

Πιθανοτικό πλαίσιο εκτίμησης πλημμυρικής επικινδυνότητας υδροσυστήματος Αλιάκμονα και διερεύνηση στρατηγικών δράσεων απομείωσής της



Τελική παρουσίαση αποτελεσμάτων έργου

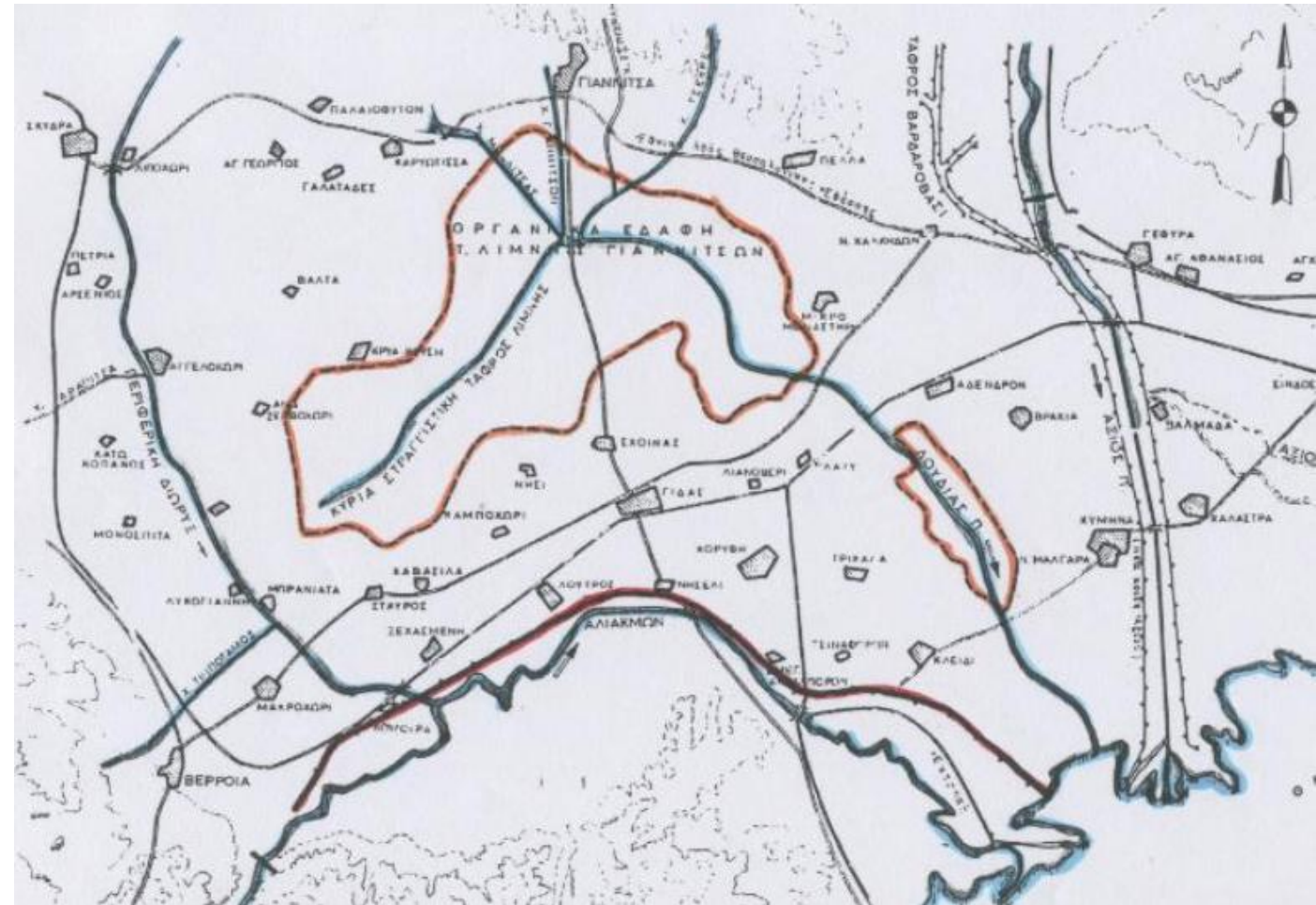
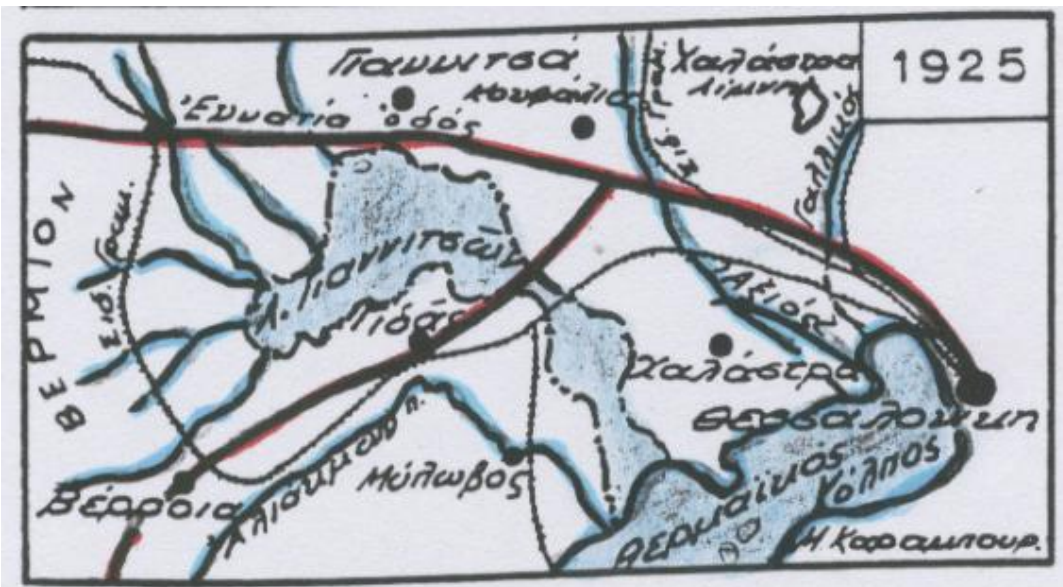
17/12/2025, Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Υδροηλεκτρικής Παραγωγής (ΔΕΥΠ)

Ομάδα μελέτης

- ☐ Ανδρέας Ευστρατιάδης, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ – Συντονιστής Έργου
- ☐ Παναγιώτης Δήμας, Πολιτικός Μηχανικός, Υποψ. Δρ. ΕΜΠ
- ☐ Γεώργιος Κουτσός, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
- ☐ Παναγιώτης Κοσσιέρης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
- ☐ Αρχοντία Λύκου, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

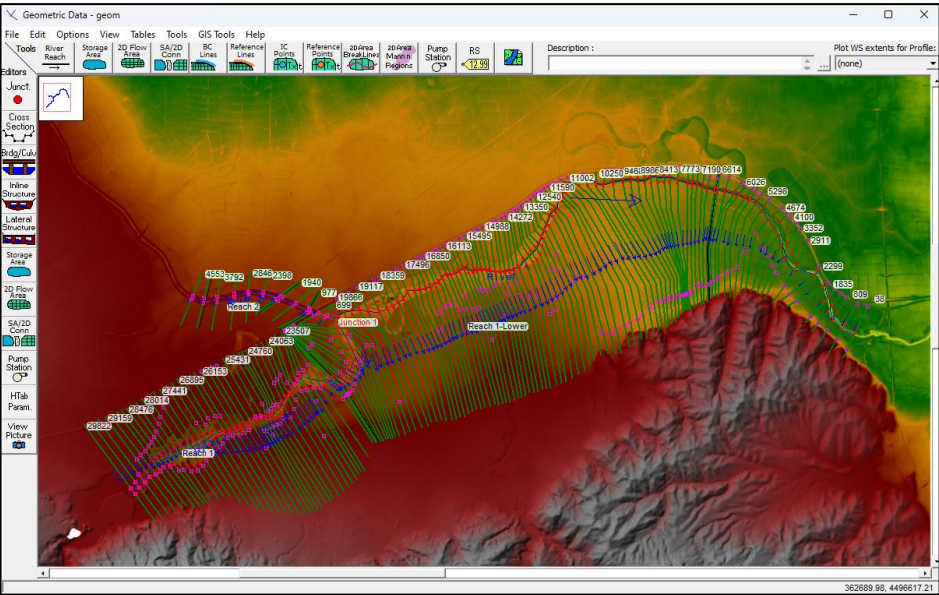
Δομή παρουσίασης

- Σύνδεση με προηγούμενο έργο
- Υδρολογική διερεύνηση: μεθοδολογία και καινοτομίες σε σχέση με ΣΔΚΠ
- Αποτελέσματα σε θέσεις ενδιαφέροντος
- Υδροδυναμική ανάλυση
- Πρακτική χρησιμότητα
- Προοπτικές εξέλιξης

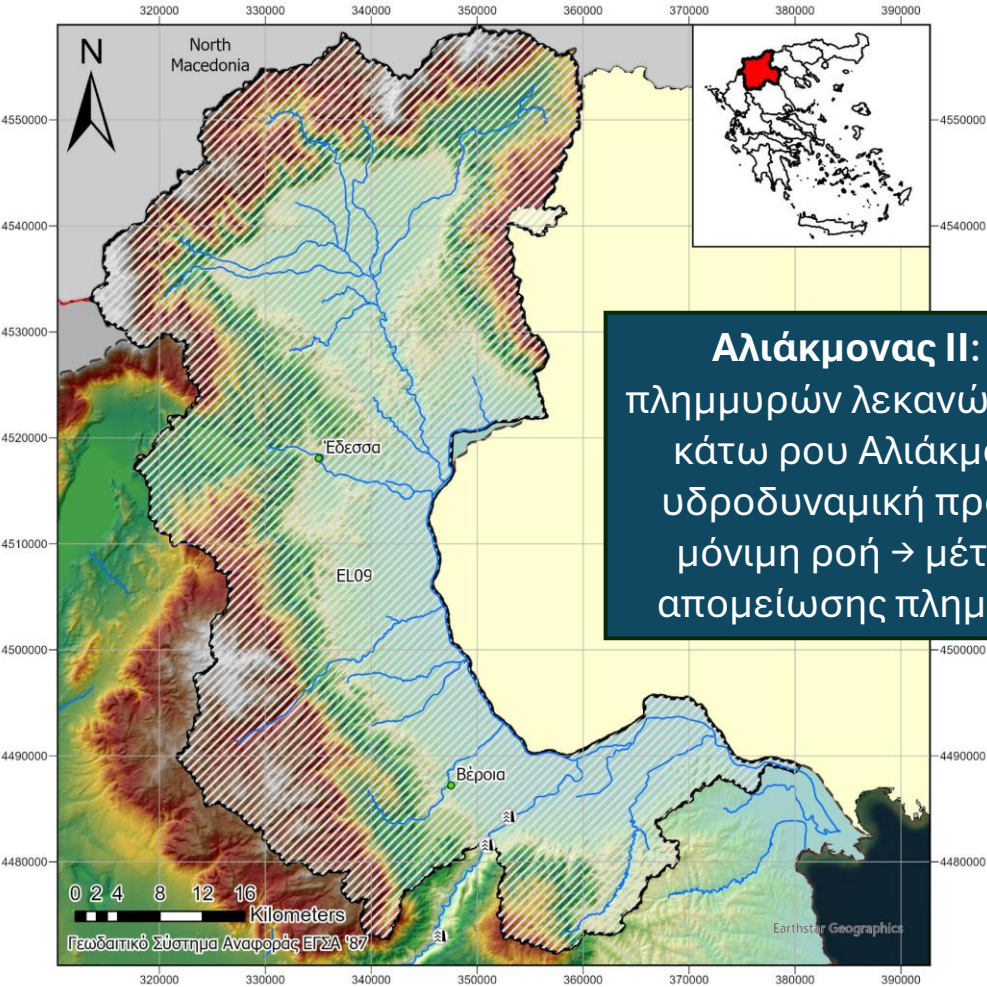


Γενική διάταξη αποστραγγιστικών έργων πεδιάδας Θεσσαλονίκης, στην οποία απεικονίζονται, μεταξύ άλλων, η Περιφερειακή Τάφρος Τ66 (δυτικά) και τα όρια της αποξηραμένης λίμνης Γιαννιτσών

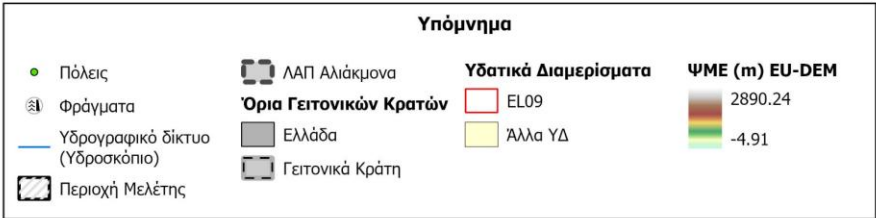
Σύνδεση με προηγούμενο έργο



Αλιάκμονας Ι: Μονοδιάστατη υδροδυναμική προσομοίωση σε συνθήκες μόνιμης ροής, για δεδομένες παροχές εκροής από τον ταμιευτήρα Ασωμάτων και την Περιφ. Τάφρο T66



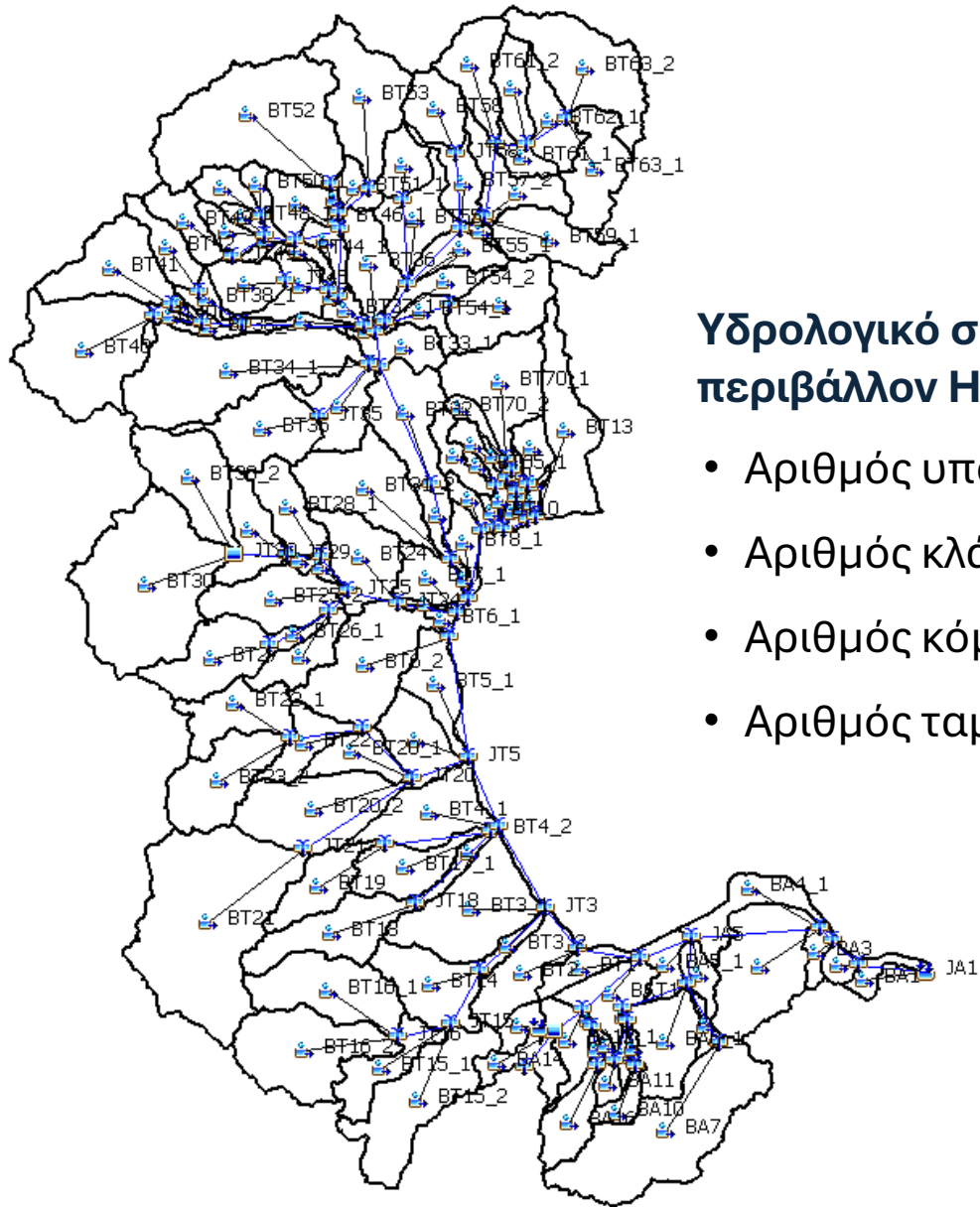
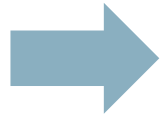
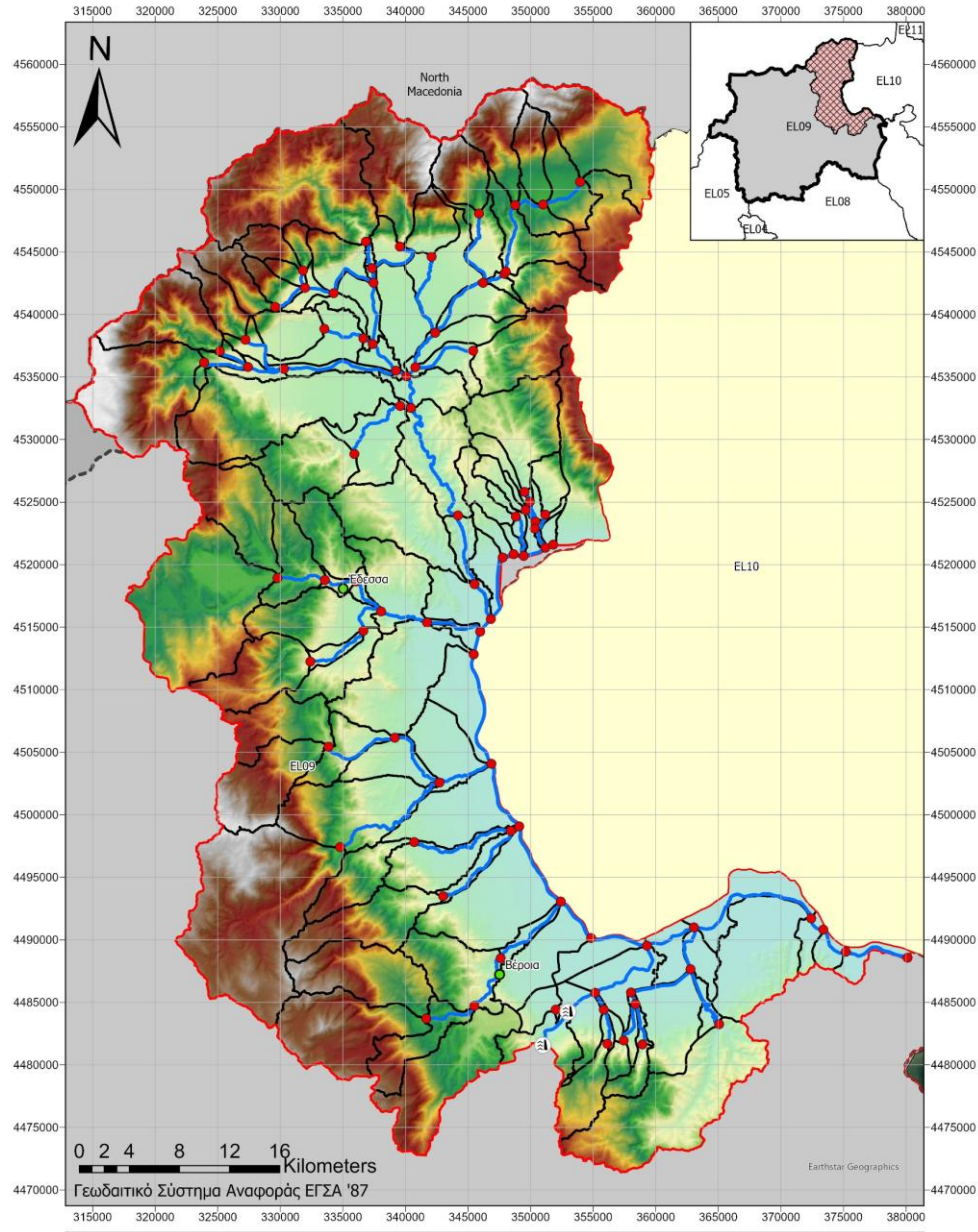
Αλιάκμονας II: Προσομοίωση πλημμυρών λεκανών απορροής T66 και κάτω ρου Αλιάκμονα → Διδιάστατη υδροδυναμική προσομοίωση σε μη μόνιμη ροή → μέτρα διαχείρισης & απομείωσης πλημμυρικού κινδύνου



