτίστηκαν και έγιναν κατοικήσιμες
- Υπόγεια άρχισαν να χτίζονται παράνομα

Υψόμετρο εδάφους στο Μοσχάτο < υψόμετρο θάλασσας



Συχνές πλημμύρες τη δεκαετία του 90

- Ο Κηφισός υπερχείλιζε αρκετά συχνά
- Υπόγεια και ισόγεια πλημμύριζαν
- Διαμαρτυρίες κατοίκων και πιέσεις για μόνιμη λύση του προβλήματος



Απόφαση:

- Δημιουργία αυτοκινητόδρομου πάνω από τον ποταμό
- Κατακόρυφη υπερύψωση των οχθών του π. Κηφισού και μεγάλη αύξηση της παροχетеυτικότητάς του

Πλεονέκτημα: Το έργο ως συγκοινωνιακό ήταν επιλέξιμο για χρηματοδότηση από ευρωπαϊκούς πόρους, ενώ ως υδραυλικό δεν ήταν



Καλοκαίρι του 2002

Τρεις μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες (ΒΙΟΤΕΡ, ΑΚΤΩΡ, ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ) ανέλαβαν να κατασκευάσουν από 1 km



Καλοκαίρι του 2002

Εργασίες που έγιναν μέχρι τον Ιούλιο του 2002



Καλοκαίρι του 2002

Εργασίες που έγιναν μέχρι τον Ιούλιο του 2002



Καλοκαίρι του 2002

Εργασίες που έγιναν μέχρι τον Ιούλιο του 2002



Καλοκαίρι του 2002

Εργασίες που έγιναν μέχρι τον Ιούλιο του 2002



Ισχυρές βροχοπτώσεις το καλοκαίρι 2002

Βροχή 8-7-2002 (13:50 – 15:50)

A/A	Βροχομ. Σταθμός	Συν. ύψος (mm)
1	Πειραιά	22.0
2	Γεωπονικής	94.6
3	Αστεροσκοπείου Αθ.	91.0
4	Φιλαδέλφειας	2.0
5	Αιγάλεω	105.0
6	Γαλασίου	130.0
7	Αστερ.Πεντέλης	20.0
8	Τατοΐου	0.4

Βροχή 18-8-2002 (12:00 – 14:00)

A/A	Βροχομ. Σταθμός	Συν. ύψος (mm)
1	Πειραιά	13.3
2	Γεωπονικής	27.6
3	Αστεροσκοπείου Αθ.	52.0
4	Φιλαδέλφειας	28.3
5	Αιγάλεω	43.0
6	Γαλασίου	42.0
7	Αστερ.Πεντέλης	3.2
8	Τατοΐου	20.0

Βροχή 3-9-2002 (18:08 – 21:08)

A/A	Βροχομ. Σταθμός	Συν. ύψος (mm)
1	Πειραιά	3.0
2	Γεωπονικής	37.8
3	Αστεροσκοπείου Αθ	46.9
4	Φιλαδέλφειας	60.2
5	Πανόρμου	30.0
6	Γαλασίου	50.0
7	Αστερ.Πεντέλης	4.0
8	Τατοΐου	56.0 / 42.9 (*)

Βροχή 7-11-2002 (14:20 – 17:20)

A/A	Βροχομ. Σταθμός	Συν. ύψος (mm)
1	ΕΜΠ	44.2
2	Γεωπονικής	38.8
3	Αστεροσκοπείου Αθ.	60.0
4	Φιλαδέλφειας	33.3
5	Αιγάλεω	62.2
6	Περιστερίου	53.6
7	Τατοΐου	16.6

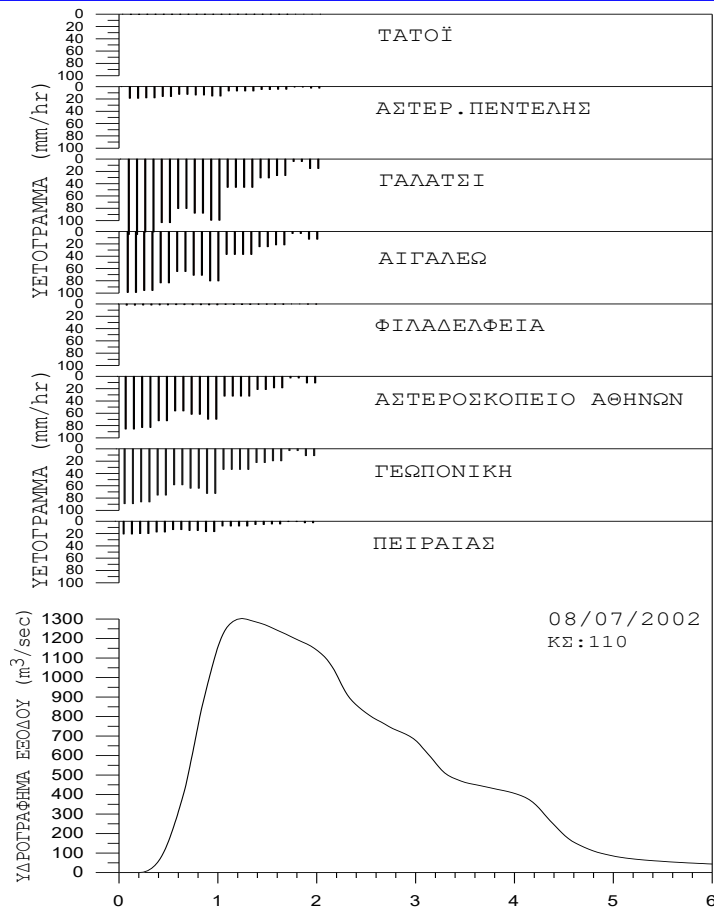
Μεγάλες πλημμύρες στο Μοσχάτο

Το Εργαστήριο Υδραυλικής του ΔΠΘ ανέλαβε να διερευνήσει αν τα τεχνικά έργα, που είχαν γίνει μέχρι τότε, ήταν η αιτία για τις πλημμύρες αυτές



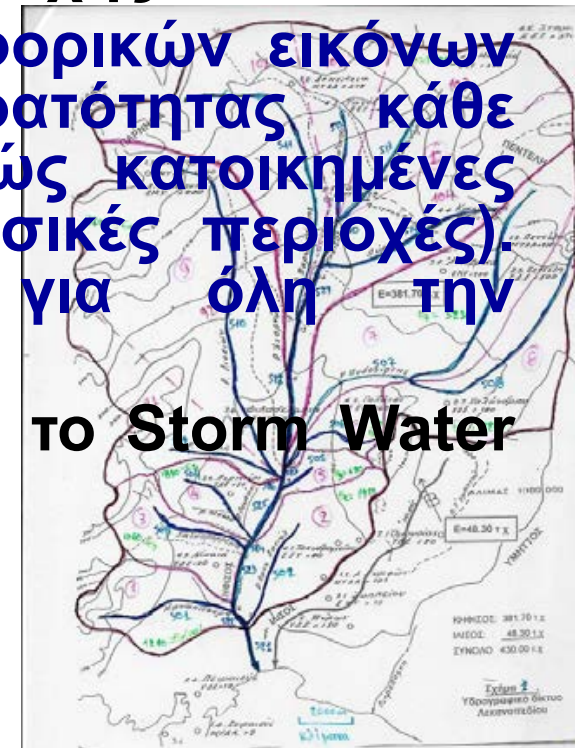
Η διερεύνηση είχε 2 σκέλη:

1. Να προσδιοριστεί για την κάθε βροχή, ποιο ήταν το υδρογράφημα που έφτασε στο τελευταίο τμήμα του. Π. Κηφισού
2. Να γίνει το φυσικό ομοίωμα του ποταμού στο εργαστήριο και να γίνει εργαστηριακή προσομοίωση



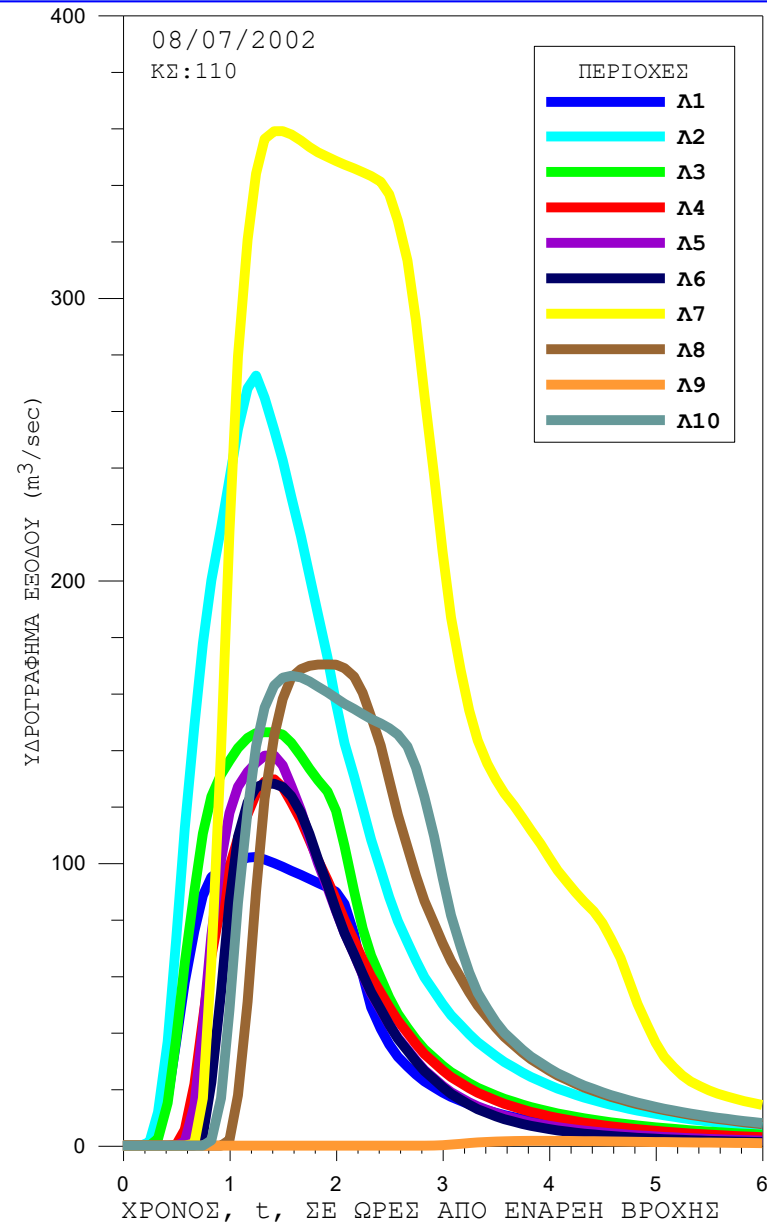
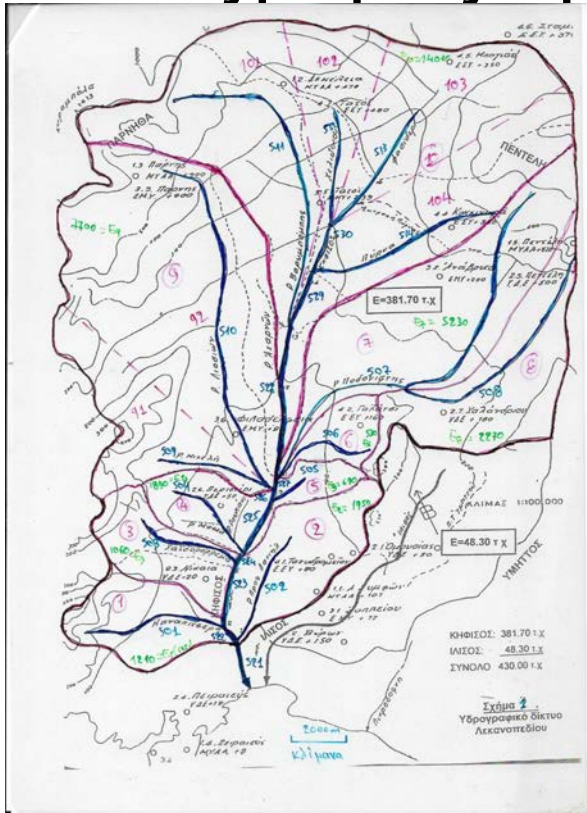
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΚΗΦΙΣΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

- Με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.) διαιρέθηκε σε 73 ομογενείς υποπεριοχές
- Η κάθε υποπεριοχή κωδικοποιήθηκε και αντιστοιχήθηκε με έναν ανοιχτό αγωγό, που συλλέγει την επιφανειακή απορροή της
- Με τη βοήθεια G.I.S. υπολογίσθηκε το εμβαδόν, η μέση κλίση, το μέσο πλάτος της κάθε υποπεριοχής
- Με τη βοήθεια των χαρτών και δορυφορικών εικόνων εκτιμήθηκαν τα ποσοστά αδιαπερατότητας κάθε υποπεριοχής (από 95% για τις αμιγώς κατοικημένες περιοχές έως 15% για τις κυρίως δασικές περιοχές). Μέσο ποσοστό αδιαπερατότητας για όλη την υδρολογική λεκάνη 62%.
- Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το **Storm Water Management Model (SWMM)**



