



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΘΕΜΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΡΕΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΓΙΑΣ

ΕΥΦΗΜΙΑΣ, ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ

ΟΜΑΔΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Αγαπητίδου Αναστασία – Αλκμήνη (cv16072)

Λάμπρου Στέφανος (cv16075)

Μανδραβέλλος Νικόλαος (cv16054)

Σκρουφούτα Σοφία (cv18804)

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

Κουτσογιάννης Δημήτριος, Καθηγητής,
ΕΜΠ

Μαμάσης Νικόλαος, Αναπληρωτής
Καθηγητής, ΕΜΠ

Νάνου-Γιάνναρου Αικατερίνη, Επίκουρη
Καθηγήτρια, ΕΜΠ

Στάμου Αναστάσιος, Καθηγητής, ΕΜΠ

Δημητριάδης Παναγιώτης, Διδάκτορας,
ΕΜΠ

Μητσόπουλος Γεώργιος, Υποψήφιος
Διδάκτορας, ΕΜΠ

Ακαδημαϊκό έτος 2020-2021

9^ο Εξάμηνο

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος «Ολοκληρωμένο Θέμα Υδραυλικού Σχεδιασμού» της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές κ. Στάμου και κ. Νάνου – Γιάνναρου, για την συνεχή καθοδήγησή τους και τον χρόνο που αφιέρωσαν, για να μας βοηθήσουν ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα μελέτη.

Ακολούθως, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές κ. Κουτσογιάννη και κ. Μαμάση, για την βοήθεια και την επικοινωνιακή συζήτηση που μας προσέφεραν στα πλαίσια του μαθήματος.

Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον διδάκτορα κ. Δημητριάδη και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Μητσόπουλο για την πολύτιμη βοήθειά τους, αναφορικά με την μοντελοποίηση της προσομοίωσης.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον βουλευτή κ. Καππάτο, την κ. Θεοδοκάτου και τον κ. Ανδρεάτο για τις απαραίτητες πληροφορίες που μας έδωσαν, όσον αφορά στο νησί της Κεφαλονιάς.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Περιοχή Μελέτης	3
1.2 Αντικείμενο Μελέτης	4
1.3 Διάρθρωση Μελέτης	6
2. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ	6
2.1 Νομοθεσία	6
2.2 Μεθοδολογία	7
2.2.1 Τοπογραφική Αποτύπωση	7
2.2.2 Υδρολογική Μελέτη	10
2.2.3 Υδραυλική Μελέτη.....	16
3. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ	21
3.1 Περιγραφή Γεωλογίας	21
3.1.1 Γεωμορφολογία	21
3.1.2 Γεωτεκτονική Δομή - Γεωδυναμικό	21
3.1.3 Γεωλογικοί σχηματισμοί.....	24
3.2 Τοπογραφικό Σχέδιο	24
3.2.1 Αεροφωτογραφίες	25
3.2.2 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους	25
3.2.3 Χρήσεις Γης	26
3.3 Διατομές	27
3.4 Υφιστάμενα Έργα	28
4. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	28
4.1 Επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων	28
4.1.1 Μεθοδολογία GIS.....	28
4.1.2 Πολυκριτηριακή Ανάλυση	29
4.2 Αξιοποίηση δεδομένων	31
4.2.1 Στοιχεία βροχομετρικών σταθμών	31
4.2.2 Χαρακτηριστική όμβρια καμπύλη	32
4.2.3 Επιφανειακή αναγωγή όμβριων καμπυλών.....	34
4.2.4 Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα.....	37
4.2.5 Σύθεση τελικού πλημμυρογραφήματος.....	38
4.3 Παραγωγή πλημμυρογραφήματος με το λογισμικό HEC-HMS	42
5. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	42

5.1 Προσομοίωση με την υφιστάμενη κατάσταση	43
5.1.1 HEC-RAS 1D ανομοιομορφη ροή	43
5.1.2 LISFLOOD	47
5.1.3 Στερεομεταφορά.....	48
5.2 Προτεινόμενα έργα αντιμετώπισης.....	51
5.3 Προσομοίωση με τα προτεινόμενα έργα	52
5.3.1 HEC-RAS 1D	53
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
6.1 Συμπεράσματα προτεινόμενης λύσης	57
6.2 Εναλλακτικές λύσεις	60
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	60
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	65

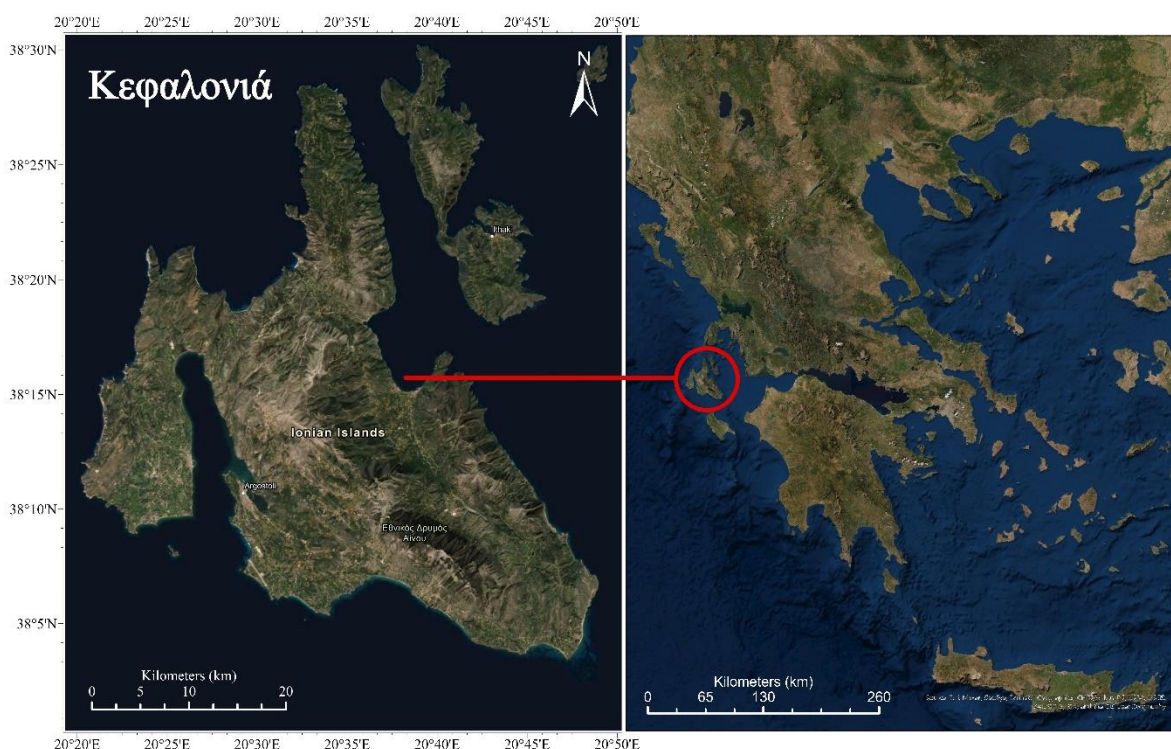
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το άρθρο 2 του νόμου 3199/2003, ως πλημμύρα ορίζεται η προσωρινή κάλυψη εδάφους από νερό, το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται. Επιπρόσθετα, πλημμύρα μπορεί να προκληθεί στα ποτάμια, όταν η ροή υπερβεί την παροχετευτικότητα του καναλιού του ποταμού, κυρίως σε στροφές ή μαιάνδρους (Τσουτσούρου, 2012). Ενδεικτικά, στην Ελλάδα για την περίοδο 1980-2018, 156 άνθρωποι έχουν χάσει την ζωή τους σε 56 πλημμυρικά επεισόδια (European Flood Fatalities, 2019). Τα τελευταία χρόνια, έχει παρατηρηθεί μία μεταβολή στο κλίμα, το οποίο πλέον για την Ελλάδα χαρακτηρίζεται από εντονότερα φαινόμενα βροχόπτωσης, άρα αναμένονται πιο συχνά πλημμυρικά επεισόδια. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η πλημμύρα στο νησί της Κεφαλονιάς, η οποία αποτελεί αφορμή για την παρούσα τεχνική έκθεση.

1.1 Περιοχή Μελέτης

Η ονομασία Κεφαλονιά χρησιμοποιείται πρώτη φορά από τον Ηρόδοτο, ενώ ο Όμηρος την ονομάζει Σάμη ή Σάμος. Κεφαλλήνες ονομάζονταν οι κάτοικοι των νήσων που ήταν υπήκοοι του Οδυσσέα, βασιλέα της Ιθάκης. Το νησί έχει επέλθει στην κατοχή πολλών κατακτητών, με κυριότερους τους Ιταλούς και τους Βρετανούς, κάτι που μαρτυράται στην αρχιτεκτονική, την κουλτούρα, την παράδοση, μέχρι και στους ιδιωτισμούς του νησιού. Η προσάρτηση της Κεφαλονιάς στο ελληνικό κράτος έγινε το 1864, με το τέλος της Επτανησιακής Δημοκρατίας και την ένωση των Επτανήσων με το υπόλοιπο τότε ελληνικό κράτος.

Η Κεφαλονιά βρίσκεται στη δυτική Ελλάδα, είναι το μεγαλύτερο σε έκταση νησί του Ιονίου πελάγους και έκτο σε σειρά, ανάμεσα στα ελληνικά νησιά, και ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Β. Πελοποννήσου (EL02). Αποτελεί το πλέον ορεινό νησί των Επτανήσων, με ψηλότερη κορυφή τον Μεγάλο Σωρό του όρους Αίνου που φτάνει σε υψόμετρο 1628 m.



Εικόνα 1: Χάρτης Κεφαλονιάς (αριστερά), θέση του νησιού στον ελλαδικό χώρο (δεξιά)

Δυτικά του άξονα του ορεινού όγκου του Αίνου, βρίσκεται ο κόλπος του Αργοστολίου (πρωτεύουσα του νησιού) και ακόμα δυτικότερα η εύφορη χερσόνησος της Παλικής, με κύριο οικισμό το Ληξούρι. Η Κεφαλονιά έχει έκταση 781 km² και μήκος ακτών περί τα 254 km. Ο πληθυσμός του νησιού κατά την απογραφή του 2011 ήταν 35,801 και διοικητικά χωρίζεται σε τρεις δήμους (Αργοστολίου, Ληξουρίου και Σάμης) και 8 δημοτικές ενότητες, σύμφωνα με το σχέδιο Καλλικράτης. Οι κάτοικοι του νησιού απασχολούνται σε διάφορους τομείς με κυριότερους τον τουρισμό, την γεωργία, την κτηνοτροφία και το ψάρεμα. Η Κεφαλονιά διαθέτει 6 λιμάνια, τα 4 εκ των οποίων εξυπηρετούν την ακτοπλοϊκή σύνδεση του νησιού με την ηπειρωτική Ελλάδα (Πάτρα, Κυλλήνη), αλλά και με τα κοντινά νησιά (Ιθάκη, Λευκάδα). Τέλος, λίγο έξω από το Αργοστόλι βρίσκεται και το αεροδρόμιο του νησιού, που το καλοκαίρι εξυπηρετεί πολλά δρομολόγια εσωτερικού και εξωτερικού.

Πίνακας 1: Κατανομή του Πληθυσμού ανά Δημοτική Ενότητα (Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

α/α	Δημοτικές Ενότητες (ΟΤΑ 1997)	Μόνιμος Πληθυσμός (Απογραφή ΕΛ. ΣΤΑΤ. 2011)
Π.Ε. ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ		
64	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	13237
65	ΣΑΜΗΣ	2341
66	ΠΥΛΑΡΕΩΝ	1391
67	ΠΑΛΙΚΗΣ	7098
68	ΛΕΙΒΑΘΟΥΣ	5745
69	ΕΛΕΙΟΥ – ΠΡΟΝΩΝ	3677
70	ΕΡΙΣΟΥ	1472
71	ΟΜΑΛΩΝ	840

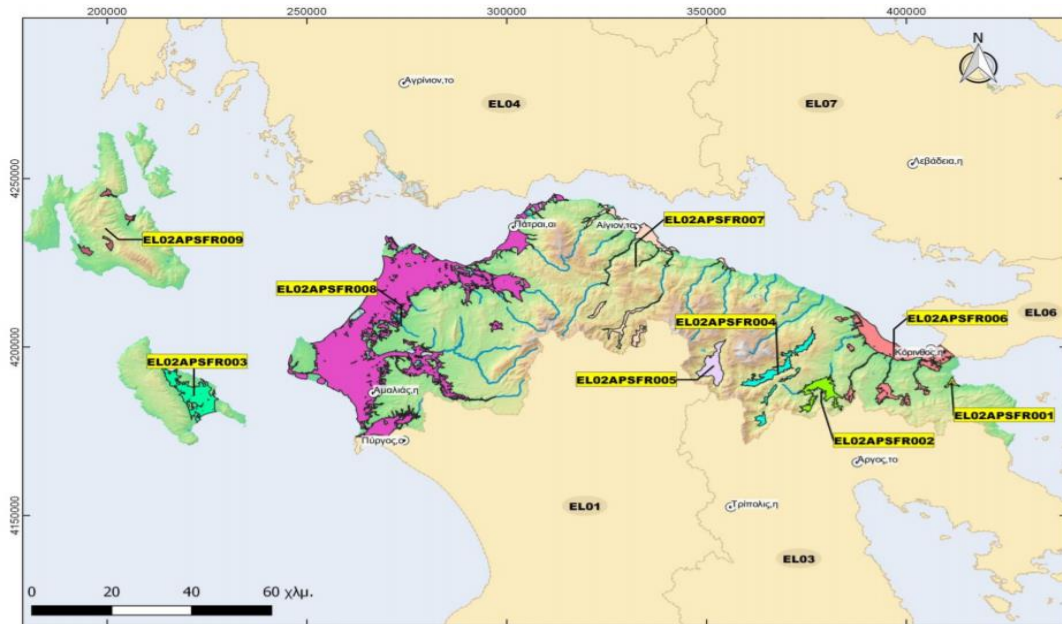
1.2 Αντικείμενο Μελέτης

Στις 17 και 18 Σεπτεμβρίου του 2020, ένας μεσογειακός κυκλώνας, που ονοματίστηκε από την ΕΜΥ ως «Ιανός» (όπως και συνηθίζεται σε τέτοιες περιπτώσεις), έπληξε κυρίως την δυτική και κεντρική Ελλάδα. Τα σοβαρότερα πλήγματα και καταστροφές αντιμετώπισαν η ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας και η Κεφαλονιά. Ο λόγος, που η μελέτη αυτή λαμβάνει χώρα, είναι οι σημαντικές ζημιές που έχουν παρατηρηθεί σε οικισμούς του νησιού, λόγω των πλημμυρικών φαινομένων, και η προσπάθεια αντιμετώπισης αντίστοιχων προβλημάτων στο μέλλον. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι το εκτιμώμενο κόστος αποκατάστασης, σύμφωνα με τους αρμόδιους φορείς του νησιού, ανέρχεται στα 150 εκ. ευρώ για την περιφέρεια και τους δήμους (Καππάτος, 2020).

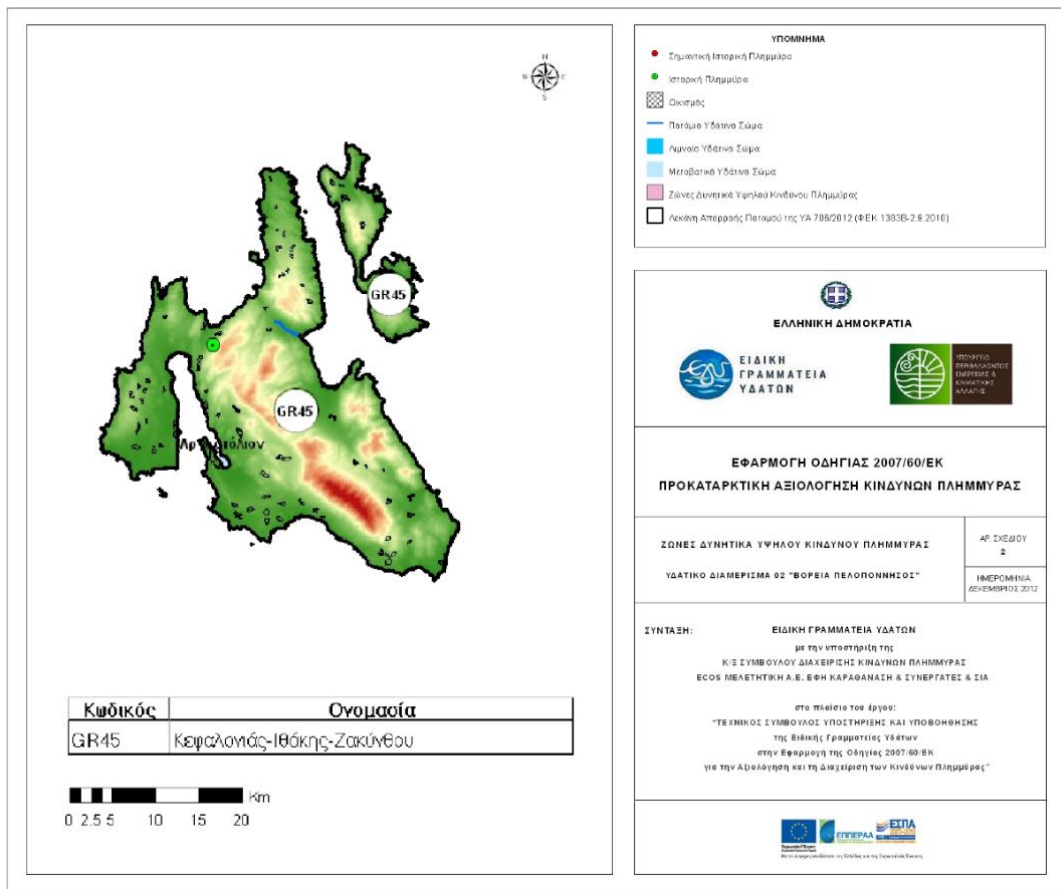
Αντικείμενο της παρούσας τεχνικής μελέτης αποτελεί η οριοθέτηση του υδατορέματος, το οποίο εκβάλλει στην Αγία Ευφημία. Λόγω της χειμαρρικής του φύσης και των ανθρωπίνων παρεμβάσεων που εμποδίζουν την φυσική ροή, παρατηρούνται συχνά προβλήματα στην κατοικημένη περιοχή. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα που έλαβαν χώρα στις 17 και 18 Σεπτεμβρίου 2020, ανέδειξαν πολλά προβλήματα, τα οποία χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης.

Για την προσέγγιση του προβλήματος αρχικά, απαιτείται ο χάρτης των ζωνών δυνητικά υψηλού πλημμυρικού κινδύνου της περιοχής (ΥΠΕΚΑ-ΕΓΥ, 2012), όπως φαίνεται και στις Εικόνες 2 και 3, καθώς και το ιστορικό των πλημμυρών. Σε γενικές γραμμές, δεν παρουσιάζονται συχνά έντονα πλημμυρικά φαινόμενα στο νησί, καθώς οι εδαφικοί σχηματισμοί δεν ευνοούν τέτοιες καταστάσεις, αλλά και πιθανότατα λόγω έλλειψης καταγραφών. Ωστόσο, ιστορικά έχει πραγματοποιηθεί μία

πλημμύρα στη Κεφαλονιά, η οποία όμως δεν θεωρείται σημαντική, μέχρι το 2012, βάσει του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ, 2018).



Εικόνα 2: Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου (EL02) (Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2019)



Εικόνα 3: Σημαντικές Ιστορικές πλημμύρες Κεφαλονιάς (ΥΠΕΚΑ, 2012)

1.3 Διάρθρωση Μελέτης

Αρχικά, παρουσιάζεται η νομοθεσία που διέπει την οριοθέτηση υδατορεμάτων στην Ελλάδα, σύμφωνα με το ΦΕΚ ΚΥΑ Οριοθέτηση (ΦΕΚ, ν. 4258/2014). Στο ίδιο κεφάλαιο, αναφέρονται ορισμένα σημαντικά στοιχεία της περιοχής μελέτης και εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής του υδατορέματος και της λεκάνης απορροής. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα γεωλογικά στοιχεία της λεκάνης του υδατορέματος και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Έπειτα, αναλύεται η νομοθεσία της οριοθέτησης ρεμάτων, η οποία περιλαμβάνει την τοπογραφική αποτύπωση, ακολουθεί η συλλογή δεδομένων με τα οποία γίνεται η υδρολογική και υδραυλική μελέτη. Τέλος, παρουσιάζονται οι προτάσεις για τον καθορισμό των οριογραμμών ή και άλλων απαιτούμενων παρεμβάσεων.

2. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ

Υδατορέματα ή υδατορεύματα ή ρέματα (μη πλεύσιμοι ποταμοί, χείμαρροι, ρέματα και ρυάκια) είναι οι φυσικές ή διευθετημένες διαμορφώσεις της επιφάνειας του εδάφους, που είναι κύριοι αποδέκτες των υδάτων της επιφανειακής απορροής, και διασφαλίζουν τη διόδευση τους προς άλλους υδάτινους αποδέκτες σε χαμηλότερες στάθμες. Ορίζεται, λοιπόν, ως διευθέτηση υδατορέματος η επέμβαση στο υδατόρεμα, με την εκτέλεση των αναγκαίων έργων με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών ροής, τη μείωση των κινδύνων από πλημμύρες και τον έλεγχο των διαβρώσεων και των αποθέσεων φερτών υλικών. Στα έργα αυτά, περιλαμβάνεται και η εκτροπή του υδατορέματος, καθώς και η υποκατάστασή του με κλειστό ή ανοιχτό τεχνικό έργο στην ίδια ή διαφορετική θέση. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2013)

2.1 Νομοθεσία

Για την οριοθέτηση των ρεμάτων εφαρμόζεται ο νόμος 4258/2014. Σύμφωνα με το άρθρο 1 της νομοθεσίας για το αντικείμενο και το περιεχόμενο του φακέλου οριοθέτησης, είναι απαραίτητο να καθοριστούν τα ακόλουθα στοιχεία (ΦΕΚ, ν.4258/2014):

- η περιγραφή των συνθηκών που υφίστανται στο υδατόρεμα από υδρολογική, υδραυλική, γεωλογική και περιβαλλοντική άποψη,
- η διατύπωση τεκμηριωμένων προτάσεων καθορισμού των γραμμών οριοθέτησης υδατορέματος και
- η τεκμηρίωση για τυχόν απαιτούμενα έργα διευθέτησης στο πλαίσιο της διαδικασίας οριοθέτησης υδατορέματος.

Ο φάκελος οριοθέτησης που υποβάλλεται σύμφωνα με τα παραπάνω οριζόμενα οφείλει να περιλαμβάνει τα εξής:

- Τοπογραφική αποτύπωση
- Υδρολογική και Υδραυλική μελέτη
- Συνοπτική τεχνική έκθεση
- Πρόταση για τον καθορισμό των οριογραμμών (πρόταση οριοθέτησης)

2.2 Μεθοδολογία

Στην συνέχεια αναπτύσσεται η απαιτούμενη μεθοδολογία από το ΦΕΚ, ν.4258/2014.

2.2.1 Τοπογραφική Αποτύπωση

2.2.1.1 Αντικείμενο τοπογραφικής αποτύπωσης

Στον παρόν κεφάλαιο, αναλύεται η τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής αμφίπλευρα του υδατορέματος, για το οποίο γίνεται η υδραυλική μελέτη σε επόμενο κεφάλαιο. Ακόμη, η αποτύπωση περιλαμβάνει περιβαλλοντικά και γεωλογικά στοιχεία, τα οποία βοηθούν στην εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης, είτε αποτελούν απαραίτητα δεδομένα εισόδου στην υδρολογική ή/και υδραυλική προσομοίωση.

2.2.1.2 Περιεχόμενα τοπογραφικής αποτύπωσης

2.2.1.2.1 Οριζοντιογραφική και Υψομετρική Αποτύπωση

Για την οριζοντιογραφική και υψομετρική αποτύπωση, απαιτούνται επίγειες και φωτογραμμετρικές μέθοδοι στην κοίτη του υδατορέματος όπου μελετάται, καθώς και στην περιοχή εκατέρωθεν αυτού. Το πλάτος και το μήκος της περιοχής μελέτης καθορίζονται από την τοπογραφία και τον τύπο του υδατορέματος αυτού καθαυτού, αν είναι δηλαδή χείμαρρος ή ποτάμι. Η συγκεκριμένη αποτύπωση αποτελεί βασικό στοιχείο εισόδου της υδραυλικής μελέτης και για το λόγο αυτό είναι θεμιτή η βέλτιστη ακρίβεια, αναλογικά πάντα με την κλίμακα του τοπογραφικού διαγράμματος.

2.2.1.2.2 Διατομές

Για να διαθέτει η τοπογραφική αποτύπωση την απαιτούμενη ακρίβεια, καθώς και να προσομοιωθεί όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά η συμπεριφορά του, υπό μελέτη υδατορέματος, καθίσταται αναγκαίο να σχεδιαστούν διατομές σε όλα τα χαρακτηριστικά σημεία του (αλλαγή διατομής, εμφάνιση μαιάνδρου) όπου λαμβάνει χώρα η υδραυλική μελέτη. Επίσης, η απόσταση των διατομών αυτών δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50 m μεταξύ τους, περιορισμός ο οποίος ορίζεται από το ΦΕΚ ΚΥΑ Οριοθέτησης.