Τοποθέτηση του προβλήματος εκτίμησης πλημμυρικής επικινδυνότητας υδροσυστήματος Αλιάκμονα

- ❑ Η πλημμυρική επικινδυνότητα του υδροσυστήματος προέρχεται από δύο μηχανισμούς:
 - τους φυσικούς μηχανισμούς παραγωγής και διόδευσης των πλημμυρών
 - τις εκροές διαμέσου του ΥΗΣ και του εκχειλιστή του φράγματος Ασωμάτων.
- ❑ Ο μηχανισμός μετασχηματισμού της βροχόπτωσης σε πλημμυρική απορροή εξαρτάται από:
 - την προσπίπτουσα ποσότητα βροχής και τη χωροχρονική κατανομή της
 - τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης και του υδρογραφικού δικτύου
 - τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους, που εξαρτώνται από την προηγηθείσα βροχόπτωση
 - την ύπαρξη έργων ελέγχου και ανάσχεσης των πλημμυρικών ροών
- ❑ Συνδυαστική διερεύνηση των παραπάνω, υπό τη μορφή **πιθανοτικών σεναρίων**.
- ❑ Ανάλυση επιπτώσεων επιφανειακής βροχόπτωσης διάρκειας 72 ωρών στο σύνολο του συστήματος για:
 - **5 περιόδους επαναφοράς** ($T = 20, 50, 100, 200, 1000$ έτη)
 - **50 υδρολογικά σενάρια** (5 χρονικά προφίλ $\times$ 10 καταστάσεις αρχικής εδαφικής υγρασίας)
 - **5 διαχειριστικά σενάρια** (σενάριο βάσης + εκροές 300, 600, 900 και 1300 m³/s)

Διαμόρφωση υδρολογικού μοντέλου στο περιβάλλον HEC-HMS



Υδρολογικό σύστημα στο περιβάλλον HEC-HMS

- Αριθμός υπολεκανών: 137
- Αριθμός κλάδων: 86
- Αριθμός κόμβων: 88
- Αριθμός ταμιευτήρων: 2

Γενικές αρχές υδρολογικής προσομοίωσης

- Ημικατανεμημένη σχηματοποίηση λεκάνης → διαμόρφωση δικτύου κόμβων, κλάδων και υπολεκανών
- **Χρονικά μεγέθη** προσομοίωσης:
 - Διάρκεια βροχής: 3 ημέρες
 - Διάρκεια προσομοίωσης: 5 ημέρες
 - Χρονικό βήμα: 15 λεπτά
- Φόρτιση υπολεκανών: **συνθετικά επεισόδια βροχής**, με πέντε διαφορετικά **χρονικά προφίλ**
- Βασική υδρολογική παράμετρος: **αριθμός καμπύλης απορροής (CN)**, εξαρτώμενος από την υδατοπερατότητα, την κάλυψη χρήσεων γης και την κλίση
- Συνθήκες αρχικής εδαφικής υγρασίας: τυχαία μεταβαλλόμενες, με βάση την αθροιστική βροχόπτωση των προηγούμενων 60 ημερών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης → χειρισμός **μέγιστης δυνητικής κατακράτησης εδάφους** (συνάρτηση του CN) και **βασικής ροής** ως τυχαίων μεταβλητών
- Κατηγοριοποίηση υπολεκανών, με βάση το ανάγλυφο, σε ορεινές, ημιορεινές και πεδινές → διαφοροποίηση **ποσοστού αρχικού ελλείμματος** και **μοναδιαίου υδρογραφήματος (MY)** ανά κλάση
- Εξάρτηση όλων των **χρονικών παραμέτρων** από την βροχόπτωση (φυσική συνέπεια, καθώς η ταχύτητα αυξάνει με την παροχή) → χρόνος ανόδου και χρόνος βάσης MY, χρόνοι ροής κλάδων
- Εμπειρική ψευδο-υδραυλική προσέγγιση για τη **διόδευση των ροών στο υδρογραφικό δίκτυο**

Σενάρια υδρολογικής προσομοίωσης

10 σενάρια συνθηκών αρχικής εδαφικής υγρασίας	Περίοδος επαναφοράς, T	Επιφανειακό ύψος βροχής 72 ωρών στη λεκάνη (mm)	Χρονικό προφίλ κατανομής βροχής
Τελείως ξηρές συνθήκες έως τελείως υγρές συνθήκες	T = 20 έτη	160.0	Alternating block
	T = 50 έτη	199.6	Huff1
	T = 100 έτη	234.2	Huff2
	T = 200 έτη	273.3	Huff3
	T = 1000 έτη	385.6	Huff4

Πλήθος υδρολογικών σεναρίων: 250

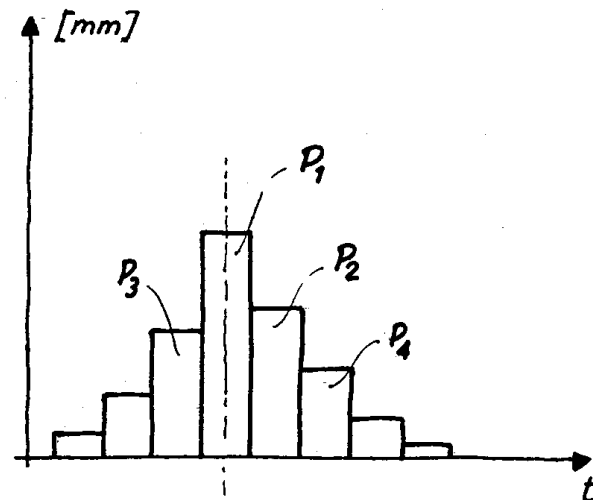
5 περίοδοι επαναφοράς → 15 λεπτά ύψη βροχής στις υπολεκάνες με βάση τις όμβριες καμπύλες

×

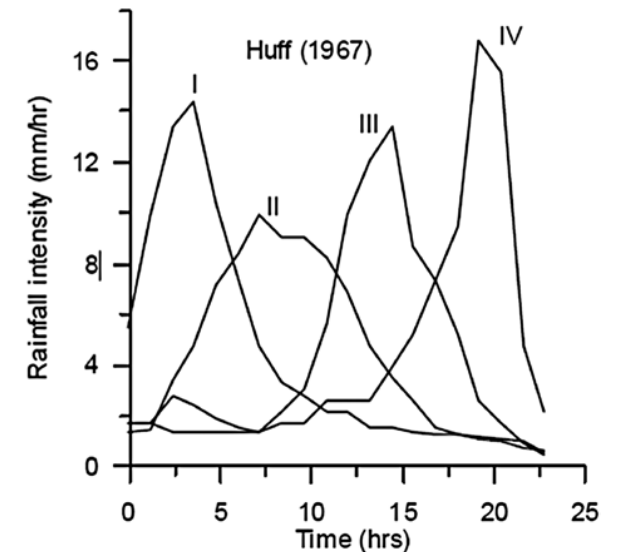
5 χρονικά προφίλ → κατανομή υψών βροχής διάρκειας 72 ωρών

×

10 σενάρια αρχικής εδαφικής υγρασίας → παράμετρος CN & βασική ροή υπολεκανών



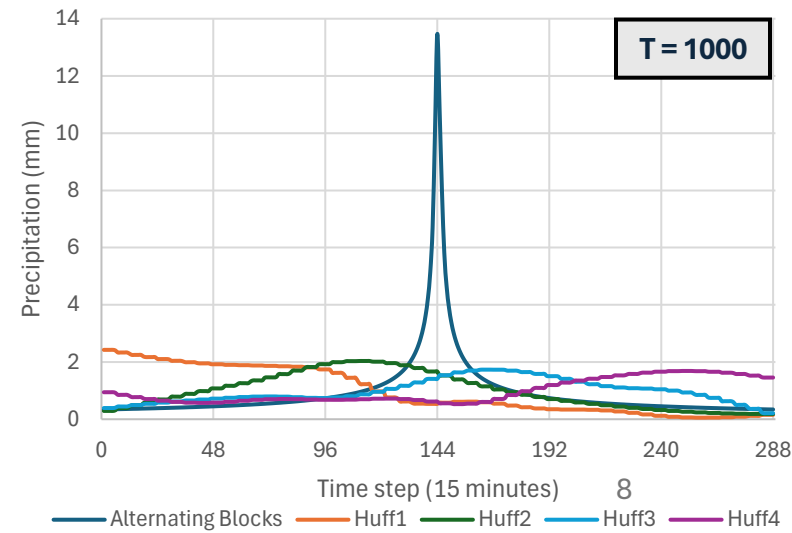
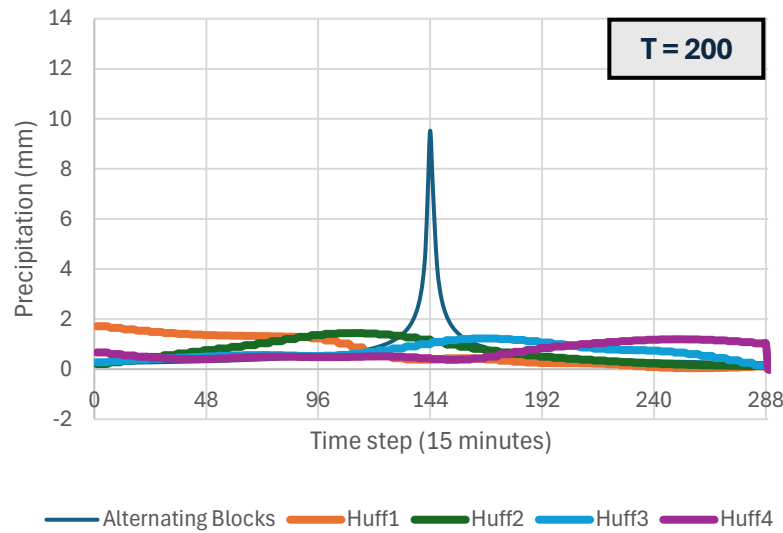
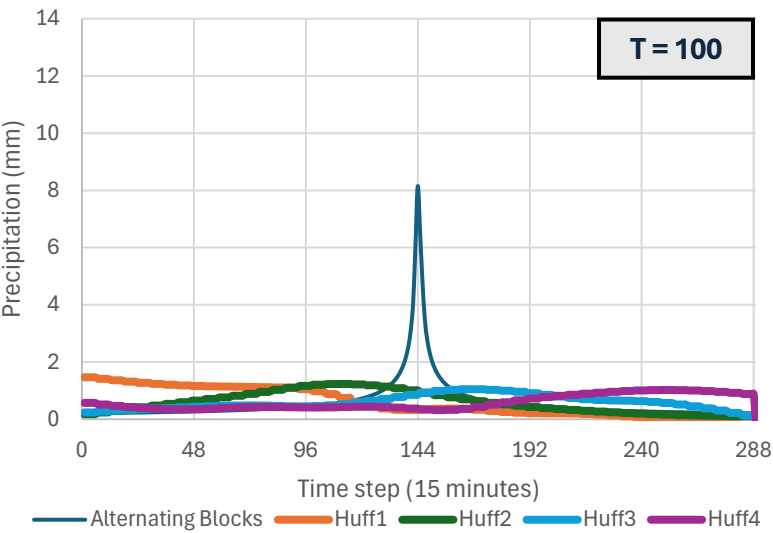
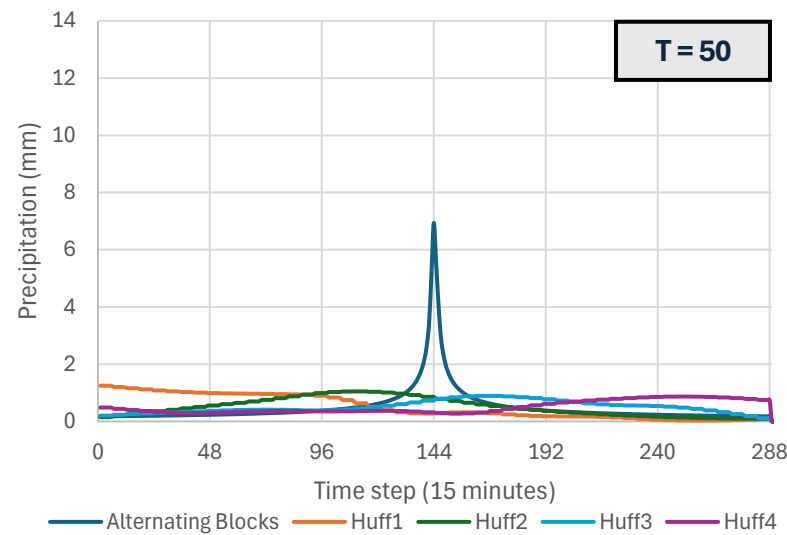
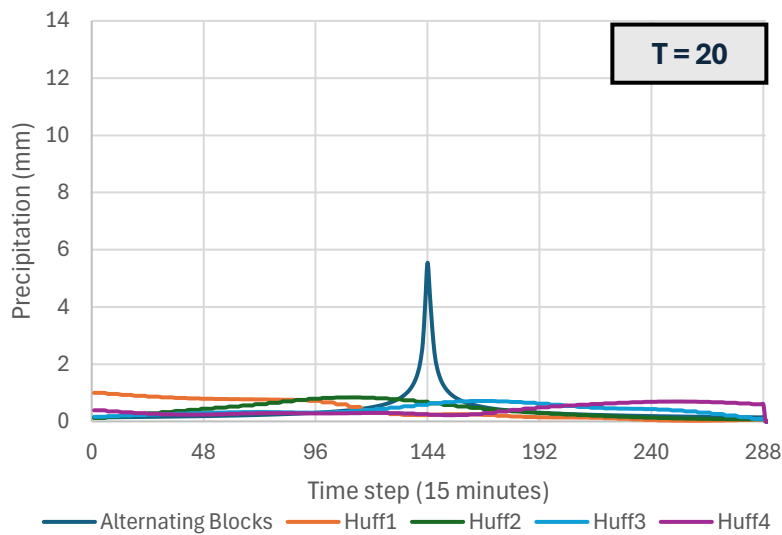
Alternating block (ETH Zurich, 2017)



Huff distribution method (IWA, 2018)