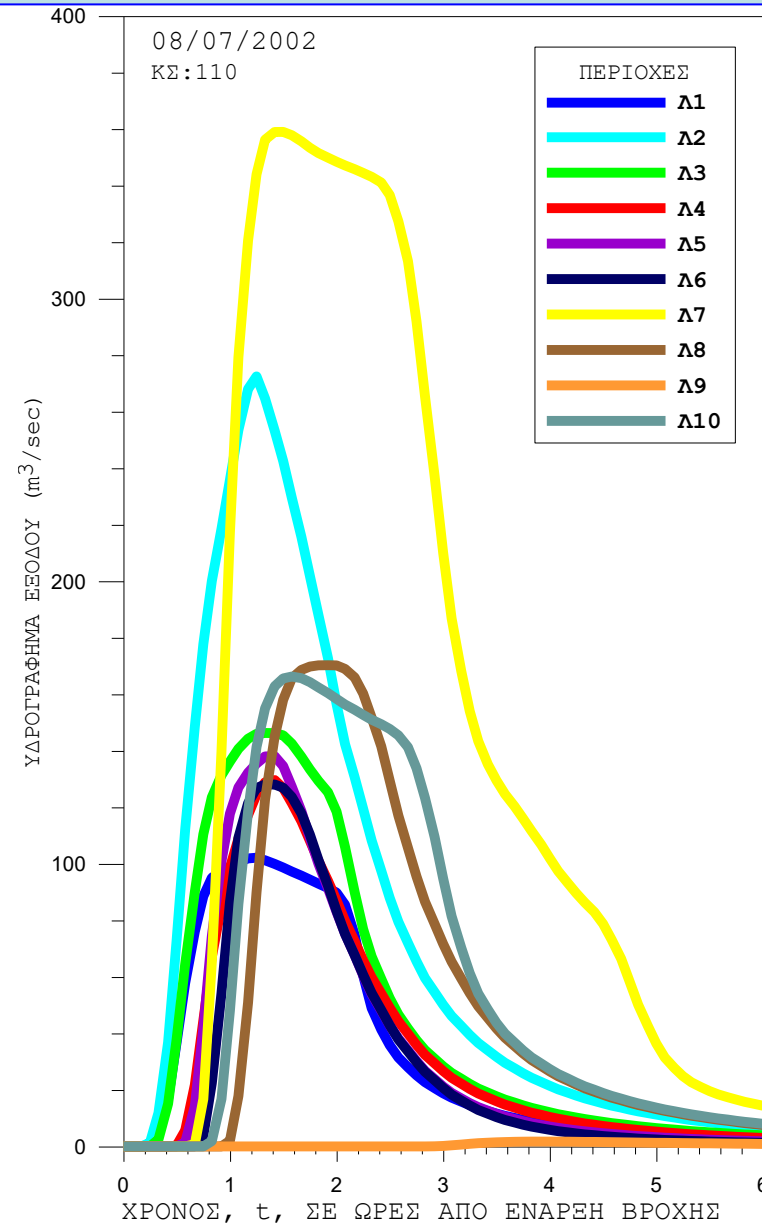
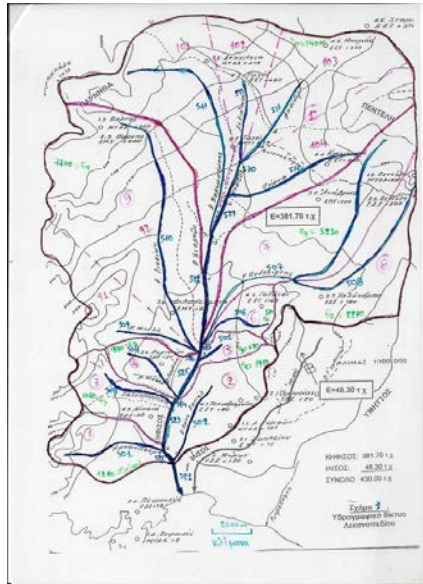
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΚΗΦΙΣΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Η **διευθέτηση** ρεμάτων και η ελάττωση συνεπώς του συντελεστή **τραχύτητας** έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη διόδευση της απορροής και την εμφάνιση μεγάλων παροχών αιχμής λόγω της **ταχύτατης συρροής** των υδάτινων ποσοτήτων ακόμα και από τις μακρινές περιοχές



ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΚΗΦΙΣΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Στη δημιουργία των αιχμών παροχής συμμετέχουν – ανάλογα με τα ύψη βροχής – τόσο οι πλησιέστερες νότιες περιοχές, όσο και οι πιο απομακρυσμένες βόρειες περιοχές. Αυτό βεβαίως δεν σημαίνει ότι συμπίπτουν ταυτόχρονα οι αιχμές παροχής από τις βόρειες και νότιες περιοχές, αλλά στην αιχμή της μιας περιοχής συμβάλει σημαντική παροχή από το ανιόν ή κατιόν σκέλος του υδρογραφήματος της άλλης περιοχής.

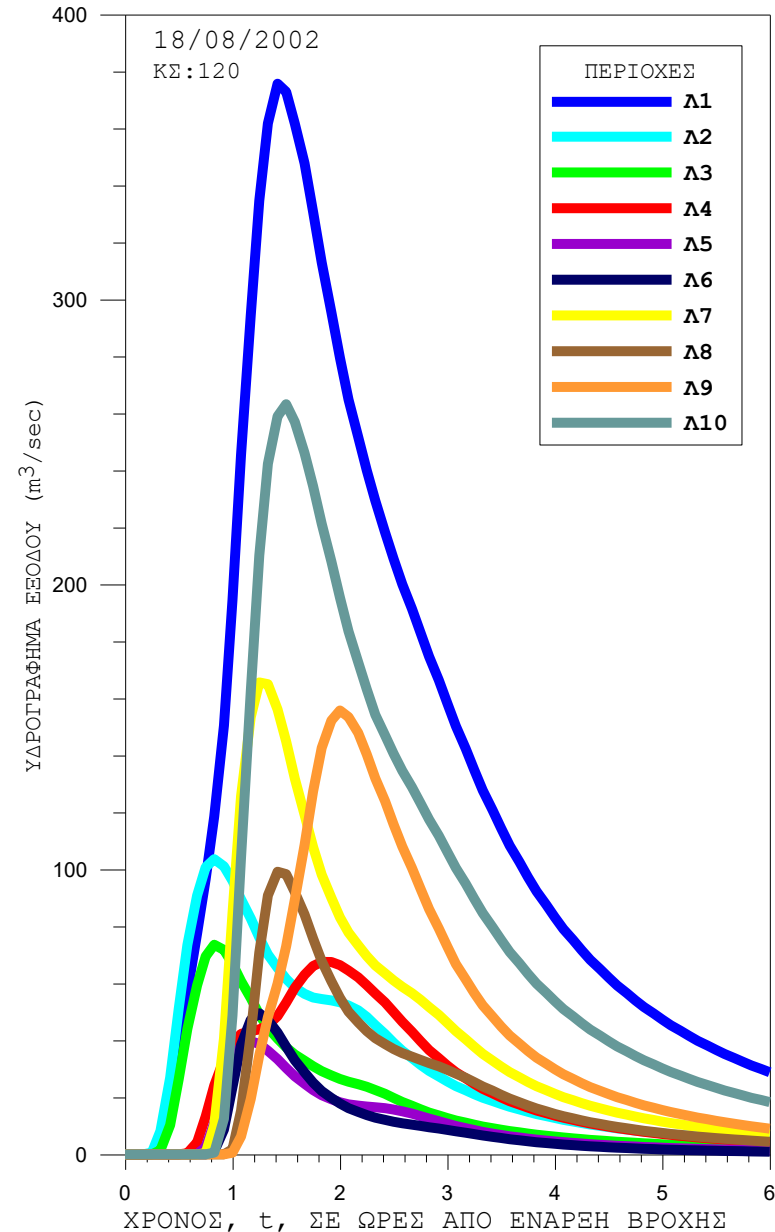


ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΚΗΦΙΣΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

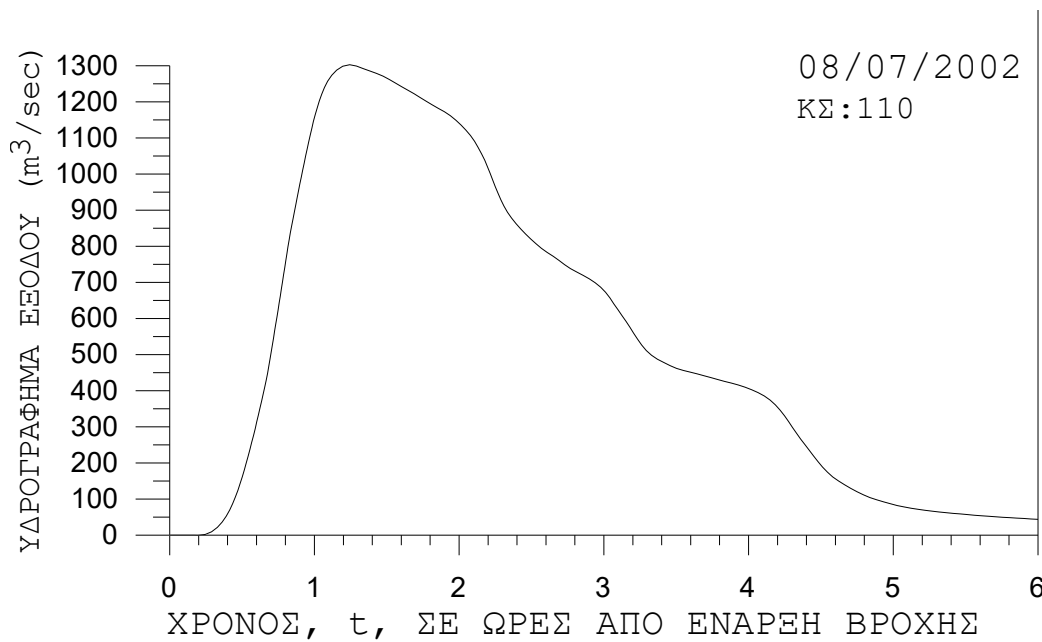
Ο υψηλός βαθμός **αστικοποίησης** της υδρολογικής λεκάνης του Κηφισού, δηλαδή η μετατροπή χρήσης γης από φυσική σε κατοικίσιμη, έχει αυξήσει το ποσοστό **αδιαπερατότητας**, με αποτέλεσμα την αναπόφευκτη αύξηση του όγκου της απορροής.

Το ποσοστό **αδιαπερατότητας** στο σύνολο της εξεταζόμενης υδρολογικής λεκάνης υπολογίσθηκε σε 62%.

Έτσι **φυσικές επιφάνειες εδάφους** μετατράπηκαν με την αστικοποίηση σε **στέγες, δρόμους, πεζοδρόμια, κ.λπ.** εκμηδενίζοντας τη δυνατότητα διήθησης και επιφανειακής αποθήκευσης μέρους της απορροής



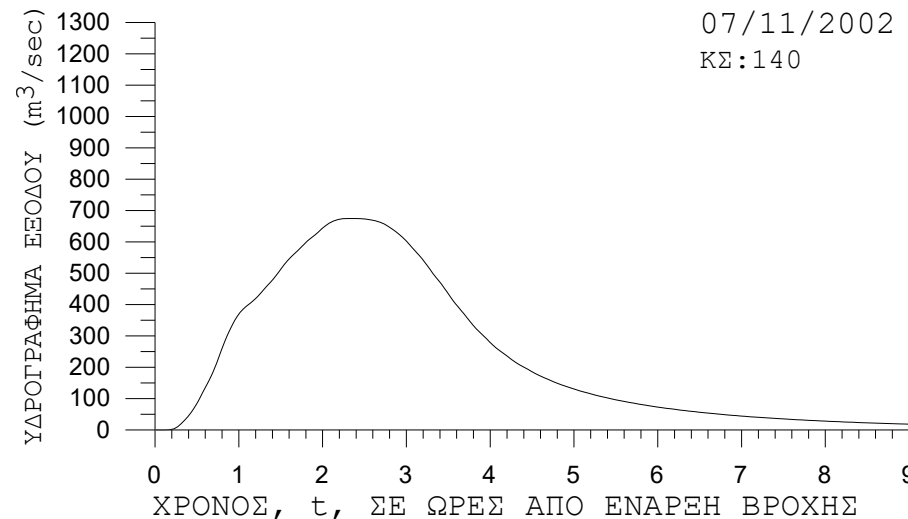
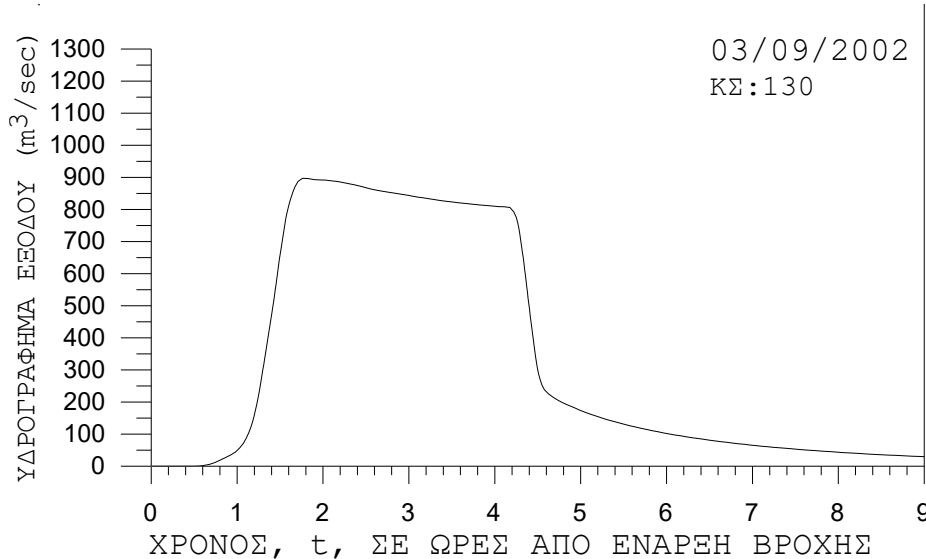
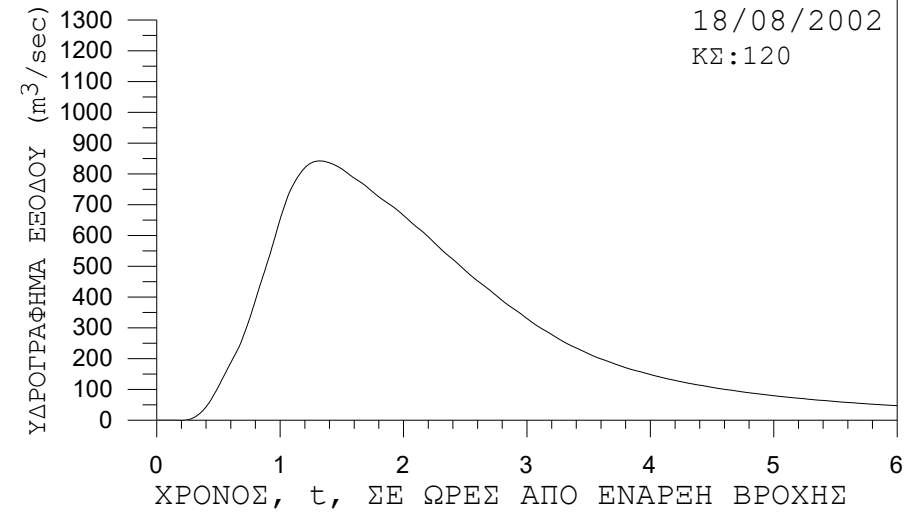
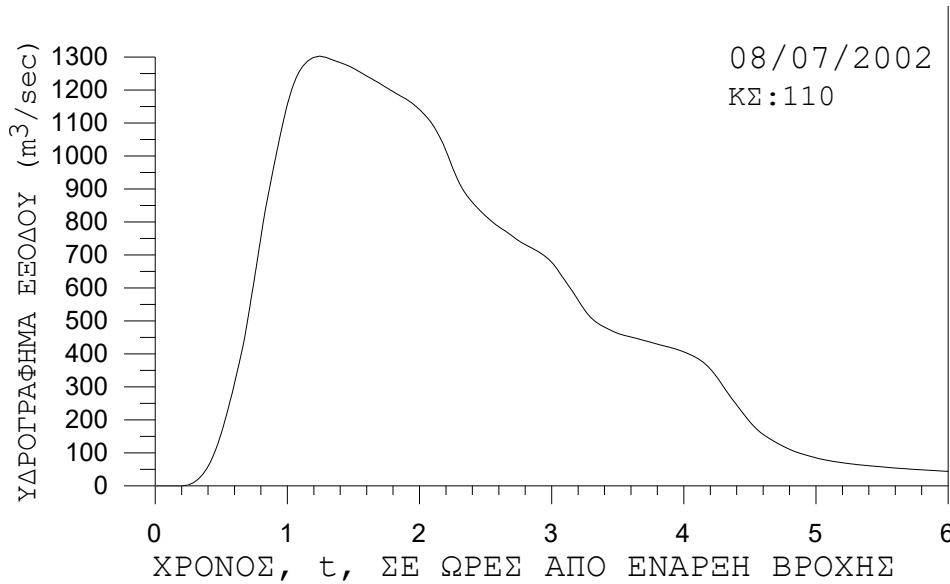
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΚΗΦΙΣΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