2.2.1.2.3 Σύνταξη Στοιχείων

Εν συνεχεία, συντάσσονται τα απαιτούμενα διαγράμματα, διατομές, πίνακες και αρχεία σε συμβατική και ψηφιακή μορφή. Τέτοια διαγράμματα είναι και οι μηκοτομές, οι οποίες αποτελούν βασικό κριτήριο για τη θέση των προτεινόμενων έργων, εφόσον αυτά κρίνονται αναγκαία. Βάσει των προαναφερθέντων, γίνεται αναφορά σε υφιστάμενα διαγράμματα, πίνακες και αρχεία, τα οποία συμπληρώνονται από τις διαθέσιμες αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) της περιοχής μελέτης και τις χρήσεις γης του CORINE (Copernicus, 2018).

2.2.1.2.4 Κτηματολογικά Αρχεία

Για να προκύψει η ολοκληρωμένη τοπογραφική αποτύπωση, προστίθενται ορισμένα κτηματολογικά δεδομένα, τα οποία αφορούν κυρίως χρήσεις γης και πιο λεπτομερή αποτύπωση κτιρίων. Ένα τέτοιο αρχείο είναι το σχέδιο πόλης του Δήμου Σάμης, που βρίσκεται σε διαδικασία έγκρισης (Δήμος Σάμης, 2020).

2.2.1.3 Μέθοδος εργασίας

2.2.1.3.1 Τοπογραφικές εργασίες

Οι τοπογραφικές εργασίες εξαρτώνται υψομετρικά και οριζοντιογραφικά, από το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87). Συνεπώς, ως βασικό αρχικό στάδιο, καθίσταται η γεωδαιτική μελέτη στην περιοχή της Αγίας Ευφημίας. Ωστόσο, τα στοιχεία αυτά δεν είναι διαθέσιμα.

2.2.1.3.2 Πολυγωνικές οδεύσεις

Οι πολυγωνικές οδεύσεις βασίζονται εξ ολοκλήρου στα τριγωνομετρικά σημεία ή πολυγωνομετρικούς κόμβους. Τα σημεία αυτά δεν είναι διαθέσιμα και κατά συνέπεια, δεν μπορούν να λάβουν χώρα.

2.2.1.3.3 Σημάνσεις τριγωνομετρικών και πολυγωνομετρικών σημείων

Για τις σημάνσεις των πολυγωνομετρικών και τριγωνομετρικών σημείων, καθώς και για τις ακρίβειες των εργασιών, γίνεται εφαρμογή των προδιαγραφών, για την εκπόνηση των τοπογραφικών μελετών, οι οποίες ισχύουν έως και σήμερα. Με βάση τον όγκο των εργασιών, απαιτείται και ανάλογη κλίμακα, με βασικότερη την 1:1000. Ωστόσο, τα προαναφερθέντα στοιχεία δεν υπάρχουν.

2.2.1.4 Στοιχεία που αποτυπώνονται

2.2.1.4.1 Στοιχεία του ρέοντος ύδατος

Το προς μελέτη υδατόρεμα δεν διαθέτει μόνιμη ροή, αλλά χαρακτηρίζεται από χειμαρρική συμπεριφορά. Λόγω της γεωμορφολογίας και της τοπογραφίας, δεν καθίσταται δυνατή η αναγνώριση της κοίτης, με αποτέλεσμα να μην είναι οριοθετημένη. Συνεπώς οι διατομές που έχουν ληφθεί αποτυπώνουν στο σύνολο την πεδινή έκταση, που είναι και αυτή που καλύπτεται με νερό, σε περίπτωση πλημμύρας.

2.2.1.4.2 Υφιστάμενα έργα

Σημαντικό είναι να καθοριστούν και να αποτυπωθούν όλα τα υφιστάμενα αντιπλημμυρικά έργα που έχουν κατασκευαστεί στην περιοχή. Το γεγονός αυτό βοηθάει στην καλύτερη γνώση των συνθηκών και μπορεί να επηρεάσει την τελική προτεινόμενη λύση.

2.2.1.4.3 Έργα υποδομής

Στα έργα υποδομής παρατίθενται οι οδοί, οι πυλώνες, τα κτίσματα, οι εγκαταστάσεις, οι μανδρότοιχοι, τα συρματοπλέγματα, καθώς και άλλα τεχνικά έργα, τα οποία βρίσκονται στα όρια της ζώνης αποτύπωσης. Ωστόσο, τα παραπάνω στοιχεία δεν υπάρχουν.

2.2.1.4.4 Φυσικά στοιχεία

Αποτυπώνονται μεμονωμένα δέντρα ή δάση, με ιδιαίτερη βοτανική, οικολογική, αισθητική, ή ιστορική και πολιτική αξία, το περίγραμμα των καλλιεργούμενων περιοχών, των περιοχών πυκνής φυτικής κάλυψης και ειδικών περιοχών χλωρίδας και πανίδας, οι περιοχές άμμου, βραχώδεις σχηματισμοί και άλλα αξιόλογα φυσικά στοιχεία. Ωστόσο, πλην των καλλιεργούμενων εκτάσεων, τα προαναφερθέντα στοιχεία δεν υπάρχουν.

2.2.1.4.5 Ρυμοτομικά σχέδια

Παρατίθενται τα ρυμοτομικά σχέδια, τα οποία έχουν εγκριθεί ή είναι προς έγκριση, τα όρια των προστατευόμενων περιοχών, οι γραμμές των παραλιών και τα διοικητικά όρια ΟΤΑ Α' και Β' Βαθμού. Τα συγκεκριμένα στοιχεία δεν υπάρχουν.

2.2.1.4.6 Όρια πεδινής – ορεινής ζώνης

Δεν υπάρχουν στοιχεία για τα όρια της πεδινής και ορεινής ζώνης.

2.2.1.4.7 Άλλα στοιχεία

Για την εφαρμογή της μεθόδου εργασίας χρησιμοποιούνται οι απαραίτητες πληροφορίες από το διαθέσιμο σχέδιο πόλης του Δήμου Σάμης (Δήμος Σάμης, 2020).

2.2.1.4.8 Μετατόπιση κοίτης

Δεν υπάρχουν στοιχεία και φωτογραφίες, που να υποδηλώνουν τη μετατόπιση της κοίτης.

2.2.1.5 Πλάτος ζώνης αποτύπωσης

Εφόσον υπάρχει διακριτή όχθη, η ζώνη αποτύπωσης περιλαμβάνει ζώνη επαρκούς πλάτους για την απόδοση της πλευρικής έκτασης της πλημμύρας. Η περιοχή αποτύπωσης πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον η περιοχή μεταξύ των όχθων και 30 μέτρα εκατέρωθεν αυτών. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διακριτή όχθη, όπως συμβαίνει στην παρούσα μελέτη, η περιοχή αυτή ορίζεται ως η ζώνη με πλάτος τουλάχιστον 50 μέτρα εκατέρωθεν της βαθιάς γραμμής. Εφόσον υπάρχει οικισμός είναι απαραίτητη η επέκταση της ζώνης αποτύπωσης, ώστε να περιλαμβάνει την πλησιέστερη οδό του σχεδίου πόλης. Σύμφωνα με το ΦΕΚ ΚΥΑ, το πλάτος της ζώνης αποτύπωσης μπορεί να καθορισθεί μεγαλύτερο, σε ειδικές περιπτώσεις. Λόγω δυσκολίας καθορισμού της βαθιάς γραμμής, επιλέγεται τελικά μεγαλύτερη ζώνη αποτύπωσης. (ΦΕΚ ΚΥΑ Οριοθέτηση, 2014)

2.2.1.6 Μήκος ζώνης αποτύπωσης

2.2.1.6.1 Καθορισμός του μήκους της ζώνης αποτύπωσης

Για να καθορισθεί το μήκος της ζώνης αποτύπωσης, γίνεται προσδιορισμός του περιγράμματος της περιοχής που μελετάται η οποία χρήζει οριοθέτησης. Το περίγραμμα αυτό περιλαμβάνει την ένταξη της έκτασης στο ρυμοτομικό σχέδιο, τα παραρεμάτια οικοδομικά τετράγωνα όπου προωθείται η τροποποίηση του εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου, την παραρεμάτια έκταση του οικισμού, του οποίου πρόκειται να προσδιοριστούν τα όρια που λαμβάνουν χώρα τα έργα και το υπό ανοικοδόμηση εκτός σχεδίου γήπεδο.

Έπειτα, κάθε χαρακτηριστικό σημείο του παραπάνω περιγράμματος προβάλλεται στη βαθιά γραμμή του υδατορέματος, σε χαρακτηριστικές θέσεις, περιλαμβανόμενων και των πλησιέστερων διατομών ελέγχου της ροής.

2.2.1.6.2 Μήκος ζώνης αποτύπωσης

Μήκος ζώνης αποτύπωσης ονομάζεται το μήκος μεταξύ των ακραίων διατομών του υδατορέματος, το οποίο δεν πρέπει να είναι λιγότερο από 200 m συνολικά.

2.2.1.6.3 Επέκταση μήκους ζώνης αποτύπωσης

Απαραίτητη κρίνεται η επέκταση του μήκους άνω των 200 m, ανάντη μέχρι το σημείο συμβολής των κύριων ρεμάτων της λεκάνης και κατόντη μέχρι την γραμμή του αιγιαλού.

2.2.1.6.4 Περίπτωση προτεινόμενων έργων

Το μήκος της ζώνης αποτύπωσης δεν μεταβάλλεται λόγω της ύπαρξης προτεινόμενων έργων, καθώς έχει επιλεγεί ήδη ως όριο η εκβολή του υδατορέματος.

2.2.2 Υδρολογική Μελέτη

Με την υδρολογική μελέτη, περιγράφονται οι συνθήκες στην λεκάνη απορροής του υδατορέματος και υπολογίζεται η πλημμυρική παροχή, στο προς οριοθέτηση τμήμα του. Σκοπός είναι ο καθορισμός των υδρολογικών συνθηκών της λεκάνης απορροής και εν τέλει η εξαγωγή του πλημμυρογραφήματος στην έξοδο της. Από την ανάλυση προκύπτει η παροχή σχεδιασμού του υδατορέματος, βάσει της οποίας ορίζονται οι γραμμές πλημμύρας, για την υφιστάμενη κατάσταση. Σύμφωνα με το ΦΕΚ ο προσδιορισμός αυτός γίνεται για πλημμυρική αιχμή με περίοδο επαναφοράς 50 ετών για την οποία προτείνονται και τα αντίστοιχα μέτρα προστασίας. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει παλαιότερη εγκεκριμένη υδρολογική μελέτη για το προς οριοθέτηση τμήμα του υδατορέματος στην οποία να είναι δυνατόν να βασιστεί η ανάλυση.

Η παρούσα μελέτη αφορά την οριοθέτηση τμήματος χειμάρρου με σκοπό την αντιπλημμυρική προστασία του οικισμού της Αγίας Ευφημίας και της ευρύτερης κοιλάδας της Πυλάρου. Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, πραγματοποιείται διερεύνηση για την επιλογή της κατάλληλης περιόδου επαναφοράς της πλημμύρας σχεδιασμού της προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα, η προσομοίωση λαμβάνει χώρα για δύο περιόδους επαναφοράς. Για 50 έτη, καθώς αυτή προβλέπεται από το ΦΕΚ, και 100 έτη, με σκοπό να επιλεγεί μία περίοδος επαναφοράς μεγαλύτερη από αυτή του κυκλώνα «Ιανού» (88 έτη). Στο κεφάλαιο 5.2, όπου αναφέρονται τα προτεινόμενα έργα, αναλύεται και η επιλογή της αντίστοιχης περιόδου επαναφοράς για τον σχεδιασμό τους.

2.2.2.1 Λεκάνη απορροής

Η υδρολογική μελέτη εκπονείται για τη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής, ανάντη του προς οριοθέτηση τμήματος όπου θεωρείται ότι πρακτικά συμπεριλαμβάνεται το σύνολο της απορροής.

2.2.2.2 Γεωμορφολογική αναγνώριση

Η υδρολογική μελέτη περιλαμβάνει γεωμορφολογική αναγνώριση, δηλαδή περιγραφή της γεωλογικής δομής, της εδαφικής κάλυψης και της γεωμορφολογίας και κατηγοριοποίηση της βλάστησης της λεκάνης απορροής του προς οριοθέτηση υδατορέματος.

2.2.2.2.1 Φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης

Περιγράφονται τα φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή, όπως χρήσεις γης και οι κλίσεις εδάφους. Επιπλέον αναλύεται η μορφή του υδρογραφικού δικτύου (αριθμός και μήκος κλάδων, γεωμετρία του κυρίου υδατορέματος, στο οποίο ανήκει ο προς οριοθέτηση κλάδος) και καθορίζονται χαρακτηριστικά υδρολογικά μεγέθη, όπως η επιφάνεια της, το μέσο, μέγιστο και ελάχιστο υψόμετρο, η μέση κλίση και η μέση κατά μήκος του ρέματος κλίση.

2.2.2.2.2 Γεωλογικό περιβάλλον

Γίνεται συνοπτική περιγραφή του ευρύτερου γεωλογικού περιβάλλοντος και των γεωλογικών σχηματισμών, που συναντώνται στη λεκάνη απορροής.

2.2.2.2.3 Γεωμορφολογία λεκάνης

Εκτιμώνται οι φυσικές μεταβολές στις οποίες υπόκειται η γεωμορφολογία της λεκάνης και επηρεάζουν το υδρογραφικό δίκτυο. Αυτές πρέπει να εξετασθούν για τον βαθμό που επηρεάζουν τις γραμμές πλημμύρας του προς οριοθέτηση ρέματος.

2.2.2.2.4 Θέσεις εξεταζόμενης κοίτης

Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται θέσεις της κοίτης, που εμφανίζουν σοβαρή αστάθεια πρανών ή που προβλέπεται να εμφανίσουν μελλοντικά. Τέτοιες πληροφορίες ωστόσο, δεν υπάρχουν.

2.2.2.3 Αξιοποίηση δεδομένων

Σύμφωνα με το ΦΕΚ ΚΥΑ, η υδρολογική μελέτη βασίζεται στην αξιοποίηση είτε υδρομετρικών δεδομένων (δεδομένων στάθμης/παροχής του υδατορέματος) της ίδιας της λεκάνης, εφόσον υπάρχουν, είτε στις περισσότερες περιπτώσεις, βροχομετρικών δεδομένων. Στην περίπτωση της περιοχής μελέτης γίνεται αξιοποίηση στοιχείων γειτονικών σταθμών και σε κοντινή απόσταση από αυτήν, ώστε να υπάρχει, κατά το δυνατόν, αντιστοίχιση με παρόμοια φυσικογεωγραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά.

2.2.2.3.1 Όμβριες Καμπύλες

Οι όμβριες καμπύλες καθίστανται εργαλεία – σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της έντασης της βροχόπτωσης σχεδιασμού, για επιλεγμένη διάρκεια και περίοδο επαναφοράς, σε οποιαδήποτε θέση ή λεκάνη της χώρας. Ουσιαστικά είναι καμπύλες έντασης (i) – χρονικής κλίμακας διάρκειας (d) – περιόδου επαναφοράς (T) των βροχοπτώσεων. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η κατάρτισή τους, για την εκτίμηση των παροχών σχεδιασμού των τεχνικών έργων. Η κατάρτιση όμβριων καμπυλών σε μία θέση βασίζεται στην πιθανοτική ανάλυση παρατηρημένων (από βροχογράφους και βροχόμετρα) ακραίων υψών ή εντάσεων βροχής, οπότε το μήκος του δείγματος, η ποιότητα των μετρήσεων, αλλά και η θέση των σταθμών μέτρησης επηρεάζουν σημαντικά την αξιοπιστία των παραγόμενων αποτελεσμάτων (Κουτσογιάννης, 2011).

Η κατάρτιση των όμβριων καμπυλών προϋποθέτει την συλλογή και επεξεργασία χρονοσειρών ετήσιων μεγίστων βροχοπτώσεων σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες. Αξίζει να σημειωθεί ότι το κάθε υδατικό διαμέρισμα έχει τους δικούς του βροχομετρικούς σταθμούς, βάσει των οποίων γίνονται οι μελέτες και προκύπτουν οι αντίστοιχοι συντελεστές της εξίσωσης.

Για την αντιπλημμυρική μελέτη σύμφωνα με την τεχνική έκθεση του ΥΠΕΚΑ (2018), αναφορικά με τον καταρτισμό των όμβριων καμπυλών, προτείνεται η σχέση (1) (Κουτσογιάννης, 2004):

$$i(d, T) = \frac{a(T)}{b(d)} \quad (1)$$

Όσον αφορά στην συνάρτηση διάρκειας, ισχύει η εμπειρική σχέση (2):

$$b(d) = \left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^\eta \quad (2)$$

Όπου:

d : η διάρκεια της βροχόπτωσης (h)

θ , η : αδιάστατες παράμετροι που εξαρτώνται από τον βροχομετρικό σταθμό

Ακόμη, επειδή η ετήσια μέγιστη βροχή ακολουθεί κατανομή ακραίων τιμών τύπου II (AT2), ισχύει:

$$a(T) = \lambda * (T^\kappa - \psi) \quad (3)$$

Όπου:

κ , λ και ψ : αδιάστατες παράμετροι που εξαρτώνται από τον βροχομετρικό σταθμό

Καταλήγοντας, η γενικευμένη μαθηματική έκφραση είναι η σχέση (4):

$$i(d, T) = \frac{\lambda * (T^\kappa - \psi)}{\left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^\eta} \quad (4)$$

Όπου:

$i(d, T)$: η μέγιστη (μέση) ένταση βροχής διάρκειας d και περιόδου επαναφοράς T

$\kappa, \lambda, \psi, \theta, \lambda', \psi'$: αδιάστατες παράμετροι που προκύπτουν από στατιστική επεξεργασία των διαθέσιμων βροχομετρικών δεδομένων του προς εξέταση βροχομετρικού σταθμού

2.2.2.4 Επιφανειακή αναγωγή όμβριων καμπυλών

Οι όμβριες καμπύλες που προκύπτουν από την επεξεργασία δεδομένων βροχομετρικών σταθμών αναφέρονται σε σημειακή ένταση βροχής. Παρ' όλα αυτά, στην υδρολογική ανάλυση χρησιμοποιείται η επιφανειακή μέση ένταση, άρα καθίσταται αναγκαία η μετατροπή της σημειακής έντασης βροχής. Αυτό επιτυγχάνεται με τον πολλαπλασιασμό της τελευταίας με τον συντελεστή επιφανειακής αναγωγής (ϕ). Η μεταβολή του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής (ή αλλιώς σύμφωνα με την ελληνική τεχνική ορολογία του μειωτικού συντελεστή), συναρτήσει της έκτασης της λεκάνης και της διάρκειας βροχής, έχει διερευνηθεί εμπειρικά στις ΗΠΑ και στην Μεγάλη Βρετανία. Τα αποτελέσματα από το National Environmental Research Council (1975) είναι τα πληρέστερα σε ό,τι αφορά στο εύρος μεταβολής της διάρκειας (1 min - 25 d) και της έκτασης (1 – 30,000 km²). Εφαρμόζεται λοιπόν η αναλυτική σχέση 5 (Κουτσογιάννης, Ξανθόπουλος, 1999):

$$\phi = 1 - \frac{0.048 * A^{0.36 - 0.01 * \ln(\ln(A))}}{d^{0.35}} \geq 0.25 \quad (5)$$

Όπου:

ϕ : συντελεστής επιφανειακής αναγωγής (αδιάστατος αριθμός)

A : έκταση λεκάνης (km²)

d : διάρκεια βροχής (h)

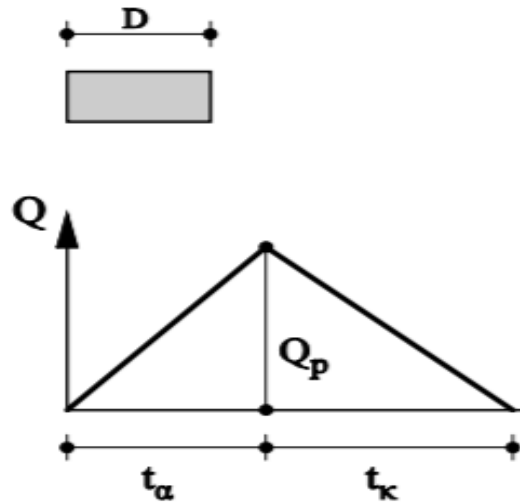
2.2.2.5 Σύνθεση Μοναδιαίου Υδρογραφήματος

Για την ποσοτικοποίηση της πλημμύρας και εύρεσης της πλημμυρικής αιχμής, είναι σημαντική η παραγωγή του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Υπολογίζονται με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS Pro το μήκος κύριου ποταμού, η μέση κλίση εδάφους, η έκταση της λεκάνης απορροής, το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής και το υψόμετρο συμβολής.

Οι χρόνοι, οι οποίοι απαιτούνται για να κατασκευαστεί το τριγωνικό μοναδιαίο υδρογράφημα, είναι (Κουτσογιάννης, 2011), (Διάγραμμα 1):

- Χρόνος συρροής: Ο χρόνος συγκέντρωσης είναι ίσος με τη διάρκεια που χρειάζεται για να φτάσει μια σταγόνα βροχής από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης στην υπό έλεγχο θέση (μέθοδος Giandotti (1934) και μέθοδος Soil Conservation Service (SCS), (1973)),
- Χρόνος ανόδου: Ο χρόνος που περνάει από την αρχή του πλημμυρικού επεισοδίου μέχρι την στιγμή έλευσης της πλημμυρικής αιχμής,

- Χρόνος καθόδου: Ο χρόνος από την στιγμή που έρχεται η πλημμυρική αιχμή έως και το τέλος του επεισοδίου,
- Χρόνος υστέρησης: Η χρονική απόσταση του κέντρου βάρους του ενεργού υετογραφήματος από την αιχμή του πλημμυρογραφήματος (κορυφή του τριγώνου),
- Διάρκεια βάσης: Ο συνολικός χρόνος του πλημμυρικού επεισοδίου.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Μοναδιαίου Υδρογραφήματος (Κουτσογιάννης, 2011)

Αρχικά, υπολογίζεται ο χρόνος συρροής με τις δύο μεθόδους Giandotti και SCS:

- ✓ Giandotti (1934):

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{\Delta z}} \quad (6)$$

Όπου:

t_c : χρόνος συρροής (h)

A: εμβαδόν λεκάνης απορροής (km²)

L: μήκος κύριου υδατορέματος (km)

Δz : η υψομετρική διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο της εξόδου της (m)

- ✓ Soil Conservation Service (1973):

$$t_c = 0.057 * L^{0.8} * \frac{\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{S^{1/2}} \quad (7)$$

Όπου:

t_c : χρόνος συρροής (h)

L: μήκος κύριου υδατορέματος (km)

S: μέση κλίση της λεκάνης (m/m)

CN (Curve Number): παράμετρος απορροής της μεθόδου SCS (πίνακες 7,8,9,10)

Στην συνέχεια, υπολογίζεται ο χρόνος υστέρησης:

$$t_L = 0.6 * t_\sigma \quad (8)$$

Όπου:

t_{σ} : χρόνος συρροής (h)

Έπειτα, υπολογίζεται ο χρόνο ανόδου (Κουτσογιάννης, 2011):

$$t_{\alpha} = \frac{D}{2} + t_L \quad (9)$$

Όπου:

D: διάρκεια βροχής (h)

t_L : χρόνος υστέρησης (h)

Τέλος, υπολογίζεται ο χρόνος βάσης:

$$t_b = 2.67 * t_{\alpha} \quad (10)$$

Όπου:

t_{α} : χρόνος ανόδου (h)

Έχοντας υπολογίσει τους παραπάνω χρόνους, μπορεί πλέον να υπολογιστεί η παροχή αιχμής του τριγωνικού μοναδιαίου υδρογραφήματος, με τη χρήση της σχέσης (11):

$$Q = \frac{0.75 * A * h}{3600 * t_p} \quad (11)$$

Επιπλέον, χρησιμοποιείται η παράμετρος S, η οποία αφορά τη δυνητικά μέγιστη κατακράτηση με τύπο:

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (12)$$

Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0-100 και εξαρτάται από:

- Διαπερατότητα εδάφους
- Χρήσεις γης
- Προηγούμενες εδαφικές συνθήκες

Πίνακας 2: Τύποι Εδαφών (Μαμάσης, 2014)

A	Μεγάλοι ρυθμοί διήθησης (π.χ. αμμώδη και χαλικώδη)
B	Μέσοι ρυθμοί διήθησης (π.χ. αμμώδης πηλός)
C	Μικροί ρυθμοί διήθησης (π.χ. αργιλοπηλός)
D	Πολύ μικροί ρυθμοί διήθησης (π.χ. πλαστικές άργιλοι)

Πίνακας 3: Τύποι προηγούμενων συνθηκών εδαφικής υγρασίας (με βάση τη βροχή των τελευταίων 5 ημερών) (Μαμάσης, 2014)

I	Ξηρές συνθήκες (βροχή < 13mm ή < 35mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης)
II	Μέσες συνθήκες (βροχή μεταξύ 13mm και 38mm ή μεταξύ 35mm και 53mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης)
III	Υγρές συνθήκες (βροχή > 38mm ή >53mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης)

Πίνακας 4: Παραδείγματα τιμής CN για διάφορες χρήσεις γης και συνθήκες υγρασίας τύπου II (Μαμάσης, 2014)

Χρήσεις Γης	Τύπος Εδάφους			
	A	B	C	D
Λιβάδια	30-68	58-79	71-86	78-89
Δάση	25-45	55-66	70-77	77-83
Οικιστικές Περιοχές	51-77	68-85	79-90	84-92
Δρόμοι	72-98	82-98	87-98	89-98

Πίνακας 5: Αντιστοίχιση κατηγοριών καλύψεων γης και τύπων εδαφών με CN_{II} (SCS, 1972; Wanielista, 1978)

Κατηγορίες Κάλυψης Γης	Υδρολογικός Τύπος Εδάφους			
	A	B	C	D
Αδιαπέρατες επιφάνειες και επιφάνειες νερού	100	100	100	100
Γυμνό έδαφος	77	86	91	94
Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες	62-66	71-74	78-80	81-82
Καλλιέργειες σιτηρών	63-65	75-76	83-84	87-88
Πυκνές καλλιέργειες	51-63	67-73	76-80	80-83
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	39-68	61-79	74-86	80-89
Δενδρόκηποι ή δενδροκαλλιέργειες	35-57	58-73	72-82	79-86
Δάση με συγκόμωση 10-50%	36-61	59-75	73-83	79-87
Δάση με συγκόμωση 50-80%	33-53	57-71	71-80	78-85
Δάση με συγκόμωση >80%	31-47	56-67	70-78	77-84
Χωριά και οικισμοί με αραιά δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες <40%)	51	68	79	84
Αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες >40%)	80	87	91	93

2.2.2.6 Σύνθετο Πλημμυρογράφημα

Το σύνθετο υετογράφημα παράγεται, μέσω της μεθόδου των εναλλασσόμενων blocks. Βάσει αυτής της μεθοδολογίας, το μεγαλύτερο ύψος βροχής τοποθετείται στο κέντρο και εκατέρωθεν αυτού με σειρά τα αμέσως μικρότερα ύψη. Γίνεται επίσης χρήση δεδομένων, τα οποία προκύπτουν από την μελέτη που πραγματοποιείται στο λογισμικό ArcGIS Pro και αυτά είναι η έκταση της λεκάνης απορροής, η παράμετρος CN και η παράμετρος S.