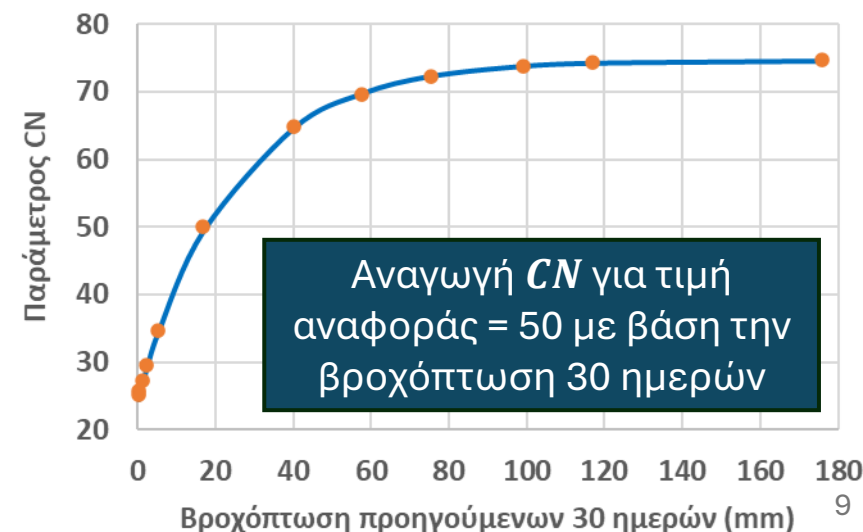
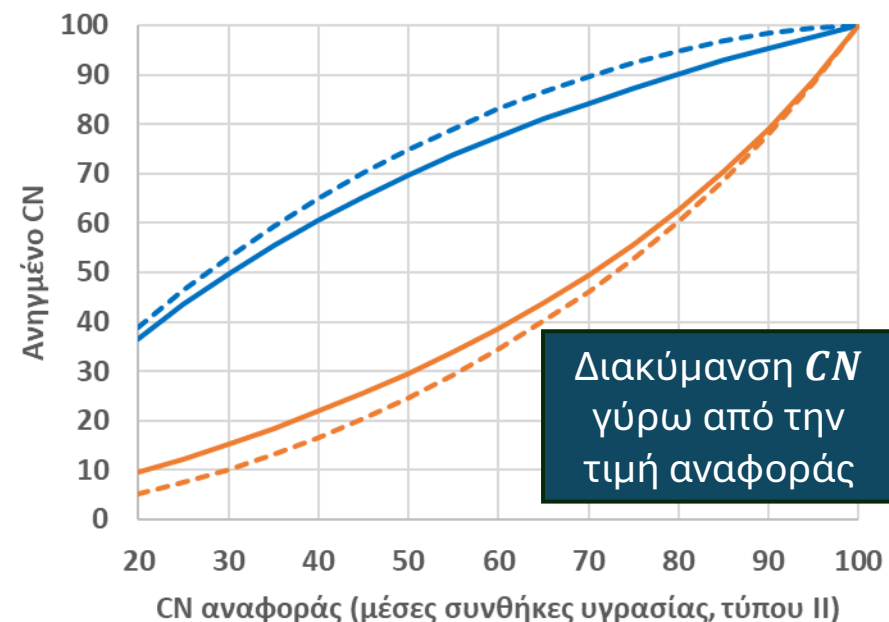
Υετογραφήματα εισόδου διαφορετικών χρονικών προφίλ

Διαφορετικά προφίλ κατανομής βροχής στην λεκάνη BA1 για κάθε περίοδο επαναφοράς



Αναπαράσταση συνθηκών αρχικής υγρασίας εδάφους

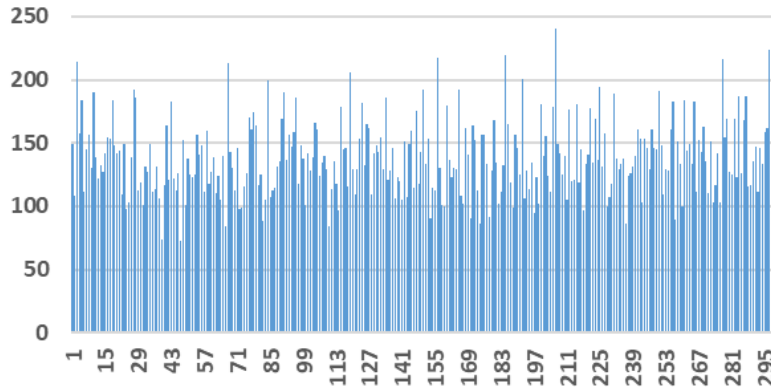
- ❑ **Τυπική προσέγγιση:** Εκτίμηση παραμέτρου CN για μέσες συνθήκες υγρασίας (τύπος II), και αναγωγή της για ξηρές και υγρές συνθήκες (τύπος I και III), με βάση τη βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών (στην Ελλάδα, συχνά μηδενική → μη προσδιορίσιμες συνθήκες)
- ❑ Εμπειρικές σχέσεις της SCS από δεδομένα πεδίου σε μικρές αγροτικές λεκάνες, που αντιστοιχούν στο 10 και 90% ποσοστημόριο του δείγματος των δεδομένων
- ❑ **Πιθανοτική προσέγγιση:** Επέκταση πέραν των τριών διακριτών τύπων, μέσω γενικευμένης πιθανοτικής σχέσης που θεωρεί το CN ως συνεχή τυχαία μεταβλητή, εκτιμώμενη με βάση την αθροιστική βροχόπτωση δεδομένης διάρκειας (στην περιοχή μελέτης θεωρείται η βροχόπτωση των προηγούμενων 30 ημερών)
- ❑ Θεώρηση **10 συνθηκών υγρασίας**, που αντιστοιχούν σε πιθανότητες μη υπέρβασης 1% (πλήρως ξηρές), 10% (τύπος I), 25%, 40%, 50% (τύπος II), 60%, 75%, 85%, 90% (τύπος III), και 99% (πλήρως υγρές)



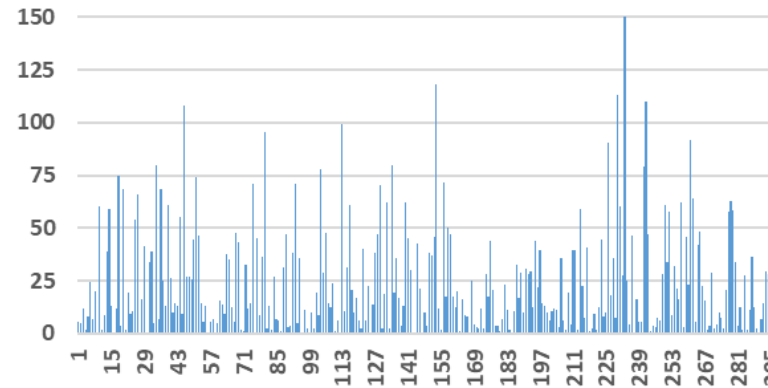
Επίδραση συνθηκών αρχικής υγρασίας στην παραγωγή απορροής

Παράδειγμα: Υπολεκάνη BA12_1 ($CN = 60.7$, για μέσες συνθήκες υγρασίας, ποσοστό αρχικών ελλειμμάτων 5%)

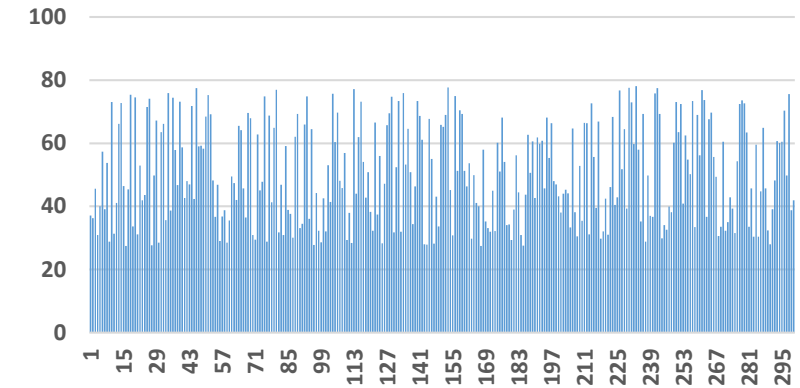
Βροχόπτωση διάρκειας 72 ωρών



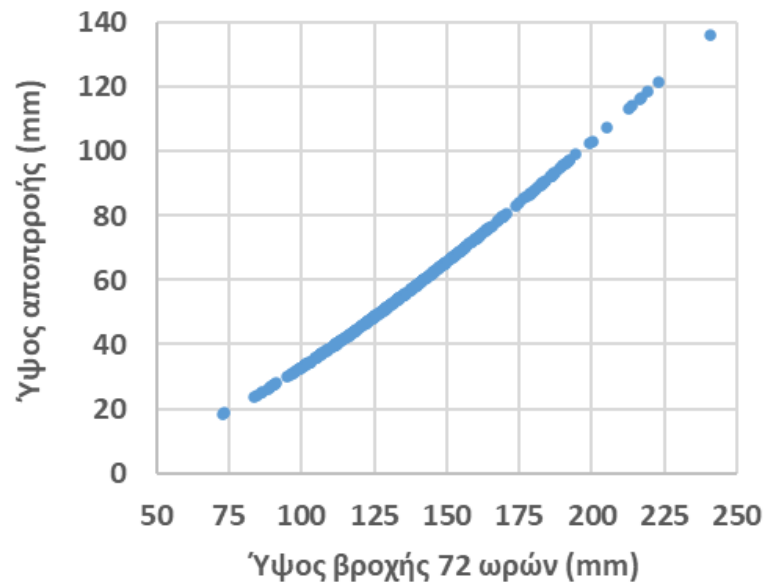
Προηγούμενη βροχόπτωση 30 ημερών



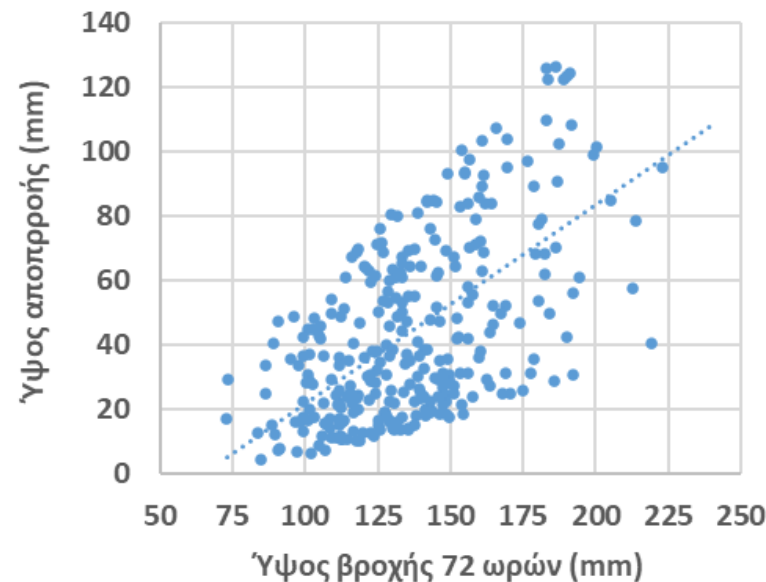
Αριθμός καμπύλης απορροής



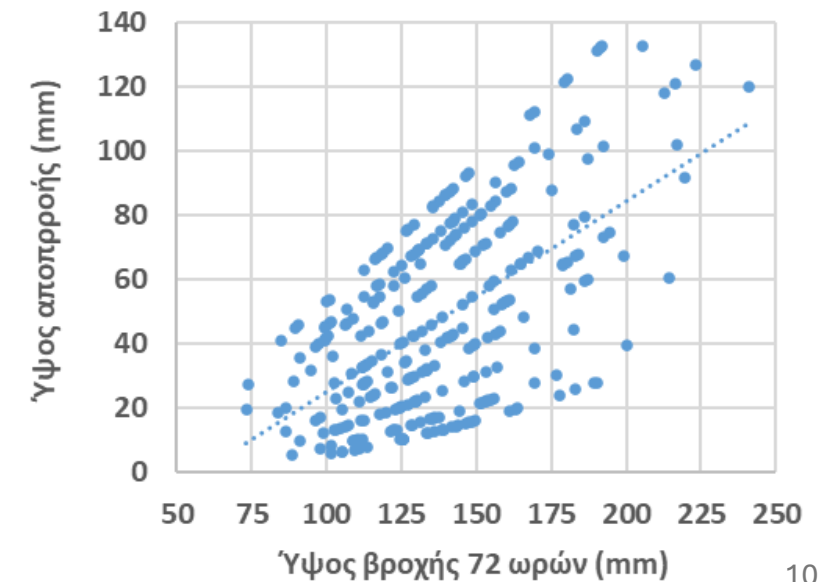
Σταθερό CN



Μεταβλητό CN

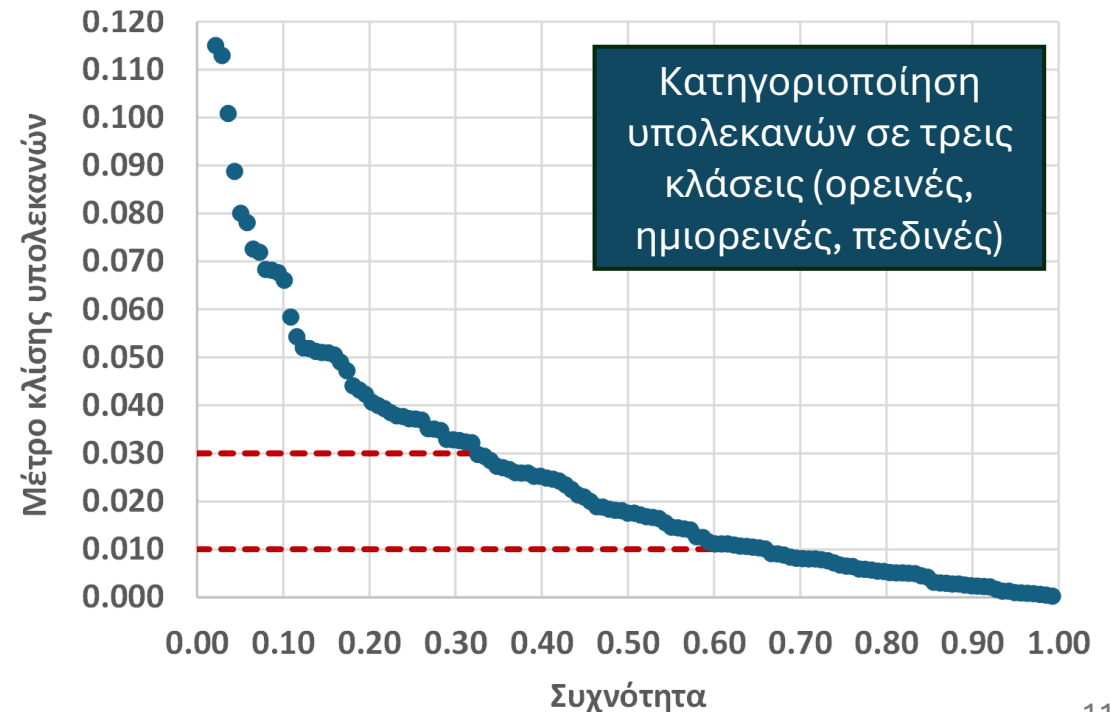
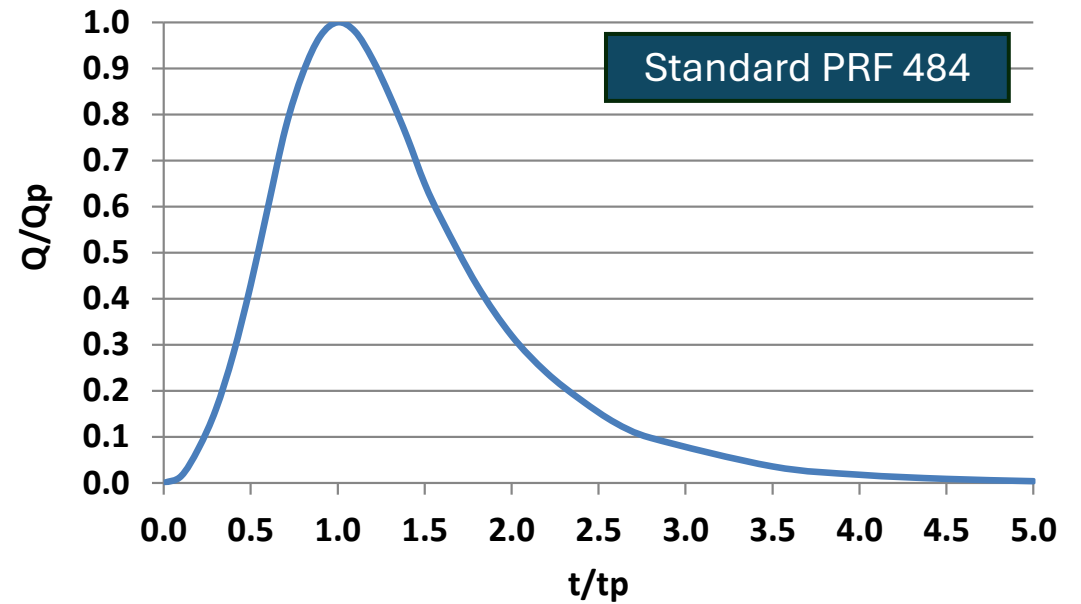


Μεταβλητό CN (10 συνθήκες υγρασίας)



Μετασχηματισμός βροχόπτωσης σε πλημμυρογράφημα εξόδου

- ❑ Υετογράφημα υπολεκάνης διάρκειας 72 ωρών → χρονοσειρά υψών απορροής
 - Μέθοδος NRCS-CN
 - Αρχικά ελλείμματα: 5% (ορεινές και ημιορεινές υπολεκάνες) και 20% (πεδινές υπολεκάνες)
- ❑ Μετασχηματισμός απορροής σε πλημμυρογράφημα στον κόμβο εξόδου κάθε υπολεκάνης με τη μέθοδο του μοναδιαίου υδρογραφήματος (MY)
- ❑ ΣΔΚΠ: γενική εφαρμογή του Standard PRF 484, με χρόνο βάσης = $5 \times$ χρόνος ανόδου
- ❑ Παρούσα προσέγγιση: πιο εξομαλυσμένα MY σε ημιορεινές και πεδινές υπολεκάνες (ανάσχεση λόγω αναγλύφου)
- ❑ Κατηγοριοποίηση υπολεκανών σε τρεις κλάσεις αναγλύφου με βάση ένα μέτρο κλίσης