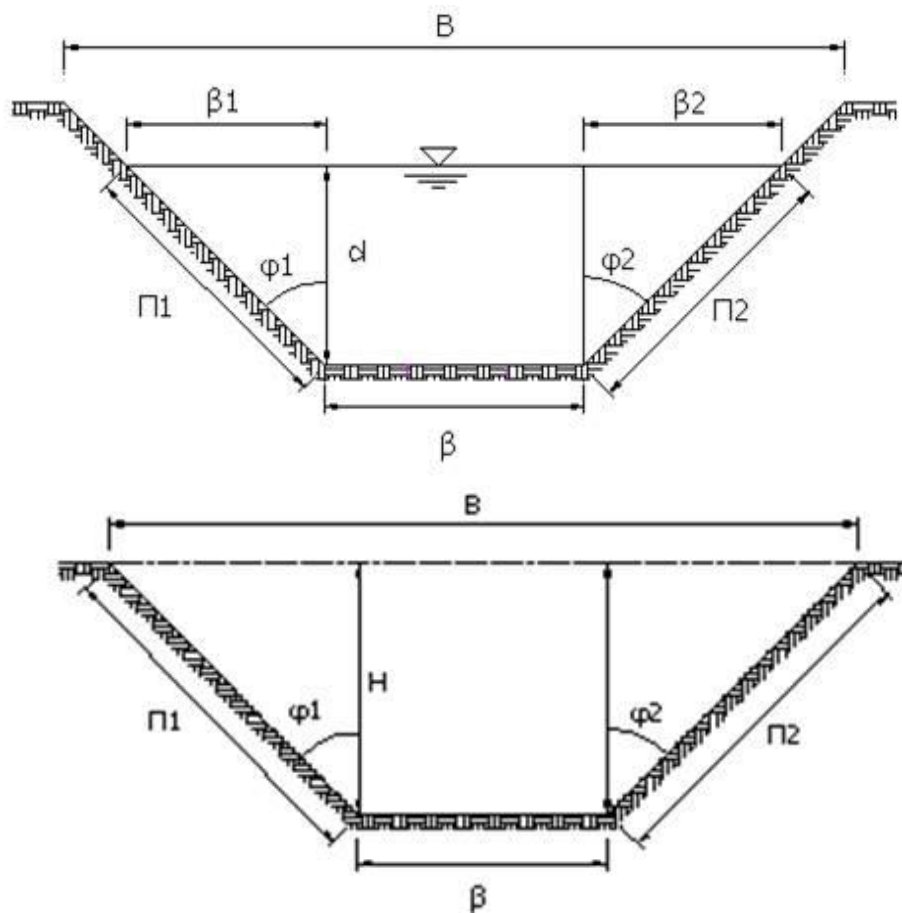
- Η παροχή στη γέφυρα της Αγίας Άννης υπολογίσθηκε σε 1032 m³/sec
- Η παροχή αυτή αν και φαίνεται μεγάλη στην πραγματικότητα είναι η παροχή η οποία απαιτείται για την υπερχείλιση της γέφυρας της Αγίας Άννης, όπου λόγω της σχετικά μεγάλης κλίσης (1%) η ταχύτητα φτάνει τα 11 m/sec.

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΚΗΦΙΣΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Επιβεβαίωση αποτελεσμάτων από τα ίχνη διαβροχής και φωτό



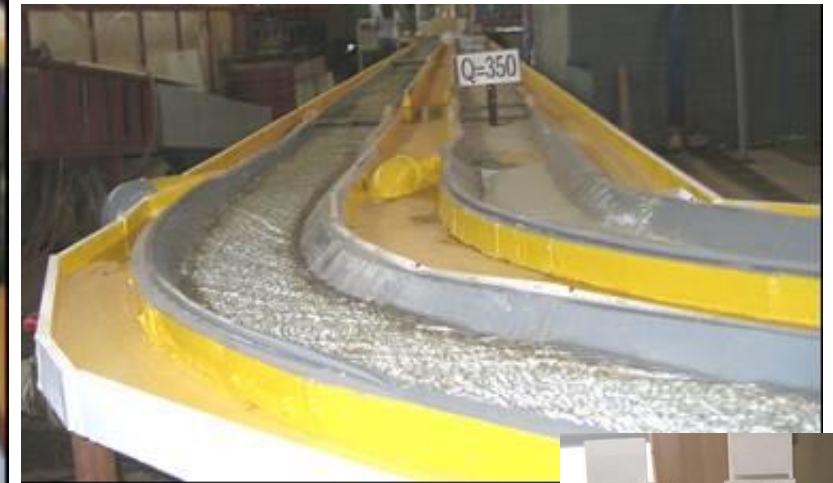
Πειραματική προσομοίωση



Έγιναν 2 ομοιώματα:

- Χωρίς καμία παρέμβαση
- Με τις παρεμβάσεις που έγιναν μέχρι την ημέρα που έβρεξε

Πειραματική προσομοίωση



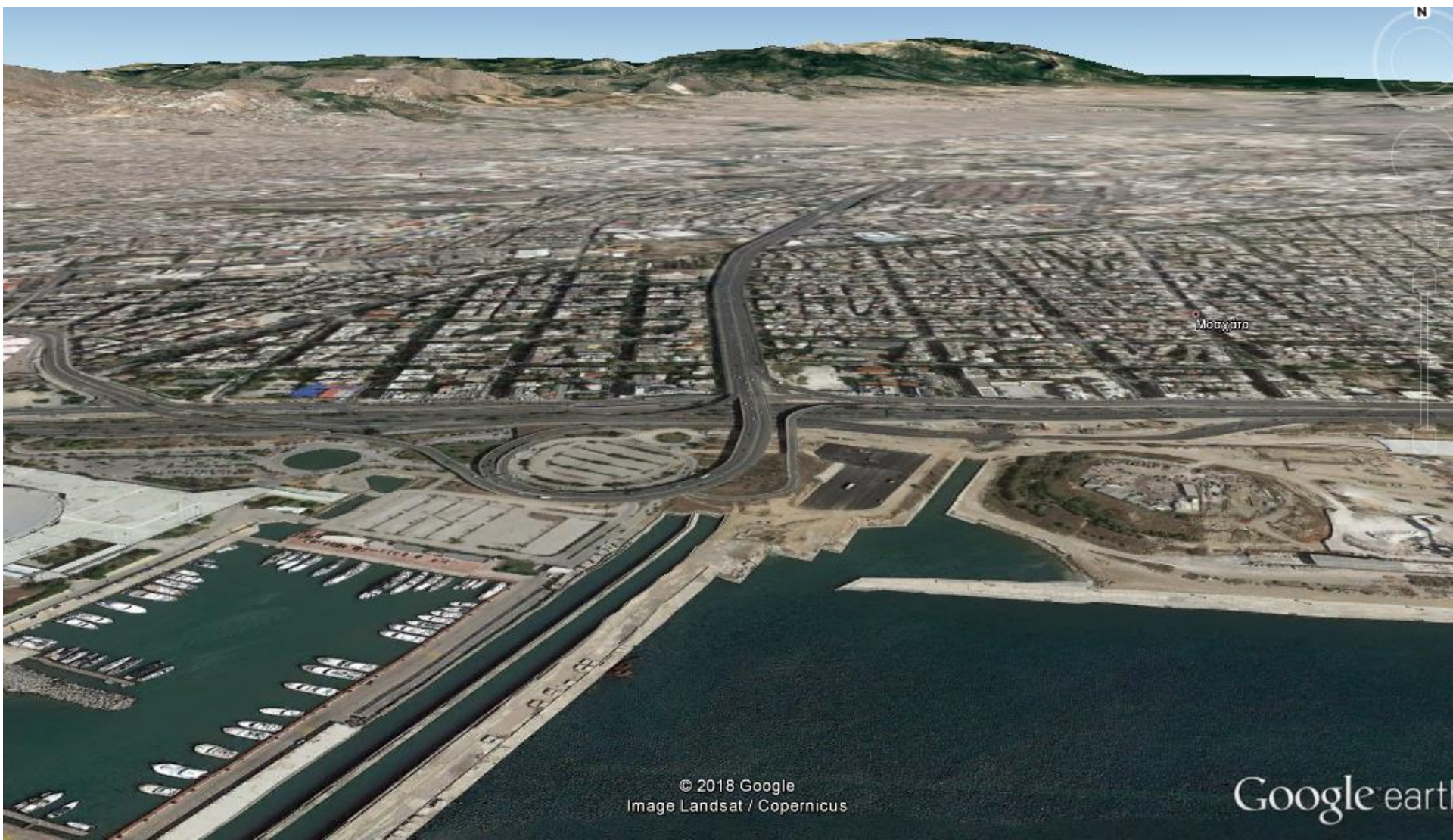
Πειραματική προσομοίωση

- Διαπιστώθηκε, ότι χωρίς καμία παρέμβαση, η παροχетеυτικότητα του π. Κηφισού ήταν $300 \text{ m}^3/\text{s}$
- Οι πλημμυρικές παροχές που εισήλθαν ήταν:
 - $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ την 08-07-2002
 - $900 \text{ m}^3/\text{s}$ την 18-08-2002
 - $850 \text{ m}^3/\text{s}$ την 03-09-2002
 - $650 \text{ m}^3/\text{s}$ την 07-11-2002
- Οι παρεμβάσεις που έγιναν μέχρι πριν από κάθε βροχή, δεν επηρέασαν τις πλημμύρες, καθώς ήταν μικρές, και όπου ήταν σοβαρότερες, είχε διευρυνθεί η διατομή



Σημερινή κατάσταση

- Ωραίος αυτοκινητόδρομος, πολύ σημαντικός
- Δυνατότητα παροχέτευσης πλημμύρας $>1000 \text{ m}^3/\text{s}$



Σημερινή κατάσταση

- Ωραίος αυτοκινητόδρομος, πολύ σημαντικός
- Δυνατότητα παροχέτευσης πλημμύρας $>1000 \text{ m}^3/\text{s}$



Σημερινή κατάσταση

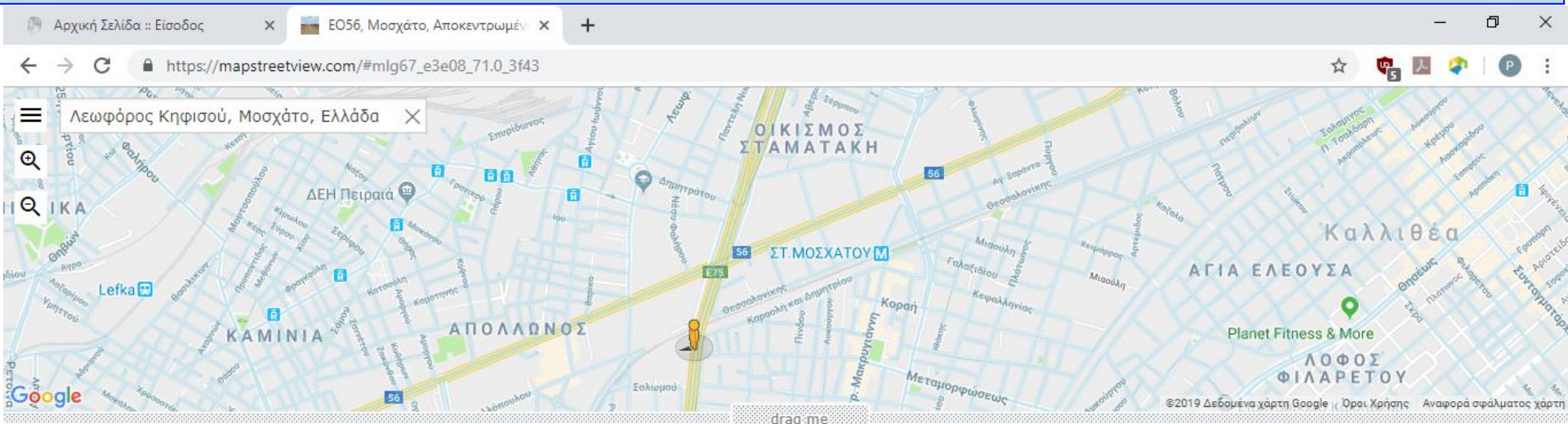
- Ωραίος αυτοκινητόδρομος, πολύ σημαντικός
- Δυνατότητα παροχέτευσης πλημμύρας $>1000 \text{ m}^3/\text{s}$

Ποσειδών 103 47, Ελλάδα



Σημερινή κατάσταση

- Ωραίος αυτοκινητόδρομος, πολύ σημαντικός
- Δυνατότητα παροχέτευσης πλημμύρας $>1000 \text{ m}^3/\text{s}$