Έχοντας υπολογίσει τις απώλειες φ, εφαρμόζεται η μέθοδος των εναλλασσόμενων blocks. Κατασκευάζεται αρχικά η στήλη με τη διάρκεια βροχής και στη συνέχεια οι εντάσεις βροχής, βάσει των όμβριων καμπυλών. Από αυτά, προκύπτει το τελικό ύψος βροχής. Στη συνέχεια, γίνεται μία κανονικοποίηση, ώστε οι τιμές να ανήκουν στο διάστημα [0, 1]. Κατόπιν, δημιουργείται στήλη με τις

προαναφερθέντες τιμές και προκύπτει η στήλη αναδιάταξης. Με αυτό τον τρόπο, τοποθετούνται τα ύψη σε φθίνουσα σειρά.

Σημειώνεται ότι η πλημμυρική αιχμή δεν καθορίζεται με εφαρμογή της ορθολογικής μεθόδου αφού δεν υπάγεται το προς οριοθέτηση υδατόρεμα στην κατηγορία των μικρών υδατορεμάτων και η λεκάνη απορροής αυτού είναι μεγαλύτερη από 20km² (ΦΕΚ ΚΥΑ, 2017) ή και από 35km² (Μπαλτάς, Μιμίκου, 2018).

2.2.3 Υδραυλική Μελέτη

Με την Υδραυλική μελέτη προσδιορίζονται οι γραμμές πλημμύρας για την παροχή σχεδιασμού. Ειδικότερα, υπολογίζεται η μορφή της ελεύθερης επιφάνειας του νερού (flow profile) κατά μήκος του υδατορέματος και προσδιορίζονται τα σημεία τομής της με τα πρηνή του. Οι δύο γραμμές εκατέρωθεν της κοίτης που ορίζονται από τα ως άνω σημεία τομής αποτελούν τις γραμμές πλημμύρας. Είναι ενδεχόμενο οι γραμμές αυτές ή τμήματά τους να βρίσκονται και εκτός των πρηνών, υποδηλώνοντας τότε ανεπάρκεια του υδατορέματος να διοδεύσει την παροχή πλημμύρας. Στην περίπτωση αυτή οι γραμμές πλημμύρας ορίζονται από τα σημεία τομής της ελεύθερης επιφάνειας του νερού με το ανάγλυφο των παραρεμάτων περιοχών. Οι γραμμές πλημμύρας προσδιορίζονται ως οι τεθλασμένες γραμμές που συνδέουν τα σημεία τομής της ελεύθερης επιφάνειας του νερού σε συγκεκριμένες διατομές με το φυσικό ή διαμορφωμένο έδαφος στις ίδιες διατομές (ΦΕΚ ΚΥΑ Οριοθέτηση, 2014). Λόγω της ιδιαιτερότητας του χειμάρρου γεωμορφολογίας της αντίστοιχης υπολεκάνης όπου λαμβάνει χώρα η υδραυλική προσομοίωση, χρησιμοποιούνται δύο προγράμματα υδραυλικής προσομοίωσης. Τα λογισμικά HEC-RAS 1D και LISFLOOD Quasi 2D, με σκοπό να προκύψουν ασφαλέστερα αποτελέσματα από τη σύγκρισή τους.

2.2.3.1 Προσδιορισμός γραμμών πλημμύρας χωρίς την κατασκευή έργων διευθέτησης

Ο υδραυλικός υπολογισμός της μορφής κατανομής της ελεύθερης επιφάνειας του νερού (flow profile) κατά μήκος του υδατορέματος επιτυγχάνεται με την προσομοίωση της ροής ως ανομοιόμορφης. Πιο συγκεκριμένα, ως δεδομένο εισόδου, λαμβάνεται το πλημμυρογράφημα που προκύπτει από την ανάντη λεκάνη απορροής. Έτσι, το σημείο εξόδου της ανάντη λεκάνης αποτελεί ουσιαστικά το σημείο όπου ξεκινάει η υδραυλική προσομοίωση, η οποία καταλήγει, στη συγκεκριμένη περίπτωση, στην εκβολή του ρέματος στη θάλασσα. Δεν υπάρχουν προγενέστερες υδραυλικές μελέτες ή ειδικές μελέτες, ούτε προβλεπόμενα έργα καθώς και καταστάσεις και δραστηριότητες που εκτιμάται ότι θα επηρεάσουν τον προσδιορισμό των γραμμών πλημμύρας. Επιπλέον, δεν υπάρχουν πληροφορίες για οριοθετήσεις σε άλλα τμήματα του υπό εξέταση υδατορέματος, καθώς και μελέτες που εκπονήθηκαν στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων διευθέτησης του υδατορέματος. Ωστόσο, έχουν ληφθεί υπόψη οι Χάρτες Επικινδυνότητας και Χάρτες Κινδύνου Πλημμύρας και τυχόν όροι, περιορισμοί και δεσμεύσεις των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας.

2.2.3.2 Απαραίτητα στοιχεία για την εκπόνηση των υδραυλικών υπολογισμών

Αρχικά, λαμβάνεται υπόψη η παροχή σχεδιασμού, όπως προκύπτει από την υδρολογική μελέτη. Απαραίτητα επίσης είναι τα γεωμετρικά στοιχεία της κοίτης που αποδίδονται από μία σειρά διατομών, καθώς και η κλίση του άξονα του υδατορέματος, η οποία έχει προκύψει από την Τοπογραφική Αποτύπωση. Προτείνεται η χάραξη διατομών σε όλες τις χαρακτηριστικές θέσεις του υδατορέματος και σε αποστάσεις τουλάχιστον 50m μεταξύ τους. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες πληροφορίες για την τραχύτητα της κοίτης χωρίς την κατασκευή έργων διευθέτησης. Η κοίτη

φαίνεται να αναπτύσσει μικτή ροή (με την υφιστάμενη κατάσταση), ενώ δεν έχει παρατηρηθεί ροή στον χείμαρρο, πέρα από μεμονωμένα πλημμυρικά επεισόδια που σημειώνονται. Κατά την διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου του Ιανουάριου παρατηρήθηκαν μεγάλες αποθέσεις φερτών υλικών και έντονη λασπορροή. Ακόμη, έχουν αναφερθεί καταπατήσεις της φυσικής κοίτης, όπως δημιουργία δρόμων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως από αγρότες (Τεχνική Διεύθυνση Περιφερειακής Υπηρεσίας Κεφαλονιάς, 2020). Τέλος, δεν υπάρχουν πληροφορίες για μελλοντικές χρήσεις γης και επιπτώσεις που αναμένονται από εγκεκριμένες μελέτες (χωροταξικές, πολεοδομικές υδραυλικές, κυκλοφοριακές περιβαλλοντικές ή άλλες μελέτες τοπικού ή υπερτοπικού χαρακτήρα) τα οποία είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη λειτουργία του υδατορέματος.

2.2.3.3 Έλεγχος υφιστάμενης κατάστασης

Γίνεται λοιπόν, έλεγχος σκοπιμότητας διατήρησης της υφιστάμενης κατάστασης. Λαμβάνοντας υπόψιν τις πρόσφατες καταστροφές αλλά και παλαιότερες (π.χ. Σεπτέμβριος 2019), τα προβλήματα που προκαλούνται δεν θεωρούνται αποδεκτά. Μεγάλοι όγκοι νερού και φερτών καταλήγουν στον οικισμό σε μεγάλα πλημμυρικά επεισόδια. Επιλέγεται έτσι, η εξέταση εναλλακτικών λύσεων διευθέτησης του υδατορέματος με τις αντίστοιχες διατάξεις έργων, που αποσκοπούν στην αποκατάσταση και βελτίωση της λειτουργίας του για τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που εμφανίζονται στην περιοχή.

2.2.3.4 Προσδιορισμός γραμμών πλημμύρας με την κατασκευή έργων διευθέτησης

Για τα έργα αυτά σε επίπεδο προμελέτης σχεδιασμού εξετάζονται εναλλακτικές λύσεις με ενέργειες και επεμβάσεις που προτείνονται, κατά το δυνατό φιλικές στο περιβάλλον, και καθορίζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων αυτών. Τα προτεινόμενα σε κάθε εναλλακτική λύση κύρια και τυχόν άλλα βοηθητικά ή συνοδό έργα μελετώνται σε στάδιο Προμελέτης. Ειδικότερα προσδιορίζονται η έκταση των επεμβάσεων, η γεωμετρία τους, τα υλικά και το εκτιμώμενο κόστος κατασκευής τους. Επιπλέον επαναλαμβάνεται η διαδικασία προσομοίωσης με τα έργα αυτά, και προσδιορίζονται οι νέες γραμμές πλημμύρας.

2.2.3.5 HEC-RAS

Το πρώτο υπολογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την υδραυλική προσομοίωση είναι το HEC-RAS. Οι βασικές εξισώσεις που χρησιμοποιούνται είναι οι εξισώσεις Navier-Stokes κατάλληλα ολοκληρωμένες ώστε να προκύψουν για ρηχά νερά (Shallow Water Equations). Για την επίλυση, θεωρείται ασυμπιεστο το ρευστό και ομοιόμορφη η κατανομή της πυκνότητας. Επιπλέον, η κατακόρυφη διάσταση είναι αρκετά μικρότερη από την οριζόντια σε αυτού του είδους τα προβλήματα, κατ' επέκταση η κατακόρυφη ταχύτητα είναι σχεδόν αμελητέα και η πίεση υδροστατική. Οι δυνάμεις που παίζουν τον σημαντικότερο ρόλο, στις περιπτώσεις που εξετάζονται, συνήθως είναι οι βαρυτικές δυνάμεις και η τριβή του ρευστού με τον πυθμένα της διατομής, από την οποία διέρχεται, οι υπόλοιποι όροι της εξίσωσης της ορμής μπορούν να αμεληθούν. Συνδυάζοντας την τελευταία εξίσωση με την αρχή διατήρησης της μάζας, προκύπτουν οι προσεγγιστικές εξισώσεις διάδοσης του κύματος για τα ρηχά νερά (Diffusive Wave Approximation of the Shallow Water). Ακολούθως, για να γίνει η υπολογιστική διαδικασία πρέπει να καθορισθεί ο κানাβος στον οποίον θα διαιρεθεί η επιφάνεια του ποταμού, καθώς και η περιοχή εκτός αυτού, που αναμένεται να πλημμυρίσει. Το κάθε στοιχείο του κανάβου πρέπει να έχει ορισμένη τιμή υψομέτρου και συντελεστή τραχύτητας Manning, τα οποία προκύπτουν από τα αντίστοιχα αρχεία raster μορφής που εισέρχονται από το ArcGIS Pro. Με αυτόν τον τρόπο, διακριτοποιείται το πεδίο ροής στην καθορισμένη περιοχή για να προκύψει η βαθυμετρία της με την μεταβολή των αναλυτικών εξισώσεων, που παρουσιάζουν οι προαναφερθέντες αριθμητικές εξισώσεις πεπερασμένων διαφορών και να βρεθεί έτσι το βάθος και η ταχύτητα ροής, σε κάθε σημείο για κάθε χρονική στιγμή

που θα γίνει η υδραυλική προσομοίωση. Τέλος, καθορίζονται οι διατομές εισόδου και εξόδου, οι οποίες είναι τα ανάντη και κατάντη όρια αντίστοιχα. Θεωρώντας συνθήκες ανομοιόμορφης ροής, στο ανάντη σημείο της προσομοίωσης, σαν οριακή συνθήκη μπαίνει το πλημμυρογράφημα στο σημείο αυτό και στα κατάντη το ομοιόμορφο βάθος. Επιπλέον, οι αρχικές συνθήκες για το πρόβλημα καθορίζονται από την φύση του υδατορέματος και από μετρήσεις ροής σε αυτό. Στην περίπτωση χειμάρρων χωρίς την παρουσία νερού, κατά την διάρκεια του έτους οι αρχικές συνθήκες είναι μηδενικές. (HEC-RAS 5.0 Reference Manual, 2016)

2.2.3.6 LISFLOOD

Το δεύτερο πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι το LISFLOOD. Πρόκειται για πρόγραμμα μοντελοποίησης πλημμυρών, το οποίο σχεδιάστηκε για ερευνητικούς σκοπούς από το πανεπιστήμιο του Bristol (LISFLOOD-FP User Manual 5.9.6, 2013). Το μοντέλο βασίζεται σε ανάλυση raster αρχείων και περιλαμβάνει τους όρους των εξισώσεων Navier-Stokes, απλουστευμένους για ρηχά νερά, χωρίς να λαμβάνει χώρα η διακριτοποίηση του πεδίου ροής. Η επιλογή των όρων που χρησιμοποιούνται, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε πλημμύρας που επιλέγεται να προσομοιωθεί, τον χρόνο της προσομοίωσης και τα διαθέσιμα δεδομένα που υπάρχουν.

Το LISFLOOD προσφέρει διάφορους τρόπους προσομοίωσης: το μοντέλο «περιορισμένης ροής», την «προσαρμοστική» μέθοδο, το μοντέλο «επιτάχυνσης», και το μοντέλο «Roe». Για την περίπτωση της περιοχής μελέτης, επιλέγεται το μοντέλο «επιτάχυνσης».

Το μοντέλο «επιτάχυνσης» είναι μια απλοποιημένη μορφή εξισώσεων για ρηχά νερά, όπου μόνο ο όρος της κατακόρυφης επιτάχυνσης θεωρείται αμελητέος. Η μέθοδος αυτή καταλήγει σε μερική διαφορική εξίσωση πρώτης τάξης στο χώρο, χρησιμοποιώντας τη δεδομένη χρονική στιγμή, αλλά όσον αφορά στον όρο της τριβής λαμβάνεται υπόψη και το επόμενο βήμα, για σταθερότητα των αποτελεσμάτων. Αντίστοιχα με την «προσαρμοστική» μέθοδο, το χρονικό βήμα του μοντέλου «επιτάχυνσης» δεν παραμένει σταθερό κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Σε αυτή την περίπτωση, μεταβάλλεται σύμφωνα με την παράμετρο Courant- Friedrichs- Lewy, και σχετίζεται με το μέγεθος του κελιού (pixel) και το βάθος του νερού.

Η πιο πρόσφατη ανεπτυγμένη μέθοδος για την αναπαράσταση ποταμών είναι η δημιουργία κανάβου της κοίτης του ρέματος σε 2D. Η ροή μεταξύ των τμημάτων της κοίτης υπολογίζεται με βάση την τριβή, τις κλίσεις, και την τοπική επιτάχυνση του νερού (π.χ. χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις του μοντέλου «επιτάχυνσης»). Οποιοδήποτε κελί (pixel) περιέχει τμήμα του κανάβου της κοίτης, το μοντέλο υπολογίζει τον συνδυασμό της ροής του νερού μέσα στο κελί, που περιέχεται το σημείο της κοίτης του συγκεκριμένου κελιού και την ροή σε σχέση με όλη την πλημμυρική κοίτη. Το μοντέλο είναι σχεδιασμένο να επεξεργάζεται δεδομένα μεγάλων αραιοποιημένων περιοχών, όπου υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα για το κανάλι. Κατά την εφαρμογή των μεθόδων, η ροή θεωρείται ότι σταδιακά μεταβάλλεται. (LISFLOOD-FP User Manual 5.9.6, 2013)

2.2.3.7 Στερεομεταφορά

Στερεοαπορροή (sediment yield) είναι η ποσότητα των φερτών υλικών που διέρχονται από μία διατομή αναφοράς (π.χ. διατομή ποταμού) σε μία καθορισμένη χρονική διάρκεια. Εκφράζεται σε μονάδες μάζας και συχνά ανάγεται στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής, ανάντη της διατομής αναφοράς (μάζα/επιφάνεια/χρόνο ή $tn/km^2/y$) (Μαμάσης, Ευστρατιάδης, Κουτσογιάννης, 2015) .

2.2.3.7.1 Λεπτόκοκκα Φερτά

Η μεταφορά των λεπτόκοκκων φερτών πραγματοποιείται μέσω του μηχανισμού της αιώρησης. Η διαδικασία υπολογισμού είναι ιδιαίτερα δύσκολη, καθώς οι γεωφυσικές διεργασίες που γίνονται είναι πολύπλοκες. Η ικανότητα των λεπτόκοκκων φερτών σε αιώρηση να μεταφέρονται είναι πολύ μεγάλη και για αυτό η στερεοαπορροή σε αυτή τη κατηγορία δεν καθορίζεται τόσο από τις συνθήκες της ροής, αλλά από το ρυθμό διάβρωσης στο σύνολο της λεκάνης απορροής. Όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 3.1, το έδαφος της Κεφαλονιάς χαρακτηρίζεται από έντονη αποσάθρωση ανθρακικών σχηματισμών που έχουν δημιουργηθεί από τις ενεργές μορφολογικές επιφάνειες της περιοχής. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου που διευκολύνουν την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων ροής, συντελεί στην μεγάλη επιρροή των λεπτόκοκκων φερτών στην περιοχή (Λέκκας, 2020). Από την άλλη μεριά, περιοριστικός παράγοντας καθίσταται ο ρυθμός εδαφικής διάβρωσης, ο οποίος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η διαβρωσιμότητα του εδάφους, χρήσεις γης, φυτοκάλυψη κ.α.

Επειδή η εύρεση της ακριβής ποσότητας των φερτών είναι ιδιαίτερως δύσκολη η εκτίμηση που γίνεται είναι προσεγγιστική. Με βάση την εμπειρική σχέση (13), η οποία έχει προκύψει από βάσεις δεδομένων μετρήσεων στερεοπαροχής σε επτά μετρικούς σταθμούς που έχουν λειτουργήσει σε τρεις ποταμούς της βορειοδυτικής Ελλάδας (Κουτσογιάννης και Ταρλά, 1987):

$$G = 15 * \gamma * e^{3P} \quad (13)$$

Όπου:

G: η μέση ετήσια στερεοαπορροή σε αιώρηση (t/km²)

P: η μέση ετήσια βροχόπτωση (m)

γ: συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωλογία της λεκάνης

Η εύρεση του τελευταίου συντελεστή γίνεται με την επίλυση της παρακάτω εξίσωσης (14):

$$\gamma = \kappa_1 * p_1 + \kappa_2 * p_2 + \kappa_3 * p_3 \quad (14)$$

Όπου:

p_i (i = 1, 2, 3): ποσοστά εμφάνισης των κατηγοριών πετρωμάτων στην υπό μελέτη λεκάνη

κ_i (i = 1, 2, 3): εμπειρικοί συντελεστές διαβρωσιμότητας.

Ειδικότερα, p₁ είναι το ποσοστό εμφάνισης πετρωμάτων υψηλής διαβρωσιμότητας, για τα οποία θεωρείται κ₁ = 1.0 , p₂ είναι το ποσοστό μέτριας διαβρωσιμότητας με κ₂ = 0.5, ενώ τέλος p₃ είναι το ποσοστό χαμηλής διαβρωσιμότητας, με κ₃ = 0.1 (Κουτσογιάννης, 2002).

2.2.3.7.2 Χονδρόκοκκα Φερτά

Πολύ σημαντικά καθίστανται επίσης και τα χονδρόκοκκα φερτά, ιδίως στα ορεινά σημεία του χειμάρρου, όπου η ροή μπορεί να προκαλέσει τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων κροκαλών και χαλικιών μέσω του μηχανισμού της σύρσης, καθώς η κλίση είναι αρκετά μεγάλη και η ταχύτητα του νερού υψηλή. Βασικός παράγοντας σε αυτή την περίπτωση, σε αντίθεση με τα λεπτόκοκκα, υφίστανται τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της ροής και τα μηχανικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των φερτών. Προϋπόθεση αποτελεί η κατάρτιση ιστορικού δείγματος παροχών, ώστε να γίνει ποσοτική εκτίμηση. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η στερεοπαροχή με σύρση εμφανίζεται κυρίως σε περιπτώσεις έντονων πλημμυρικών φαινομένων.

Η εμπειρική μέθοδος, η οποία επιλύει το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση, καθίσταται η εκτίμηση στερεοπαροχής με σύρση των Meyer-Peter & Muller (1948):

$$\left(\frac{n_d}{n}\right)^{\frac{3}{2}} * \frac{R_i}{d_s} = 0.047 * \frac{\rho_s - \rho}{\rho} + 0.25 * \left(\frac{q_s}{\rho_s}\right)^{\frac{2}{3}} * \frac{1}{g^{\frac{1}{3}} + d_s} * \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (15)$$

$$n_d = \frac{d_{90}^{\frac{1}{6}}}{26} \quad (16)$$

Όπου:

q_s : η στερεοπαροχή με σύρση (kg/s/m)

n_d : ο συντελεστής Manning που δείχνει την τραχύτητα των φερτών

d_{90} : η διάμετρος της κοκκομετρικής διαβάθμισης για την οποία το 90% των φερτών είναι έχουν ίση ή μικρότερη διάμετρο (m)

n ο συντελεστής Manning που αναφέρεται στην ολική ταχύτητα της κοίτης (φερτών και σχηματισμών)

R : η υδραυλική ακτίνα (m)

i : η κλίση της ενέργειας (m/m)

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2)

d_s : μια χαρακτηριστική διάμετρος του μίγματος των φερτών (m)

ρ_s : η πυκνότητα των φερτών (kg/m^3)

ρ : η πυκνότητα του νερού (kg/m^3)

Σημειώνεται ότι η επίλυση της παραπάνω εξίσωσης γίνεται για διαμέτρους φερτών 0.4 – 30 mm, πυκνότητες φερτών 1250 – 4220 kg/m^3 , βάθη ροής 0.01 – 1.2 m και τέλος για κλίσεις $4 * 10^{-4}$ – $2 * 10^{-2}$ (Κουτσογιάννης, 2002).

3. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

Στον παρόν κεφάλαιο, αναλύεται η τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής αμφίπλευρα του υδατορέματος, για το οποίο γίνεται η υδραυλική μελέτη σε επόμενο κεφάλαιο. Ακόμη, η αποτύπωση περιλαμβάνει περιβαλλοντικά και γεωλογικά στοιχεία, τα οποία βοηθούν στην εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης, είτε αποτελούν απαραίτητα δεδομένα εισόδου στην υδρολογική ή/και υδραυλική προσομοίωση.

3.1 Περιγραφή Γεωλογίας

3.1.1 Γεωμορφολογία

Η Κεφαλονιά χαρακτηρίζεται από ένα ιδιαίτερο και πολύπλοκο μορφολογικό πλαίσιο, το οποίο περιλαμβάνει έντονο κατακόρυφο και οριζόντιο διαμελισμό, αποτέλεσμα αποκλειστικά της ενεργούς τεκτονικής, η οποία είναι από τις εντονότερες στον Ελλαδικό χώρο. Στη μεγαλύτερη έκτασή της, είναι ορεινή (36.9%) και ημιορεινή (38.4%). Συνήθως, εμφανίζει κλίσεις από 10-50%, που σε ορισμένα σημεία φτάνουν έως και στο 70%.