Διόδευση πλημμυρογραφημάτων στο υδρογραφικό δίκτυο

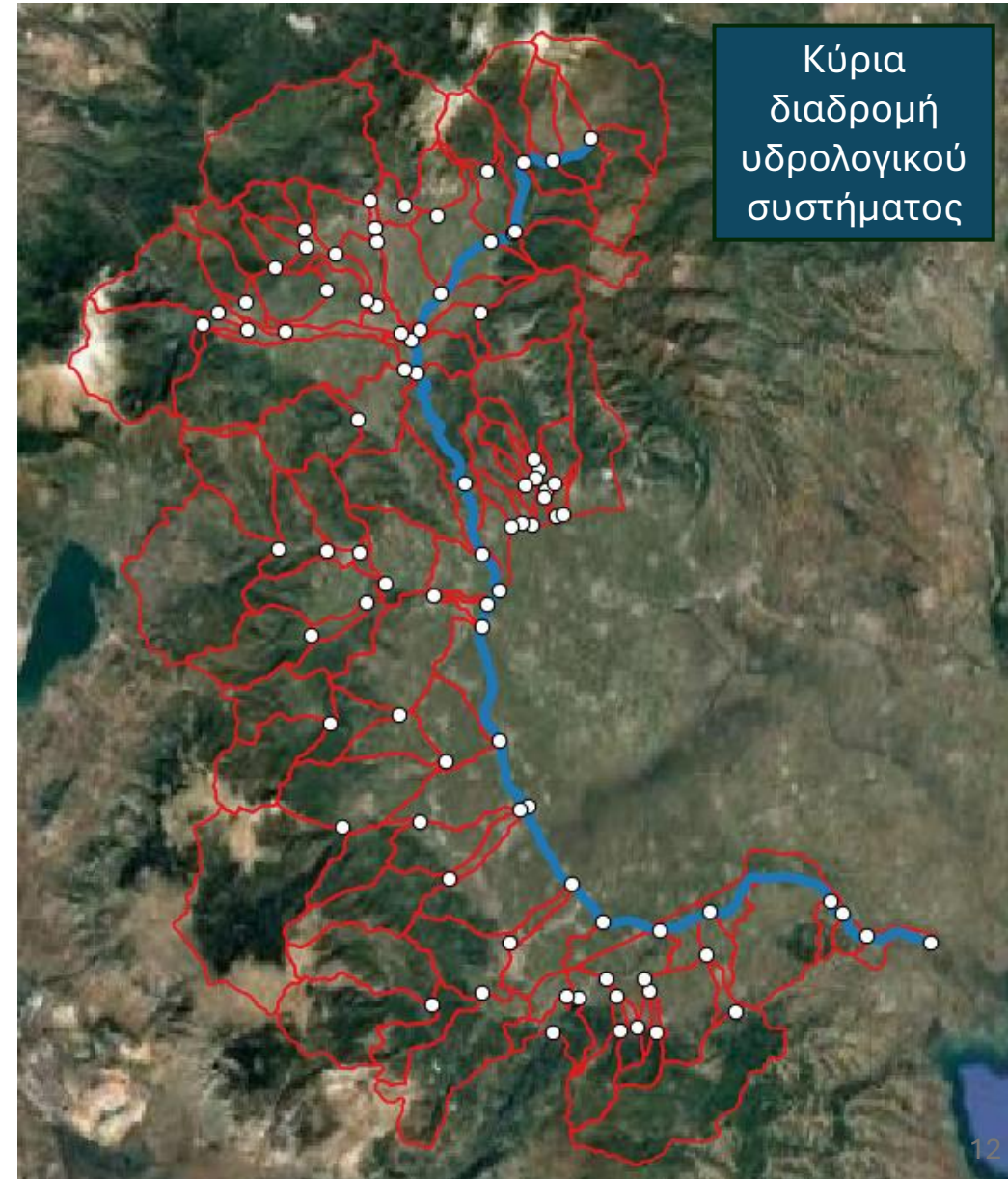
- ❑ Μοντέλο διόδευσης: μέθοδος Muskingum (πεδινά τμήματα) ή κινηματικού κύματος (κλίσεις >1%)
- ❑ Θεμελιώδης απαίτηση: διατήρηση **εσωτερικής συνέπειας διαδικασίας διόδευσης** (χρόνος συγκέντρωσης συνολικής λεκάνης = χρόνος συγκέντρωσης πλέον ανάντη υπολεκάνης + χρόνος ροής στην κύρια διαδρομή)
- ❑ Αντιστοίχιση **χρόνων ροής** στους κλάδους, με χρήση της σχέσης του Manning για την εκτίμηση της ταχύτητας:

$$t_i = \frac{L_i}{V_i} = \frac{n_i L_i}{c J_i^{1/2}}$$

όπου $c = R_i^{2/3}$ καθολική παράμετρος του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης, που εκτιμάται ως:

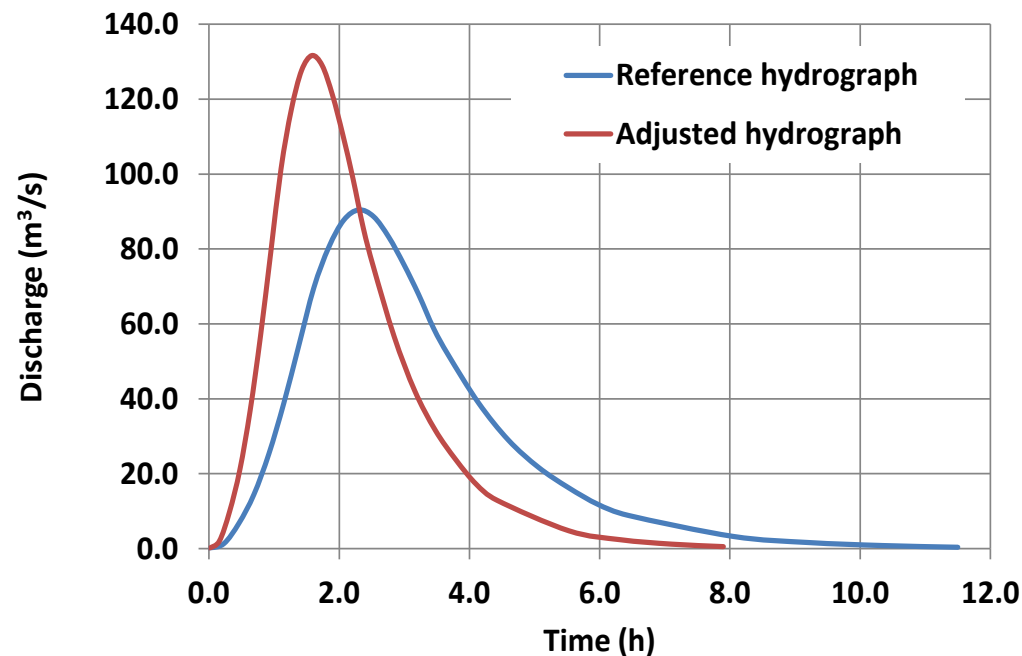
$$c = \frac{1}{t_c - t_u} \left(\frac{n_1 L_1}{J_1^{1/2}} + \frac{n_2 L_2}{J_2^{1/2}} + \dots + \frac{n_N L_N}{J_N^{1/2}} \right)$$

όπου t_c ο χρόνος συγκέντρωσης της όλης λεκάνης και t_u ο χρόνος ροής της πλέον ανάντη υπολεκάνης.



Επίδραση μεγέθους βροχής στα χρονικά μεγέθη της προσομοίωσης

- ❑ Βασική υπόθεση: αύξηση ύψους βροχής → αύξηση παραγόμενης απορροής → αύξηση παροχής → αύξηση ταχύτητας ροής στο έδαφος και στο υδρογραφικό δίκτυο → μείωση χρόνων επίγειας και ποτάμιας ροής
- ❑ Χρονικά μεγέθη προσομοίωσης:
 - Χρόνοι συγκέντρωσης συνολικής λεκάνης & υπολεκανών
 - Χρόνοι ανόδου και χρόνος βάσης μοναδιαίων υδρογραφημάτων
 - Χρόνοι ροής στους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου



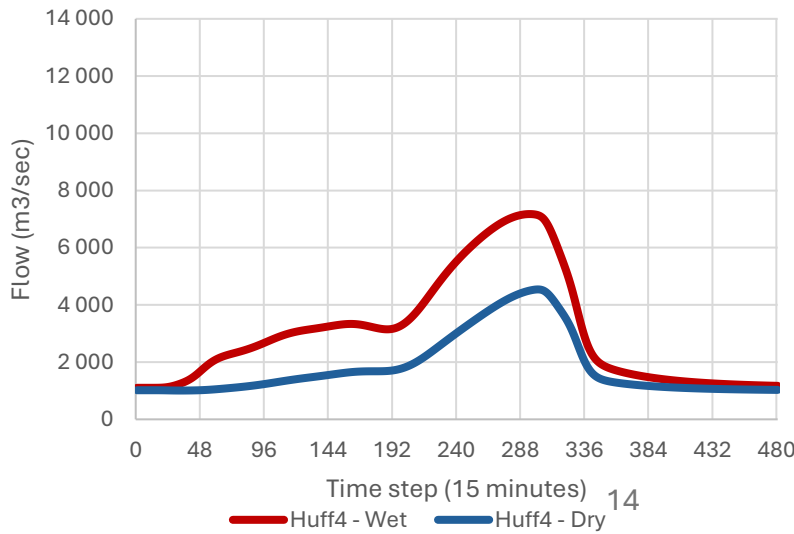
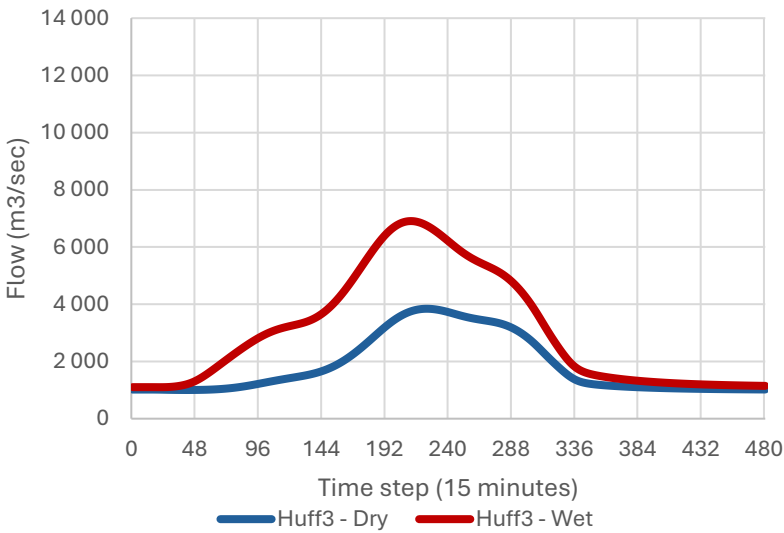
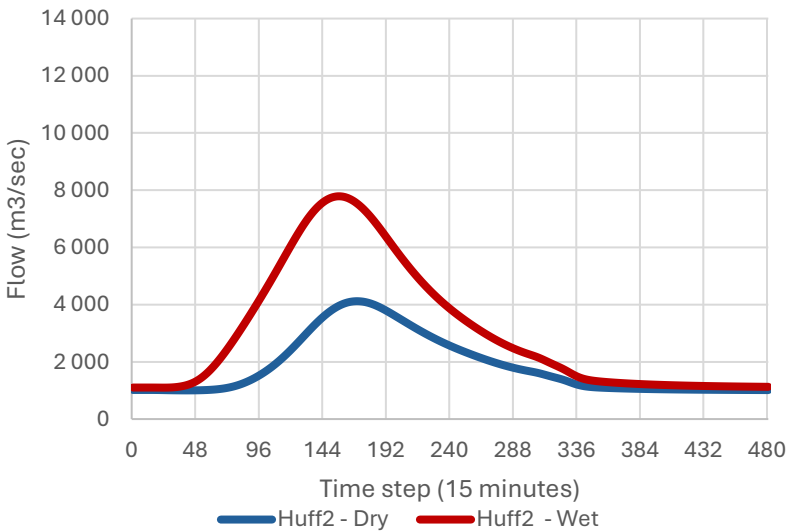
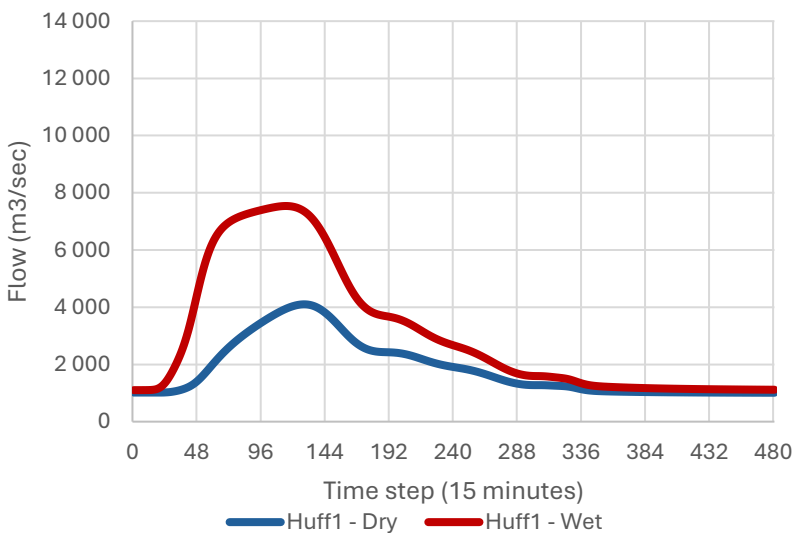
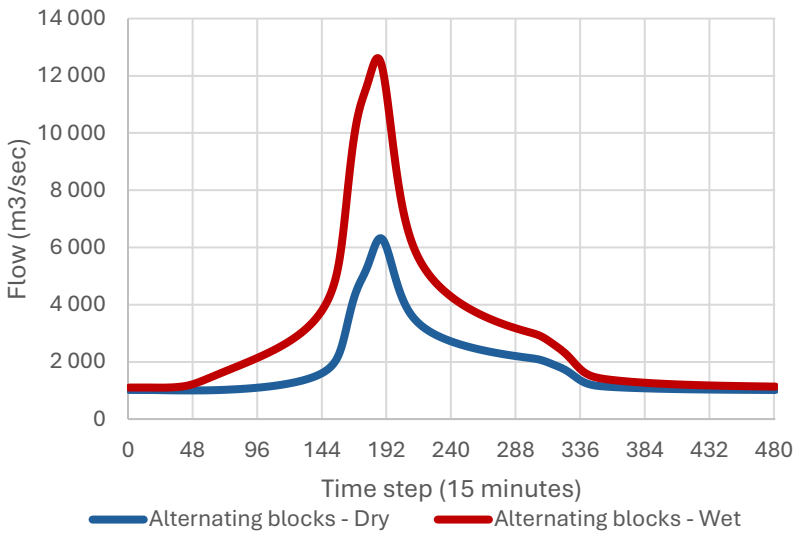
- ❑ Εμπειρική αναγωγή χρόνου συγκέντρωσης κατά Giandotti, με βάση την βροχή περιόδου επαναφοράς πέντε ετών:

$$t_c(T) = t_c^* \sqrt{h(5)/h(T)}$$

Περίοδος επαναφοράς (έτη)	Ύψος βροχής 24 h (mm)		Χρόνος συγκέντρωσης (h)		Χρόνος ροής κύριας διαδρομής (h)
	Συνολική λεκάνη	Ανάντη υπολεκάνη	Συνολική λεκάνη	Ανάντη υπολεκάνη	
5	111.0	107.3	22.36	2.88	19.48
20	159.6	153.5	18.64	2.41	16.24
50	199.1	191.0	16.69	2.16	14.53
100	233.7	223.8	15.41	1.99	13.42
200	272.8	261.0	14.26	1.85	12.42
1000	384.8	367.4	12.01	1.56	10.45

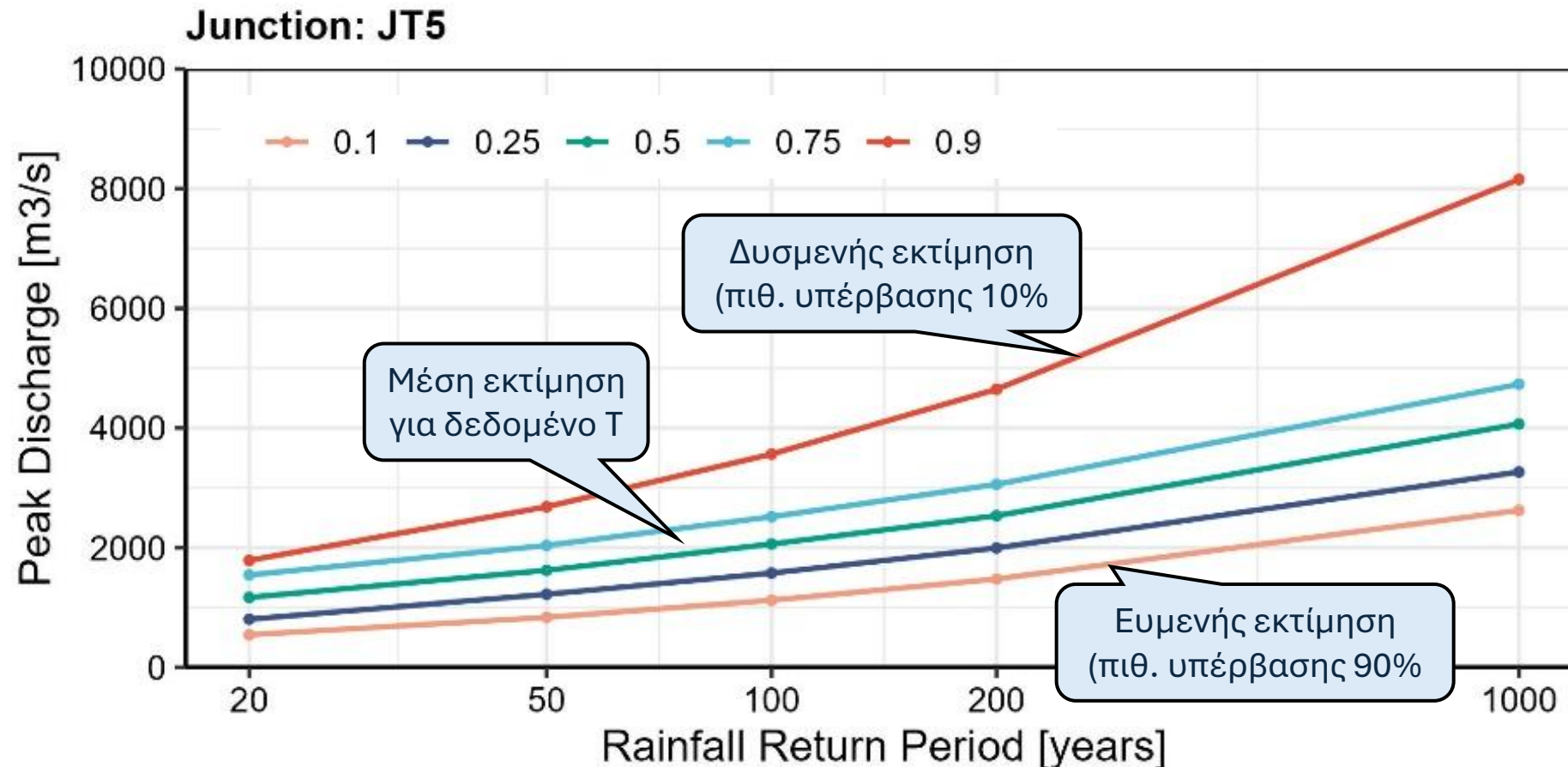
Συνδυαστική επίδραση συνθηκών αρχικής εδαφικής υγρασίας & χρονικών προφίλ βροχόπτωσης στα πλημμυρογραφήματα