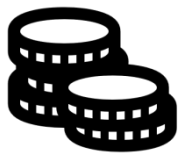
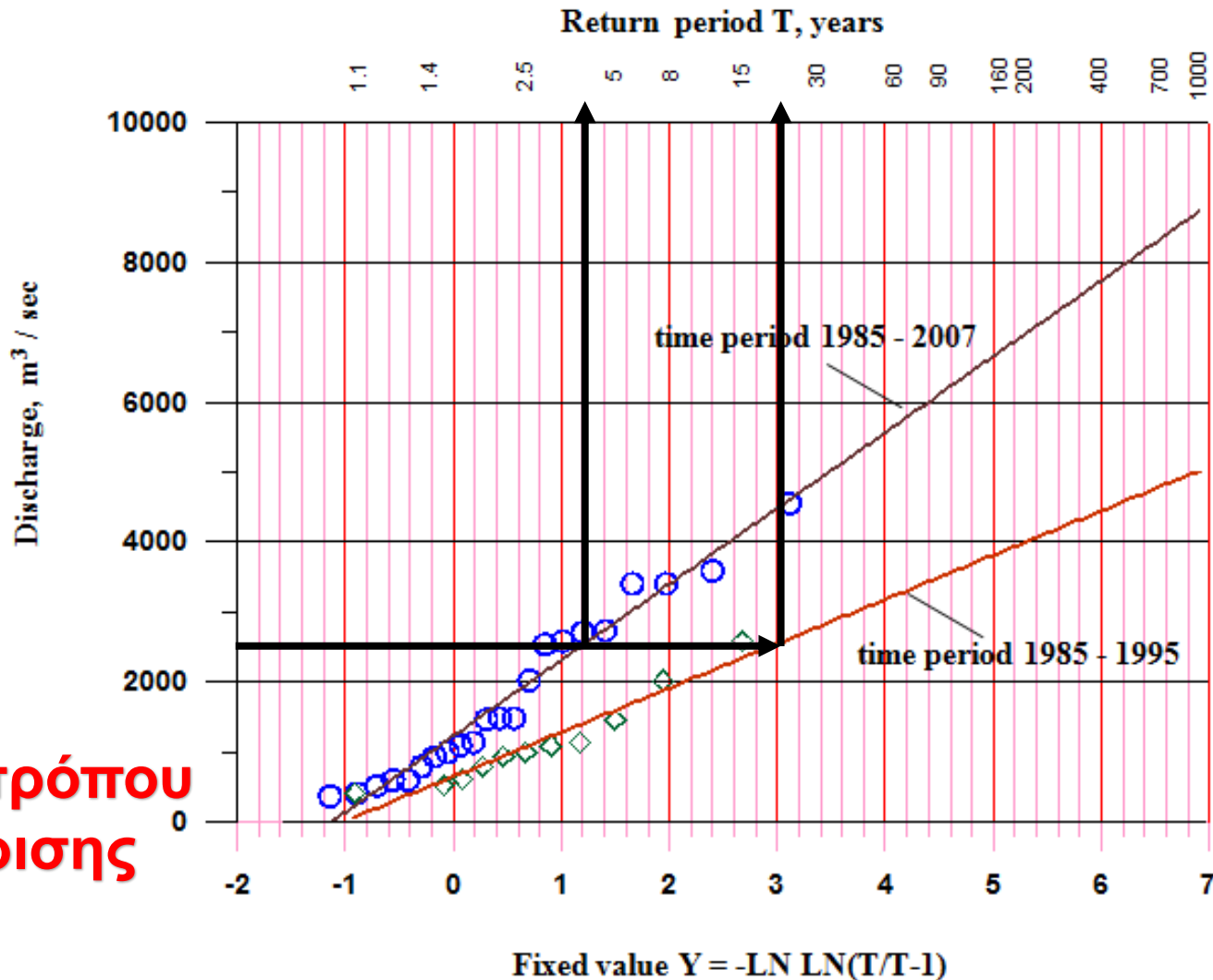
**Ανάπτυξη διαχειριστικού μοντέλου τύπου
win-win μείωσης πλημμυρών και
μεγιστοποίησης παραγόμενης ενέργειας στον
διακρατικό ποταμό Άρδα**

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



•Συνολικό εμβαδό λεκάνης απορροής = 53000 km²

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



**Αλλαγή τρόπου
διαχείρισης**

Η παροχή των 2500 m³/s έχει περίοδο επαναφοράς:

➤ 20.6 έτη με βάση τα ιστορικά δεδομένα 1985 – 1995

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

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



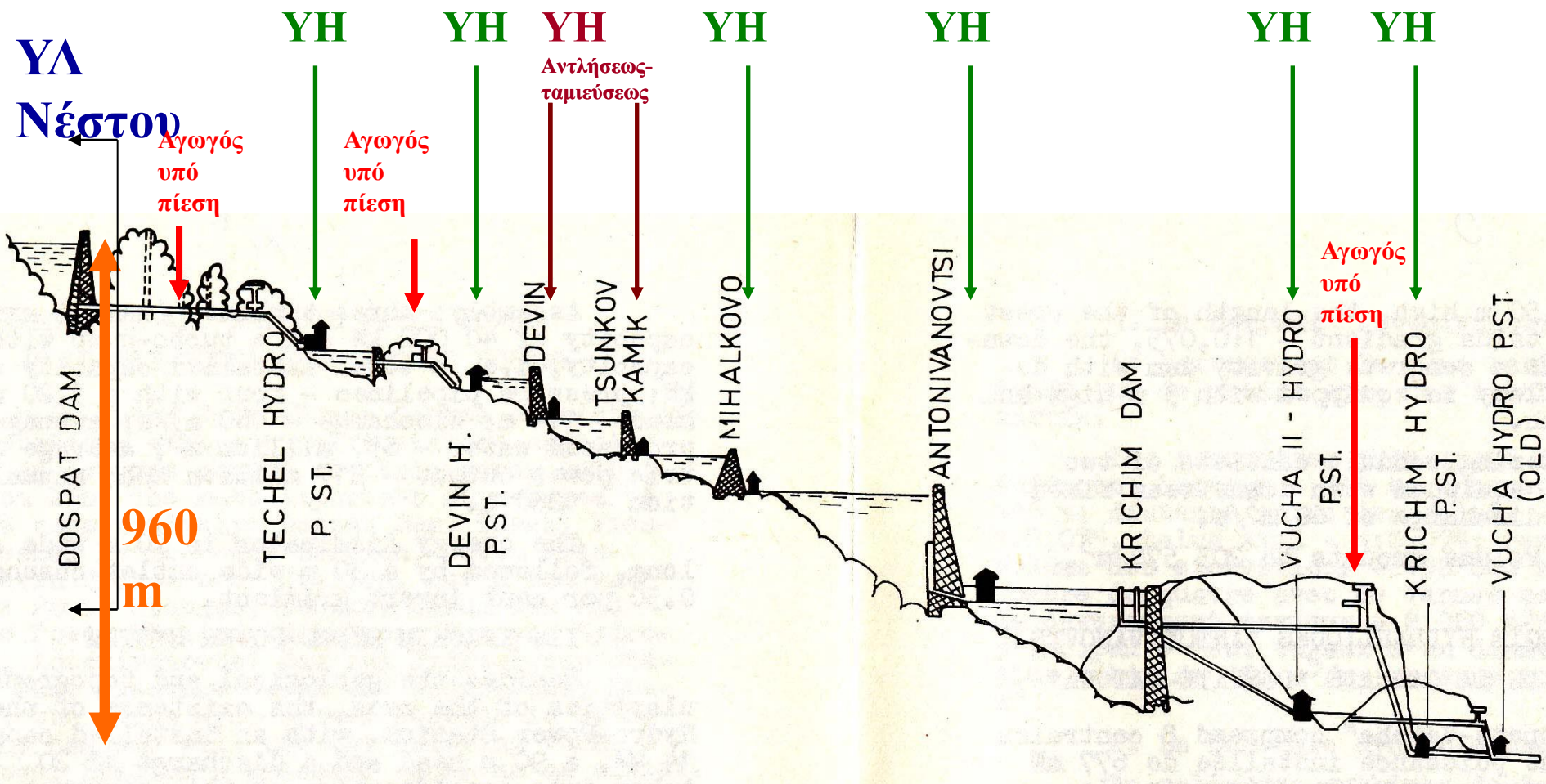
Οι πλημμύρες συνήθως συμβαίνουν προς το τέλος του χειμώνα, αν και όχι σπάνια υπήρξαν πλημμυρικά γεγονότα μέσα στο καλοκαίρι καθώς και σε άλλες εποχές.

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

Διακρατική υδρολογική λεκάνη Έβρου/Maritsa/Meric



- Το 37% της απορροής στο Βουλγαρικό τμήμα της λεκάνης



Συγκρότημα Dospat-Vucha

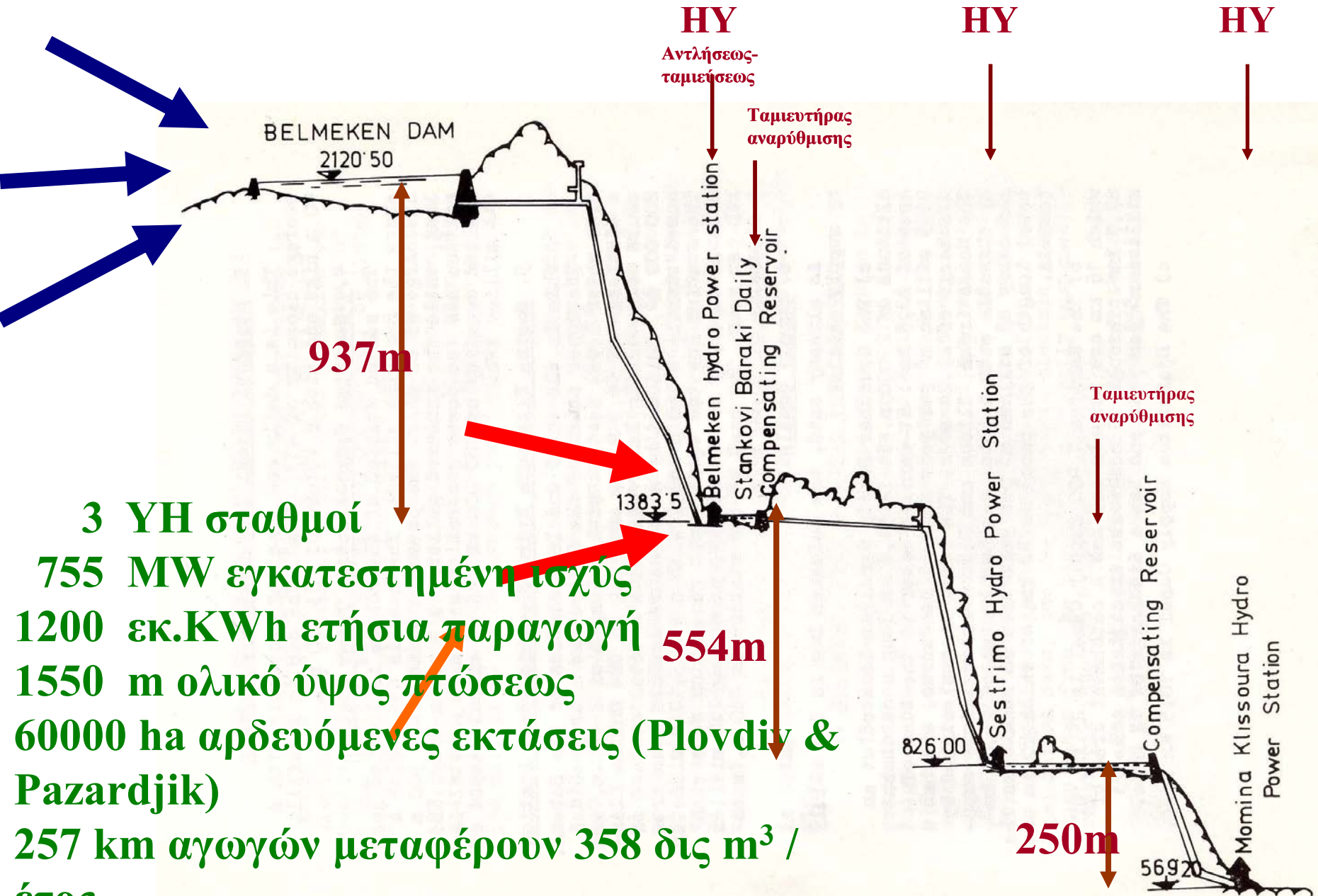
8 ΥΗ σταθμοί

677 MW εγκατεστημένη ισχύς

1124 εκ.ΚWh ετήσια παραγωγή

960 m ολικό ύψος πτώσεως

Συγκρότημα ΥΗ σταθμών Belmeken-Sestrimo Hydro



3 ΥΗ σταθμοί

755 MW εγκατεστημένη ισχύς

1200 εκ.KWh ετήσια παραγωγή

1550 m ολικό ύψος πτώσεως

60000 ha αρδευόμενες εκτάσεις (Plovdiv & Pazardjik)

257 km αγωγών μεταφέρουν 358 δις m³ /

έτος



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



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

Έργου
ARDAFORECAST

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



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

ARDA
FORECAST

ARDAFORECAST

**Flood Warning System Establishment in Arda
River Basin for Minimizing the Risk in the
Cross Border Area - ARDAFORECAST
Contract B2.11.01/20.03.2012**



**DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE
GREECE**

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:



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.ar. www.duth.ar



REGIONAL DEVELOPMENT FUND OF EAST MACEDONIA – THRACE – GREECE

Contact person: Christos Partsiats

D. Tsetine 7, Komotini, Greece

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

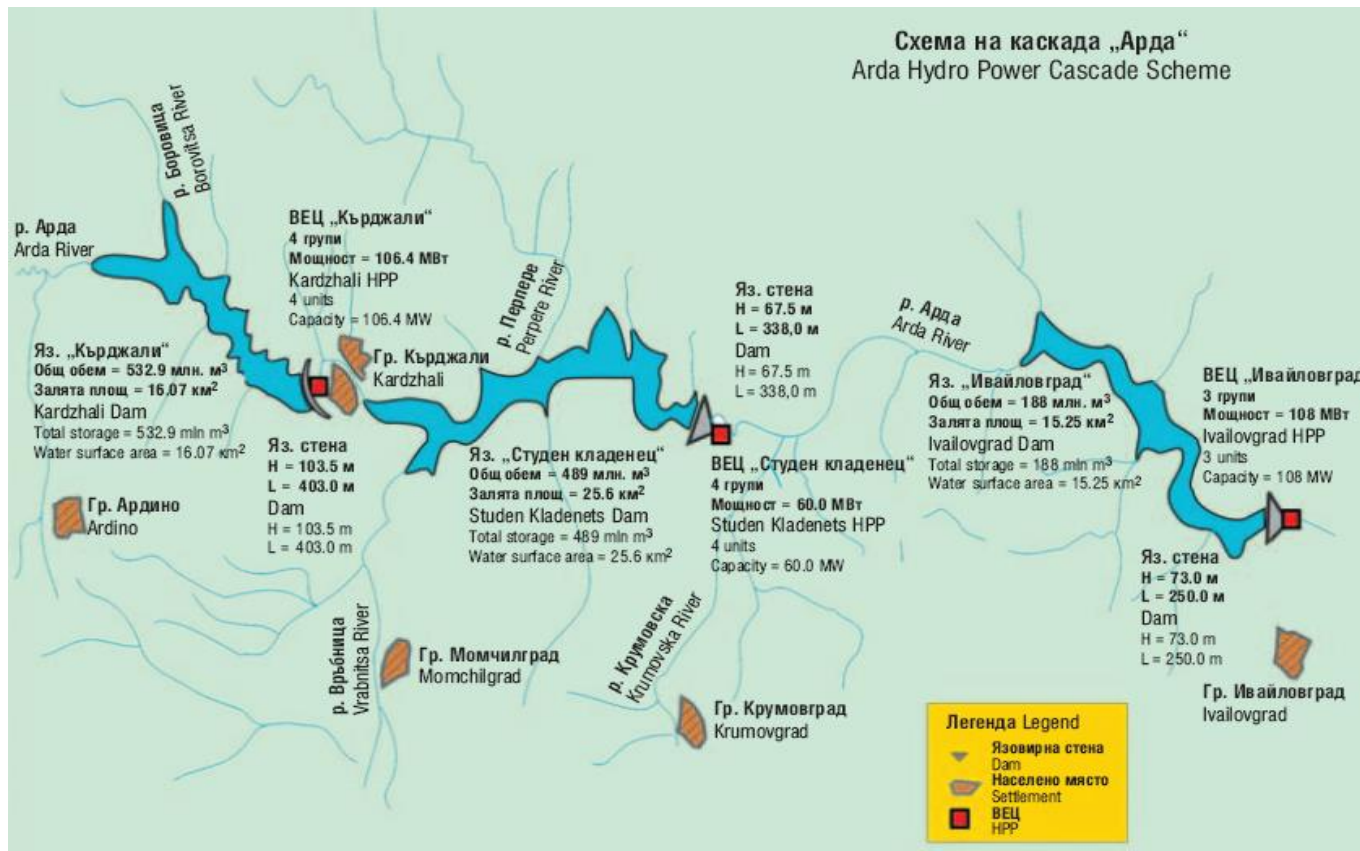
www.pamth.gov.gr, www.pta-emth.gr

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

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.

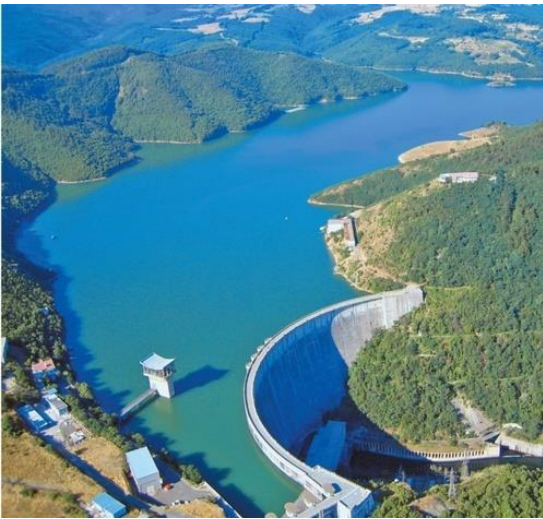


Ιδιαίτερα δε, όταν η ανάντη χώρα, που κατασκεύασε μεγάλα φράγματα, ενδιαφέρεται κύρια για την οικονομική τους εκμετάλλευση, η οποία αντιστρατεύεται την αντιπλημμυρική προστασία των κατάντη χωρών.

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



Φράγμα Kardjali στον ποταμό Άρδα



Ταμιευτήρας φράγματος Kardjali στον ποταμό Άρδα

Το πλοίο Emona στον ταμιευτήρα Kardjali στον ποταμό Άρδα



Φράγμα Kardjali στον ποταμό Άρδα



- Εάν κλείσουν τα θυροφράγματα του υπερχειλιστή, τότε συγκεντρώνεται πολύ περισσότερος όγκος νερού και αυξάνεται το ωφέλιμο ύψος πτώσεως.
- Όμως αυτός ο τρόπος διαχείρισης είναι «ρώσικη ρουλέτα»

Τι είναι το ARDAFORECAST;

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

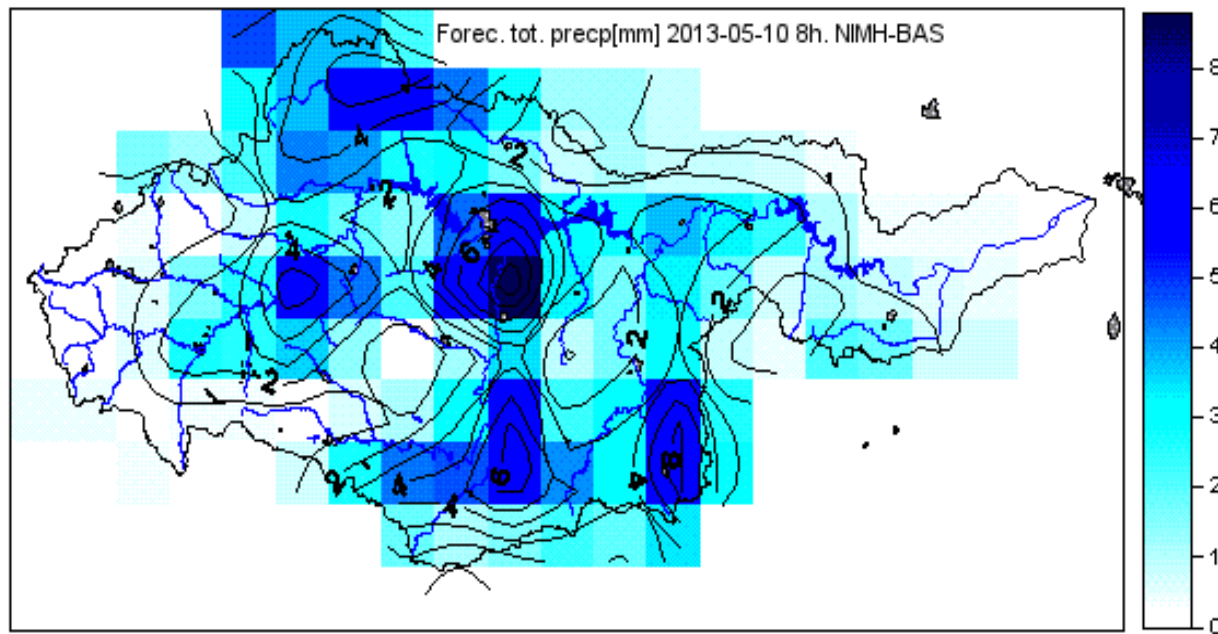
Το ARDAFORECAST είναι ένα σύνθετο σύστημα, που ενσωματώνει επιστημονική έρευνα και περίπλοκα μοντέλα προσομοίωσης φυσικών διαδικασιών (μετεωρολογικών, υδρολογικών και υδραυλικών), και που λαμβάνει υπόψη του μια σειρά από παραμέτρους (συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής διάστασης του θέματος).

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)



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 = 3hours

ISBA
Surface scheme
time step = 5min

Hydrological model
time step = 1 day

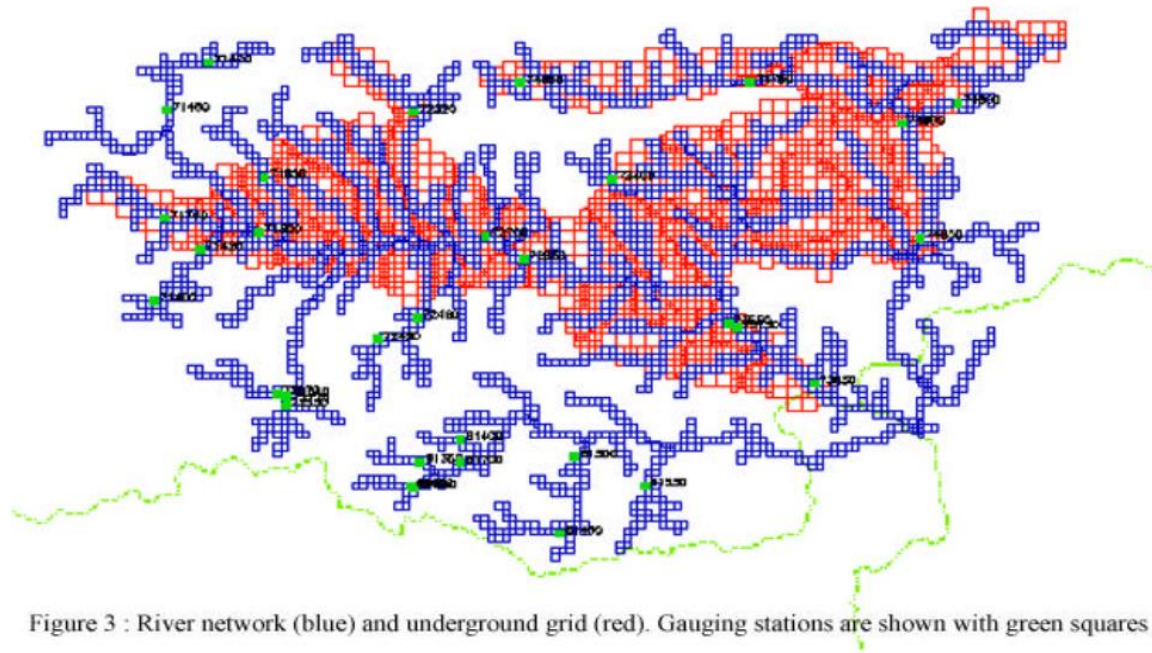
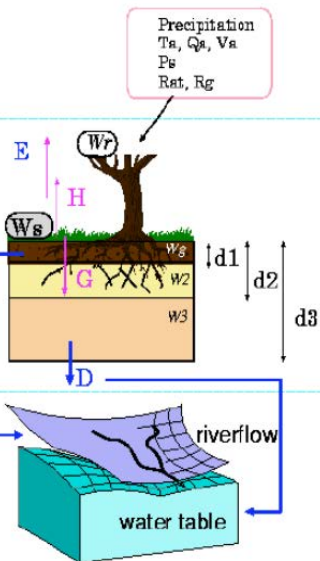


Figure 3 : River network (blue) and underground grid (red). Gauging stations are shown with green squares

Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (ΔΠΘ)

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.

The screenshot displays the ARDAS FLOODS software interface. The main window features a toolbar with buttons for 'IMPORT RUNOFF FOR BULGARIAN DAMS', 'IMPORT INITIAL DATA (OPTIONAL)', 'IMPORT RAIN DATA (OPTIONAL)', 'RUN SIMULATION', 'VIEW RESULT', 'OUTPUT TABLES', 'HELP', 'CONFIGURE PARAMETERS', and 'EXIT'. A 'Simulation Parameters' dialog box is open, showing routing parameters and initial conditions for four dams: Kardzhali, St. Kladenets, Ivaylovgrad, and Therapio. The simulation is set to run from 31/12/2012 at 21:00. A 3D topographic map of the river basin is visible, with the four dams marked along the river course.

Simulation Parameters

Routing Parameters

- Simulation space step (m): 1000
- Overall time of solution (hr): 0
- Simulation time step (sec):

Initial Conditions - Simulation Duration

Use Imported Data Use Custom Data

- Kardzhali reservoir initial water level (285 - 324.3m): 325
- St. Kladenets reservoir initial water level (204 - 225 m): 225
- Ivaylovgrad reservoir initial water level (74.5 - 120.2m): 120

Start Time: 31/12/2012 Hour: 21

End Time: 31/12/2012 Hour: 21

Choose the type of simulation you would like to run

Run using predefined utilization factors for dam hydropower plants

Dam	Utilization Factor
Kardzhali	
Studen Kladenets	
Ivaylovgrad	

Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού διαχείρισης φραγμάτων και αποφυγής πλημμυρών (ΔΠΘ)

Πως μπορούμε να αμυνθούμε;

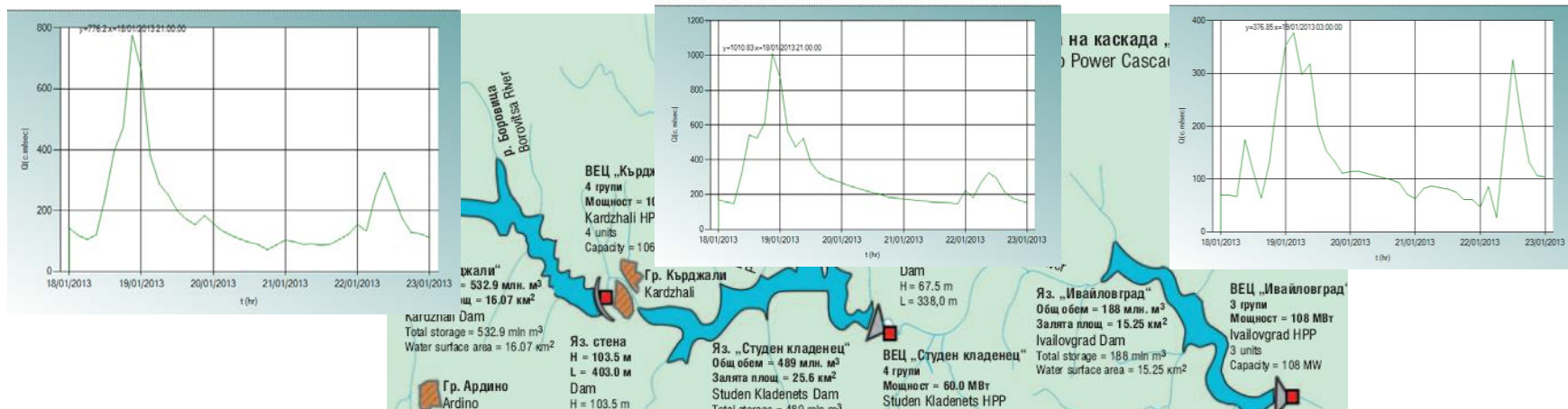
➤ Γνωρίζοντας ποια θα είναι η βροχή και τελικά η εισροή σε κάθε ταμιευτήρα για τις επόμενες 5 ημέρες, μπορούμε να αδειάζουμε τους ταμιευτήρες, ώστε να μπορέσουν να χωρέσουν την επερχόμενη εισροή.