3.1.2 Γεωτεκτονική Δομή - Γεωδυναμικό

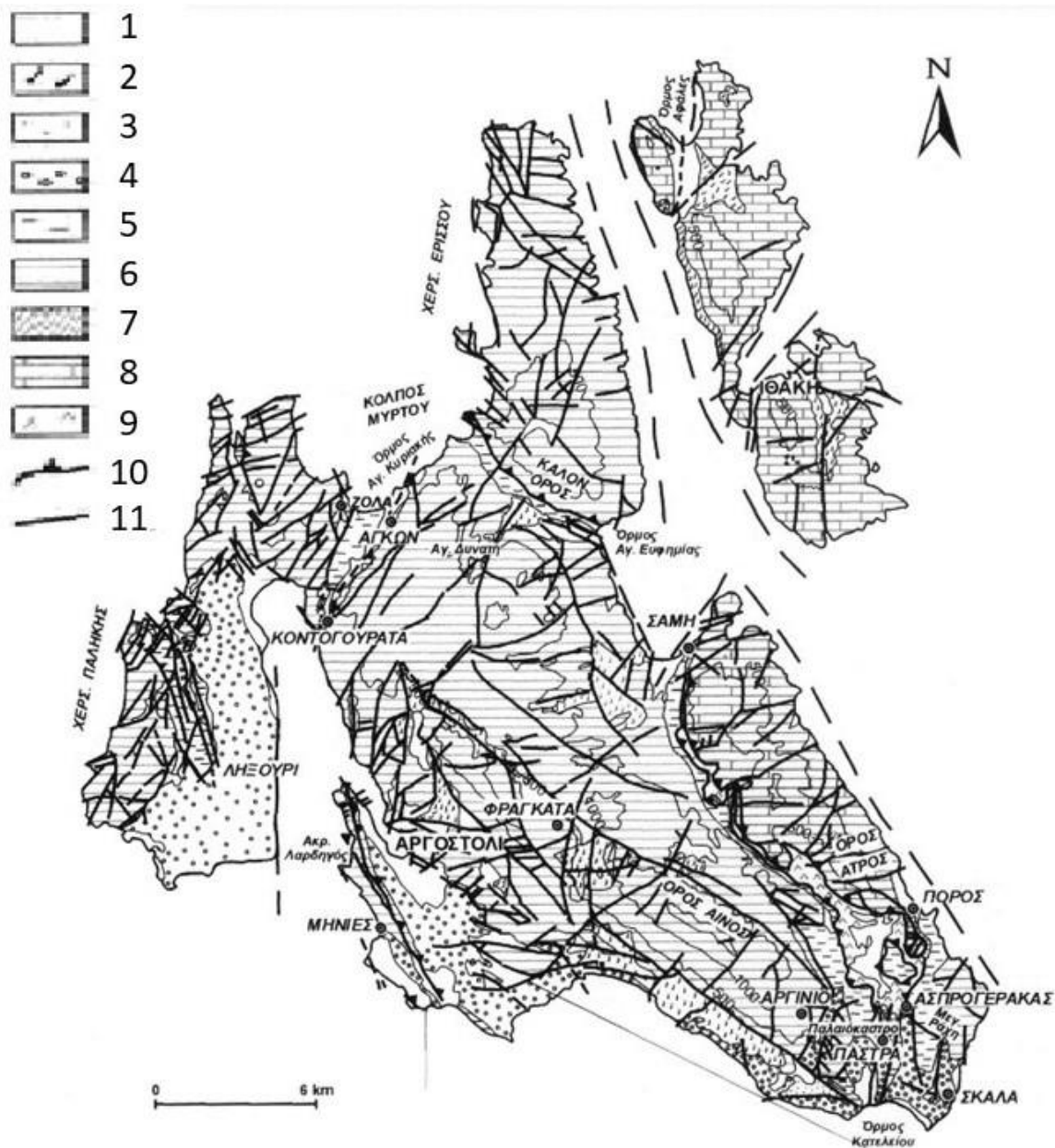
Το γεωδυναμικό της Κεφαλονιάς επηρεάζεται από την θέση της νήσου στα όρια του Ελληνικού Τόξου, τις σχετικές μετακινήσεις της Ευρωπαϊκής και της Αφρικανικής πλάκας αφενός και αφετέρου, της πλάκας κατά μήκος του ρήγματος μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς – Λευκάδας. Η Κεφαλονιά δομείται από δύο γεωτεκτονικές ενότητες του Ελληνικού Τόξου, την Ιόνια Ενότητα και την Ενότητα των Παξών. Τα πετρώματα που συνθέτουν την γεωλογική δομή του νησιού είναι κυρίως ιζηματογενή και πιο συγκεκριμένα Αλπικοί σχηματισμοί, που απαντώνται κυρίως στα ορεινά, και Πλειοτεταρτογενείς σχηματισμοί, σε χαμηλότερα υψόμετρα αντίστοιχα, οι οποίοι επικάθονται πάνω στους πρώτους. Συνεπώς η σεισμική δραστηριότητα του νησιού είναι από τις εντονότερες στον Ελλαδικό χώρο και σε ορισμένες περιπτώσεις καταστροφικοί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι σεισμοί τον Αύγουστο του 1953, που προκάλεσαν ανεπανόρθωτες ζημιές σχεδόν σε όλη την Κεφαλονιά ισοπεδώνοντας τον μεγαλύτερο οικισμό του νησιού, το Αργοστόλι. Από την μανία του σεισμού, σώθηκε μόνο το βορειότερο τμήμα του νησιού (χερσόνησος Ερίσσου), όπου βρίσκεται ο παραδοσιακός οικισμός του Φισκάρδου.



Εικόνα 4: Η ίδια περιοχή το 1936 (προσεισμικά) (Πηγή: Αργοστόλι Σεισμοί 1953, Το τέλος και η αρχή μιας πόλης)



Εικόνα 5: Αγορά Αργοστολίου 1953 (μετασεισμικά) (Πηγή: Αργοστόλι Σεισμοί 1953, Το τέλος και η αρχή μιας πόλης)



Εικόνα 6: Γεωλογικός - Νεοτεκτονικός χάρτης νήσων Κεφαλονιάς και Ιθάκης (Πηγή: Λέκκας, Δαναμός, Μαυρίκας, 2001)

Πίνακας 6: Υπόμνημα Γεωλογικού-Νεοτεκτονικού χάρτη

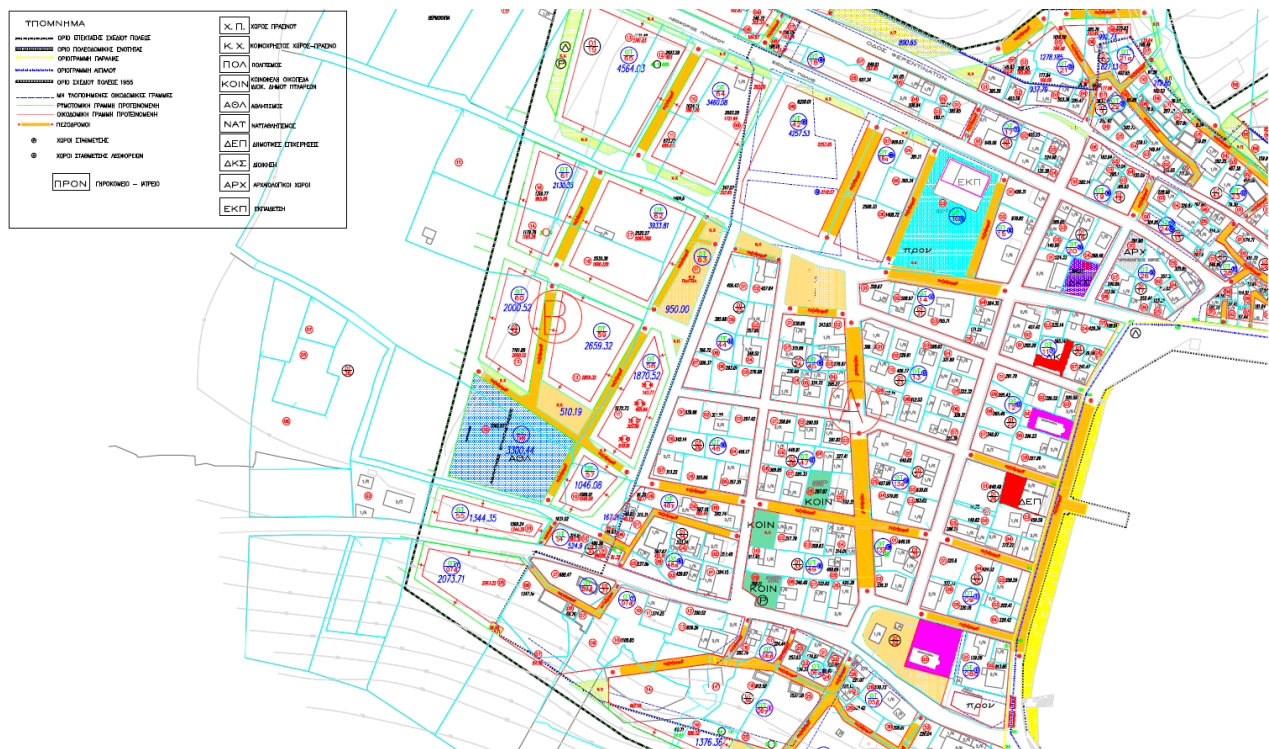
1	Σύγχρονοι αλλοβιακοί σχηματισμοί και μεσοπαγετώσεις αποθέσεις Μέσου Πλειστοκαίνου
2	Κορήματα και λατυποπαγή κλιτύων Μέσου Πλειστοκαίνου
3	Θαλάσσιοι ασβεσταρενίτες Μέσου Πλειστοκαίνου
4	Ελαστικοί σχηματισμοί Πλειοκαλάβριας σειράς
5	Αργιλοκλαστική σειρά Μέσου Μειόκαινου - Κατωτέρου Πλειόκαινου
6	Φλύσης Ιονίου ενότητας
7	Ανθρακικά ιζήματα νηριτικά και κατά θέσεις πελαγικά Τριαδικού - Μέσου Μειόκαινου
8	Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι και ερυθροί κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι Ιουραϊκού-Κρητιδικού
9	Εβαποριτική σειρά Τριαδικού
10	Επώθηση – Εφίπτευση
11	Ρήγμα

3.1.3 Γεωλογικοί σχηματισμοί

Το μεγαλύτερο μέρος της Κεφαλονιάς αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους (και σε μικρό ποσοστό από φλύσχη και τριτογενείς αποθέσεις) διάφορων τεκτονικών περιόδων, οι οποίοι σε συνδυασμό με την σεισμική δραστηριότητα έχουν κατακερματιστεί σημαντικά. Το γεγονός αυτό έχει συντελέσει στην δημιουργία υπόγειων κενών, τα οποία με την χρόνια επίδραση του νερού μεγάλωσαν και καταλήξανε στην έντονη καρστικοποίηση που παρατηρείται σήμερα. Ως αποτέλεσμα, μεγάλοι όγκοι νερού από τις κατακρημνίσεις εισέρχονται στο υπέδαφος και εμπλουτίζουν τον υπόγειο υδροφόρο. Τα κυριότερα παραδείγματα της εκτεταμένης καρστικοποίησης είναι οι καταβόθρες του Αργοστολίου, όπου εισέρχεται το θαλασσινό νερό το οποίο κάνει ένα ταξίδι περίπου 35 χιλιομέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, καταλήγοντας στο λιμνοσπήλαιο της Μελισάνης και συνεχίζει μέχρι να βγει και πάλι στην θάλασσα μερικά εκατοντάδες μέτρα μετά, στην περιοχή του Καραβόμυλου.

3.2 Τοπογραφικό Σχέδιο

Συνδυάζοντας όλες τις προαναφερθείσες αποτυπώσεις και διατομές, καθώς και τα συλλεχθέντα δεδομένα, προκύπτει το τελικό τοπογραφικό διάγραμμα, το οποίο παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7: Σχέδιο Πόλης Αγίας Ευφημίας (Πηγή: Δήμος Σάμης, 2020)

Τα γεωχωρικά δεδομένα αποτελούν τη βάση, πάνω στην οποία πραγματοποιούνται όλοι οι υπολογισμοί. Αυτά είναι που περιγράφουν την περιοχή, στην οποία γίνεται η μελέτη και από αυτά εξαγονται σημαντικά αποτελέσματα και συμπεράσματα για την ανάλυση που έπεται. Τα γεωχωρικά δεδομένα, ανάλογα με τον τρόπο που προκύπτουν ή τις πληροφορίες που περιλαμβάνουν, χωρίζονται σε ορισμένες κατηγορίες. Οι δύο βασικές κατηγορίες γεωχωρικών δεδομένων είναι τα πρωτογενή και τα δευτερογενή, ανάλογα με τον τρόπο που έχουν ληφθεί και επεξεργαστεί. Τα πρωτογενή είναι αυτά, όπου προκύπτουν απευθείας σε ψηφιοποιημένη μορφή (π.χ. ψηφιακές δορυφορικές εικόνες), ενώ δευτερογενή δεδομένα ονομάζονται εκείνα που αρχικά η μορφή τους

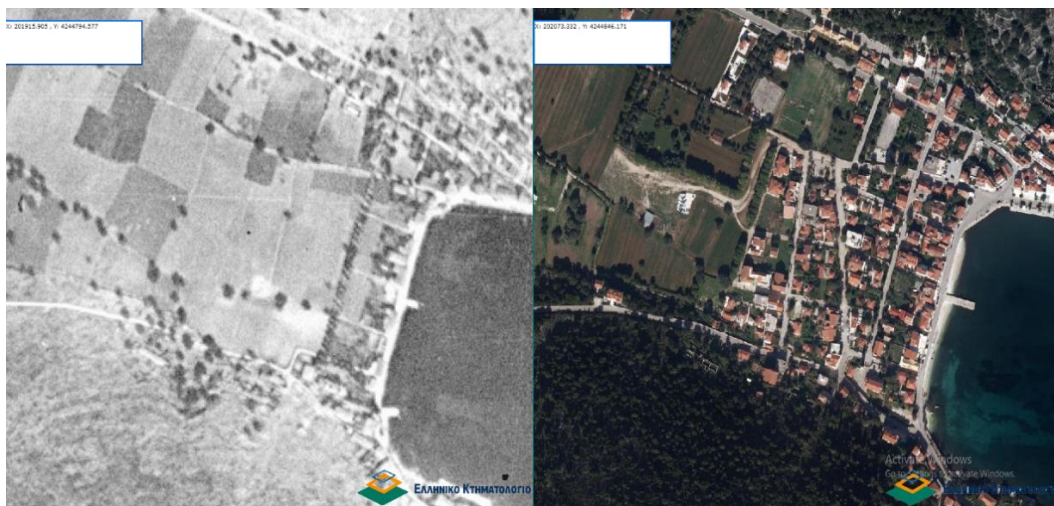
ήταν διαφορετική και προκύπτουν μετά από επεξεργασία (π.χ. σαρωμένες αεροφωτογραφίες). Τα γεωχωρικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη είναι τα εξής:

- Αεροφωτογραφίες
- Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)
- Τοπογραφικός Χάρτης
- Χρήσεις Γης

3.2.1 Αεροφωτογραφίες

Οι αεροφωτογραφίες είναι λήψεις του εδάφους, όπου πραγματοποιούνται με εναέρια μέσα και μέσω της επικάλυψής τους προκύπτουν οριζοντιογραφικά και υψομετρικά στοιχεία. Οι τύποι των φωτογραφιών ταινιών που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

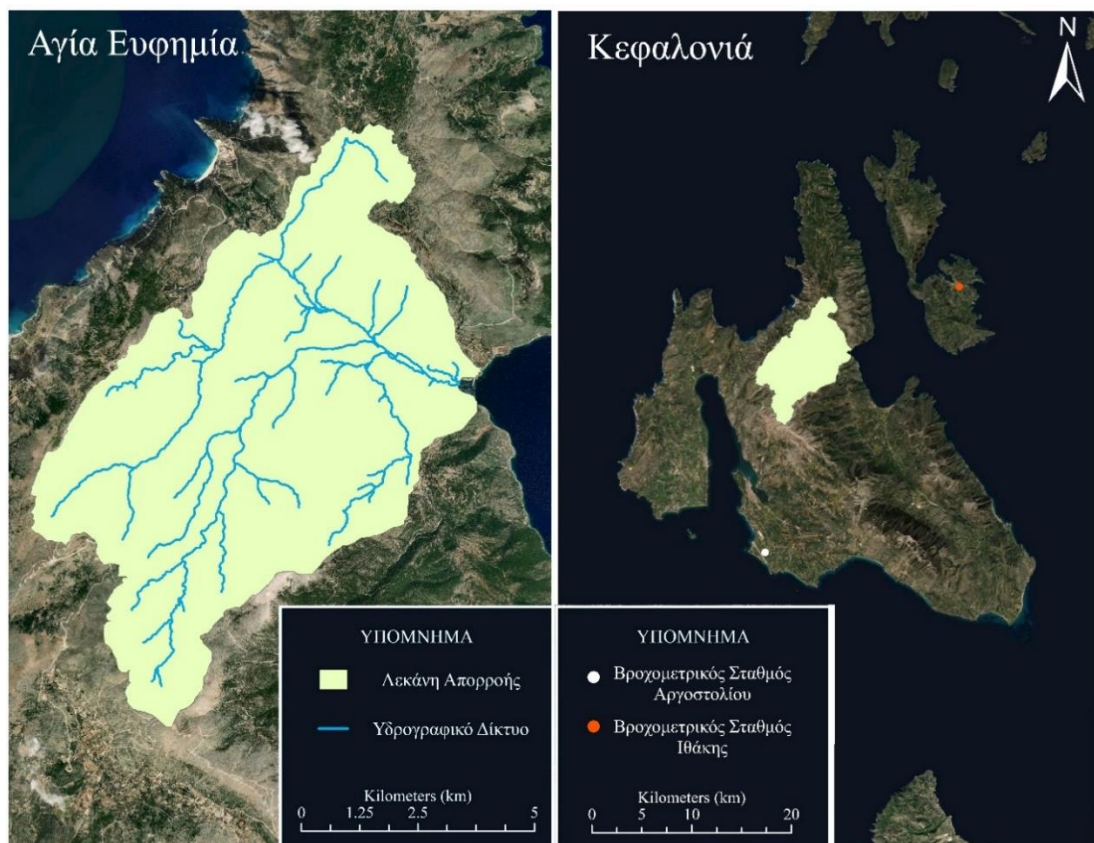
- Μονοχρωματικές (ή ασπρόμαυρες)
- Φυσικού Χρώματος
- Υπέρυθρες



Εικόνα 8: Οικισμός Αγίας Ευφημίας τη δεκαετία του 1940 (αριστερά) και σήμερα (δεξιά) (Πηγή: Εθνικό Κτηματολόγιο)

3.2.2 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

Ένα σημαντικό δεδομένο, που αποτελεί βασικό εργαλείο της υδρολογικής και υδραυλικής προσομοίωσης είναι το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (ΨΜΕ ή DEM). Πρωταρχικό ρόλο παίζει η ακρίβεια του, οι διαστάσεις δηλαδή της εκάστοτε εικονοψηφίδας (pixel), εφόσον βάσει αυτού προκύπτει το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης καθώς και οι λεκάνες και υπολεκάνες απορροής των επιμέρους επικίνδυνων δυνητικά πλημμυρικών περιοχών. Το DEM, που χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη μελέτη, είναι ακρίβειας 5×5 (m²), όπου προκύπτει από την επικάλυψη αεροφωτογραφιών της Κεφαλονιάς (Μπαλτάς, 2020). Για την επεξεργασία του DEM χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcGIS Pro, με το οποίο εκτιμώνται τα απαραίτητα γεωμετρικά και γεωμορφολογικά στοιχεία για τους υπολογισμούς. Έτσι, απομονώνεται το DEM της λεκάνης της Πυλλάρου στις εκβολές της οποίας βρίσκεται ο οικισμός της Αγίας Ευφημίας, όπου αποτελεί την κύρια περιοχή μελέτης (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους Λεκάνης Απορροής Αγίας Ευφημίας (με χρήση του προγράμματος ArcGIS Pro)

3.2.3 Χρήσεις Γης

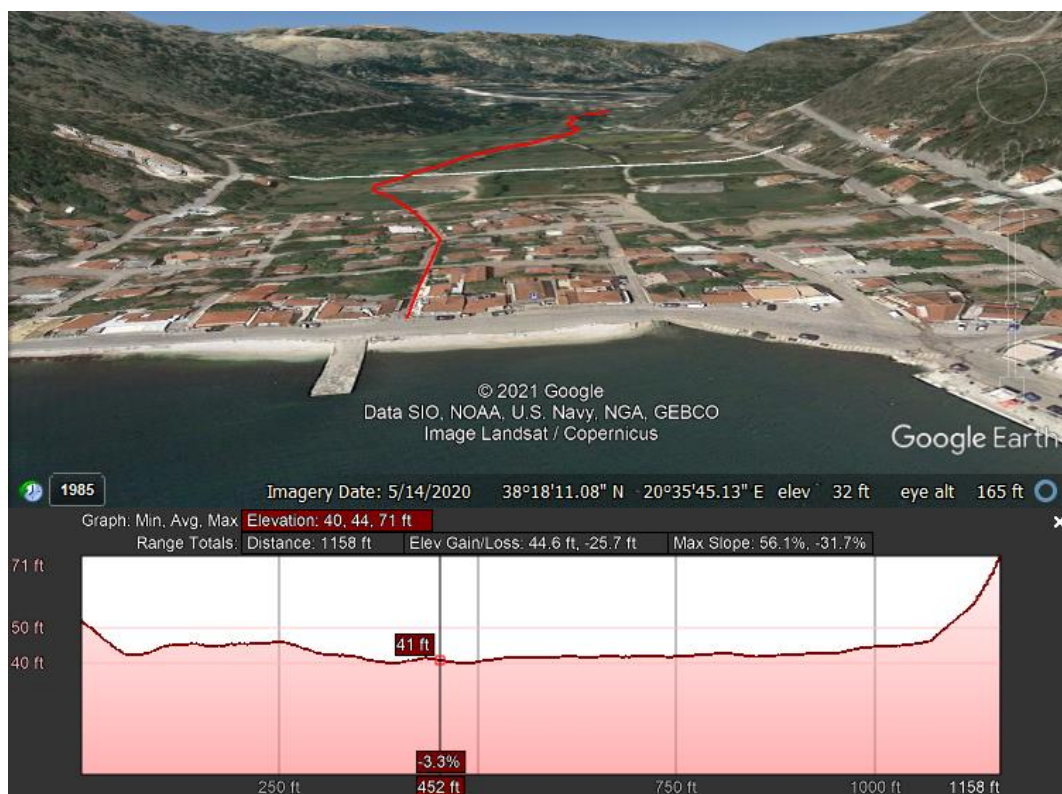
Οι χρήσεις γης αποτελούν μία αρκετά σημαντική πληροφορία για την παρούσα τεχνική μελέτη. Οι χρήσεις γης επηρεάζουν, κατά πολύ μεγάλο βαθμό, την ακρίβεια των αποτελεσμάτων και το κατά πόσο αυτά ανταποκρίνονται εν τέλει στην υφιστάμενη κατάσταση. Αποτελούν δεδομένο εισόδου και στα τρία στάδια της μεθοδολογίας, όπου αναλύονται στο Κεφάλαιο 4. Πιο συγκεκριμένα, αποτελούν ένα από τα κριτήρια, βάσει των οποίων προκύπτουν οι δυνητικά επικίνδυνες πλημμυρικά υποπεριοχές της λεκάνης (υποκεφάλαιο 4.1). Ακόμη, επηρεάζουν την υδρολογική μελέτη, καθώς σε κάθε διαφορετική χρήση γης αντιστοιχεί διαφορετικός συντελεστής τραχύτητας εδάφους k (Πίνακας 3). Τέλος, από τις χρήσεις γης, προκύπτουν οι συντελεστές τραχύτητας Manning. Οι χρήσεις γης, που υφίστανται στην Αγία Ευφημία βάσει του CORINE (Copernicus, 2018) και τα αντίστοιχα ποσοστά κάλυψης, παρουσιάζονται επίσης στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Χρήσεις Γης Αγίας Ευφημίας (CORINE, 2018)

Χρήσεις Γης	Ποσοστό (%)	k	Manning
Δάση	45.42	0.15 ÷ 0.30	0.1
Φυσικά Λίβαδια - Χορτολιβαδικές Εκτάσεις	40.29	0.37 ÷ 0.50	0.035
Εκτάσεις με Αραιή Βλάστηση - Απογυμνωμένοι Βράχοι	5.26	0.55	0.027
Χωριά - Οικισμοί - Αστικές Περιοχές	1.39	1.15	0.2
Μόνιμες Καλλιέργειες	4.39	0.37 ÷ 0.50	0.04

3.3 Διατομές

Το υδατόρεμα της περιοχής μελέτης δεν παρουσιάζει έντονες αλλαγές στη κλίση ή στη διεύθυνσή του και δεν διαθέτει μαιάνδρους. Το χαρακτηριστικό που καθιστά την χάραξη των διατομών δύσκολη, είναι η τοπολογία της περιοχής, η οποία χαρακτηρίζεται από πολύ ήπιες εγκάρσιες, ως προς την κίνηση του νερού κλίσεις σε μεγάλο μήκος του ρέματος πριν τις εκβολές του. Συνεπώς η κοίτη του είναι ιδιαίτερα δυσδιάκριτη έως πρακτικά πλήρως ανύπαρκτη στα χαμηλά υψόμετρα. Ενδεικτικά, στην Εικόνα 10 παρουσιάζεται το προφίλ της επιφάνειας του εδάφους σε έναν, εκτός του οικισμού, άξονα κάθετο στη ροή από το Google Earth. Περισσότερες διατομές που κατασκευάστηκαν για την υδραυλική προσομοίωση διατίθενται συγκεντρωμένες στο παράρτημα.