Σύγκριση πλημμυρογραφημάτων στον κόμβο εξόδου για $T = 1000$ έτη, με σύγκριση των πλέον ξηρών και πλέον υγρών συνθηκών αρχικής υγρασίας για κάθε προφίλ κατανομής της βροχής



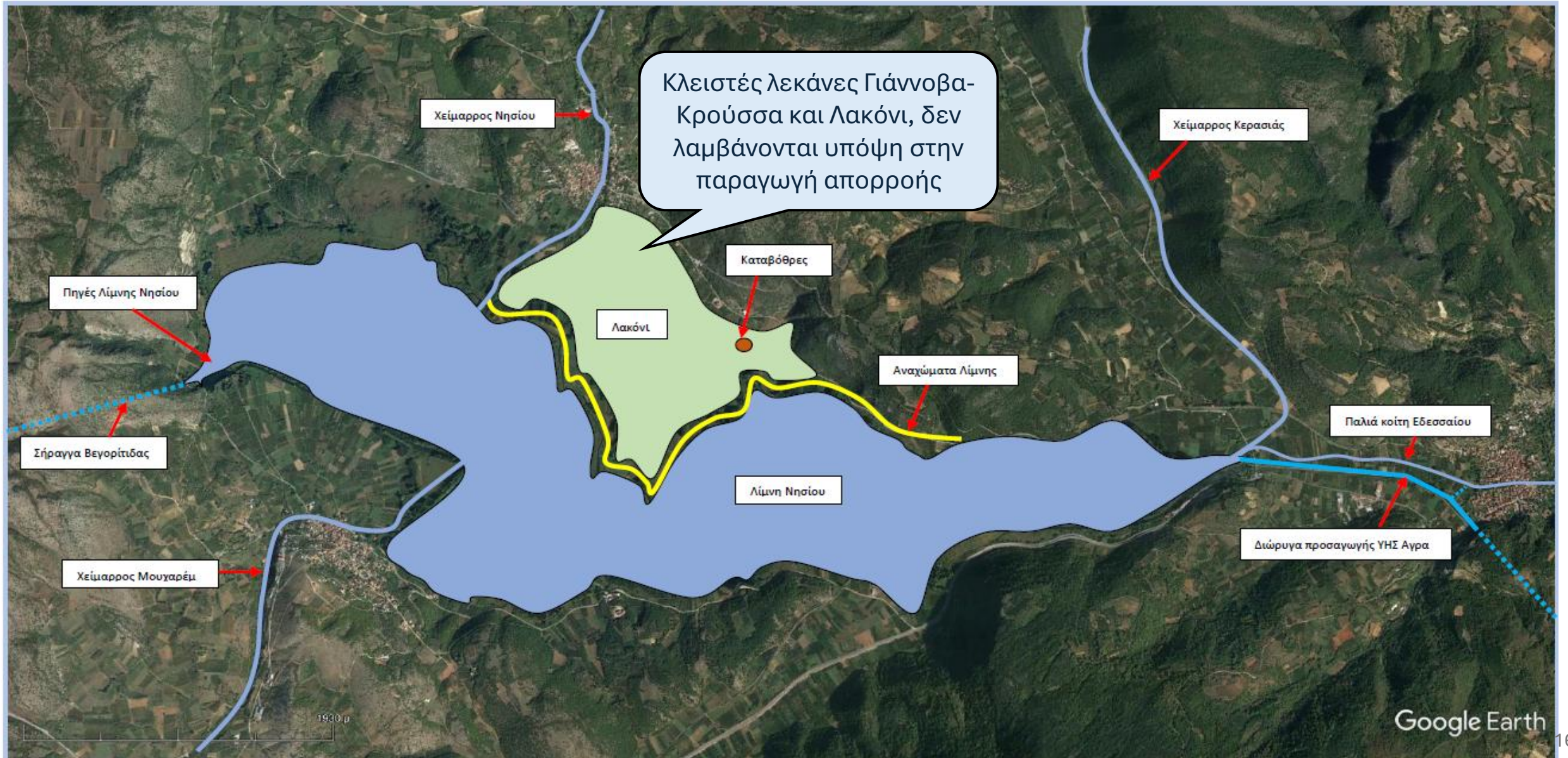
Πιθανοτική ανάλυση προσομοιωμένων υδρολογικών μεγεθών

- ❑ Χαρακτηριστικά μεγέθη ανά κόμβο, κλάδο ή υπολεκάνη: **παροχές αιχμής & πλημμυρικοί όγκοι**
- ❑ Για κάθε **περίοδο επαναφοράς της συνολικής βροχόπτωσης 72 ωρών** στη λεκάνη, με βάση το δείγμα των 50 προσομοιωμένων τιμών, εκτιμώνται πέντε ποσοστημόρια ενδιαφέροντος (10, 25, 50, 75, 90%), λαμβάνοντας την 5η, 12η, 25η, 38η και 45η τιμή του διατεταγμένου δείγματος.



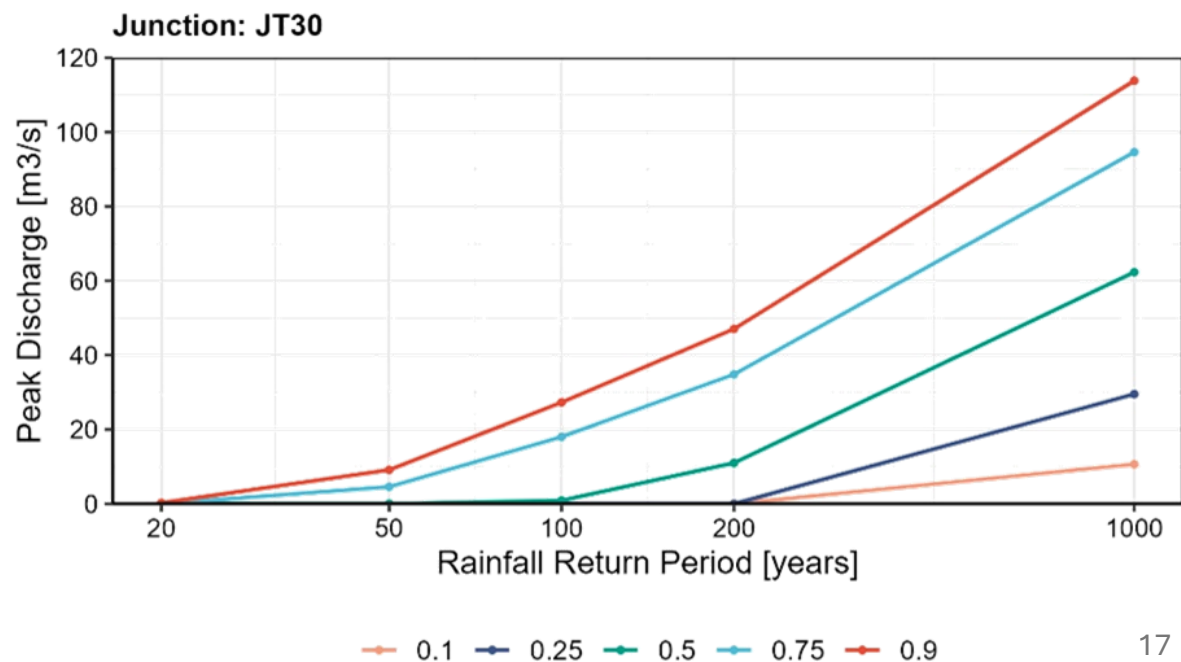
Η συνολική πλημμυρική επικινδυνότητα εκτιμάται ως συνδυαστική πιθανότητα του 72ωρου επιφανειακού ύψους βροχής στη λεκάνη (σε όρους T) και της πιθανότητας που σχετίζεται με το χρονικό προφίλ της βροχής και τις συνθήκες υγρασίας.

Υδροσύστημα Άγρα-Βρυτών-Νησίου



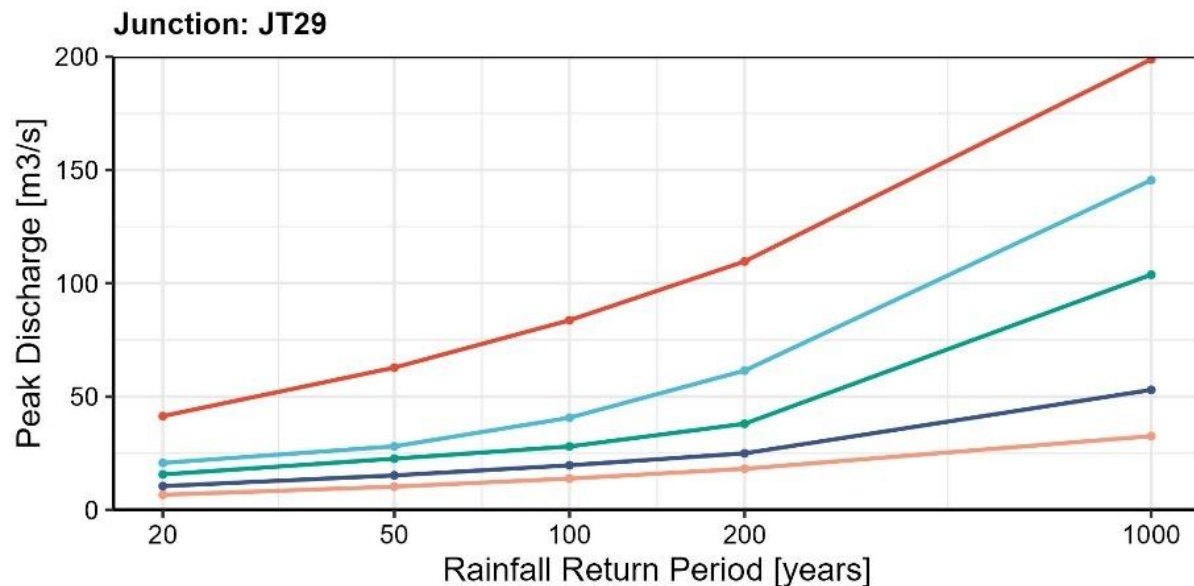
Υπερχειλιστής λίμνης Άγρα-Βρυτών-Νησίου

- ❑ Χαρακτηριστικά μεγέθη υπερχειλιστή: πλάτος 27 m, υψόμετρο στέψης +480.3 m
- ❑ Αρχική στάθμη λίμνης (κοινή για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια): +478.7 m (όση η στέψη του χαμηλού υπερχειλιστή προς ΥΗΣ Άγρα)
- ❑ Κλειστά θυροφράγματα προς ΥΗΣ Άγρα
- ❑ Αποτελέσματα υδρολογικών προσομοιώσεων:
 - Για βροχές περιόδου επαναφοράς έως 20 ετών, η **λίμνη δεν υπερχειλίζει**, ενώ για $T=50$ έτη, η πιθανότητα υπερχειλίσσης είναι ~25%,
 - Για $T=50$ έως 200 έτη, η πραγματοποίηση υπερχειλίσσης ή όχι εξαρτάται από τις συνθήκες αρχικής εδαφικής υγρασίας και το χρονικό προφίλ της βροχόπτωσης.
 - Για ακραίες βροχοπτώσεις ($T=1000$ έτη), γίνεται υπερχειλίσση, με εκροές από 10 έως 110 hm³.



Αναρρυθμιστική δεξαμενή ΥΗΣ Άγρα & κατάντη κοίτη Εδεσσαίου

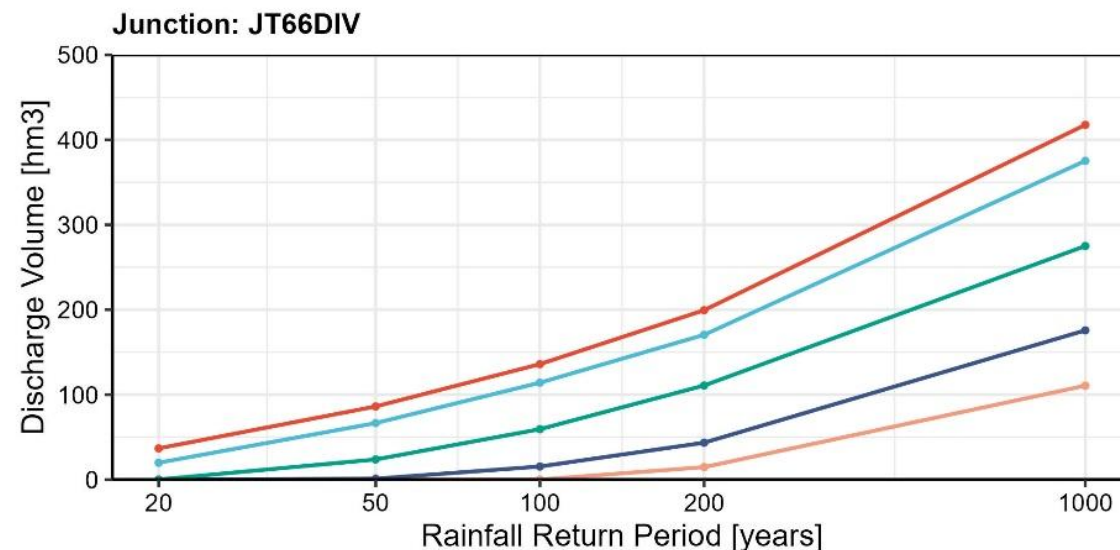
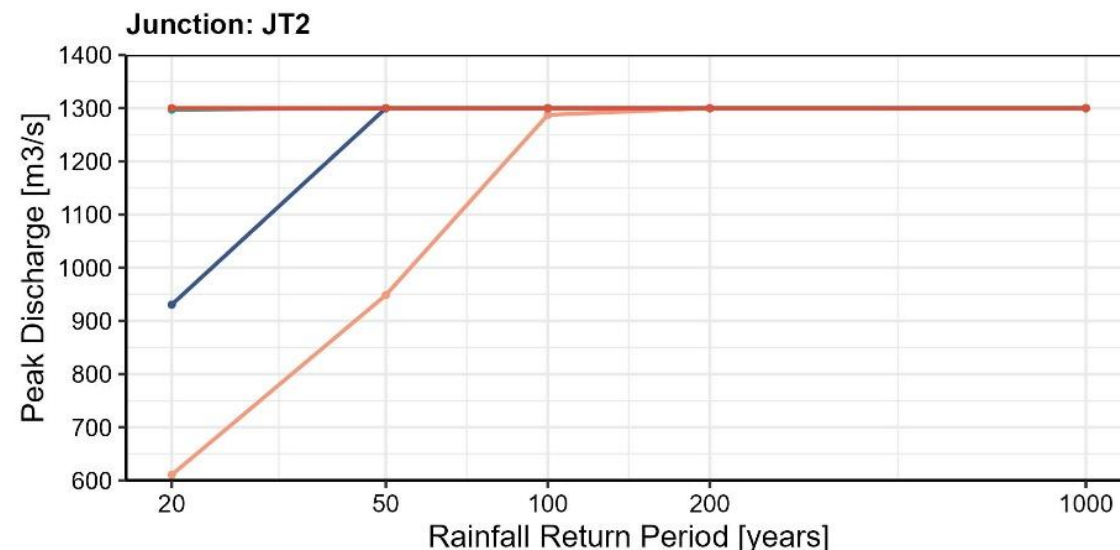
- Η αναρρυθμιστική δεξαμενή του ΥΗΣ δεν αναπαρίσταται, καθώς προκαλεί αμελητέα πλημμυρική ανάσχεση.
- Ακόμη και για τα πιο δυσμενή σενάρια, ο κίνδυνος αστοχίας των έργων υπερχείλισης της δεξαμενής Άγρα είναι μηδενικός (παροχετευτικότητα $250 + 50 = 300 \text{ m}^3/\text{s}$).



- Η παροχετευτικότητα του Εδεσσαίου κατάντη του ΥΗΣ (60 m³/s) επαρκεί για βροχές έως 50 ετών, ενώ η πιθανότητα υπέρβασής της είναι ιδιαίτερα χαμηλή ακόμα και για βροχοπτώσεις 200 ετών.
- Απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση του επιπέδου προστασίας που παρέχει το υφιστάμενο σύστημα αντιπλημμυρικής προστασίας **εντός της Έδεσσας**.