➤ 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 (ΔΠΘ)

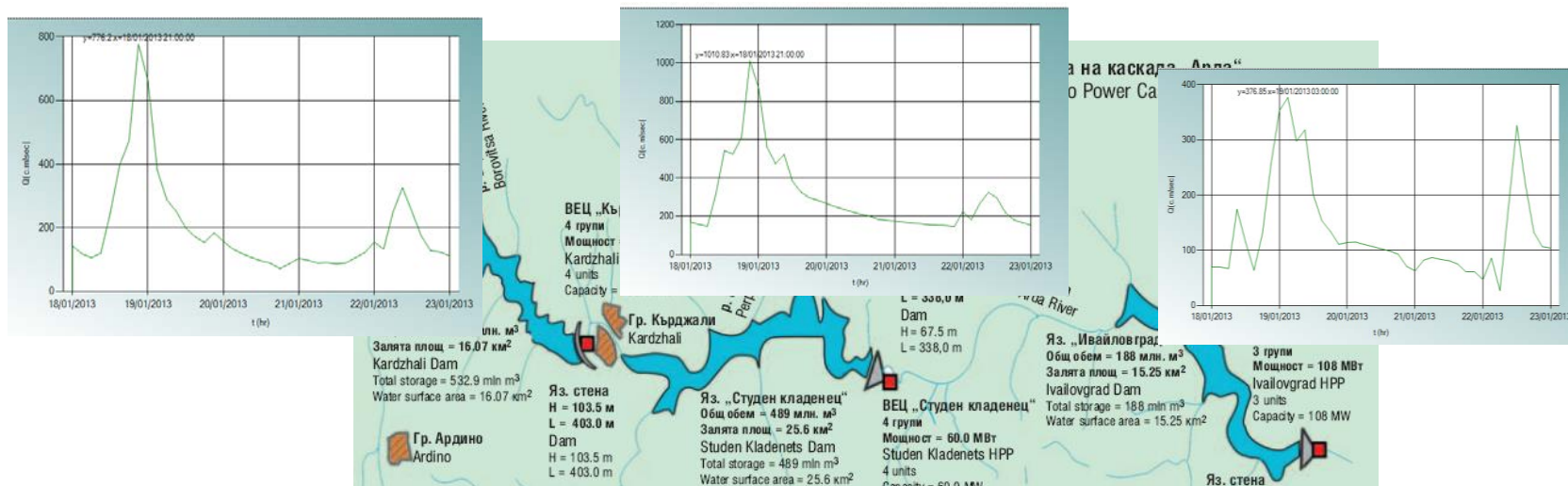
Όμως πόσο νερό πρέπει να αδειάσουμε από το κάθε φράγμα; Η απάντηση δεν είναι εύκολη, ούτε τετριμμένη, γιατί εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως:

- 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 (ΔΠΘ)

- 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;

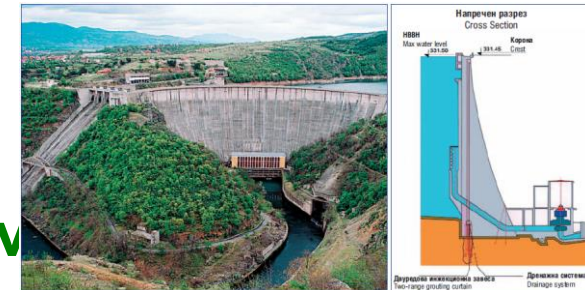


Απάντηση: Προσομοίωση στον Η/Υ της λειτουργίας των 3 φραγμάτων του Άρδα, με στόχο τη μεγιστοποίηση παραγωγής ενέργειας και της αποφυγής πλημμύρας

Σκοπός: Συνεχής προσομοίωση της ροής μέσω των ταμιευτήρων και μέσω του ποταμού με ένα πρόγραμμα Η/Υ 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.

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:

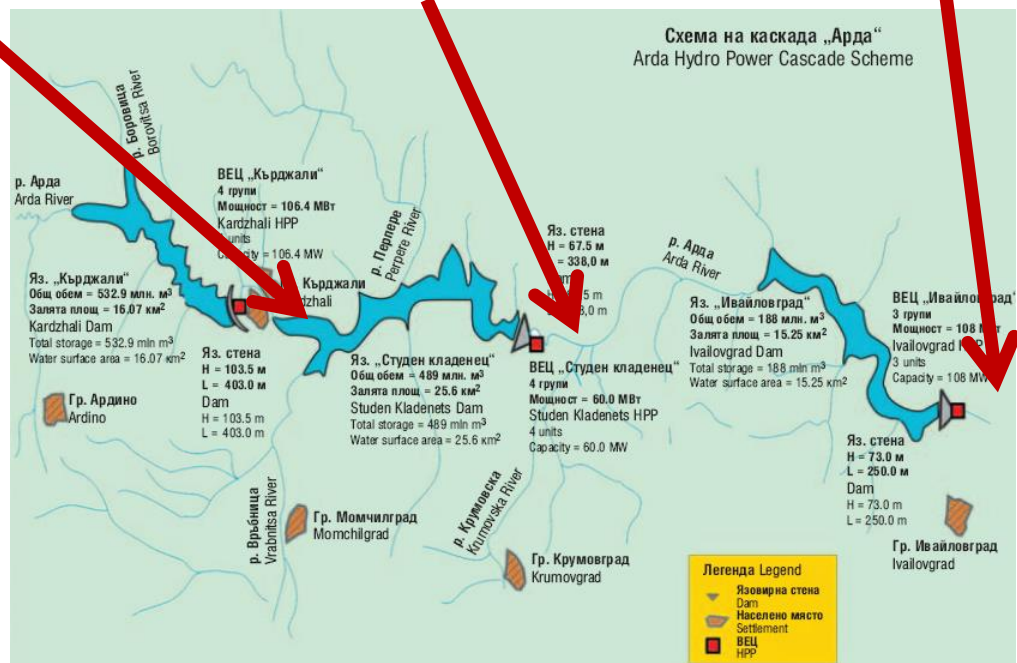
Μέγιστες επιτρεπόμενες παροχές κατάντη των φραγμάτων πέρα από τις οποίες δημιουργούνται πλημμύρες.



MaxQ_{Kardjali}

MaxQ_{Stud.Klad.}

MaxQ_{Ivailovgrad}



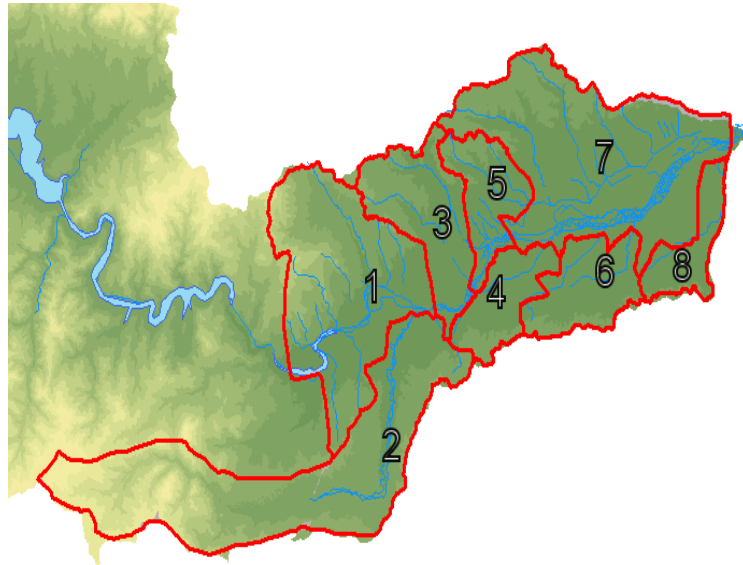
Τι ακριβώς κάνει το λογισμικό;

- 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):

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

Μετά από

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

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

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)
<input type="checkbox"/>	80	40	80	277,565	162.0	561.1	668.4	645.7
<input type="checkbox"/>	100	100	60	277,084	162.0	516.3	795.4	768.2
<input type="checkbox"/>	100	60	80	276,951	162.0	569.5	722.6	694.2
<input type="checkbox"/>	60	40	60	276,812	162.0	530.0	717.5	687.5
<input type="checkbox"/>	100	20	100	276,800	162.0	624.8	579.3	576.8
<input type="checkbox"/>	60	80	40	276,613	162.0	482.8	779.8	738.5
<input type="checkbox"/>	40	100	100	276,406	685.9	482.8	568.8	564.0
<input type="checkbox"/>	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): 800

Flood Limit At downstream of Kardzali Dam (m3/s): 600

Flood Limit At downstream of St. Kladenets Dam (m3/s): 600

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

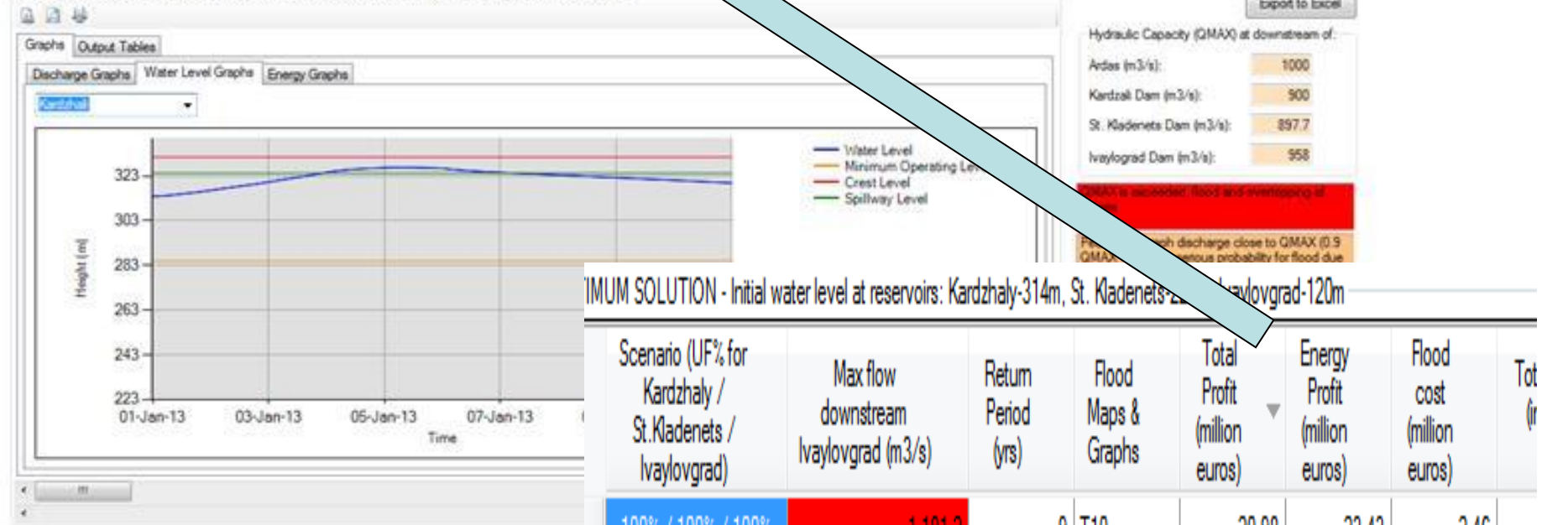
Result Viewer

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 Kardzhaly (m ³ /s)	Max flow downstream St. Kladenets (m ³ /s)	Max flow at Ardas outlet (m ³ /s)	Total Es during c
100% / 100% / 100%	1,181.2	9	T10	20.98	23.43	2.46	334.762	341.439	532.3	877.5	1,181.2	
75% / 100% / 100%	1,187.9	10	T10	20.70	23.37	2.67	333.851	339.918	625.8	906.3	1,187.9	
50% / 100% / 100%	1,189.7	10	T10	20.53	23.28	2.75	332.540	337.675	687.4	932.6	1,189.7	

Choose Scenario from the above table selecting the appropriate row

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



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)	Tot (r
100% / 100% / 100%	1,181.2	9	T10	20.98	23.43	2.46	
75% / 100% / 100%	1,187.9	10	T10	20.70	23.37	2.67	
50% / 100% / 100%	1,189.7	10	T10	20.53	23.28	2.75	

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.

Δυνατότητες του ARDAFLOODS

Αντικειμενική συνάρτηση

Total profit = (Energy profit) - (Flood cost)

**Energy profit = (Energy produced during simulation period)
+ (energy which can be produced with the
remaining water in the 3 reservoirs)**

Result Viewer

OPTIMUM SOLUTION - Initial water level at reservoirs: Kardzhaly-309m, St. Kladenets-215m, Ivaylovgrad-115m