Εικόνα 10: Εγκάρσια τομή του εδάφους σε σχέση με την κίνηση του νερού (Με λευκό χρώμα στο χάρτη φαίνεται η τομή του εδάφους και με κόκκινο χρώμα η βαθιά γραμμή του ρέματος)

3.4 Υφιστάμενα Έργα

Στην περιοχή μελέτης που εξετάζεται, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, δεν υπάρχει συνεχόμενος ρέων ποταμός. Επίσης δεν υπάρχουν υφιστάμενα έργα διευθέτησης ρεμάτων στην πεδινή περιοχή της Αγίας Ευφημίας. Ωστόσο, έχουν κατασκευαστεί έργα στις περιοχές των Μακρυώτικων και Δρακοπουλάτων στους πρόποδες του όρους Αγίας Δυνατής, τμήματα όπου παρατηρούνται περιοδικά πλημμυρικά φαινόμενα, που στόχο έχουν την μερική ανάσχεση της πλημμύρας και των φερτών υλών (Ανδρεάτος, 2020). Τέτοια έργα είναι ένα σύστημα αναβαθμών καθώς και φρεάτια αποστράγγισης του επιφανειακού νερού χωρίς όμως να υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες για αυτά.

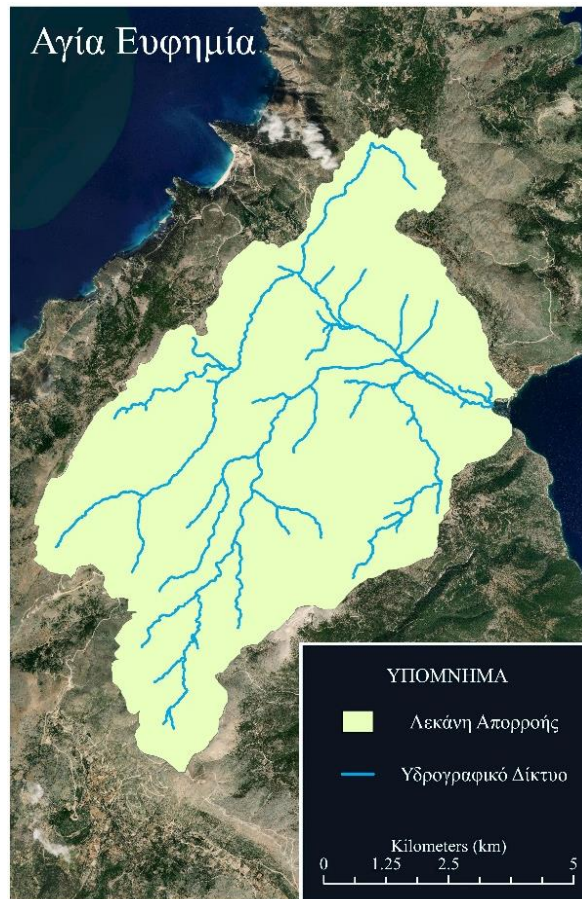
4. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Κατά την υδρολογική μελέτη, επεξεργάζονται τα αρχικά δεδομένα, όπως το DEM, οι χρήσεις γης και τα βροχομετρικά στοιχεία των επιλεγμένων σταθμών. Προκύπτουν έτσι, τα απαραίτητα μεγέθη για τον υπολογισμό του συνθετικού πλημμυρογραφήματος, το οποίο αποτελεί το ένα από τα δεδομένα εισόδου της υδραυλικής προσομοίωσης.

4.1 Επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων

4.1.1 Μεθοδολογία GIS

Με τη χρήση του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ) της Κεφαλλονιάς (ακρίβειας 5x5 m), δημιουργείται αρχικά ο κানাβος κλίσεων του εδάφους του νησιού, καθώς και ο αντίστοιχος κানাβος διεύθυνσης απορροής. Βάσει της διεύθυνσης ροής, προκύπτει ένα κανονικοποιημένο αρχείο των λεκανών απορροής –από της οποίες απαρτίζεται ολόκληρη η Κεφαλλονιά-. Στη συνέχεια, απομονώνεται η λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης, δηλαδή της Αγίας Ευφημίας, η οποία έχει συνολική έκταση 61 km². Έχοντας απομονώσει πλέον την λεκάνη απορροής ενδιαφέροντος, δημιουργείται ο κানাβος διεύθυνσης της Αγίας Ευφημίας και δημιουργείται ο κানাβος συγκεντρωτικής ροής, θέτοντας ως κατώφλι ουσιαστικά έναν ελάχιστο αριθμό pixels που θα πρέπει να συγκεντρώνονται, ώστε να αποτελεί ένα pixel μέρος του κεντρικού υδρογραφικού δικτύου. Ομαδοποιώντας τις περιοχές όπου υπάρχει ή δεν υπάρχει ροή αντίστοιχα, προκύπτει το υδρογραφικό δίκτυο της ζητούμενης περιοχής. Τέλος, έχοντας επιλέξει το σημείο όπου λαμβάνει χώρα η υδρολογική προσομοίωση, απομονώνεται η ανάντη λεκάνη απορροής.



Εικόνα 11: Υδρογραφικό δίκτυο Αγίας Ευφημίας (με χρήση του προγράμματος ArcGIS Pro)

4.1.2 Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι μία μέθοδος, κατά την οποία γίνεται βαθμονόμηση ορισμένων κριτηρίων, ανάλογα με την σημαντικότητά τους. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης, η πολυκριτηριακή ανάλυση λαμβάνει χώρα, ώστε να βρεθούν οι δυνητικά επικίνδυνες πλημμυρικά περιοχές της λεκάνης απορροής, δηλαδή τα σημεία ενδιαφέροντος για περεταίρω διερεύνηση. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί, ωστόσο, ότι η πολυκριτηριακή ανάλυση, παρόλο που γίνεται με τη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος Microsoft Excel, δεν είναι σωστό να βασιστεί μόνο στους υπολογισμούς αυτούς καθαυτούς. Για να είναι σίγουρο ότι αυτή ανταποκρίνεται στην υφιστάμενη κατάσταση, είναι αναγκαίο να συνδυαστεί με μελέτη των συλλεχθέντων χαρτών και παρατηρήσεις πεδίου. Η μέθοδος που ακολουθείται είναι αυτή της Ιεραρχικής Ανάλυσης Αποφάσεων ή Analytical Hierarchy Process (AHP). Τα κριτήρια εισαγωγής της μεθόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 8 και βαθμολογούνται σε κλίμακα από 1 έως 5, όσον αφορά την επικινδυνότητά τους, με το 5 να αναφέρεται στη δυσμενέστερη περίπτωση. Τα παρακάτω κριτήρια καθώς και η βαθμονόμησή τους επιλέγονται βάσει παρόμοιων μελετών που έχουν δημοσιευθεί (Seejata et al., 2017).

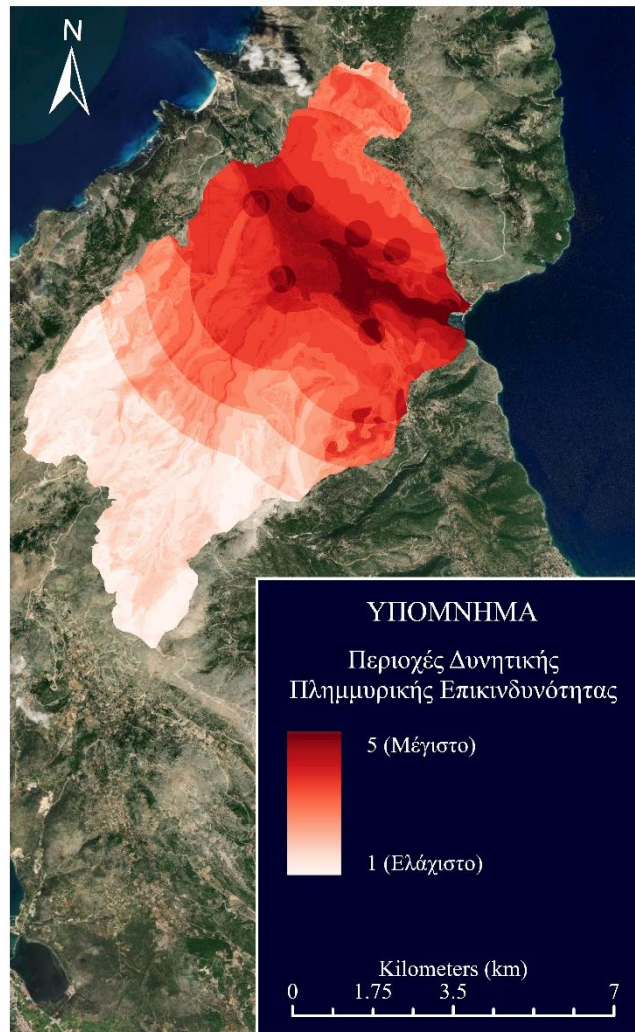
Πίνακας 8: Κριτήρια Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Κλάσεις	Βαθμολογία
Χρήσεις Γης	
Χωριά - Οικισμοί - Αστικές Περιοχές	5
Μόνιμες Καλλιέργειες	4
Εκτάσεις με Αραιή Βλάστηση - Απογυμνωμένοι Βράχοι	3
Φυσικά Λιβάδια - Χορτολιβαδικές Εκτάσεις	2
Δάση	1
Κλίση Εδάφους (°)	
0-5	5
5-10	4
10-15	3
15-10	2
>20	1
Απόσταση από Οικισμούς (m)	
0-300	5
300-2000	4
2000-3000	3
3000-4000	2
>4000	1
Υψόμετρο (m)	
0-100	5
100-200	4
200-600	3
600-800	2
>800	1

Στη συνέχεια, βάσει του Πίνακα 9, προκύπτουν τα βάρη του κάθε κριτηρίου, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 8. Χρησιμοποιώντας το DEM της περιοχής μελέτης και με τη χρήση του προγράμματος ArcGIS Pro, υπολογίζονται η κλίση εδάφους, η απόσταση από οικισμούς και το υψόμετρο του κάθε εικονοστοιχείου της περιοχής μελέτης, σε μορφή πίνακα. Τέλος, συνδυάζονται οι πίνακες αυτοί και τα προαναφερθέντα βάρη και υπολογίζεται ο βαθμός επικινδυνότητας εκάστου εικονοστοιχείου και συνεπώς ολόκληρης της περιοχής μελέτης. Ο χάρτης των δυνητικά επικίνδυνων πλημμυρικών υποπεριοχών της Αγίας Ευφημίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 12.

Πίνακας 9: Βάρη πολυκριτηριακής ανάλυσης

Κριτήριο	Συντελεστής Βάρους
Χρήσεις γης	0.09
Κλίση εδάφους	0.07
Υψόμετρο	0.21
Συγκέντρωση ροής	0.28
Απόσταση από οικισμούς	0.35



Εικόνα 12: Χάρτης πολυκριτηριακής ανάλυσης Αγίας Ευφημίας (με χρήση του προγράμματος ArcGIS Pro)

Οι περιοχές που προκύπτουν ως δυνητικά επικίνδυνες, είναι όντως αυτές στις οποίες εμφανίστηκαν τα περισσότερα προβλήματα σε αντίστοιχα περιστατικά πλημμυρών. Συνεπώς, ο χάρτης κρίνεται αποδεκτός και η ανάλυση συνεχίζεται για τις δυσμενέστερες περιοχές.

4.2 Αξιοποίηση δεδομένων

4.2.1 Στοιχεία βροχομετρικών σταθμών

Πρώτο βήμα για την υδρολογική μελέτη είναι η συλλογή βροχομετρικών δεδομένων από τους κοντινότερους δυνατούς σταθμούς στην περιοχή μελέτης. Για την Αγία Ευφημία λοιπόν επιλέχθηκε ο σταθμός στην πόλη της Ιθάκης που ανήκει στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και ο σταθμός στο Αργοστόλι της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Τα διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης του πρώτου σταθμού είναι ημερήσια ενώ για τον δεύτερο υπάρχουν και μετρήσεις τρίωρου για τις μέρες που η καταιγίδα έπληξε την περιοχή (17-18/11/2020). Πιο αξιόπιστος από τους δύο, όσον αφορά τα στοιχεία της καταιγίδας που μελετάται, θεωρείται ο σταθμός της Ιθάκης λόγω απόστασης από την περιοχή μελέτης αλλά και λόγω των συνολικά πιο λογικών μετρήσεων. Η αξιολόγηση γίνεται με βάση στοιχεία που υποδηλώνουν ότι κατά την διάρκεια της προς εξέταση καταιγίδας η κατακρήμνιση έφτασε τουλάχιστον τα 227mm βροχής (Λέκκας, 2020). Τα δεδομένα του σταθμού του Αργοστολίου

δεν θεωρούνται αντιπροσωπευτικά καθώς οι μετρήσεις τρίωρου δίνουν ιδιαίτερα ευμενέστερα αποτελέσματα υποεκτιμώντας την πραγματική βροχόπτωση (Κουτσογιάννης, 2020), ωστόσο χρησιμοποιήθηκε για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών σε επόμενο στάδιο της μελέτης. Τα στοιχεία των βροχομετρικών σταθμών για το διήμερο της καταιγίδας παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακες 10, 11). Για λόγους πληρότητας οι συνολικοί πίνακες του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και της ΕΜΥ φαίνονται στο Παράρτημα.

Πίνακας 10: Μετρήσεις ύψους βροχής από τον σταθμό της Ιθάκης (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) και από τον σταθμό του Αργοστολίου (ΕΜΥ) για το διήμερο της καταιγίδας (ΙΑΝΟΣ)

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Υετός (mm)
Σταθμός Ιθάκης			
2020	9	17	71
2020	9	18	156.4
Συνολικός Υετός Καταιγίδας			227.4
Σταθμός Αργοστολίου			
2020	9	17	28.5
2020	9	18	66.5
Συνολικός Υετός Καταιγίδας			95

Πίνακας 11: Τρίωρες μετρήσεις βροχής σταθμού Αργοστολίου (Πηγή: ΕΜΥ)

Ημέρα	Ώρα	Υετός (mm)
17/9/2020	12:00-15:00	6.5
17/9/2020	15:00-18:00	4.2
17/9/2020	18:00-21:00	17.8
18/9/2020	21:00-9:00	25.0
18/9/2020	9:00-12:00	5.0
18/9/2020	12:00-15:00	18.5
18/9/2020	15:00-18:00	13.8
18/9/2020	18:00-21:00	4.2

4.2.2 Χαρακτηριστική όμβρια καμπύλη

Μετά την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων και την επιλογή των βροχομετρικών σταθμών που λαμβάνονται υπόψη, προκύπτουν οι παράμετροι για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών από το ΣΔΚΠ (2018) και παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. Η κατάρτιση των όμβριων καμπυλών έγινε επιλέγοντας από την τεχνική έκθεση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας τον σταθμό του Αργοστολίου για τον οποίο έχει γίνει στατιστική ανάλυση και έχουν προσδιοριστεί οι κατάλληλοι συντελεστές που εισέρχονται στον τύπο (ΥΠΕΚΑ, 2018).

Πίνακας 12: Συντελεστές όμβριων καμπυλών Κεφαλονιάς (Πηγή: ΣΔΚΠ, 2018)

θ	0.089
η	0.724
κ	0.113
λ	53.199
ψ	2.651
λ'	471.12
ψ'	0.701

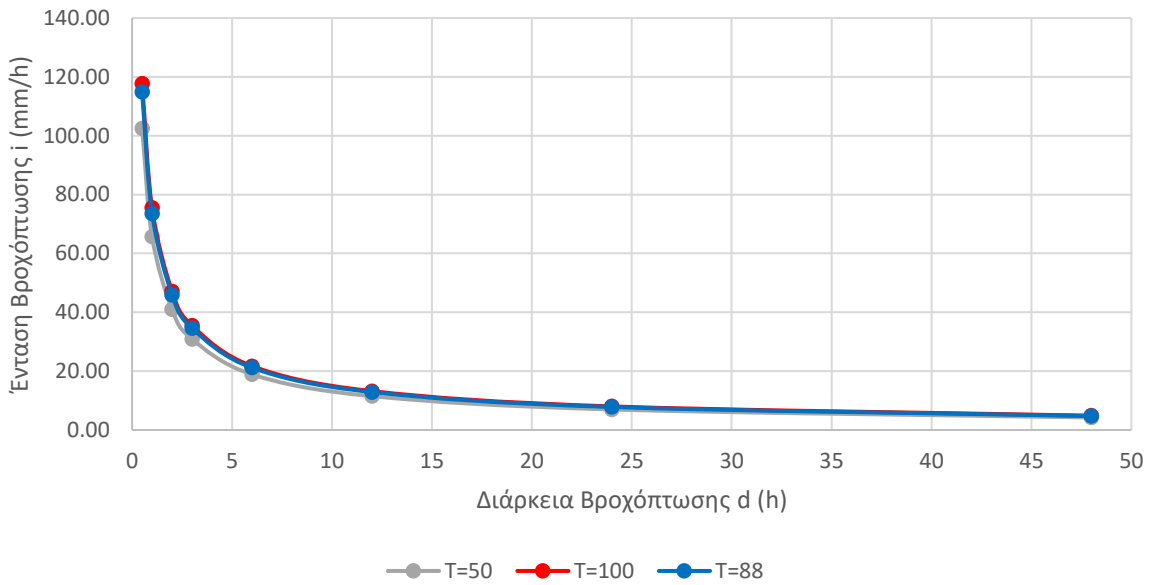
Όπως έχει ήδη αναφερθεί το θεωρητικό υπόβαθρο στο υποκεφάλαιο (2.2.2.3.1) χρησιμοποιώντας τις Σχέσεις (1) έως και (4), διαμορφώνονται οι όμβριες καμπύλες. Ο τύπος της όμβριας καμπύλης που χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς είναι ο γενικός τύπος (4). Βάσει αυτής της σχέσης, μπορεί πλέον να υπολογιστεί η περίοδος επαναφοράς που αντιστοιχεί στην υπό εξέταση καταιγίδα. Χρησιμοποιώντας το ύψος βροχής του σταθμού της Ιθάκης και για τις δύο ημέρες των ακραίων καιρικών φαινομένων μπορεί να υπολογιστεί η περίοδος επαναφοράς της καταιγίδας (Πίνακας 13). Στον Πίνακα 40 (Παράρτημα), φαίνονται οι εντάσεις βροχόπτωσης για διάφορες περιόδους επαναφοράς T και για διάφορες χρονικές διάρκειες βροχόπτωσης. Για τις περιόδους επαναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς και στον σχεδιασμό παρουσιάζονται οι όμβριες καμπύλες σε καρτεσιανό σύστημα και διπλή λογαριθμική κλίμακα αντίστοιχα, στα Διαγράμματα 2 και 3 (στο Παράρτημα παρουσιάζονται ολοκληρωμένα όλες οι όμβριες καμπύλες που κατασκευάστηκαν).

$$i = \frac{471.12 * (T^{0.113} - 0.701)}{\left(1 + \frac{d}{0.089}\right)^{0.724}} \quad (17)$$

Πίνακας 13: Περίοδος επαναφοράς καταιγίδας

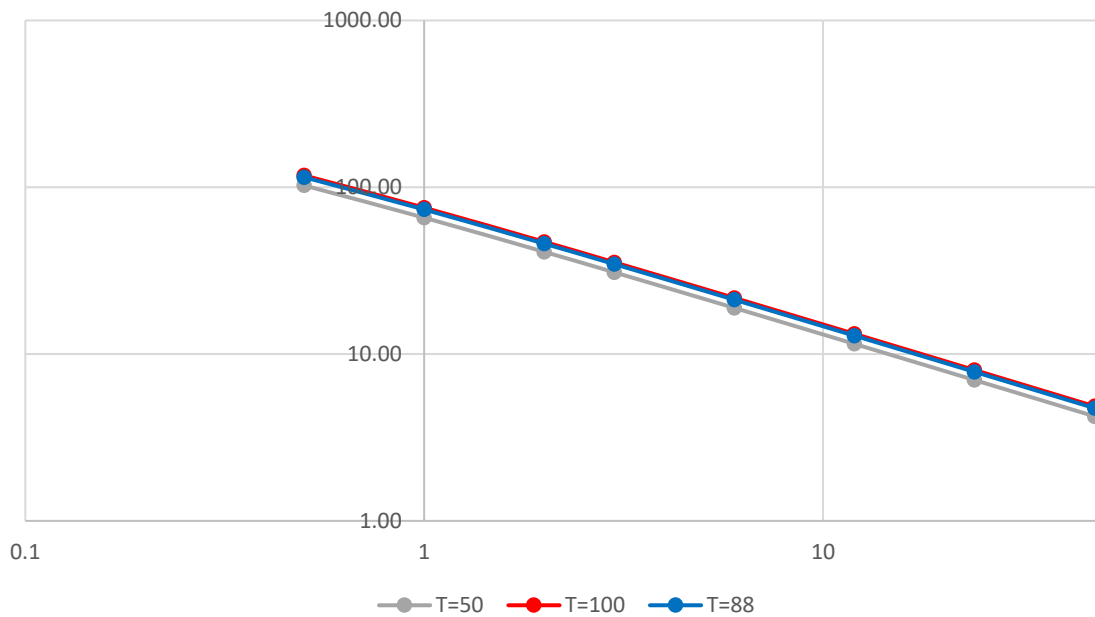
Ύψος βροχής δύο ημερών (17-18/9/2020) h(mm)	Διάρκεια βροχής d(hr)	Ένταση βροχής (mm/hr)	Περίοδος επαναφοράς (year)
227.4	48	4.74	88

Όμβριες Καμπύλες - Σταθμός Αργοστολίου



Διάγραμμα 2: Εντάσεις βροχής συναρτήσει των διαρκειών βροχόπτωσης για διάφορες περιόδους επαναφοράς

Όμβριες Καμπύλες - Σταθμός Αργοστολίου



Διάγραμμα 3: Εντάσεις βροχής συναρτήσει των διαρκειών βροχόπτωσης για διάφορες περιόδους επαναφοράς σε λογαριθμικό χαρτί

4.2.3 Επιφανειακή αναγωγή όμβριων καμπυλών

Αφού υπολογιστεί η σχέση για τις όμβριες καμπύλες σειρά έχει η επιλογή της κατάλληλης περιόδου επαναφοράς και διάρκειας καταιγίδας. Έτσι θα προκύψει η καταιγίδα σχεδιασμού βάση της οποίας θα γίνει και η υδραυλική ανάλυση στη συνέχεια. Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται περίοδος επαναφοράς ίση με 100 χρόνια ώστε να καλύπτει και το πρόσφατο επεισόδιο που αντιστοιχεί σε 88 έτη. Αυτό σημαίνει ότι το τελικό πλημμυρογράφημα που θα προκύψει, αντιστοιχεί σε βροχή που

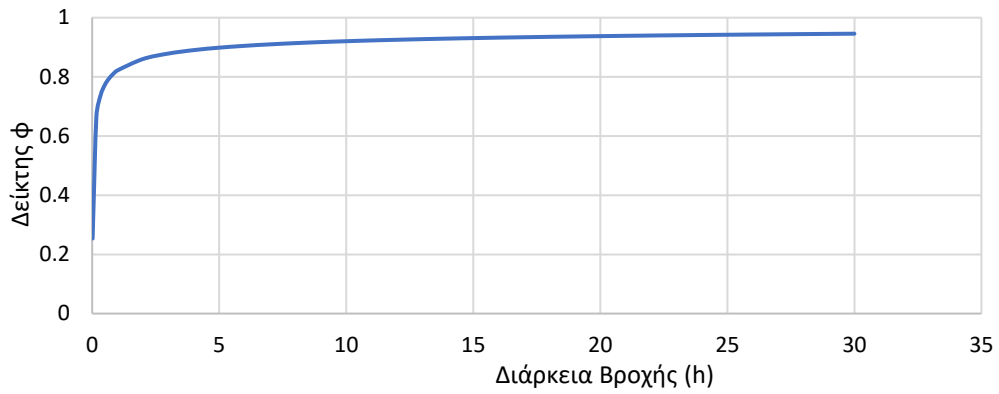
συμβαίνει μία φορά κάθε 100 χρόνια. Ωστόσο, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 2, οι οδηγίες του ΦΕΚ αναφέρουν ότι για την προσομοίωση με τα προτεινόμενα έργα και η διαστασιολόγηση τους προτείνεται να γίνεται για $T=50$ έτη. Έτσι υπολογίζεται και το πλημμυρογράφημα των 50 ετών.

Για κάθε περίπτωση πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός του καθαρού υετογραφήματος της βροχής σχεδιασμού με την μέθοδο των εναλλασσόμενων block. Λαμβάνεται σαν υπόθεση ότι η διάρκεια βροχής είναι 12 h, με χρονικό βήμα 0.5 h. Η παραπάνω διαδικασία λαμβάνει χώρα για την λεκάνη απορροής (Εικόνα 13), το κατάντη σημείο της οποίας αποτελεί το σημείο έναρξης της υδραυλικής προσομοίωσης. Συνεπώς, και οι υδρολογικές προσομοιώσεις αναφέρονται στην συγκεκριμένη λεκάνη, με εμβαδόν 57 km^2 . Στην συνέχεια εφαρμόζοντας τη Σχέση (5) από το υποκεφάλαιο 2.2.2.4 με την ίδια υπόθεση για διάρκεια βροχής και το προαναφερθέν εμβαδόν λεκάνης, προκύπτουν οι τιμές ϕ , όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4. Τα αποτελέσματα αυτά, χρησιμοποιούνται ώστε να εξαχθούν τα καθαρά υετογραφήματα για περιόδους επαναφοράς $T=100$ έτη και $T=50$ έτη, τα οποία παρουσιάζονται στα διαγράμματα 5 και 6 αντίστοιχα.