Περιφερειακή Τάφρος T66

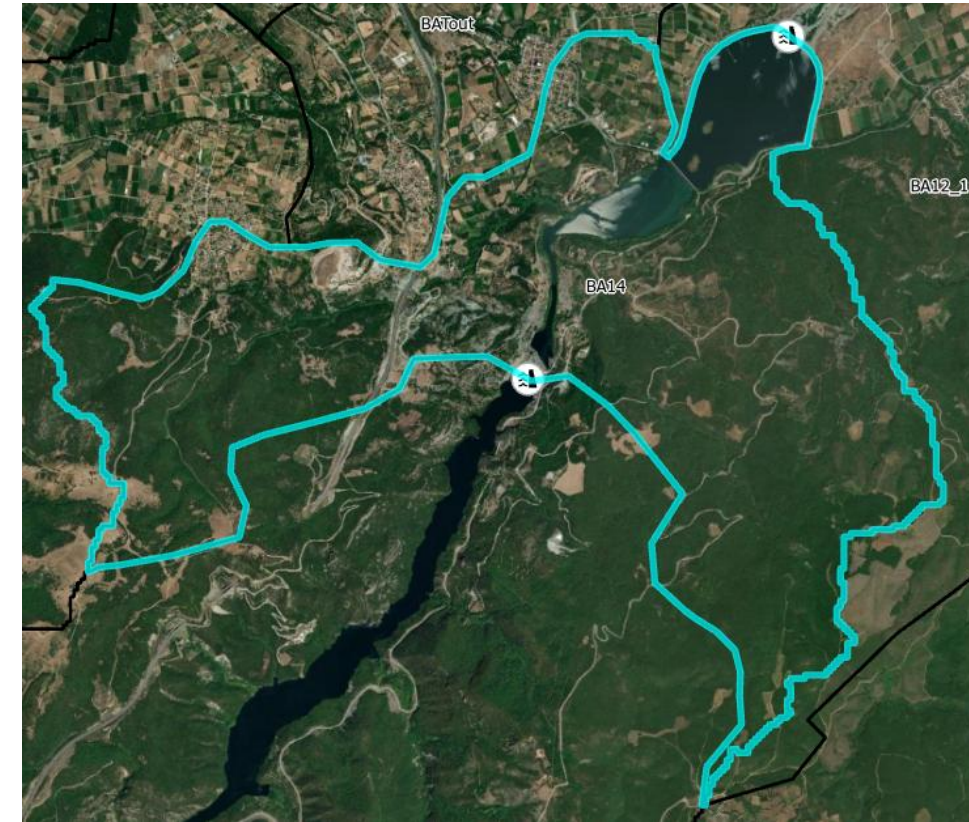
- Ελέγχονται οι πλημμυρικές παροχές κατά μήκος της T66, σε σχέση με την παροχετευτικόότητά της ($1300 \text{ m}^3/\text{s}$ στα χαμηλά τμήματα, μικρότερη πιο ανάντη).
- Μεθοδολογικός χειρισμός: θεώρηση **εννοιολογικού κόμβου εκτροπής** στο ύψος του Μακροχωρίου
- Για δυσμενείς συνθήκες, η παροχετευτικότητα της T66 εξαντλείται ακόμα και για βροχοπτώσεις 20 ετών, και μάλιστα ήδη από τα πλέον ανάντη τμήματά της.
- Για $T = 50$ έτη και μέσες συνθήκες, η T66 επαρκεί οριακά ως τη συμβολή της με τον Εδεσσαίο, ενώ εξαντλείται μετά τη συμβολή και του χειμάρρου Αραπίτσα.
- Για $T = 50$ έτη και μέσες υδρολογικές συνθήκες, οι υπερχειλίσσεις κατά μήκος της T66 εκτιμώνται σε 25 hm^3 , ενώ για $T = 1000$ έτη ανέρχονται σε 275 hm^3 .



Η T66 δρα ιδιαίτερα ανακουφιστικά ως προς τον πλημμυρικό κίνδυνο του κάτω ρου του Αλιάκμονα, λόγω της περιορισμένης της παροχετευτικότητας όσο και επειδή εξομαλύνει σημαντικά τις πλημμυρικές αιχμές, καθώς αυτές διοδεύονται κατά μήκος αυτής. Αντίθετα, όλη η παρόχθια ζώνη διέπεται από πολύ υψηλό κίνδυνο.

Αναρρυθμιστικός ταμιευτήρας Αγ. Βαρβάρας

- Παροχές εισροής στον ταμιευτήρα:
 - Πλημμυρογράφημα τοπικής υπολεκάνης (υδρολογικά σενάρια).
 - Ελεγχόμενη σταθερή παροχή διαμέσου του υπερχειλιστή και των στροβίλων του ταμιευτήρα Ασωμάτων (διαχειριστικά σενάρια)
- Παραδοχές υδρολογικής προσομοίωσης:
 - Αναπαράσταση ελεγχόμενων εισροών από τον ταμιευτήρα Ασωμάτων ως ισοδύναμη βασική ροή της τοπικής υπολεκάνης του ταμιευτήρα Αγ. Βαρβάρας.
 - Διόδευση μέσω του συστήματος υπερχείλισης, θεωρώντας πλήρως ανοιχτά θυροφράγματα και λειτουργία τύπου ελεύθερου υπερχειλιστή, πλάτους 32.2 m (= ολικό πλάτος θυροφραγμάτων) και συντελεστή παροχής $C = 2.30$, με τον οποίο επαληθεύεται η παροχή σχεδιασμού των 1520 m³/s.
 - Προσδιορισμός κατάλληλης αρχικής στάθμης προκειμένου να υλοποιείται η επιθυμητή σταθερή εκροή.

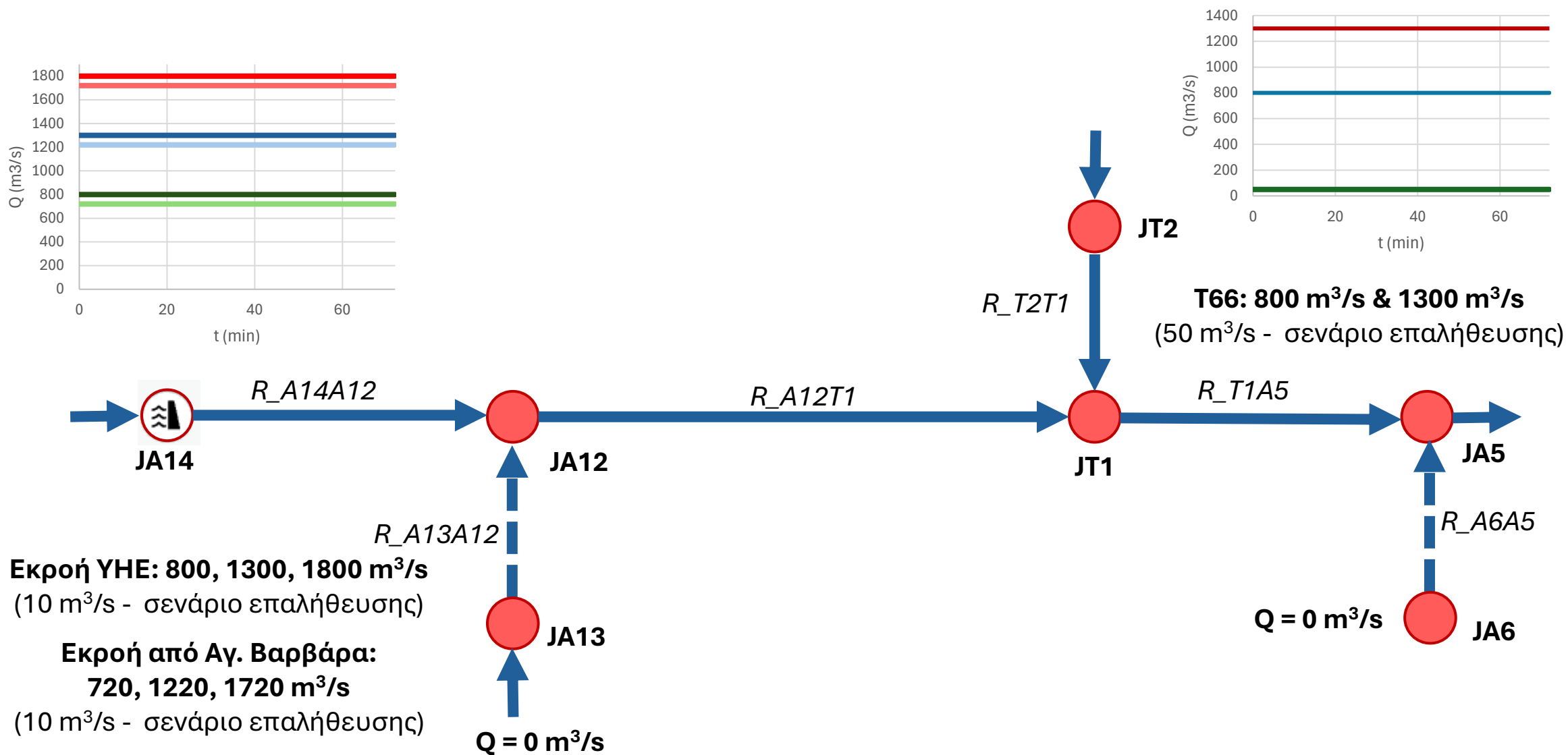


- Παροχή σχεδιασμού εκχειλιστή: 1520 m³/s
- 5 θυροφράγματα διαστάσεων 6.44x 7.45 m
- Υψόμετρο στέψης εκχειλιστή: +35.0 m
- Ανώτατη στάθμη λειτουργίας: +42.0 m
- Ανώτατη στάθμη πλημμύρας: +42.5 m
- Υψόμετρο στέψης φράγματος: +43.5 m

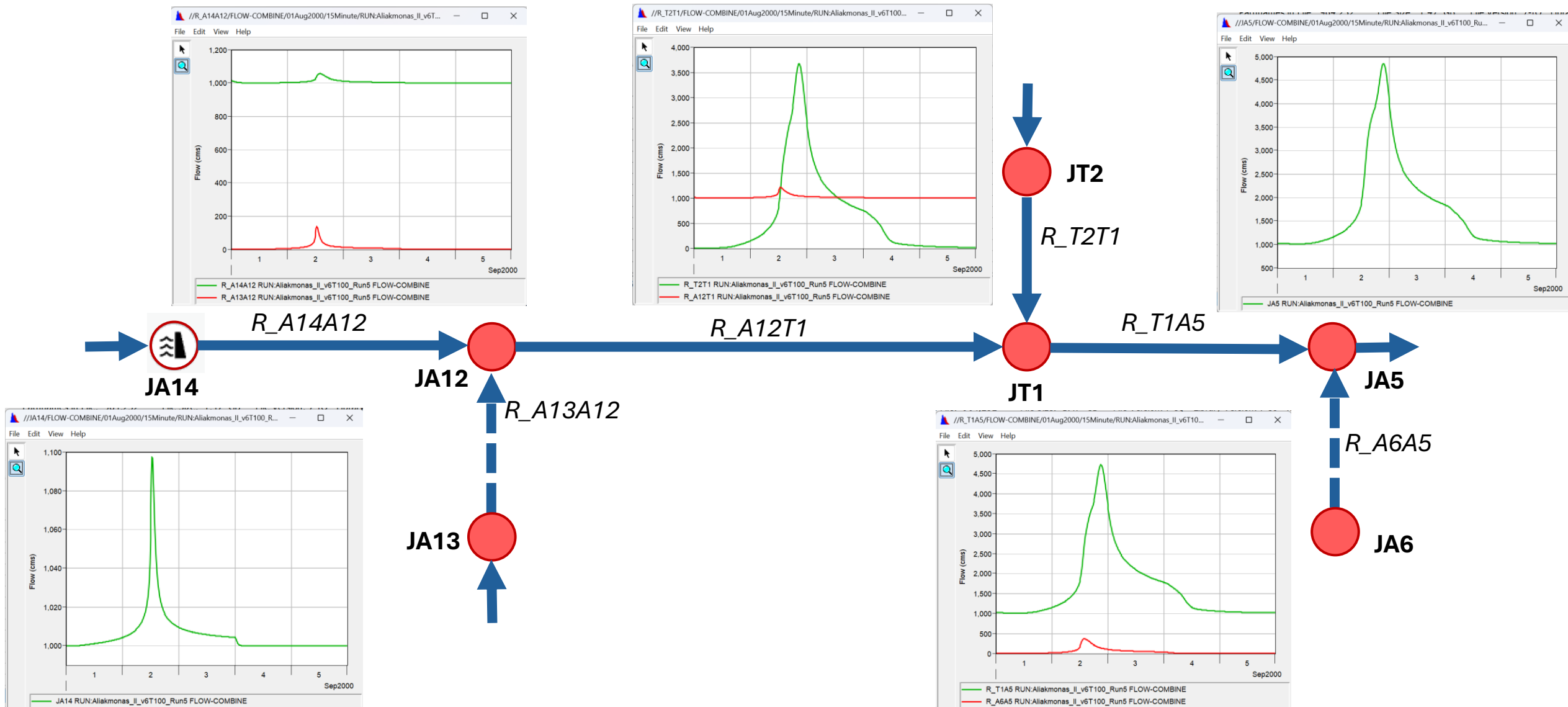
Προσομοίωση κύριου κλάδου κάτω ρου Αλιάκμονα

- **Απλοποιητική προσέγγιση** ερευνητικού έργου «Ανάπτυξη υπολογιστικής υποδομής για την υδροδυναμική προσομοίωση του υδροσυστήματος κατάντη του φράγματος Ασωμάτων» (**Αλιάκμονας I**):
 - Μονοδιάστατη (1D) υδροδυναμική προσομοίωση σε συνθήκες μόνιμης ροής
 - Οριακές συνθήκες: εκροή 800 & 1300 m³/s από την T66 + τέσσερα σενάρια εκροής από ΥΗΕ Ασωμάτων
 - Μηδενικές εισροές από το λοιπό υδρογραφικό δίκτυο
- **Ακριβέστερη προσέγγιση παρόντος έργου (Αλιάκμονας II)**:
 - Συζευγμένη (coupled, 1D/2D) υδροδυναμική προσομοίωση, σε συνθήκες μη μόνιμης ροής
 - *Οριακές συνθήκες*: προσομοιωμένα πλημμυρογραφήματα σε όλους τους κόμβους κατά μήκος του κύριου κλάδου, από το φράγμα Αγ. Βαρβάρας έως τις εκβολές
 - 9 υδρολογικά σενάρια, σε αντιπαραβολή με 5 σενάρια εκροής από ΥΗΕ Ασωμάτων (σύνολο 45 σενάρια):
 - Συνδυασμός τριών περιόδων επαναφοράς της βροχοπτώσης (**T = 50, 100, 1000 έτη**) και τριών συνθηκών αρχικής υγρασίας (**ξηρών, μέσων, υγρών**)
 - Υετογραφήματα με τη μέθοδο των **εναλλασσόμενων μπλοκ**
 - Παροχές εκροής μέσω του ταμιευτήρα Ασωμάτων: **0, 300, 600, 900 και 1300 m³/s** (μηδενική εκροή → σενάριο βάσης, εκροή από ΥΗΣ Αγ. Βαρβάρας ίση με την οικολογική παροχή των 4.5 m³/s)
 - Προσωρινή εκτροπή **80 m³/s** μέσω της Διώρυγας Α0 και του ΜΥΗΣ Μακροχωρίου II