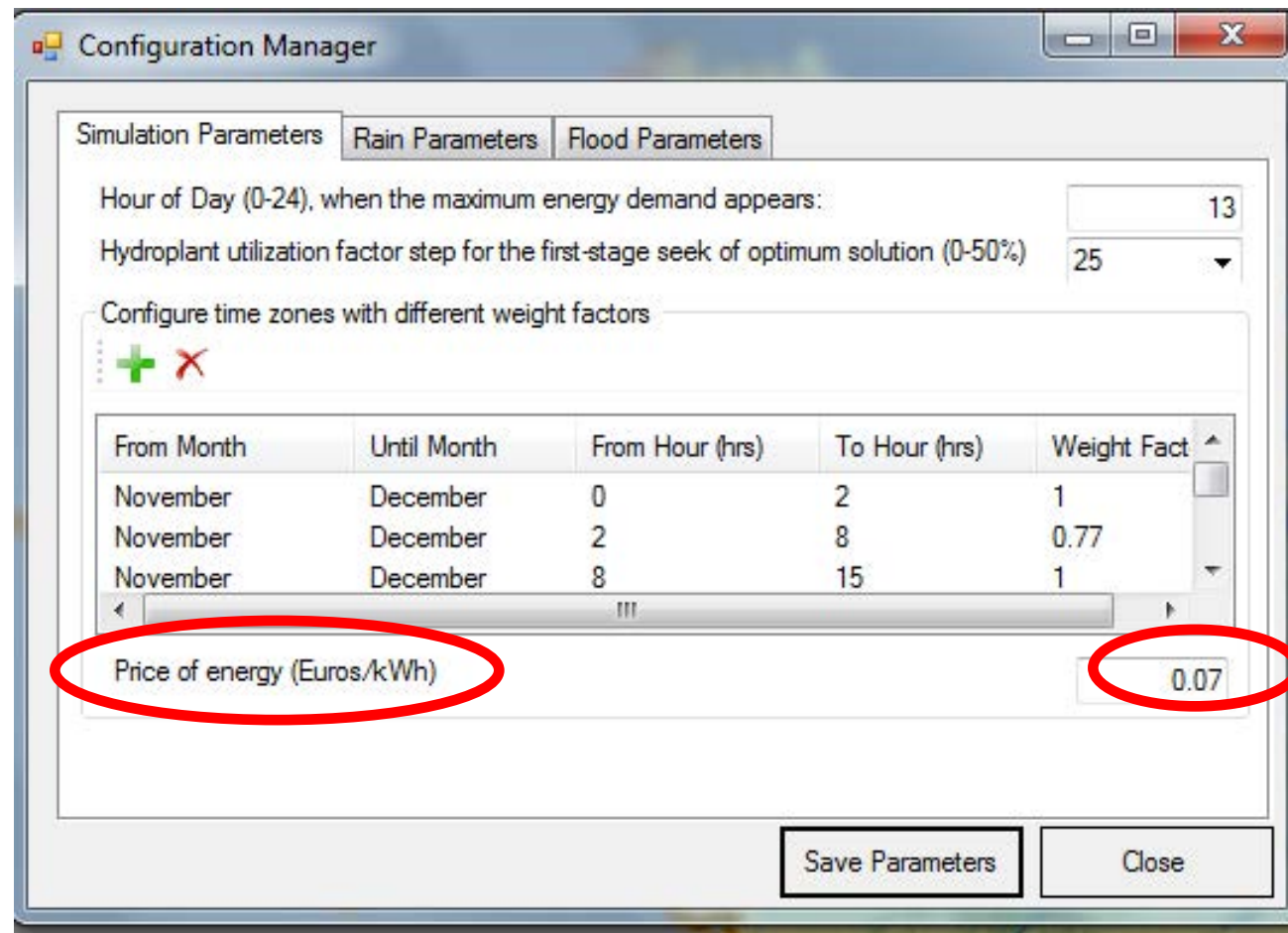
Scenario (UF% for Kardzhaly / St. Kladenets / Ivaylovgrad)	Max flow downstream Ivaylovgrad (m3/s)	Return Period (yrs)	Flood Maps & Graphs	Total Profit (million euros)	Energy Profit (million euros)	Flood cost (million euros)	Total Weighted Energy (including remaining energy)(MWh)	Total Energy Production plus the remaining energy (MWh)	Max flow downstream Kardzhali (m3/s)	Max flow downstream St. Kladenets (m3/s)	Max flow downstream Ardas river (m3/s)	Total Energy Production (MWh)
75% / 75% / 100%	867.5	4	T5	23.72	23.84	0.12	340,635	346,088	162.0	152.0	866.6	346,088
75% / 100% / 100%	894.3	4	T5	23.53	23.71	0.18	338,771	344,684	162.0	152.0	894.8	344,684
75% / 50% / 100%	836.2	3	T5	23.48	23.55	0.07	336,462	341,372	162.0	342.1	835.7	341,372

Kardzhaly-309m, St. Kladenets-215m, Ivaylovgrad-115m

Total Energy Production during simulation period (MWh)	Energy Production in Kardzhali (MWh)	Remaining Energy Production in Kardzhali (MWh)	Energy Production in St. Kladenets (MWh)	Remaining Energy Production in St. Kladenets (MWh)	Energy Production in Ivaylovgrad (MWh)	Remaining Energy Production in Ivaylovgrad (MWh)
24,226	24,226	62,541	16,079	114,867	30,687	97,688
24,226	24,226	62,541	21,246	109,386	31,776	95,509
24,226	24,226	62,541	10,729	112,882	31,857	99,139

Δυνατότητες του ARDAFLOODS

Επειδή η ενέργεια τιμολογείται διαφορετικά κατά τη διάρκεια του 24ώρου, το λογισμικό έχει τη δυνατότητα διαφορετικής αποτίμησης της ενέργειας ανάλογα με την ώρα της ημέρας και τον μήνα του έτους.



Δυνατότητες του ARDAFLOODS

Εκτίμηση κόστους πλημμύρας

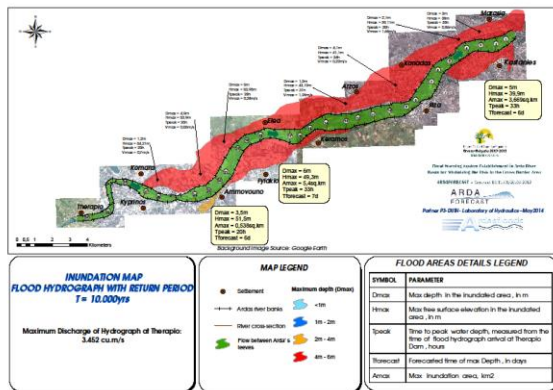
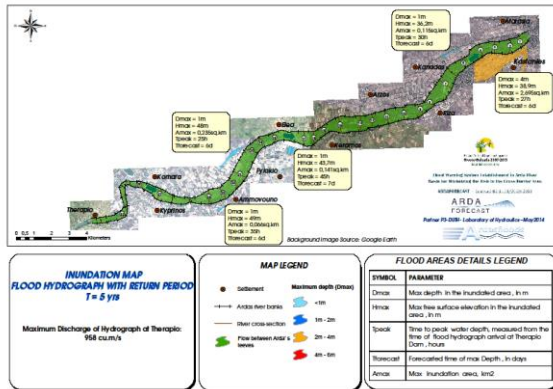
Inundation area estimation as a function of Return Period

Max daily discharges as a function of Return Period

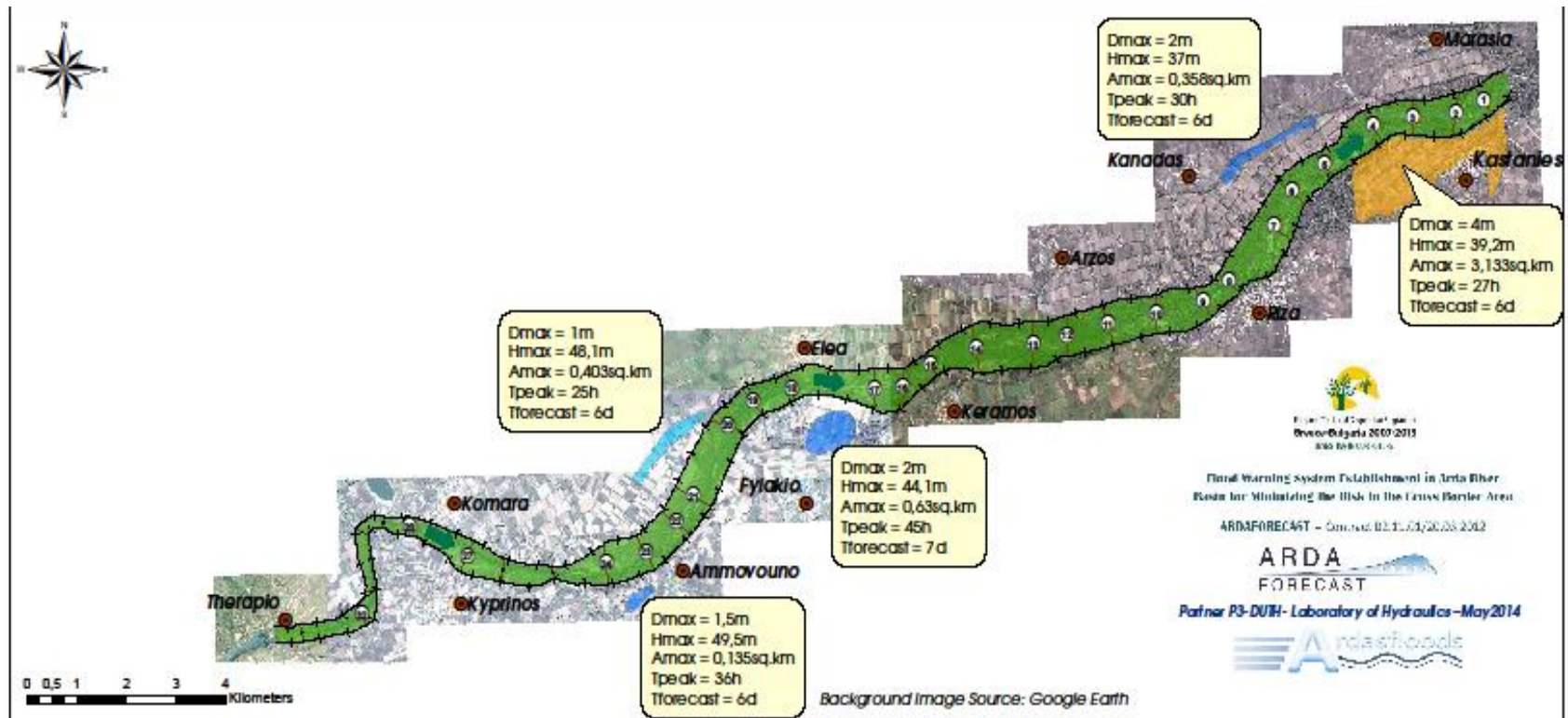
TABLE 8.1

GUMBEL DISTRIBUTION FOR ANNUAL MAXIMUM DAILY DISCHARGE DOWNSTREAM IVAYLOVGRAD DAM AS A FUNCTION OF RETURN PERIOD

RETURN PERIOD, YEARS	ESTIMATED ANNUAL MAXIMUM DAILY DISCHARGE DOWNSTREAM IVAYLOVGRAD DAM, m ³ /s
2	592
5	958
10	1201
20	1434
30	1568
50	1735
100	1961
200	2186
500	2483
1000	2707
5000	3228
10000	3452



Με βάση την παροχή αιχμής στο Ελληνικό έδαφος εμφανίζεται πλημμυρικός χάρτης



INUNDATION MAP
FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD
T = 10 yrs

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

MAP LEGEND

- Settlement
- +— Ardas river banks
- River cross-section
- Flow between Arda's levees

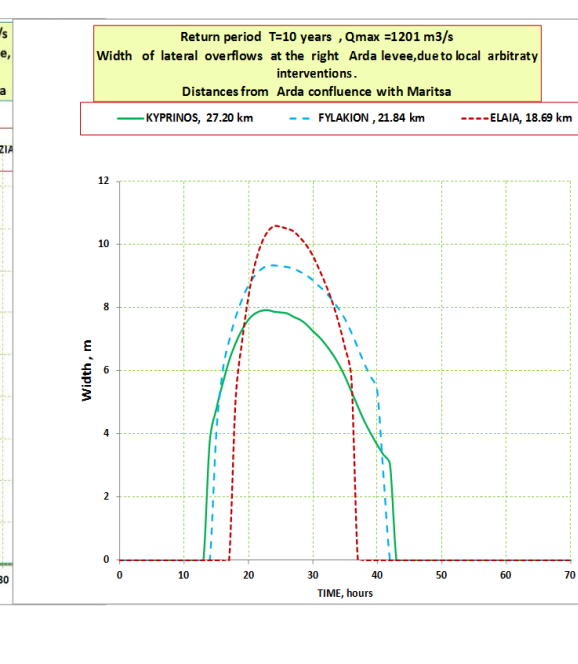
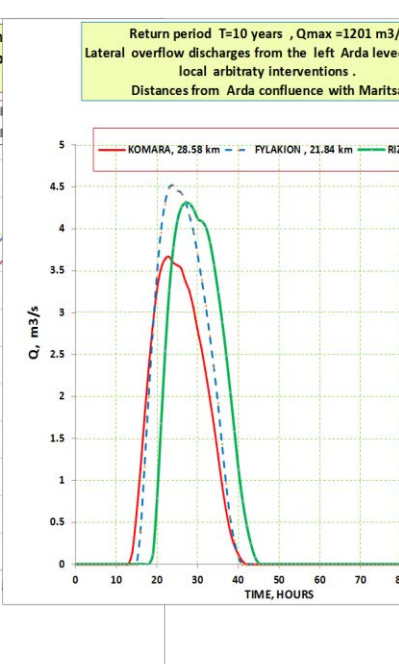
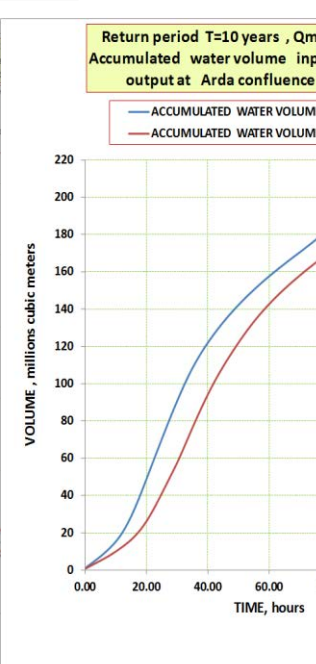
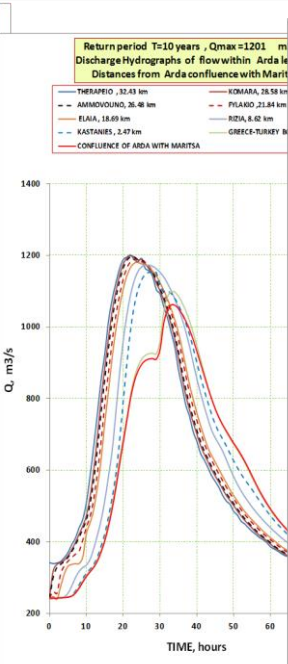
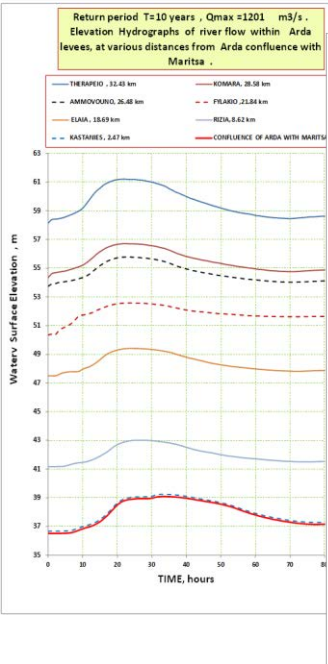
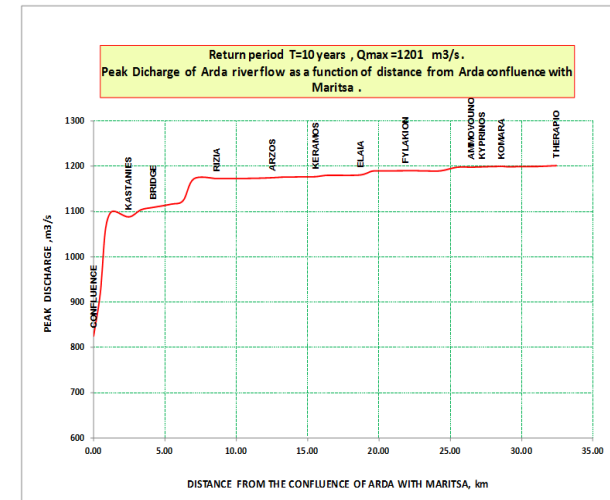
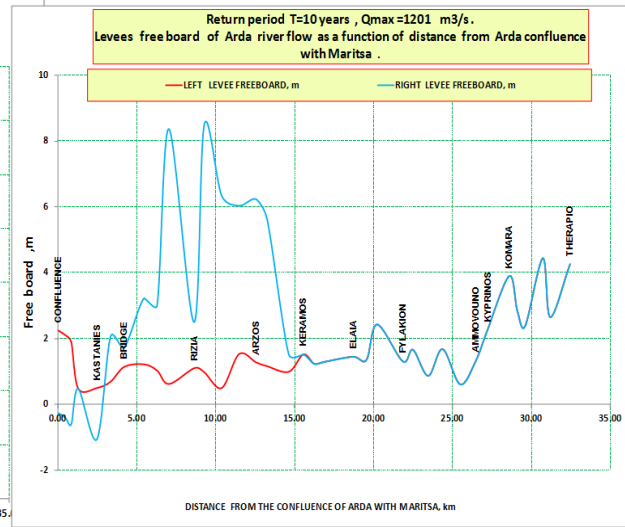
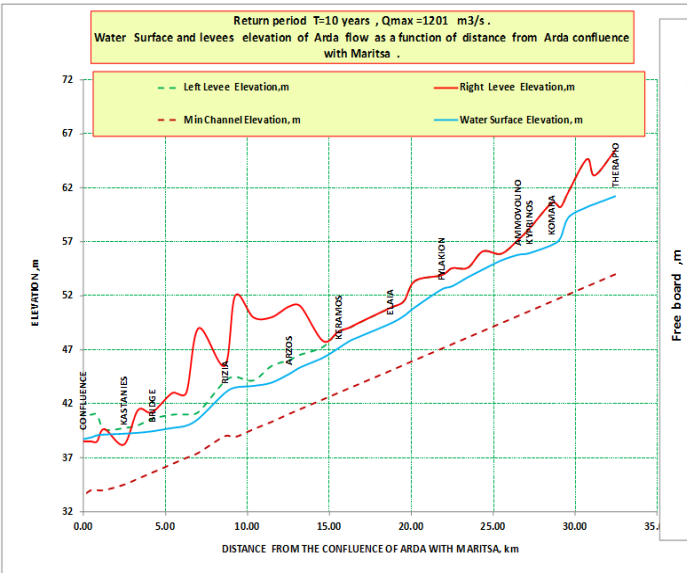
Maximum depth (Dmax)