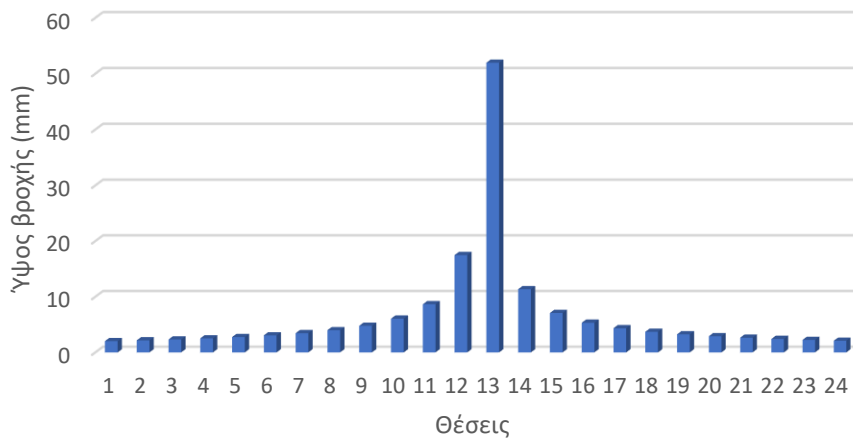
Εικόνα 13: Ανάτη υπολεκάνη $A=57.41 \text{ km}^2$

Διάγραμμα δείκτη ϕ συναρτήσει της διάρκειας βροχής



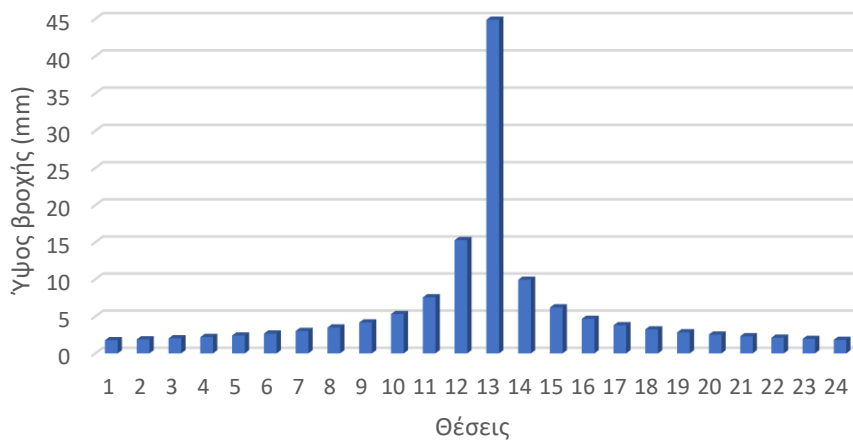
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα δείκτη ϕ , $A=57.41 \text{ km}^2$

Καθαρό υετογράφημα $T=100$ έτη



Διάγραμμα 5: Καθαρό υετογράφημα $T=100$ έτη

Καθαρό υετογράφημα $T=50$ έτη



Διάγραμμα 6: Καθαρό υετογράφημα $T=50$ έτη

4.2.4 Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα

Το μοναδιαίο υδρογράφημα αποτελεί τη βάση του συνθετικού πλημμυρογραφήματος, που χρησιμοποιείται για την υδραυλική προσομοίωση. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη της ανάντη λεκάνης παρουσιάζονται στον Πίνακα 14. Βάσει των μεγεθών αυτών και χρησιμοποιώντας τις Σχέσεις (6) έως και (12), υπολογίζεται ο Πίνακας 15, από τον οποίο προκύπτει το Διάγραμμα 7 και ο Πίνακας 16.

Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά υδρολογικά μεγέθη

Μήκος κύριου υδατορέματος	14.74	Km
Μέση κλίση εδάφους	37.16	%
Επιφάνεια υπολεκάνης	57.41	Km ²
Μέσο υψόμετρο υπολεκάνης	584.53	M
Υψόμετρο συμβολής	21.51	M
Υψομετρική διαφορά	563.02	M

Πίνακας 15: Υπολογισμός παροχής μοναδιαίου υδρογραφήματος

Χρόνος συρροής t_c (Giandotti)	2.76	h
CN	80	
Χρόνος συρροής t_c (SCS)	1.93	
Χρόνος υστέρησης t_t (SCS)	1.41	h
Διάρκεια βροχής d	0.5	h
Χρόνος ανόδου t_p	1.66	h
Χρόνος βάσης t_b (SCS)	4.43	h
Συντελεστής X	1.67	
Συντελεστής K'	0.75	
Παροχή αιχμής Q_p (SCS)	72.12	m ³ /s



Διάγραμμα 7: Μοναδιαίο υδρογράφημα, $A=57.41\text{km}^2$

Πίνακας 16: Τιμές μοναδιαίου υδρογραφήματος, $A=57.41\text{km}^2$

t (h)	Q (m ³ /s)
0	0
0.5	21.74
1	43.49
1.5	65.23
2	63.22
2.5	50.20
3	37.18
3.5	24.16
4	11.14
4.5	0

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο υπολογισμός των απωλειών. Ο συντελεστής απωλειών για την εκάστοτε χρήση γης υπολογίζεται βάσει των Πινάκων 9,10 (υποκεφάλαιο 2.2.2.5). Συγκεντρωτικά, στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται αναλυτικά οι χρήσεις γης και τα αντίστοιχα βάρη τους (όπως αυτά προκύπτουν μέσω του λογισμικού ArcGIS Pro), με τη χρήση των οποίων υπολογίζεται ο τελικός συντελεστής απωλειών CN.

Πίνακας 17: Βάρη χρήσεων γης και Συντελεστής απωλειών CN

Χρήσεις Γης	Εμβαδόν (km ²)	W	CN	CNweighted
Χωριά και οικισμοί με αραιά δόμηση	0.76	0.01	79	1.01
Αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση	1.50	0.03	91	2.30
Μόνιμες Καλλιέργειες	7.95	0.13	80	10.75
Δάση με συγκόμωση 10-50%	15.62	0.26	73	19.28
Φυσικά Λιβάδια	16.68	0.28	86	24.25
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση/ Απογυμνωμένοι βράχοι	16.66	0.28	79	22.24
CN	79.83			
S	64.19			

4.2.5 Σύνοψη τελικού πλημμυρογραφήματος

Το σύνθετο πλημμυρογράφημα για την Αγία Ευφημία παράγεται, μέσω της μεθόδου των εναλλασσόμενων blocks. Επιλέγεται ως χρόνος βάσης οι 4.42 ώρες, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο συρροής της λεκάνης, που είναι 1.93 ώρες, και το χρονικό βήμα ισούται με 0.5 h. Η έκταση της λεκάνης απορροής είναι 57.41 km², υπολογίζονται η παράμετρος CN η οποία είναι ίση με 80%, που σχετίζεται με τον συντελεστή απορροής της περιοχής και η παράμετρος S, που εν προκειμένω ισούται με 64.19 mm. Προκύπτουν έτσι, οι πίνακες απωλειών της μεθόδου των εναλλασσόμενων blocks (Πίνακας 18, 19), για περιόδους επαναφοράς 100 και 50 έτη αντίστοιχα.

Πίνακας 18: Τιμές απωλειών, T=100 έτη

t (h)	Απώλειες (mm)	t (h)	Απώλειες (mm)
0.5	2.03	6.5	49.87
1	2.17	7	0.22
1.5	2.33	7.5	0.20
2	2.53	8	0.18
2.5	2.77	8.5	0.16
3	3.07	9	0.15
3.5	3.46	9.5	0.14
4	4.00	10	0.13
4.5	4.79	10.5	0.12
5	6.09	11	0.11
5.5	8.68	11.5	0.11
6	17.53	12	0.10
Σύνολο Απωλειών (mm)		110.95	

Πίνακας 19: Τιμές απωλειών, T=50 έτη

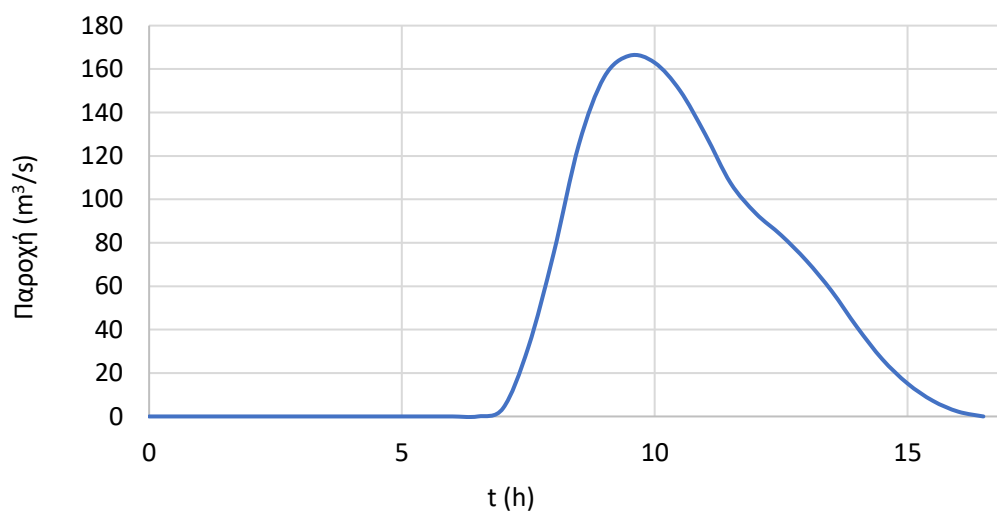
t (h)	Απώλειες (mm)	t (h)	Απώλειες (mm)
0.5	1.77	6.5	43.43
1	1.89	7	0.19
1.5	2.03	7.5	0.17
2	2.20	8	0.16
2.5	2.41	8.5	0.14
3	2.67	9	0.13
3.5	3.02	9.5	0.12
4	3.48	10	0.11
4.5	4.17	10.5	0.11
5	5.30	11	0.10
5.5	7.56	11.5	0.09
6	15.27	12	0.09
Σύνολο Απωλειών (mm)		96.93	

Κατόπιν, οι απώλειες αφαιρούνται από το καθαρό υετογράφημα, ώστε να προκύψει η ενεργός βροχή της πλημμύρας. Εφαρμόζεται η ιδιότητα της αναλογίας για κάθε επιμέρους βροχόπτωση μισής ώρας, και μετατοπίζεται κάθε επεισόδιο βροχόπτωσης χρονικά κατά μισή ώρα. Αθροίζοντας λοιπόν οριζόντια κάθε χρονική μετατόπιση και θεωρώντας μηδενική βασική ροή, προκύπτουν οι πίνακες των συνθετικού πλημμυρογραφημάτων (Πίνακας 20, 21) και η διαγραμματική αναπαράσταση αυτών (Διάγραμμα 8, 9), για τις προαναφερθείσες περιόδους επαναφοράς, που αντιστοιχούν στην ανάντη υπολεκάνη (Μπαλτάς, Μιμίκου, 2018).

Πίνακας 20: Πλημμυρογράφημα $A=57.41\text{km}^2$, $T=100$ έτη

t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0	0	8.5	124.72
0.5	0	9	155.73
1	0	9.5	165.72
1.5	0	10	162.58
2	0	10.5	149.83
2.5	0	11	129.81
3	0	11.5	107.43
3.5	0	12	93.45
4	0	12.5	83.44
4.5	0	13	71.71
5	0	13.5	57.69
5.5	0	14	41.13
6	0	14.5	26.36
6.5	0	15	15.16
7	3.59	15.5	7.21
7.5	31.49	16	2.22
8	74.45	16.5	0

Συνθετικό Πλημμυρογράφημα για $T = 100$ έτη

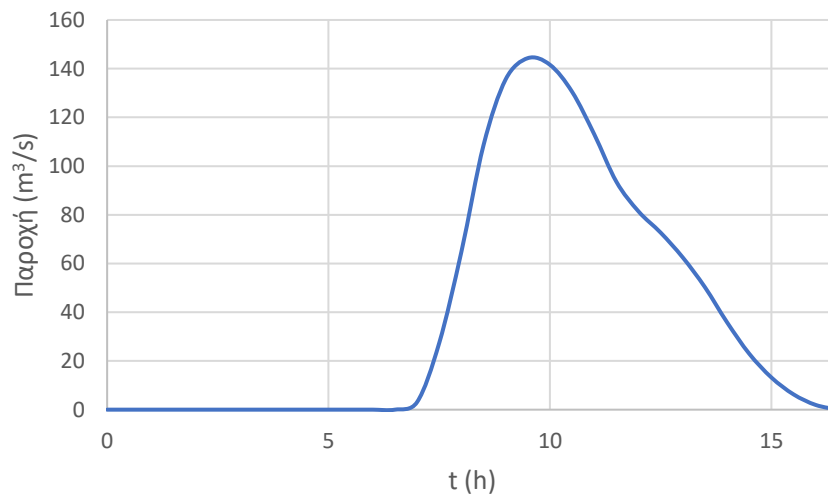


Διάγραμμα 8: Συνθετικό πλημμυρογράφημα $T=100$ έτη

Πίνακας 21: Πλημμυρογράφημα $A=57.41 \text{ km}^2$, $T=50$ έτη

t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0	0	8.5	108.62
0.5	0	9	135.62
1	0	9.5	144.32
1.5	0	10	141.58
2	0	10.5	130.48
2.5	0	11	113.04
3	0	11.5	93.56
3.5	0	12	81.38
4	0	12.5	72.66
4.5	0	13	62.45
5	0	13.5	50.24
5.5	0	14	35.82
6	0	14.5	22.96
6.5	0	15	13.21
7	3.13	15.5	6.28
7.5	27.43	16	1.94
8	64.83	16.5	0

Συνθετικό πλημμυρογράφημα για $T=50$ έτη



Διάγραμμα 9: Συνθετικό πλημμυρογράφημα $T=50$ έτη

Αξίζει να σημειωθεί ότι, η παροχή αιχμής για περίοδο επαναφοράς $T=88$ έτη, στην οποία αντιστοιχεί το φαινόμενο «Ιανός», είναι ίση με $161.65 \text{ m}^3/\text{s}$. Η τιμή αυτή, όπως είναι λογικό, προκύπτει παραπλήσια της παροχής αιχμής για την επιλεγμένη περίοδο επαναφοράς των 100 ετών, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 20 ($Q=165.72 \text{ m}^3/\text{s}$). Θεωρείται λοιπόν αποδεκτή η αρχική θεώρηση για αυξημένη περίοδο επαναφοράς, στους υδρολογικούς και υδραυλικούς υπολογισμούς.

4.3 Παραγωγή πλημμυρογραφήματος με το λογισμικό HEC-HMS

Για την εκτίμηση του πλημμυρογραφήματος σχεδιασμού εκτός από τις μεθόδους που αναλύθηκαν προηγουμένως, έγινε και χρήση του λογισμικού υδρολογικής ανάλυσης λεκάνης (HEC-HMS). Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για σύγκριση και έλεγχο της αναλυτικής μαθηματικής προσέγγισης. Ωστόσο σημειώνεται ότι σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα παρουσιάζονται για λόγους πληρότητας και δεν χρησιμοποιήθηκαν περαιτέρω για την ανάλυση.

Τα απαραίτητα δεδομένα εισόδου του προγράμματος χωρίζονται στα γεωχωρικά και στα αριθμητικά. Τα γεωχωρικά δεδομένα λαμβάνονται από τα αποτελέσματα της ανάλυσης που έχει προηγηθεί στο περιβάλλον του ArcGIS Pro και περιλαμβάνουν την λεκάνη απορροής, το σημείο εξόδου της και το υδρογραφικό δίκτυο (Παράρτημα Εικόνα 29). Στη συνέχεια καθορίζονται οι αριθμητικές τιμές των απαραίτητων στοιχείων ανάλογα με την επιλεγμένη μέθοδο προσδιορισμού του πλημμυρογραφήματος. Για την προσομοίωση επιλέγεται η μέθοδος του Snyder για την παραγωγή του μοναδιαίου υδρογραφήματος και η μέθοδος SCS Curve Number για τις απώλειες. Εισάγουμε τέλος το υετογράφημα των 100 ετών και έτσι προκύπτει το πλημμυρογράφημα στην έξοδο. Τα δεδομένα εισόδου και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 22, 23).

Πίνακας 22: Αριθμητικά δεδομένα εισόδου

Εμβαδόν Λεκάνης (km ²)	57.41
Curve Number	80
Standard Lag (Snyder) (h)	6.23

Πίνακας 23: Αποτελέσματα προσομοίωσης

Αιχμή Πλημμυρογραφήματος (m ³ /s)	140.5
Ύψος Απωλειών (mm)	57

Παρατηρούμε ότι για περίοδο επαναφοράς 100 ετών η προσομοίωση στο HEC-HMS δίνει λίγο μικρότερα αποτελέσματα από την υδρολογική ανάλυση που έχει προηγηθεί (αναλυτικότερα οι τιμές του πλημμυρογραφήματος παρουσιάζονται στο Παράρτημα, Εικόνα 30). Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δεν γίνεται περαιτέρω διερεύνηση στο πρόγραμμα HEC-HMS. Σειρά έχει η υδραυλική μελέτη η οποία γίνεται με βάση την αναλυτική μαθηματική επίλυση για την παραγωγή του πλημμυρογραφήματος.

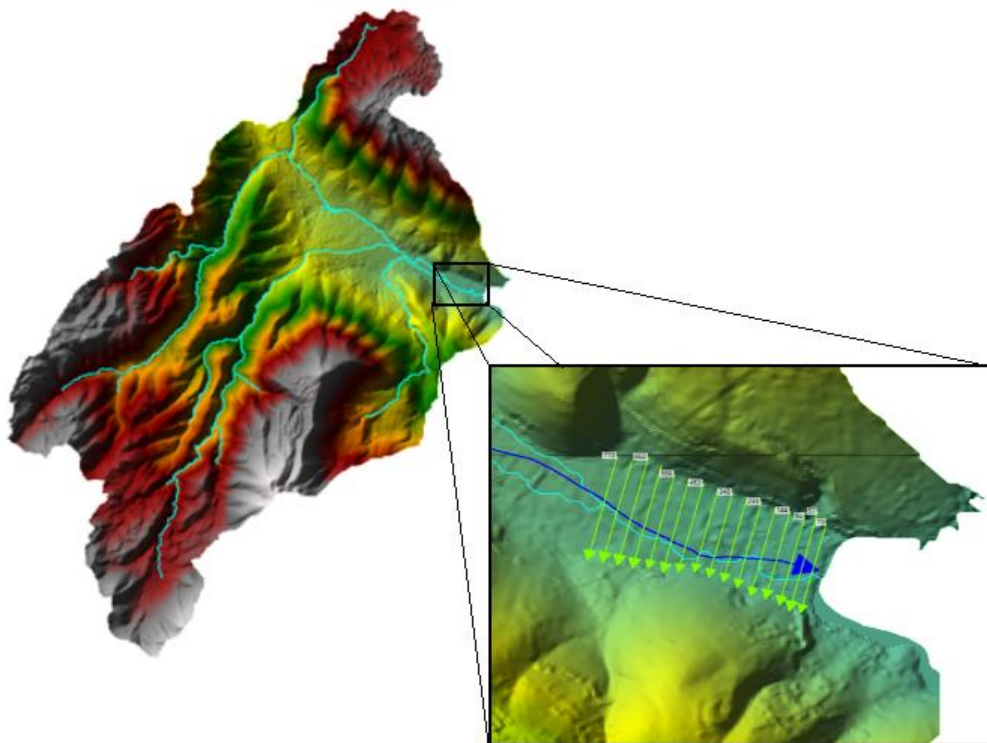
5. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Μετά την ολοκλήρωση των υδρολογικών υπολογισμών και την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων ακολουθεί η υδραυλική προσομοίωση για την υπάρχουσα κατάσταση. Στόχος της είναι ο καθορισμός των γραμμών πλημμύρας, άρα των πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών. Για την ανάλυση επιλέχθηκαν τα προγράμματα HEC-RAS, για μονοδιάστατη προσομοίωση (1D), και το LISFLOOD, για «ψευδοδισδιάστατη» ανάλυση (quasi 2D).

5.1 Προσομοίωση με την υφιστάμενη κατάσταση

5.1.1 HEC-RAS 1D ανομοιόμορφη ροή

Για εύρεση των γραμμών πλημμύρας πραγματοποιήθηκε προσομοίωση σε περιβάλλον HEC-RAS με στόχο τη βαθμονόμηση του μοντέλου με βάση τα γνωστά βάθη ροής που παρατηρήθηκαν για το πραγματικό υπό μελέτη πλημμυρικό επεισόδιο στην Αγία Ευφημία. Πρώτο βήμα είναι η φόρτωση των γεωχωρικών δεδομένων. Από την ανάλυση που έχει προηγηθεί χρησιμοποιούνται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, το υδρογραφικό δίκτυο και οι χρήσεις γης για την συνολική λεκάνη τα οποία αποτελούν το υπόβαθρο της προσομοίωσης (Εικόνα 14). Εν συνεχεία, δεδομένου ότι η ανάλυση που γίνεται είναι μονοδιάστατη, πραγματοποιείται κατά προσέγγιση ο προσδιορισμός της βαθιάς γραμμής του υδατορέματος και η κατασκευή των διατομών του. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η απουσία φυσικών ορίων που να υποδεικνύουν την ύπαρξη κοίτης και βαθιάς γραμμής είναι έντονη, για το λόγο αυτό όσον αφορά την βαθιά γραμμή προσδιορίστηκε με βάση το υδρογραφικό δίκτυο που προέκυψε από το διαθέσιμο ΨΜΕ. Επιπλέον το πλάτος αποτύπωσης των διατομών (ζώνη αποτύπωσης σύμφωνα με το ΦΕΚ), επιλέγεται ίσο με το πλάτος της κοιλάδας την οποία διασχίζει ο χείμαρρος που μπορεί να φτάνει και τα 200 και 300 m για ορισμένες διατομές. Δεδομένου ότι στον άξονα του ρέματος που θα γίνει η προσομοίωση δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές κατεύθυνσης μαιάνδροι ή ενδιάμεσες διακλαδώσεις δεν υπάρχει η ανάγκη σχεδιασμού συγκεκριμένων χαρακτηριστικών διατομών όσον αφορά την γεωμετρία. Για την ανάλυση επιλέγεται η κατασκευή διατομών ανά 50 m (μέγιστη απόσταση σύμφωνα με το ΦΕΚ), με εξαίρεση τις 3 πλέον κατάντη διατομές (διατομές 14,15,16) που βρίσκονται εντός οικισμού και απέχουν 37.5 m. Το συνολικό μήκος της προσομοίωσης για την υφιστάμενη κατάσταση είναι περίπου 750 m και ο αριθμός των διατομών προκύπτει ίσος με 16.



Εικόνα 14: Γεωμορφολογικό υπόβαθρο και υδρογραφικό δίκτυο (αριστερά), περιοχή προσομοίωσης, τοποθεσίες διατομών και βαθιά γραμμή (δεξιά)

Για την παραγωγή των διατομών χρησιμοποιείται χάρτης ισοϋψών καμπυλών εξαγμένος από το ArcGIS σε συνδυασμό με το διαθέσιμο σχέδιο πόλης στο AutoCAD. Έτσι σε κάθε σημείο που επιλέγεται η κατασκευή διατομής, αποτυπώνεται η γραμμή του εδάφους με βάση τα υψόμετρα και σε διατομές εντός σχεδίου πόλης μορφοποιούνται τα όποια οικοδομικά τετράγωνα υπάρχουν, σαν απότομα υψώματα του εδάφους και λειτουργούν ως εμπόδια για την ροή. Για ορισμένες διατομές έγινε μία εξομάλυνση της γραμμής του εδάφους, σε περιπτώσεις δηλαδή απότομων υψωμάτων ή υποχωρήσεων του εδάφους. Αυτές οι ανωμαλίες προκύπτουν λόγω της ακρίβειας του DEM. Τέλος για κάθε διατομή καθορίζεται ο συντελεστής Manning, οι συντελεστές για συγκλίνουσα και αποκλίνουσα ροή και τα όρια της κοίτης. Ο συντελεστής Manning για τις εκτός σχεδίου πόλης διατομές λαμβάνεται από τον χάρτη χρήσεων γης. Για τις διατομές που βρίσκονται εντός σχεδίου πόλης λαμβάνεται ένας ενιαίος ισοδύναμος συντελεστής τραχύτητας ώστε να ληφθεί υπόψη η επιρροή των κτιρίων στη ροή (HEC-RAS Reference Manual version 5.0, 2016).

Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των οριακών και αρχικών συνθηκών ροής. Ενώ στην πραγματικότητα πρόκειται για χείμαρρο το υπό μελέτη υδατόρεμα ως αρχική συνθήκη λαμβάνεται μία τιμή παροχής που ισούται περίπου με το 5% της μέγιστης παροχής της πλημμύρας. Αυτό συμβαίνει για την σταθεροποίηση του μοντέλου που αντιμετωπίζει προβλήματα και αστάθειες σε περίπτωση μηδενικής αρχικής παροχής (Νάνου, Μητσόπουλος, 2020). Για τον ίδιο λόγο αντικαθίστανται και τα μηδενικά του πλημμυρογραφήματος με την ίδια παροχή. Το πλημμυρογράφημα σχεδιασμού αποτελεί την ανάντη οριακή συνθήκη που είναι η παροχή στην πλέον ανάντη διατομή (διατομή 1). Στα κατάντη το υδατόρεμα εκβάλλει στην θάλασσα χωρίς να υπάρχει κάποια επιπλέον πληροφορία και συνεπώς σαν κατάντη οριακή συνθήκη λαμβάνεται το ομοιόμορφο βάθος ροής με κλίση τριβής περίπου ίση με την μέση κλίση του ρέματος. Τα άνω στοιχεία πινακοποιούνται και παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 24, 25).