Υδροδυναμική προσομοίωση στο πλαίσιο του έργου Αλιάκμονας I

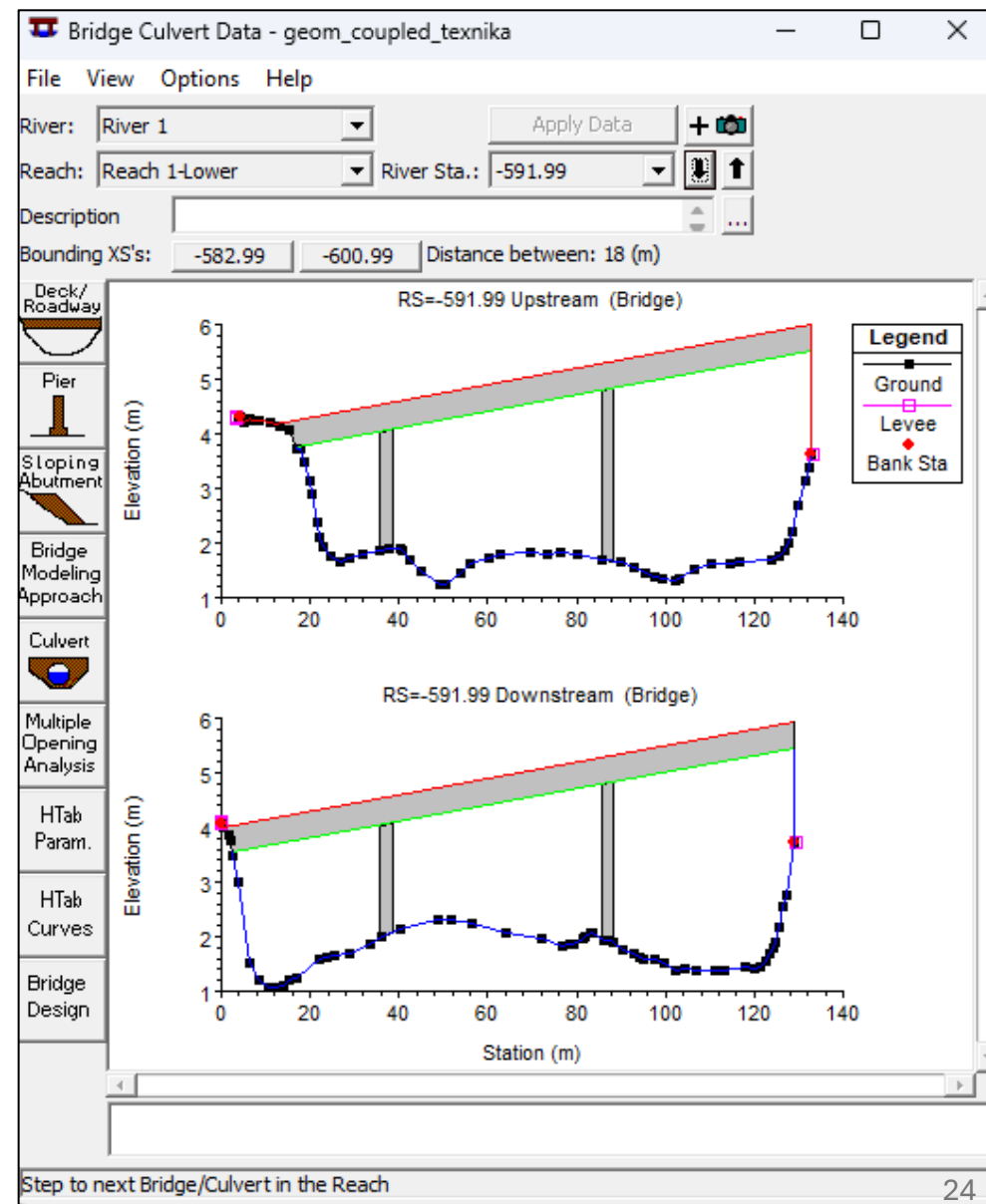


Υδροδυναμική προσομοίωση στο πλαίσιο του έργου Αλιάκμονας II



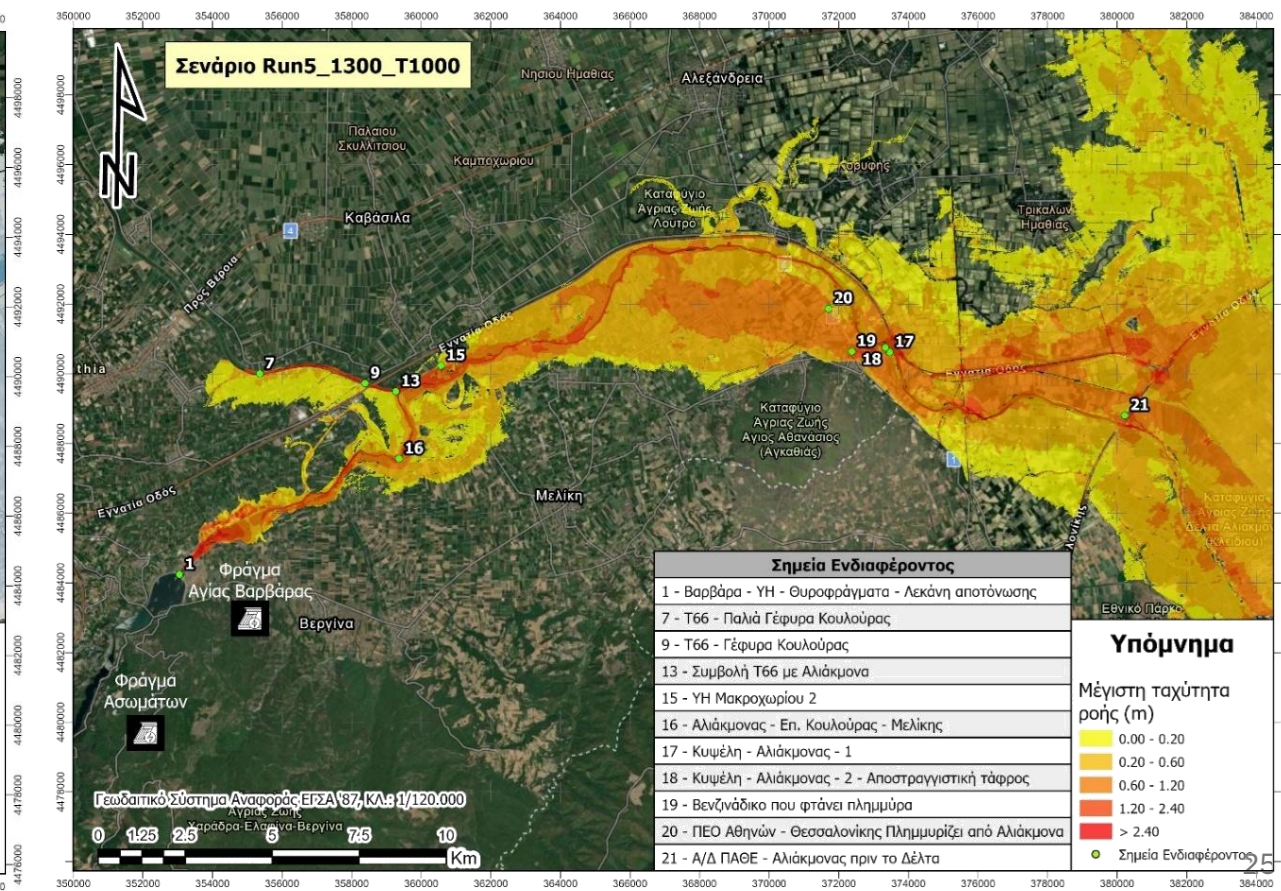
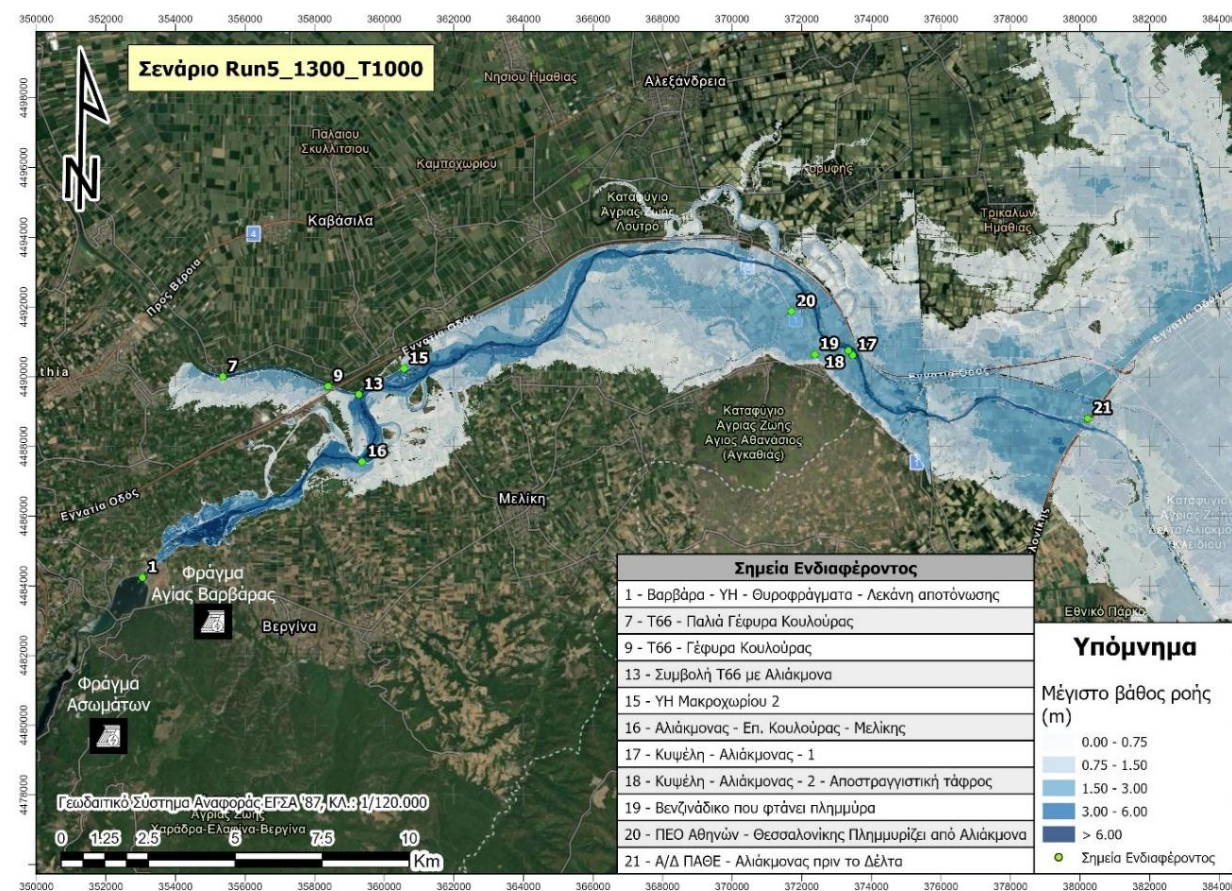
Παραδοχές συζευγμένης υδροδυναμικής προσομοίωσης

- ❑ Υπολογιστικό βήμα: 2 s
- ❑ Απόσταση μεταξύ διατομών: 100 ως 300 m, κατά περίπτωση
- ❑ Διάσταση διδιάστατου υπολογιστικού κανάβου: 50 m
- ❑ Διδιάστατες εξισώσεις ροής: κύμα διάχυσης (diffusion wave)
- ❑ Ανάντη οριακές συνθήκες: πλημμυρογράφημα Αγ. Βαρβάρας
- ❑ Πλευρικές οριακές συνθήκες: πλημμυρογραφήματα κόμβων κατά μήκος του κύριου ρου (μεταξύ άλλων, η συμβολή της T66)
- ❑ Κατάντη οριακές συνθήκες (εκβολές): ομοιόμορφη ροή
- ❑ Επιλογή «Mixed Flow Regime» για βελτίωση της ευστάθειας του μοντέλου (λόγω εναλλαγών υποκρίσιμων και υπερκρίσιμων ροών, και του μεγάλου εύρους οριακών συνθηκών)
- ❑ Συντελεστές Manning:
 - εντός της κύριας κοίτης (1D διατομές), με βάση τη μορφολογία και τα υλικά της διατομής ($\eta = 0.03$ έως 0.04)
 - με βάση τις χρήσεις γης κατά Corine, στις 2D περιοχές (εύρος τιμών 0.013 για τεχνητές επιφάνειες έως 0.080 στις εκβολές)



Αποτελέσματα σεναρίων υδροδυναμικής προσομοίωσης

- ❑ Χάρτες μέγιστου βάθους και μέγιστης ταχύτητας ροής
- ❑ Σημειακές τιμές μέγιστου βάθους και μέγιστης ταχύτητας ροής
- ❑ Πίνακες κατακλυζόμενων εκτάσεων, για διάφορες κλάσεις ταχυτήτων και βαθών
- ❑ Πλήρη αποτελέσματα στα παραρτήματα, επιλεγμένα αποτελέσματα εντός κειμένου

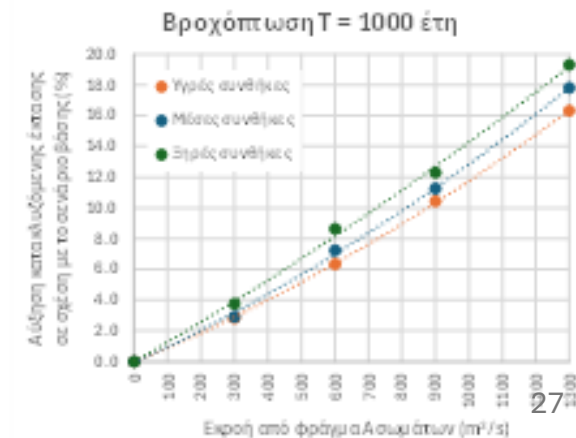
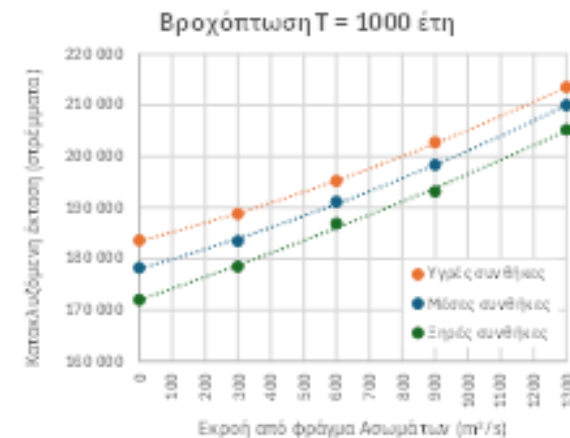
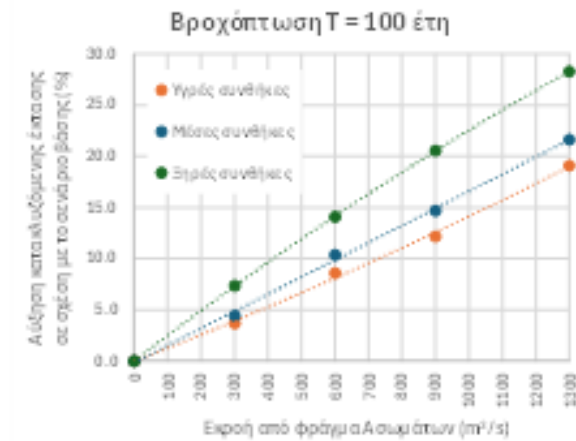
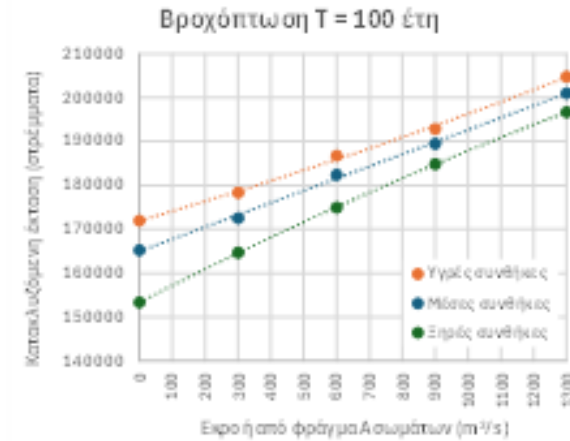
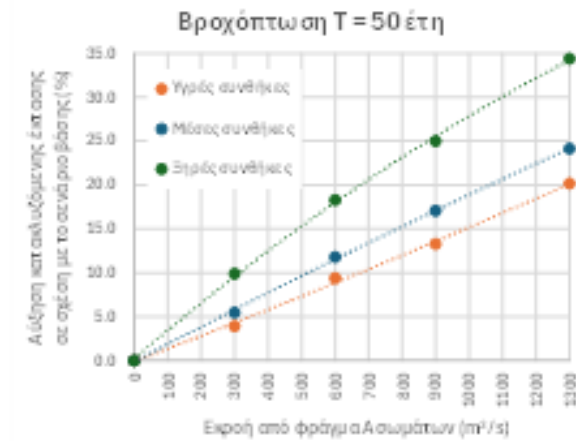
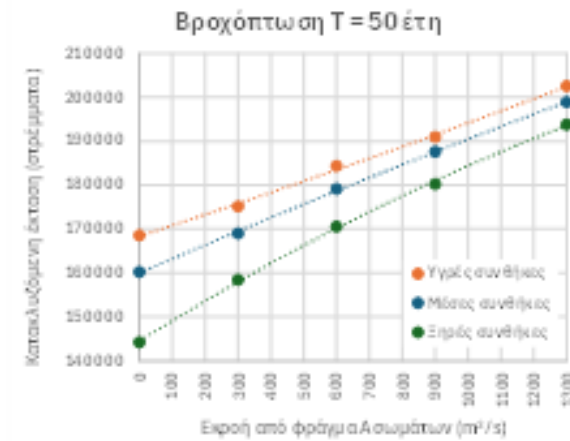


Γενικά συμπεράσματα υδροδυναμικής ανάλυσης

- ❑ **Αν δεν υπάρχουν εκροές μέσω του ταμιευτήρα Ασωμάτων** (σενάριο βάσης), η κύρια κοίτη του Αλιάκμονα στο τμήμα του από το φράγμα Αγ. Βαρβάρας έως τη συμβολή του με την Περιφερειακή Τάφρο παραλαμβάνει με μεγάλη άνεση τις πλημμυρικές παροχές που παράγονται τοπικά, ακόμα και για ακραίες βροχοπτώσεις.
- ❑ **Στο ακραίο σενάριο εκροής $1300 \text{ m}^3/\text{s}$** , η ροή υπερχειλίζει εκτός της κύριας κοίτης αλλά σε μια σχετικά περιορισμένη ζώνη, προκαλώντας προβλήματα κατάκλυσης με σχετικά μικρά βάθη, στην περιοχή νότια της συμβολής του με την Τ66, ήτοι εκατέρωθεν της επαρχιακής οδού Κουλούρας-Μελίκης.
- ❑ **Για μεγάλες περιόδους επαναφοράς, η επίδραση του ύψους βροχής που προσπίπτει στη λεκάνη της Τ66 στα παραγόμενα πλημμυρικά μεγέθη του κάτω ρου του Αλιάκμονα είναι σχετικά περιορισμένη.**
- ❑ Σε όρους κατακλυζόμενων εκτάσεων, οι διαφορές μεταξύ των επιμέρους υδρολογικών και διαχειριστικών σεναρίων είναι μικρές, ενώ εν γένει επηρεάζονται οι ίδιες περιοχές, ήτοι η χαμηλή ζώνη νότια του Αλιάκμονα, περιμετρικά του άξονα Πρόδρομος-Αγκάθια-Κυψέλη-Μεγάλη Γέφυρα (**η Κυψέλη διατρέχει τον μεγαλύτερο κίνδυνο, καθώς βρίσκεται εν μέρει εντός του πλημμυρικού πεδίου**),
- ❑ **Μέχρι το ύψος του οικισμού Νησέλι, η Εγνατία Οδός λειτουργεί ως ανάχωμα, ωστόσο στη συνέχεια η ροή τη διαπερνά μέσω των εγκάρσιων οχετών**, με αποτέλεσμα να πλημμυρίζουν και ευρείες αγροτικές εκτάσεις βόρεια και ΒΑ αυτής.
- ❑ Σχεδόν στο σύνολο των σεναρίων που εξετάστηκαν, **συστηματικά προβλήματα κατάκλυσης εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα του οικισμού Κυψέλη και την περιοχή του ΥΗΣ Μακροχωρίου II.**

Αξιολόγηση πλημμυρικού κινδύνου για διάφορα σενάρια εκροής: Κατακλυζόμενες εκτάσεις