- <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



Δυνατότητες του ARDAFLOODS

What is the flood cost?

As a first approximation we took the compensations which have been paid to the farmers for the period 2002-2012 near Arda river.

The mean cost equals 0.11 euros/m²

Of course, this is only an immediate cost, but we can use it for start.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΗΜΙΩΝ ΑΝΑ ΔΗΜ. ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΕΤΗ					
ΕΤΟΣ ΖΗΜΙΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΠΑΝΑΣΠΟΡΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΑΣ ΠΛΗΓΕΙΣΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΘΕΙΣΩΝ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΣΕ €
2002	ΚΟΜΑΡΩΝ	104.90	37.71	36%	899.74
2003	ΚΟΜΑΡΩΝ	520.50	269.20	52%	5.745.27
2005	ΚΟΜΑΡΩΝ	386.50	181.60	47%	101.589.39
2006	ΚΟΜΑΡΩΝ	886.50	434.13	49%	138.006.40
2008	ΚΟΜΑΡΩΝ	42.00	16.60	40%	1.338.48
2010	ΚΟΜΑΡΩΝ	882.80	418.76	47%	189.075.93
Σύνολο		2.823.20			436.655.21

ΕΤΟΣ ΖΗΜΙΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΠΑΝΑΣΠΟΡΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΑΣ ΠΛΗΓΕΙΣΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΘΕΙΣΩΝ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΣΕ €
2003	ΚΑΣΤΑΝΕΩΝ	4.00	3.32	83%	1.242.28
2004	ΚΑΣΤΑΝΕΩΝ	89.50	34.28	38%	873.91
2005	ΚΑΣΤΑΝΕΩΝ	369.80	172.81	47%	41.531.36
2006	ΚΑΣΤΑΝΕΩΝ	213.80	89.67	42%	28.363.63
2007	ΚΑΣΤΑΝΕΩΝ	54.30	29.35	54%	625.08
2010	ΚΑΣΤΑΝΕΩΝ	921.20	380.49	41%	58.577.84
2012	ΚΑΣΤΑΝΕΩΝ	47.50	26.55	56%	892.22
Σύνολο		1.700.10			132.106.32

ΕΤΟΣ ΖΗΜΙΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΠΑΝΑΣΠΟΡΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΑΣ ΠΛΗΓΕΙΣΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΘΕΙΣΩΝ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΣΕ €
2003	ΕΛΛΙΑΣ	27.50	21.50	78%	501.86
2005	ΕΛΛΙΑΣ	401.00	230.38	57%	132.869.65
2006	ΕΛΛΙΑΣ	441.50	236.45	54%	146.883.79
2010	ΕΛΛΙΑΣ	1.268.80	435.81	34%	86.029.22
Σύνολο		2.138.80			366.284.52

ΕΤΟΣ ΖΗΜΙΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΠΑΝΑΣΠΟΡΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΑΣ ΠΛΗΓΕΙΣΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΘΕΙΣΩΝ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΣΕ €
2002	ΚΥΠΡΙΝΟΥ	46.50	18.15	39%	453.57
2005	ΚΥΠΡΙΝΟΥ	315.80	156.45	50%	63.415.52
2006	ΚΥΠΡΙΝΟΥ	203.50	103.55	51%	43.993.72
2010	ΚΥΠΡΙΝΟΥ	297.10	111.75	38%	59.359.05
Σύνολο		862.90			167.221.86

ΕΤΟΣ ΖΗΜΙΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΠΑΝΑΣΠΟΡΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΑΣ ΠΛΗΓΕΙΣΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΘΕΙΣΩΝ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΣΕ €
2005	ΡΙΖΙΩΝ	10.50	5.50	52%	130.60
2006	ΡΙΖΙΩΝ	123.00	54.25	44%	1.445.25
2010	ΡΙΖΙΩΝ	2.157.50	1.089.18	50%	41.836.11
Σύνολο		2.291.00			43.411.96

ΕΤΟΣ ΖΗΜΙΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΠΑΝΑΣΠΟΡΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΑΣ ΠΛΗΓΕΙΣΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΘΕΙΣΩΝ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΣΕ €
2005	ΦΥΛΑΚΙΟΥ	1.172.20	512.55	44%	86.896.16
2006	ΦΥΛΑΚΙΟΥ	881.80	470.74	53%	70.401.72
2010	ΦΥΛΑΚΙΟΥ	538.10	251.09	47%	74.216.66
2012	ΦΥΛΑΚΙΟΥ	59.30	24.78	42%	548.77
Σύνολο		2.651.40			232.063.31

What is the flood cost?

So, for each return period T, we calculated the total flooding area and then we multiplied this area with 0.11 euros/m² to estimate the flood cost.

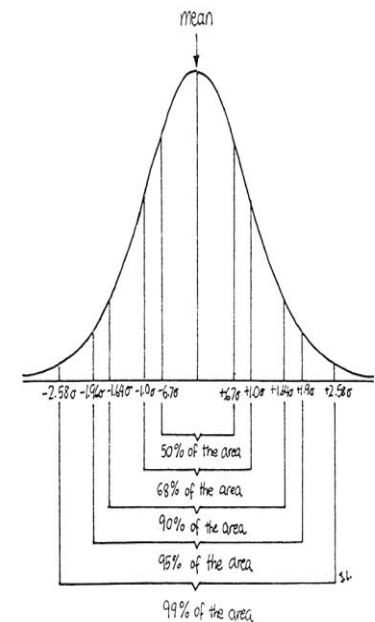
Return period T (years)	Peak Discharge downstream Ivaylovgrad (m ³ /s)	Flooded area in Km ²		Flood cost in million euros
		Between Therapio & Kastanies	South of Kastanies	
2	592	0.00	0.00	0.00
5	958	3.25	5.00	0.91
10	1201	4.66	10.00	1.61
20	1434	6.00	20.00	2.86
50	1735	7.03	30.00	4.07
100	1961	8.71	50.00	6.46
1000	2707	30.04	70.00	11.00
10000	3452	36.62	80.00	12.83

But, the behavior of nature is not usually so “sharp”.

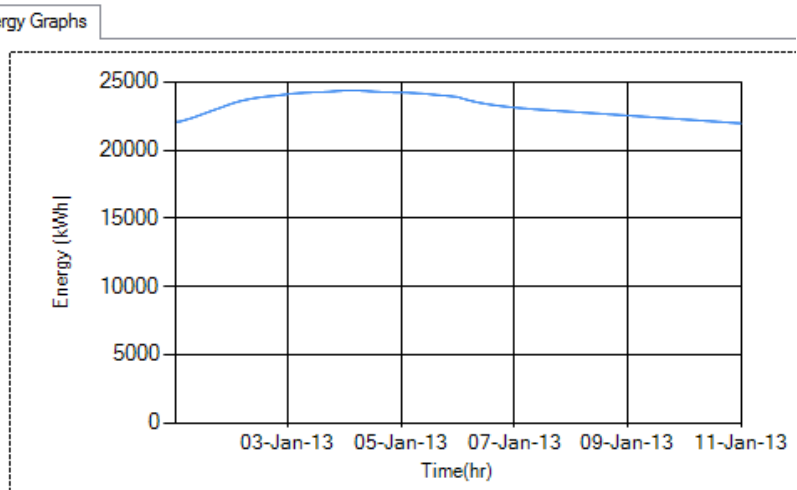
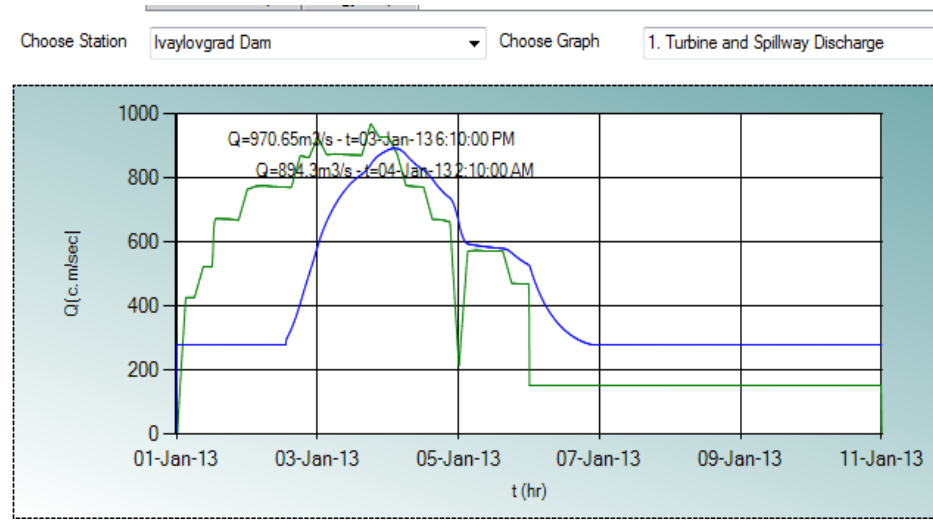
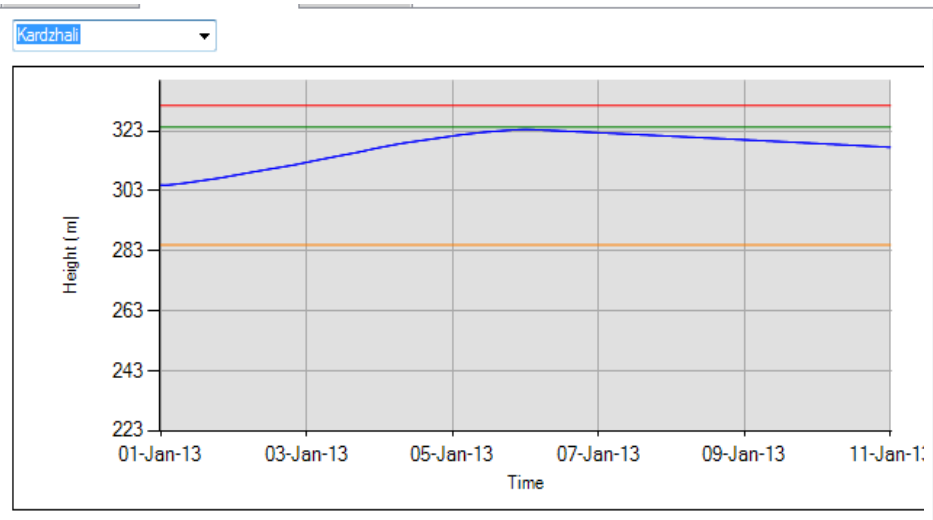
For that reason, ARDAFLOODS supposes that, as the max flow downstream Ivaylovgrad approaches the critical discharge of 958 m³/s for levees overtopping or failure, then the probability of flood increases.

So, the normal distribution has been used to calculate the probability of flooding and to allocate a possible cost as we approaching the critical discharge value.

We used a ratio $(SD/mean)=10\%$, so that only when the peak discharge is very close to the critical, flood cost are generated.



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

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

REGIONAL TERRITORIAL COOPERATION
IN THE REPUBLIC OF BULGARIA -
ACHIEVEMENTS BRINGING NEW PERSPECTIVES

13 October 2015, Sofia, Bulgaria

Lilyana Pavlova, PhD

Minister of Regional Development and Public Works

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.
- Έχει γίνει σημαντική επιστημονική ανάλυση και έρευνα και η παρούσα εργασία αποτελεί ένα μέρος της συνολικής αυτής συνεργατικής προσπάθειας
- Απομένει τώρα να προχωρήσουν περισσότερο αποφασιστικά στην εφαρμογή και στη χρήση όσων αναπτύχθηκαν σε ημερήσια 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

➤ και στη συνέχεια με διαπραγματεύσεις σε διπλωματικό επίπεδο οι ενδιαφερόμενες χώρες θα επιλέξουν από κοινού τη βέλτιστη στρατηγική μοιραζόμενες από κοινού τα οφέλη αλλά και τα αναλογούντα κόστη.

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 ζώων και να μειωθούν οι απώλειες περιουσιών.