Πίνακας 24: Δεδομένα εισόδου

Παροχή Αιχμής Πλημμυρογραφήματος (m ³ /s)	165.7
Αρχική Παροχή (m ³ /s)	7
Μέση Κλίση Υδατορέματος	2.1%

Πίνακας 25: Πλημμυρογράφημα εισόδου στο μοντέλο

t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0	7	6.5	71.7
0.5	10.6	7	57.7
1	31.5	7.5	41.1
1.5	74.5	8	26.4
2	124.7	8.5	15.2
2.5	155.7	9	12.2
3	165.7	9.5	9.2
3.5	162.7	10	7
4	149.8	10.5	7
4.5	129.8	11	7
5	107.4	11.5	7
5.5	93.5	12	7
6	83.4	12.5	7

Για την ολοκλήρωση της προσομοίωσης καθορίζεται το χρονικό βήμα υπολογισμού και άλλου είδους χρονικά βήματα όπως το βήμα εμφάνισης αποτελεσμάτων και το βήμα της οπτικής αναπαράστασης της πλημμύρας που για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 26).

Πίνακας 26: Χρονικά βήματα προσομοίωσης

Χρονικό Βήμα Προσομοίωσης (s)	12
Χρονικό Βήμα Λεπτομερή Υπολογισμού Μεγεθών και Υδρογραφημάτων (min)	30
Χρονικό Βήμα Απεικόνισης (min)	5

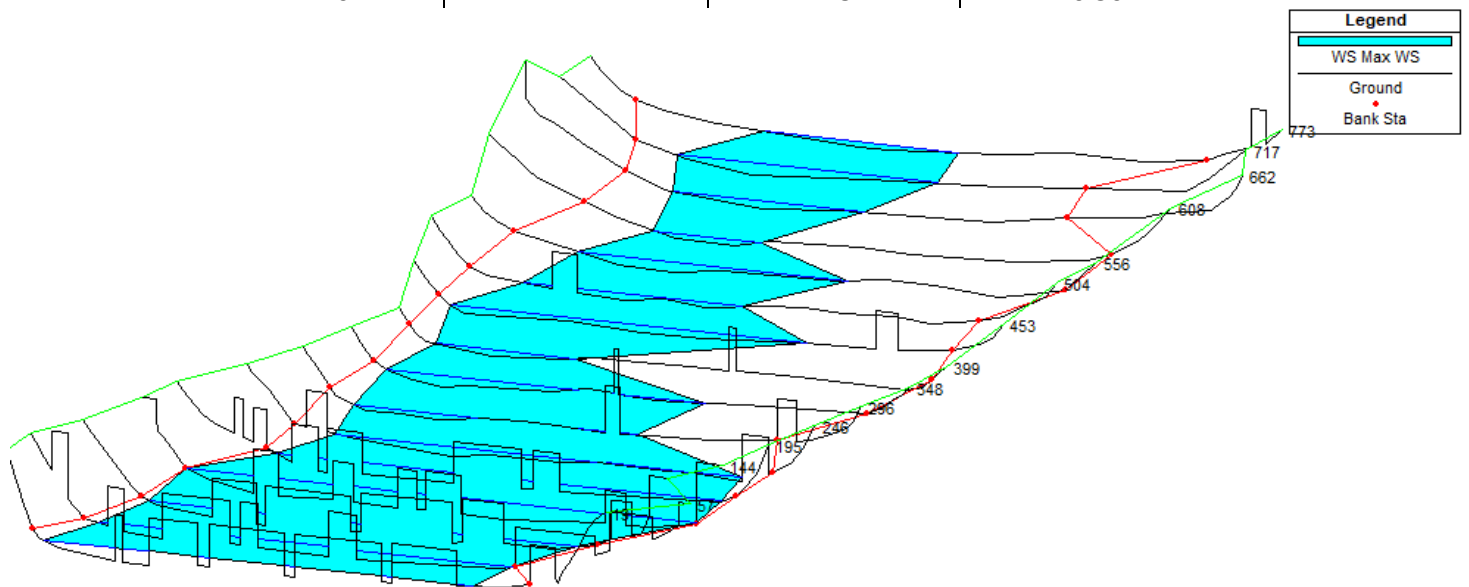
Η βαθμονόμηση του μοντέλου έγινε με βάση την πληροφορία από τοπικούς παράγοντες κατά την οποία το νερό της πλημμύρας έφτασε κατά προσέγγιση λίγο κάτω από τα 2 m ύψος (Καππάτος, 2020). Μετά από επαναλήψεις καταλήγουμε στις τελικές τιμές των συντελεστών που επηρεάζουν την ροή (Πίνακας 27). Τα τελικά βάθη ροής προκύπτουν σε ορισμένες διατομές λίγο μεγαλύτερα από τα αναμενόμενα. Αυτό οφείλεται αρχικά στο πλημμυρογράφημα εισόδου το οποίο αντιστοιχεί σε 100 έτη περίοδο επαναφοράς (σε αντίθεση με τα 88 έτη της πραγματικής πλημμύρας), με συνέπεια να επηρεάζονται οι τιμές των παροχών σε μικρό βαθμό. Επιπλέον η υποτιθέμενη αρχική παροχή αυξάνει τον συνολικό όγκο νερού που διέρχεται από το ρέμα επηρεάζοντας με αντίστοιχο τρόπο το σύστημα. Τελευταίο και σημαντικότερο γεγονός στο οποίο οφείλεται η απόκλιση είναι η αστάθεια του μοντέλου. Πρόκειται για ένα μοντέλο με πολύπλοκη γεωμετρία στο οποίο η επιρροή του οικισμού στην απορροή της λεκάνης δημιουργεί πολλά παράλληλα κανάλια ροής και δυσκολεύει την σωστή προσομοίωση του. Παρ' όλ' αυτά τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ανομοιομορφής ροής θεωρούνται αποδεκτά και τα συμπεράσματα που εξάγονται για τον τρόπο αντιμετώπισης του φαινομένου ασφαλή. Τα μέγιστα βάθη ροής παρουσιάζονται στο Πίνακα (28) και στις Εικόνες 15 και 16 παρουσιάζεται σχηματικά το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας καθώς και το εύρος κατάληψης του εδάφους από το πλημμυρικό επεισόδιο (το μέγιστο βάθος κάθε διατομής δίνεται και σχηματικά στο παράρτημα στις Εικόνες 31 έως 46).

Πίνακας 27

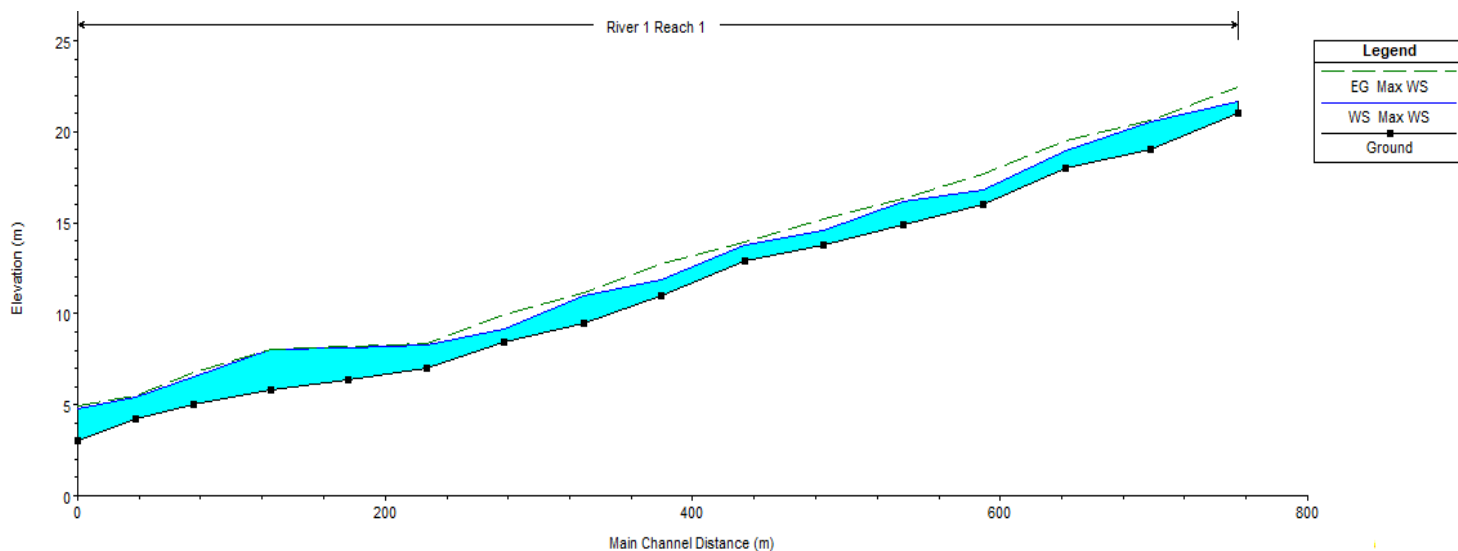
Διατομή	Συντελεστής Manning	Συντελεστής Συγκλίνουσας Ροής	Συντελεστής Αποκλίνουσας Ροής
1-11	0.03	0.1	0.3
12-13	0.04	0.5	0.7
14-16	0.075	0.5	0.7

Πίνακας 28

Διατομή	Μέγιστο Βάθος Ροής d (m)	Ταχύτητα (m/s)	Froude
1	0.63	3.92	2.07
2	1.54	0.96	0.35
3	0.92	3.4	1.66
4	0.77	4.29	1.78
5	1.28	1.68	0.69
6	0.78	3.55	1.78
7	0.91	1.32	0.69
8	0.86	4.25	1.78
9	1.52	1.59	0.55
10	0.77	3.9	1.99
11	1.27	1.43	0.65
12	1.71	1.05	0.35
13	2.26	0.43	0.11
14	1.52	2.29	0.86
15	1.23	1.11	0.38
16	1.74	1.8	0.56



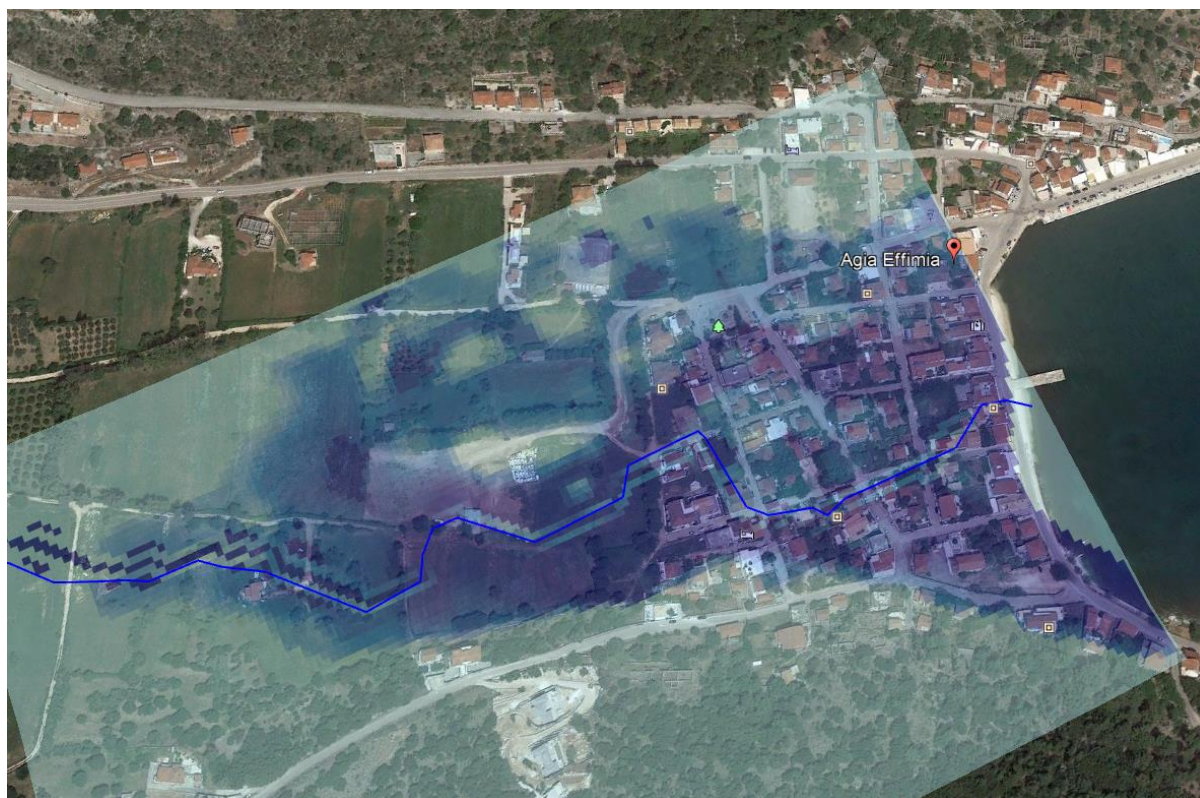
Εικόνα 15: Προοπτικό σχήμα για τον προσδιορισμό των γραμμών πλημμύρας



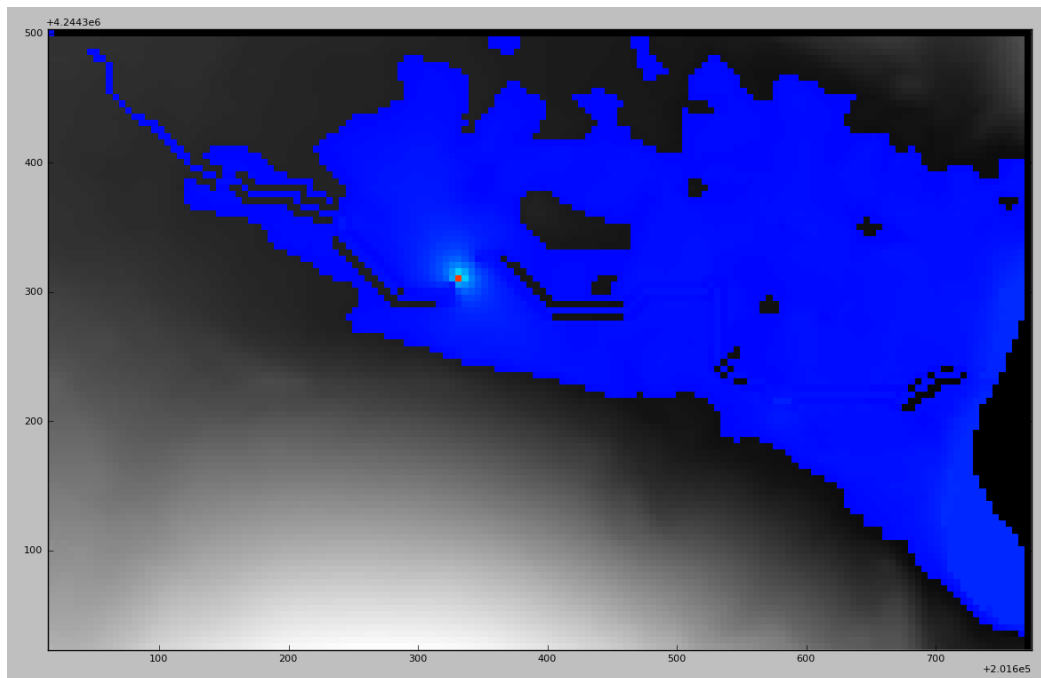
Εικόνα 16: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας για το μέγιστο βάθος ροής

5.1.2 LISFLOOD

Τα αποτελέσματα όσον αφορά το πλημμυρικό πεδίο είναι παρόμοια με αυτά της προσομοίωσης στο HEC-RAS, και άρα τα μέγιστα βάθη ροής που προκύπτουν θεωρούνται αποδεκτά. Η απεικόνιση της πλημμύρας σε περιβάλλον LISFLOOD φαίνεται στις Εικόνες 17,18. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης δεν έγινε περαιτέρω διερεύνηση και βαθμονόμηση του μοντέλου. Η ανάλυση συνεχίζεται στο περιβάλλον του HEC-RAS.



Εικόνα 17: Προσομοίωση πλημμύρας περιοχής



Εικόνα 18: Προσομοίωση πλημμύρας σε περιβάλλον LISFLOOD

5.1.3 Στερεομεταφορά

5.1.3.1 Λεπτόκοκκα φερτά

Για την εκτίμηση της μέσης ετήσιας στερεοπαροχής σε αιώρηση χρησιμοποιείται εμπειρική εξίσωση, η οποία έχει ως δεδομένα την μέση ετήσια βροχόπτωση της λεκάνης και έναν συντελεστή εμφάνισης πετρωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η μέση ετήσια βροχόπτωση υπολογίζεται από τα δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Πίνακας 29) για περίοδο κλιματικών δεδομένων 1970 - 2010, ίση με 0.8123m.

Πίνακας 29: Μέση τιμή υετού (mm), EMY

Μήνες	Μέση τιμή υετού (mm) (EMY)
Ιανουάριος	113.3
Φεβρουάριος	101.3
Μάρτιος	69.4
Απρίλιος	51.6
Μάϊος	17.2
Ιούνιος	8.6
Ιούλιος	6
Αύγουστος	9.4
Σεπτέμβριος	46.5
Οκτώβριος	94.7
Νοέμβριος	147.3
Δεκέμβριος	147
Sum	812.3
Μέση ετήσια βροχόπτωση (m)	0.8123

Όσον αφορά τον συντελεστή εμφάνισης πετρωμάτων, η κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην λεκάνη στις κατηγορίες υψηλής, μέσης και χαμηλής διαβρωσιμότητας, γίνεται με προσεγγιστικό τρόπο με βάση τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής (υποκεφάλαιο 3.1.2, Εικόνα 6). Πετρώματα υψηλής διαβρωσιμότητας (p1) θεωρούνται ο φλύσχης και τα αλλούβια, μέτριας διαβρωσιμότητας (p2) οι μάργες, οι ψαμμίτες και οι σχιστόλιθοι ενώ χαμηλής διαβρωσιμότητας (p3) οι ασβεστόλιθοι, οι δολομίτες και τα εκτριξηγενή. Οι τιμές των ποσοστών εμφάνισης παρουσιάζονται στον Πίνακα 30, ενώ οι τιμές των εμπειρικών συντελεστών διαβρωσιμότητας έχουν αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 2.2.3.7.1 και στον Πίνακα 31.

Πίνακας 30: Ποσοστά εμφάνισης κατηγοριών διαβρωσιμότητας

p1 (%)	5
p2 (%)	15
p3 (%)	80

Πίνακας 31: Συντελεστές διαβρωσιμότητας κ₁

κ1	1
κ2	0.5
κ3	0.1

Επιπλέον, η εμπειρική εξίσωση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της στερεοαπορροής έχει βασιστεί σε δεδομένα λεκανών με επιφάνειες της τάξης των 1000 km², καθιστώντας αναγκαίο τον υπολογισμό ενός συντελεστή προσαύξησης λόγω αυξημένου συντελεστή απορροής (18) (Κουτσογιάννης, 2002).

$$\left(\frac{A}{1000}\right)^{-0.2} \quad (18)$$

Εφαρμόζοντας λοιπόν την εξίσωση (13), η τελική ποσότητα στερεοαπορροής με αιώρηση για την λεκάνη της Πυλάρου με έκταση 57.41 km² προκύπτει ίση με 3575.75 tn/έτος (Πίνακας 32).

Πίνακας 32: Μέση ετήσια απορροή σε αιώρηση

Μέση ετήσια απορροή σε αιώρηση (tn/km ² /έτος) - αρχική τιμή	35.17
Συντελεστής προσαύξησης λόγω αυξημένου συντελεστή απορροής	1.77
Μέση ετήσια απορροή σε αιώρηση (tn/km ² /έτος) - τελική τιμή	62.28
Μέση ετήσια απορροή σε αιώρηση (tn/έτος)	3575.75

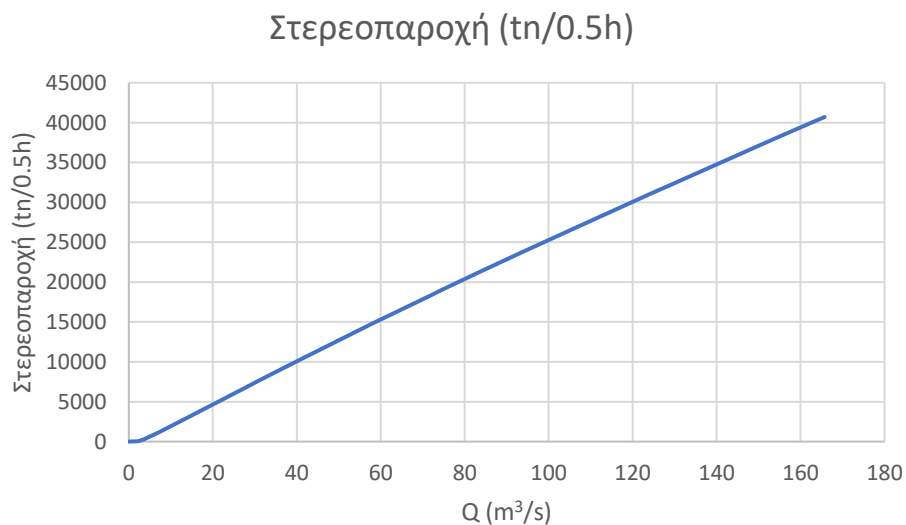
5.1.3.2 Χονδρόκοκκα φερτά

Στην περίπτωση της λεκάνης της Πυλάρου, η εκτίμηση των ποσοτήτων των φερτών της κοίτης βασίζονται σε χονδροειδείς εκτιμήσεις καθώς δεν υπάρχουν οι απαραίτητες υποδομές μετρήσεων, για να γίνει χρήση ποσοτικών εκτιμήσεων. Επιλέγονται λοιπόν εμπειρικά τα μεγέθη d_s=0.05m, d₉₀=0.15m, ρ_s=2650kg/m³ και n=0.08. Ακόμη, υποτίθεται υδραυλική ορθογωνική διατομή μεγάλου πλάτους b=25m, για την ανάγκη υπολογισμού υδραυλικής ακτίνας, βάθους ροής και της στερεοπαροχής με σύρση (Κουτσογιάννης, 2002). Στην υπόψη λεκάνη υπενθυμίζεται ότι υπάρχουν κατασκευασμένοι αναβαθμοί, οι οποίοι ωστόσο έχουν πληρωθεί με φερτά από το επεισόδιο «Ιανός»,

όποτε δεν επηρεάζουν τους υπολογισμούς. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου Meyer – Peter & Muller (1948) (Σχέση (15), υποκεφάλαιο 2.2.3.7.2) για διάφορες τιμές της πλημμυρικής παροχής. Για την παροχή σχεδιασμού, ήτοι 165.72 m³/s για περίοδο επαναφοράς T=100 έτη προκύπτει αντίστοιχη στερεοπαροχή 40703 t/0.5h (Διάγραμμα 10). Επιπλέον κατασκευάζεται το αντίστοιχο στερεοϋδρογράφημα, από το οποίο προκύπτει ότι κατά την πλημμύρα της 100ετίας μεταφέρονται 0.14 hm³ φερτά υλικά (Διάγραμμα 11).

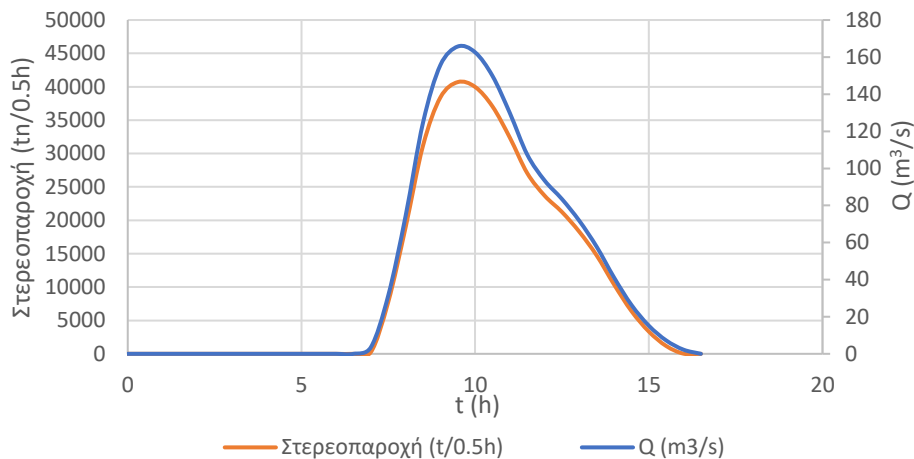
Πίνακας 33: Τιμές δεδομένων μεθόδου Meyer - Peter & Muller

n_d συντελεστής Manning τραχύτητα φερτών $n_d=(d_{90}^{1/6})/26$	0.028035514
b υδραυλική ορθογωνική διατομή (m)	25
i κλίση ενέργειας	0.27
g επιτάχυνση βαρύτητας (m/s ²)	9.81
d_s χαρ/κη διάμετρος μείγματος φερτών (m)	0.05
d_{90} διάμετρος καμπύλης, 90% των φερτών είναι λεπτότερα (m)	0.15
ρ_s πυκνότητα φερτών (kg/m ³)	2650
ρ πυκνότητα νερού (kg/m ³)	1000
n συντελεστής Manning	0.08
n_d/n	0.35044393



Διάγραμμα 10: Στερεοπαροχή (t/0.5h)

Στερεοϋδρογράφημα



Διάγραμμα 11: Στερεοϋδρογράφημα

Η ποσότητα των φερτών υλικών που υπολογίστηκε θεωρείται σημαντική και λογική, έχοντας λάβει υπόψη τα αποτελέσματα του φαινομένου του «Ιανού». Ειδικότερα, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της λεκάνης είναι το φαινόμενο της χειμαρρικής λάβας (debris flow), δηλαδή της μαζικής μεταφοράς υλικών που παρασύρονται από τα χειμαρρικά ρεύματα και μετακινούνται με τη μορφή λάβας ή λασπόμαζας προς τα κατάντη (Ανδρεάτος, 2020). Ωστόσο, δεν προβλέπεται περαιτέρω επέμβαση, λόγω των προϋπάρχοντων αναβαθμών στις περιοχές Μακρουώτικα και Δρακοπουλάτα, με προϋπόθεση την σωστή συντήρηση αυτών.