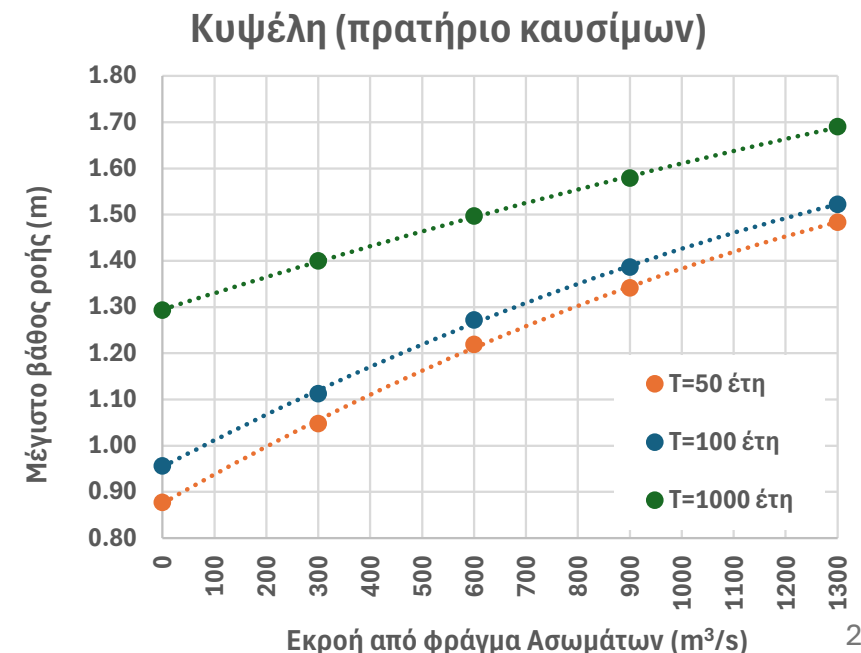
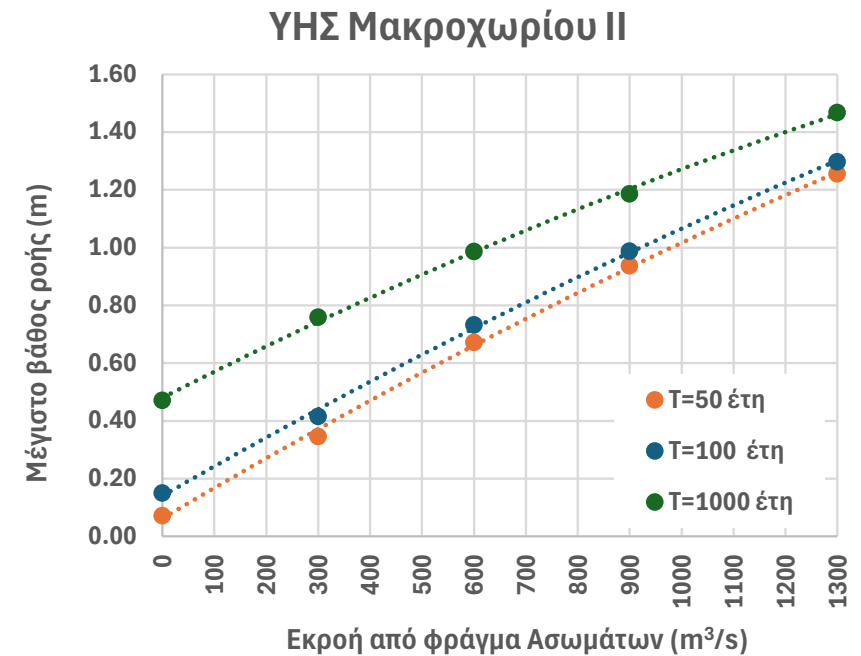
- Η επίδραση των εκροών από το φράγμα Ασωμάτων στην πλημμυρική κατάκλυση της περιοχής του κάτω του Αλιάκμονα είναι **σχετικά περιορισμένη**.
- Οι επιπτώσεις **αμβλύνονται συγκριτικά με το μηδενικό σενάριο** (εκροή οικολογικής παροχής) όσο αυξάνει η περίοδος επαναφοράς της βροχόπτωσης, και καθώς οι συνθήκες αρχικής εδαφικής υγρασίας μεταβαίνουν από ξηρές σε υγρές.
- Μεταβολή **κατακλυζόμενων εκτάσεων** σεναρίου εκροών $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ σε σχέση με το σενάριο βάσης:
 - 34%, για τη βροχόπτωση των 50 ετών που προσπίπτει σε ξηρές εδαφικές συνθήκες
 - 16%, για τη βροχόπτωση των 1000 ετών που προσπίπτει σε υγρές εδαφικές συνθήκες



Αξιολόγηση πλημμυρικού κινδύνου για διάφορα σενάρια εκροής: Μέγιστα βάθη

- ❑ Αν και η λειτουργία των ταμιευτήρων έχει σχετικά περιορισμένη επίδραση ως προς τις εκτάσεις που κατακλύζονται κατάντη, η επίπτωσή τους σε όρους μέγιστων βαθών ροής, που αποτελούν **χαρακτηριστικό μέτρο της πλημμυρικής διακινδύνευσης** μιας περιοχής, είναι σημαντική.
- ❑ Στην περιοχή του **ΥΗΣ Μακροχωρίου II**, αυξάνοντας την εκροή έως τα $1300 \text{ m}^3/\text{s}$, το μέγιστο βάθος ροής αυξάνει κατά περίπου ένα μέτρο σε σχέση με το σενάριο βάσης, ενώ στην περιοχή τη **Κυψέλης** η μεταβολή του βάθους κυμαίνεται από 0.30 έως 0.60 m.
- ❑ Ακόμα και για **μηδενική εκροή** από τα Ασώματα, τα εκτιμώμενα ονομαστικά βάθη και ταχύτητες υποδηλώνουν υψηλή πλημμυρική διακινδύνευση.

Συνιστάται η λήψη μέτρων για την προστασία τόσο του ΥΗΣ (κρίσιμη ενεργειακή υποδομή), όσο και της Κυψέλης, όπου μια σημαντική βροχόπτωση, ενισχυόμενη από τις εκροές των Υ/Η ταμιευτήρων, δύναται να θέσει σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές και περιουσίες.



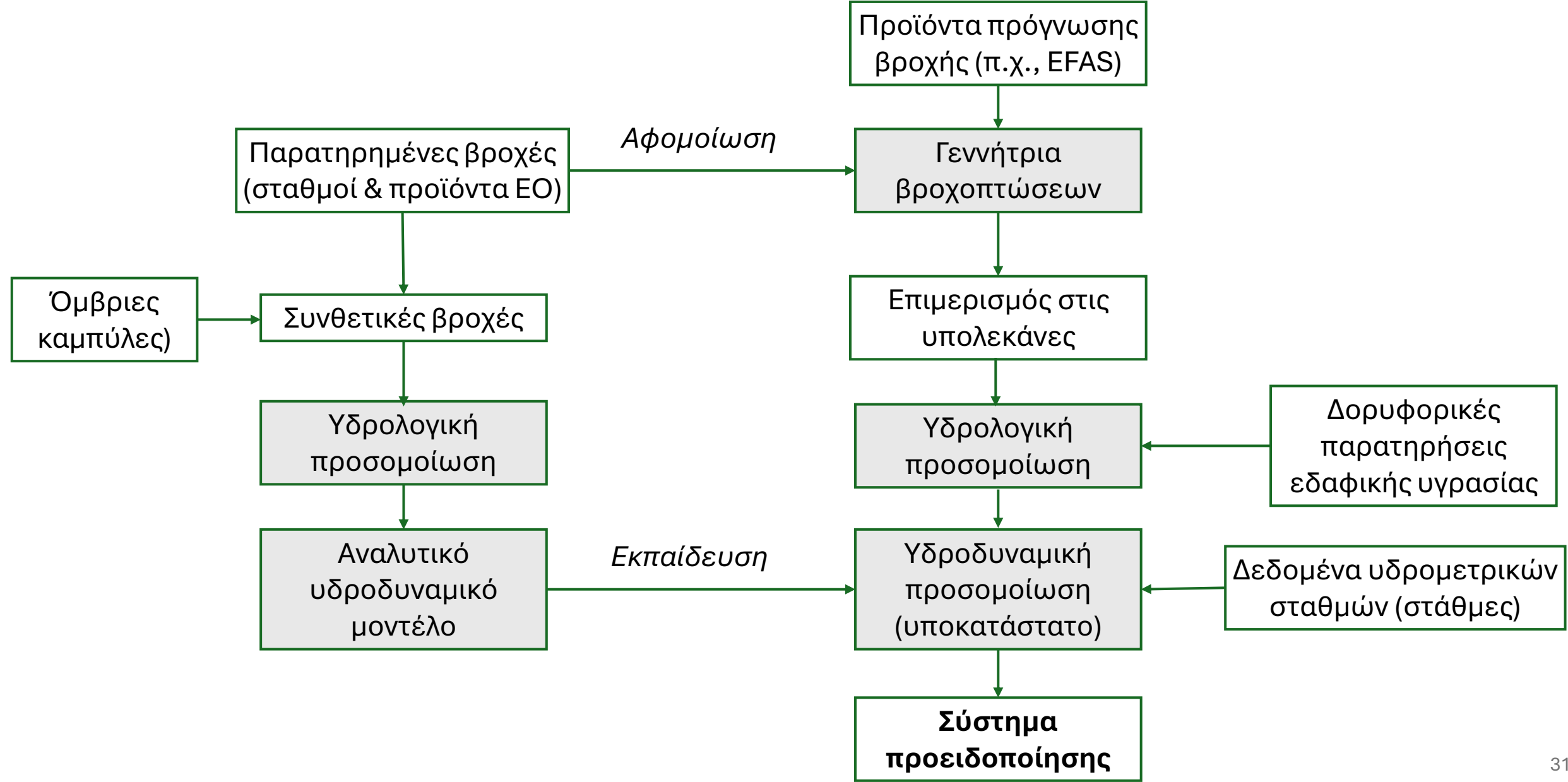
Προτάσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου: Λεκάνη απορροής Περιφερειακής Τάφρου

- ❑ Τα πλημμυρικά μεγέθη υπερβαίνουν κατά πολύ την παροχετευτική ικανότητα της T66, ακόμα και για βροχοπτώσεις 20ετίας (αν το έδαφος είναι υγρό) → **υψηλός πλημμυρικός κίνδυνος παρόχθιων περιοχών**
- ❑ Στόχος η **προστασία της παρόχθιας ζώνης, χωρίς ωστόσο να αναιρεθεί ο μείζονας ρόλος της T66 ως το κύριο μέσο ανάσχεσης των πλημμυρικών ροών που διοχετεύονται στον Αλιάκμονα**
- ❑ Προτείνονται δύο παράλληλοι άξονες:
 - **Έργα ανάσχεσης των πλημμυρών που παράγονται στις ανάντη ορεινές περιοχές:**
 - ❑ Σημαντικότερο τεχνικό έργο: φράγμα Καλής (Αλμωπαίου), χωρητικότητας 45 hm³
 - ❑ Μικρότερα έργα ορεινής υδρονομίας
 - ❑ Περιορισμένη αντιμετώπιση του όλου πλημμυρικού κινδύνου
 - **Έργα και μέτρα διαχείρισης των πλημμυρών κατά μήκος της Περιφερειακής Τάφρου:**
 - ❑ Διαμόρφωση λεκανών κατάκλυσης σε στοχευμένες εκτάσεις με σχετικά χαμηλή αξία γης
 - ❑ Επιχειρησιακά διαχειριστικά σχέδια, ώστε να υπάρχει εκ των προτέρων προετοιμασία των απαιτούμενων χειρισμών (άνοιγμα θυροφραγμάτων ή/και θραύση αναχωμάτων) και αξιολόγηση των επιπτώσεων των ελεγχόμενων κατακλύσεων

Προτάσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου: Λεκάνη απορροής κάτω ρου Αλιάκμονα

- ❑ Η αντιπλημμυρική προστασία της χαμηλής ζώνης του Αλιάκμονα εξασφαλίζεται πρωτίστως μέσω των **ταμιευτήρων της ΔΕΗ** και δευτερευόντως μέσω της **ανάσχεσης των πλημμυρών κατά μήκος της T66**.
- ❑ Κατά τη διάρκεια επεισοδίων βροχής μεγάλης έντασης και διάρκειας, στον Αλιάκμονα θα διοχετεύονται μέσω της Περιφερειακής Τάφρου παροχές έως $1300 \text{ m}^3/\text{s}$, που αν συνδυαστούν και με σημαντικές τοπικές πλημμυρικές παροχές, **η κατάκλυση ευρέων περιοχών εκατέρωθεν της κύριας κοίτης καθίσταται αναπόφευκτη, ανεξαρτήτως των εκροών του Υδροηλεκτρικού Συγκροτήματος Αλιάκμονα**.
- ❑ Προτάσεις μετριασμού του πλημμυρικού κινδύνου:
 - **Διακοπή λειτουργίας υδροηλεκτρικών σταθμών** κατά την εξέλιξη ισχυρών πλημμυρικών επεισοδίων του υδροσυστήματος, εκτός και αν τίθεται ζήτημα ασφαλείας των φραγμάτων
 - Διαμόρφωση **ζωνών ελεγχόμενης κατάκλυσης** σε περιοχές με χαμηλής αξίας αγροτική γη
 - Εστιασμένα κατασκευαστικά μέτρα (π.χ. αναχώματα) στις περιοχές του **ΥΗΕ Μακροχωρίου & Κυψέλης**.
 - Ανάπτυξη ολοκληρωμένου **μετρητικού δικτύου**, προκειμένου να παρακολουθείται σε πραγματικό χρόνο η εξέλιξη των βροχοπτώσεων στην συνολική λεκάνη και η διόδευση των πλημμυρικών ροών στο υδρογραφικό δίκτυο (σχετικά αργή διόδευση ροών κατά μήκος της T66 → ικανό περιθώριο προσαρμογής της λειτουργίας των ταμιευτήρων και έγκαιρης λήψης μέτρων εκκένωσης των ευάλωτων περιοχών).

Σχηματική απεικόνιση συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης

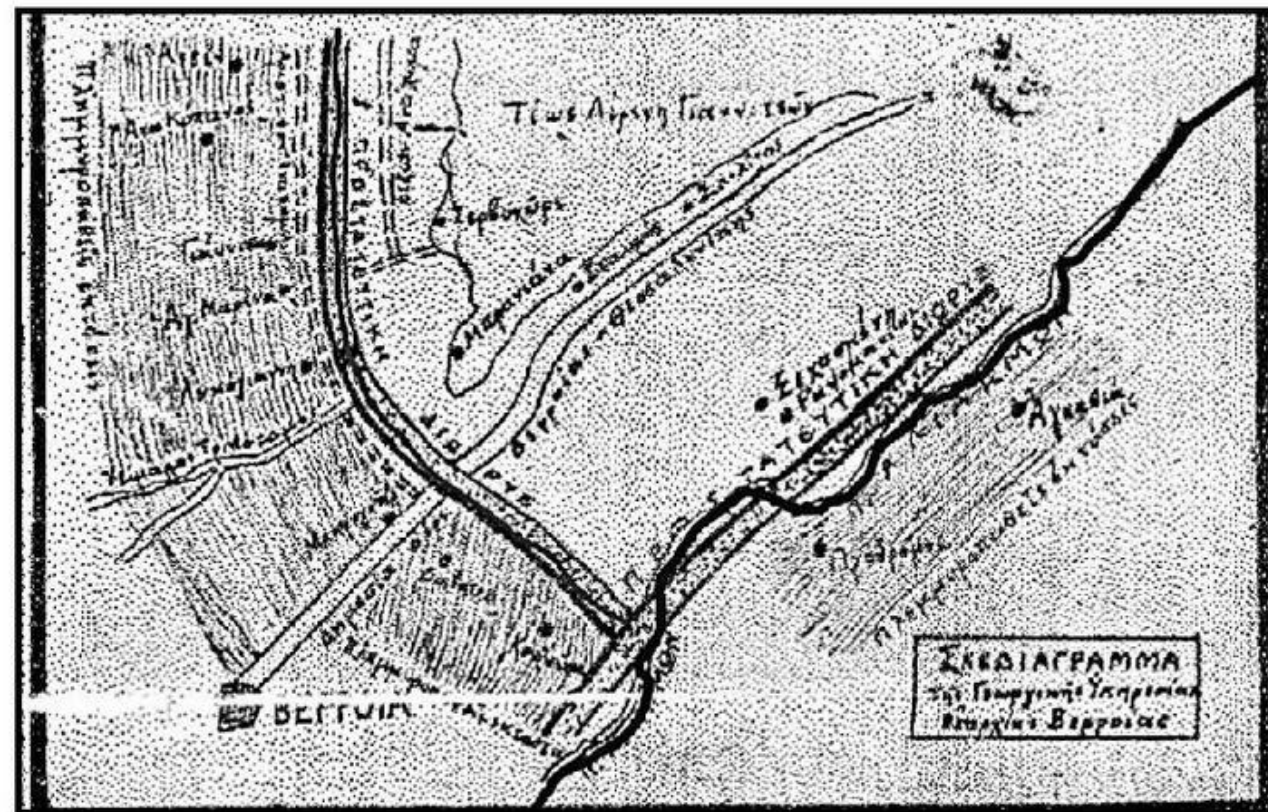


Αντί επιλόγου

ΕΙΣ ΤΟΝ ΤΟΠΟΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΚΟΥΛΟΥΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΒΑΤΟ: ΔΥΟ ΧΩΡΙΑ ΘΑΜ- ΜΕΝΑ ΟΛΟΚΛΗΡΑ ΣΤΟΝ ΥΓΡΟΝ ΤΑΦΟΝ!

ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΕΤΑΒΑΝΤΟΣ ΣΥΝΤΑΚΤΟΥ ΜΑΣ

Ἀπὸ τὸν τόπον τῆς καταστροφῆς. Ἐκεῖ πού ὁ ἀνθρώπος ἔχει γομένη τὴν ὑπόστασίν του. Ἀλλοτε ὑπῆρχε ἕνα πλοῦσι
σε τὰ τέσσαρα κοινά της. Κάθως ἀπὸ κάτω τὰ σκηνιά. Τὰ σκηνιά, δὲν βγαίνουν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν, τρίζουν, καταρρέουν. Ἐνας



«Σχεδιάγραμμα της Γεωργικής Υπηρεσίας Ἐπαρχίας Βερροίας». Με τη σκίαση σημειώνονται οι πληγείσες περιοχές, οι περισσότερες ἀπὸ τις οποίες βρίσκονται ἐνδιάμεσα των πρώτων υψωμάτων του Βερμίου και της διώρυγας Τ66. Ἡ τάφρος προστάτευσε βέβαια τις περιοχές που βρίσκονταν ἀνατολικά της. Ἐμπόδισε ὅμως τὰ νερά νὰ διαφύγουν ἀπὸ τὴ δυτική πλευρά με ἀποτέλεσμα νὰ καταπνίξουν τις περιοχές που ἔχουν σκιαστεί. «Μακεδονία», 14-12-1935.



**Ευχαριστούμε πολύ
για την προσοχή σας!**