5.2 Προτεινόμενα έργα αντιμετώπισης

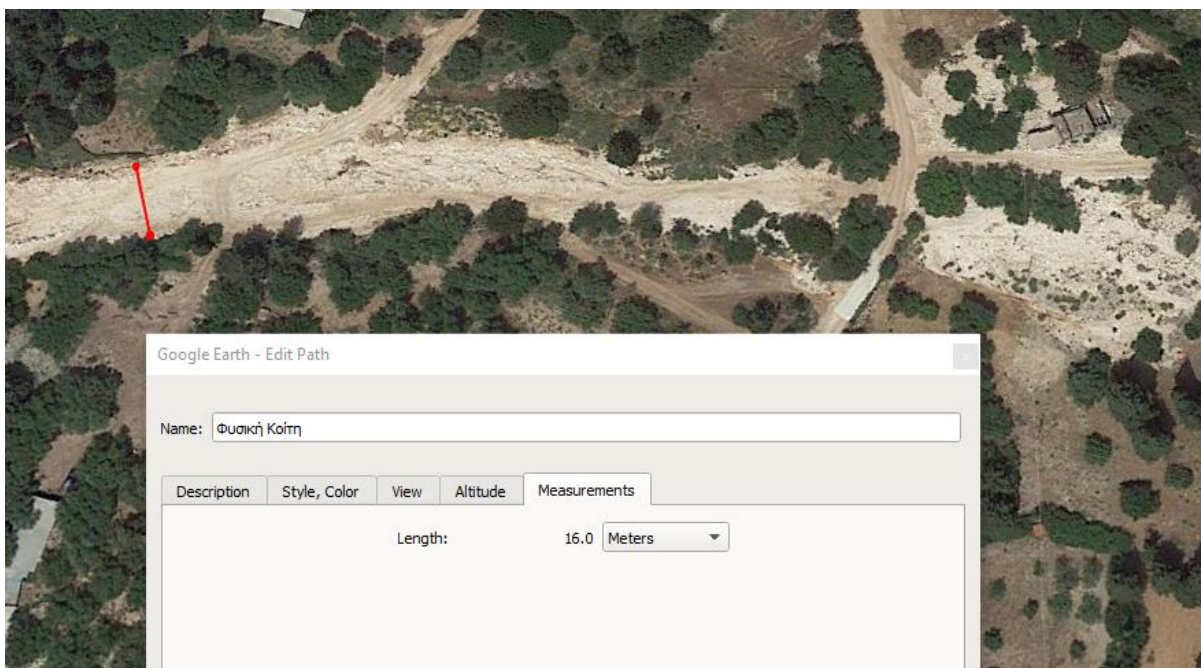
Το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η περιοχή μελέτης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι το γεγονός ότι στην πεδινή έκταση που βρίσκεται ο οικισμός αλλά και οι παρακείμενες καλλιέργειες, τα ύδατα και τα φερτά υλικά δεν διοχετεύονται ανεμπόδιστα εκεί που είναι ο φυσικός τους αποδέκτης. Δηλαδή η θαλάσσια περιοχή της Αγίας Ευφημίας. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο πλημμυρικός όγκος να καταλαμβάνει όλο το πλάτος της κοιλάδας και σχεδόν όλη την έκταση στην οποία έχει αναπτυχθεί ο οικισμός, όπως άλλωστε φαίνεται και από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Τα αντιπλημμυρικά έργα που ήδη υπάρχουν στην περιοχή αφορούν κυρίως μικρά αναχώματα και αναβαθμούς που στόχο έχουν την ανάσχεση μέρος της πλημμυρικής παροχής καθώς και των φερτών υλών. Τα έργα αυτά βρίσκονται σε ανάντη σημεία του υδρογραφικού δικτύου και δεν επαρκούν.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι είναι αναγκαία η παρέμβαση στα πεδινά τμήματα του ρέματος. Από τα στοιχεία υπάρχουν και λαμβάνοντας υπόψιν και παρατηρήσεις από δορυφορικές εικόνες το ρέμα που καταλήγει στον οικισμό της Αγίας Ευφημίας δεν είναι οριοθετημένο. Στο πλαίσιο λοιπόν της παρούσας προκαταρκτικής μελέτης προτείνεται η οριοθέτηση τμήματος του ρέματος με μήκους δύο χιλιομέτρων από το σημείο που σταματάει η φυσική κοίτη να είναι ευδιάκριτη έως την εκβολή. Η λύση αυτή περιλαμβάνει την διαμόρφωση της κοίτης του υδατορέματος ώστε να διευκολύνεται η διόδευση της πλημμύρας και ο περιορισμός της. Λόγω του ιδιαίτερου ανάγλυφου της περιοχής η πλήρης εκτροπή του υδατορέματος ώστε να παρακαμφθεί ο οικισμός είναι αδύνατη. Συνεπώς, τα έργα διαμόρφωσης θα πρέπει να διασχίσουν τον οικισμό. Το γεγονός αυτό καθιστά αναγκαία την μερική απαλλοτρίωση ιδιωτικών και δημόσιων εκτάσεων.

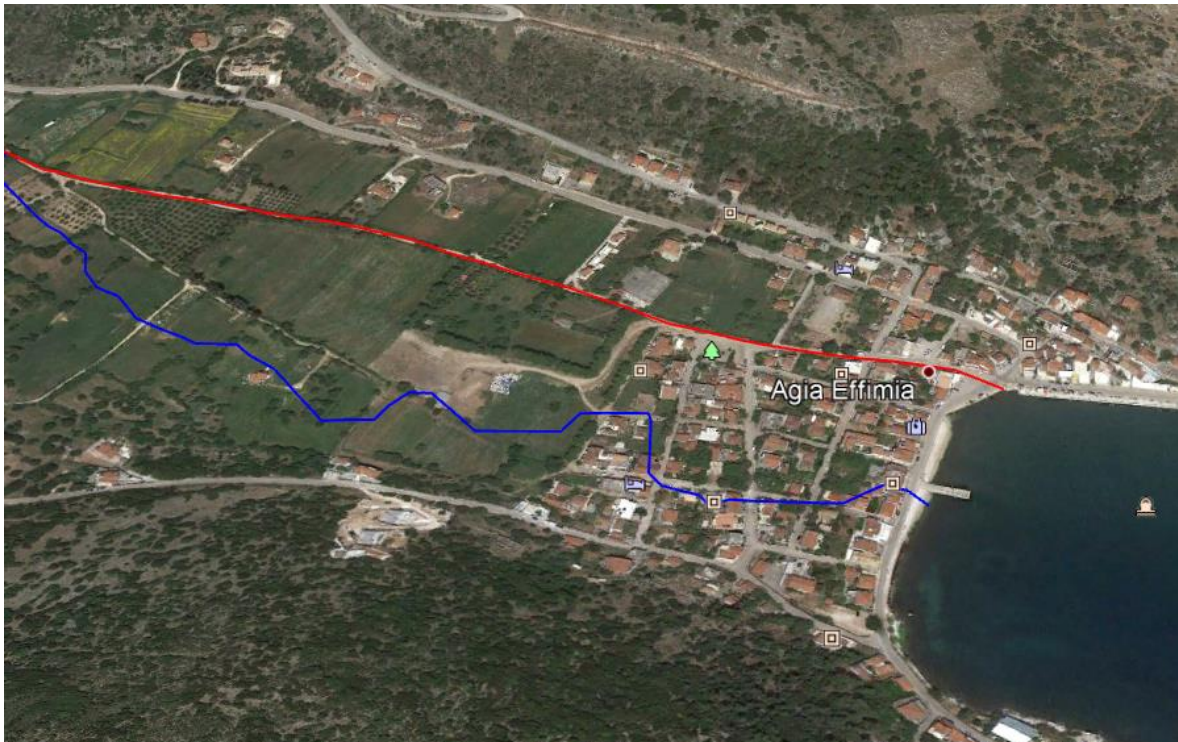
5.3 Προσομοίωση με τα προτεινόμενα έργα

Αφού καθοριστούν οι γραμμές πλημμύρας με την υπάρχουσα κατάσταση, σειρά έχει ο εμπλουτισμός του μοντέλου με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις, δηλαδή την επιλεγμένη βαθιά γραμμή (από ποιο σημείο θα διοδευθεί η πλημμύρα) και την γεωμετρία της διαμορφωμένης κοίτης. Η επιλογή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της διατομής καθώς και το υλικό κάλυψης του πυθμένα είναι καθοριστικής σημασίας για την αντιμετώπιση της πλημμυρικής παροχής έναντι υπερχειλίσης. Οι προσομοιώσεις αυτές σύμφωνα με το ΦΕΚ γίνονται σε συνθήκες μόνιμης ροής με τιμή παροχής αυτή της πλημμυρικής αιχμής του πλημμυρογραφήματος σχεδιασμού.

Διάφορες είναι οι εναλλακτικές παρεμβάσεις που αναφέρονται στο υποκεφάλαιο (6.2). Ωστόσο η προτεινόμενη λύση είναι αυτή που προσομοιώνεται τελικά στο περιβάλλον του HEC-RAS ώστε να ελεγχθεί η επάρκεια των έργων. Η λύση αυτή περιλαμβάνει την επέκταση της φυσικής κοίτης και την διαμόρφωση της από το σημείο που σταματά να είναι διακριτή, για μήκος δύο χιλιομέτρων, μέχρι την εκβολή στη θάλασσα. Το κομμάτι της παρέμβασης χωρίζεται σε τρία κυρίως τμήματα. Το πρώτο τμήμα μήκους 1400 m αποτελεί ανοιχτό αγωγό πλάτους 16 μέτρων, όσο και το πλάτος της φυσικής κοίτης (Εικόνα 19). Ο πυθμένας της οριοθετημένης κοίτης θα μείνει ανεπένδυτος για οικονομικούς και αισθητικούς λόγους, ενώ προτείνεται η κατασκευή πλευρικών τοιχίων αντιστήριξης από σκυρόδεμα. Το δεύτερο τμήμα της οριοθέτησης περιλαμβάνει κατασκευή συναρμογής, από σκυρόδεμα, μήκους 340 μέτρων εκ των οποίων, τα πρώτα 152 m αντιστοιχούν σε ανοιχτή διατομή, ενώ τα υπόλοιπα 188 m καλύπτονται με κατάλληλη πλάκα σκυροδέματος ώστε να διευκολυνθεί η διεύθυνση εντός του οικισμού. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και η ακριβής μορφή της συναρμογής δεν αναλύονται στην παρούσα μελέτη, αλλά σημειώνεται ότι χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση. Το τρίτο και τελευταίο τμήμα αντιστοιχεί σε ορθογωνικό, επενδεδυμένο με σκυρόδεμα, αγωγό μήκους 340 m και πλάτους 8 m ο οποίος θα είναι υπόγειος για όσο μήκος επιτρέπει η γραμμή εδάφους. Σύμφωνα με το σχέδιο πόλης τα τελευταία 200 περίπου m αφορούν ανοιχτό αγωγό, του οποίου ο πυθμένας στην έξοδο θα βρίσκεται στο υψόμετρο της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας. Σημειώνεται ότι, καθ' όλο το μήκος της οριοθέτησης η ροή είναι υπερκρίσιμη και στην έξοδο του αγωγού συμπεριφέρεται σαν ελεύθερη πτώση αποφεύγοντας έτσι προβλήματα εμφάνισης υδραυλικού άλματος.



Εικόνα 19: Διακριτή κοίτη πλάτους 16m



Εικόνα 20: Προτεινόμενη λύση διόδευσης στο τμήμα κοντά στην εκβολή (με μπλε σκούρο απεικονίζεται η βαθιά γραμμή που προέκυψε από το DEM, ενώ με κόκκινο ο άξονας του οριοθετημένου ρέματος).

Η λύση αυτή θεωρείται ότι δεν διασχίζει το κέντρο του οικισμού που απαντώνται οι περισσότερες κατοικίες. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 20 μεγάλο μέρος της εκατέρωθεν έκτασης δεν είναι οικοδομημένο και συνεπώς το κόστος απαλλοτρίωσης είναι μικρότερο.

5.3.1 HEC-RAS 1D

Για την προσομοίωση μετά τα προτεινόμενα έργα προστίθενται στο μοντέλο, που έχει ήδη αναλυθεί για την υφιστάμενη κατάσταση η διαμορφωμένη διατομή, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Συγκεκριμένα τα αριθμητικά δεδομένα που πρέπει να οριστούν είναι το πλάτος της διατομής για κάθε τμήμα της οριοθέτησης, η τραχύτητα της κοίτης και οι κατά μήκος κλίσεις. Μετά από διερεύνηση για διάφορα πλάτη αγωγών και για διάφορους συντελεστές Manning (Παράρτημα Πίνακες 46, 47, 48, 49, 50), προκύπτει τελικά ως βέλτιστη λύση ένα πλάτος της τάξης των 16 m για το ανεπένδυτο τμήμα του αγωγού και αντιστοίχως πλάτος ίσο με 8 m για το επενδεδημένο. Η τραχύτητα πυθμένα καθορίζεται από τον γαιώδη σχηματισμό της περιοχής. Στην πρώτη περίπτωση πραγματοποιείται κατάλληλη μετατροπή για την εύρεση του ισοδύναμου συντελεστή, ενώ για την δεύτερη περίπτωση λαμβάνεται με βάση το υλικό επένδυσης. Για τον υπολογισμό της τραχύτητας ανεπένδυτης κοίτης ακολουθείται η μεθοδολογία που προτείνεται από σχετική βιβλιογραφία (United States Geological Survey Water-Supply, 1989). Έτσι με χρήση της σχέσης (19) και λαμβάνοντας τους απαραίτητους συντελεστές (Παράρτημα Εικόνα 53) προκύπτει η τραχύτητα του πυθμένα (Πίνακας 34). Τέλος ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα γεωμετρικά δεδομένα εισόδου του μοντέλου (Πίνακας 35).

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m \quad (19)$$

Όπου:

- n: ισοδύναμη τραχύτητα ανεπένδυτης διώρυγας
- n_b: βασική τιμή εξαρτώμενη από τον τύπο του εδάφους
- n₁: βαθμός ανομοιομορφίας της κοίτης
- n₂: εναλλαγές γεωμετρίας της κοίτης
- n₃: επιρροή εμποδίων εντός κοίτης
- n₄: ποσότητα βλάστησης εντός κοίτης
- m: παρουσία μαϊάνδρων

Πίνακας 34: Υπολογισμός τραχύτητας

	Χαρακτηρισμός	Τιμή
n _b	Σκληρός εδαφικός σχηματισμός	0.025
n ₁	Ήπια ανομοιομορφία	0.006
n ₂	Βαθμιδωτή εναλλαγή διατομής	0
n ₃	Μικρή επιρροή εμποδίων	0.005
n ₄	Αραιή παρουσία βλάστησης	0.01
m	Απουσία μεάνδρων	1
n	Ισοδύναμη τραχύτητα	0.046

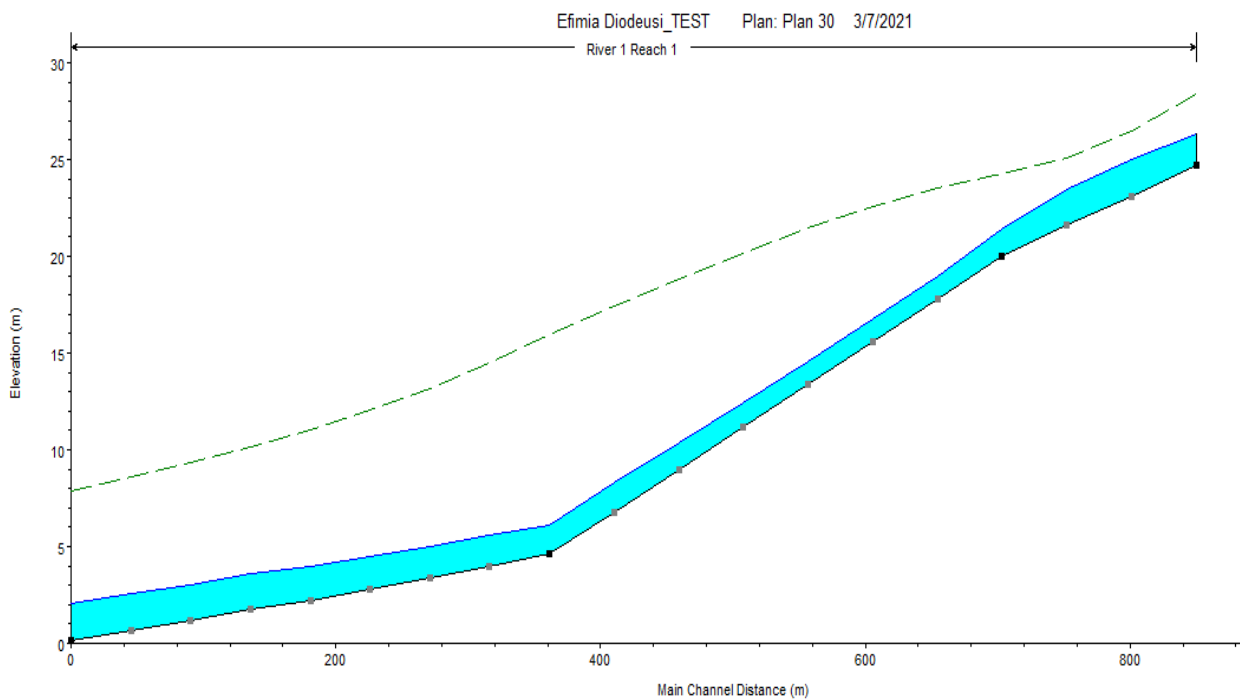
Πίνακας 2: Δεδομένα εισόδου γεωμετρίας διατομών

Ανεπένδυτος Αγωγός	
b (m)	16
n (πυθμένα)	0.046
n (τοιχωμάτων)	0.013
J	4.5%
Συναρμογή	
b (m)	Μεταβαλλόμενο
n	0.013
Επενδεδυμένος Αγωγός	
b (m)	8
n	0.013
J ₀	1.3%

Για την ολοκλήρωση της προσομοίωσης σε μόνιμη ροή όπως προβλέπεται από το ΦΕΚ λαμβάνεται παροχή ίση με αυτή της αιχμής του πλημμυρογραφήματος για την αντίστοιχη περίοδο επαναφοράς του σχεδιασμού. Για τις ανάγκες σχεδιασμού πραγματοποιήθηκαν δύο προσομοιώσεις για 50 και 100 έτη με παροχές 144 και 165 m³/s αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα και το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας φαίνονται στους Πίνακες 36, 37 και στις εικόνες 21,22.

Πίνακας 36: T=100 έτη

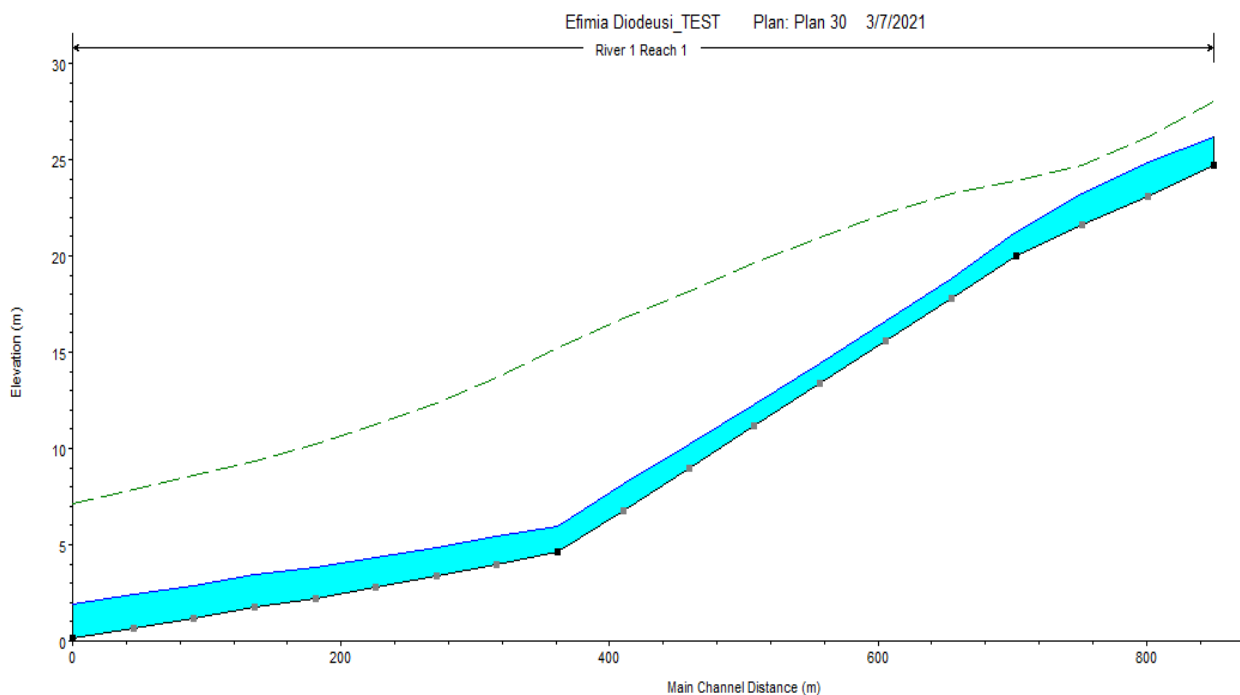
Διατομή	Μέγιστο Βάθος Ροής d (m)	Ταχύτητα (m/s)	Froude
1	1.62	6.35	1.6
2	1.89	5.42	1.26
3	1.82	5.63	1.34
4	1.37	7.5	2.05
5	1.18	9.48	2.79
6	1.14	10.72	3.21
7	1.17	11.62	3.44
8	1.23	12.32	3.55
9	1.33	12.9	3.57
10	1.48	13.41	3.52
11	1.48	13.94	3.66
12	1.56	13.2	3.37
13	1.63	12.62	3.15
14	1.7	12.16	2.98
15	1.75	11.8	2.85
16	1.82	11.33	2.68
17	1.85	11.15	2.62
18	1.9	10.88	2.52
19	1.93	10.66	2.45



Εικόνα 21: Προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας (T=100 έτη)

Πίνακας 37: T=50 έτη

Διατομή	Μέγιστο Βάθος Ροής d (m)	Ταχύτητα (m/s)	Froude
1	1.49	6.02	1.58
2	1.75	5.11	1.24
3	1.67	5.36	1.33
4	1.24	7.25	2.09
5	1.06	9.24	2.88
6	1.02	10.45	3.3
7	1.05	11.31	3.53
8	1.1	11.97	3.64
9	1.2	12.53	3.66
10	1.33	13.01	3.6
11	1.33	13.52	3.74
12	1.42	12.71	3.41
13	1.49	12.09	3.16
14	1.55	11.61	2.98
15	1.6	11.25	2.84
16	1.67	10.76	2.66
17	1.7	10.61	2.6
18	1.74	10.34	2.5
19	1.78	10.14	2.43



Εικόνα 22: Προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας (T=50 έτη)

Για λόγους πληρότητας στο παράρτημα παρουσιάζονται ενδεικτικά οι συγκεντρωτικοί πίνακες που περιλαμβάνουν όλα τα αποτελέσματα ενδιαφέροντος της προσομοίωσης, καθώς και η διατομή εισόδου και εξόδου του μοντέλου, μαζί με διατομή της συναρμογής (Πίνακες 44, 45 και Εικόνες 47, 48, 49, 50, 51, 52).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως προκύπτει από τις υδραυλικές προσομοιώσεις, κρίνεται αναγκαία η οριοθέτηση των υδρογραφικών κλάδων, σε ικανό μήκος, ώστε να καθοριστούν οι βέλτιστες διαδρομές τους και τα επιμέρους υδραυλικά χαρακτηριστικά τους. Το όφελος μιας τέτοιας αντιπλημμυρικής ενέργειας είναι σημαντικό ως προς την ασφάλεια των κατοίκων και της λειτουργίας των οδικών και επαγγελματικών υποδομών της περιοχής. Σκοπός της οποιασδήποτε παρέμβασης είναι η κατά το δυνατόν μικρότερη αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και η ελάχιστη καθαίρεση ήδη υφιστάμενων οικοδομημάτων των κατοίκων της περιοχής. Προς αυτή την κατεύθυνση στρέφεται και η πρόταση της παρούσας μελέτης με την διατήρηση του εδαφικού σχηματισμού ως πυθμένα της κοίτης στο μεγαλύτερο της κομμάτι καθώς και η μερική υπογειοποίηση της κατά την είσοδο στον οικισμό.

Από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων παρατηρούνται βάθη ροής κάτω από 2 m για την δυσμενέστερη περίπτωση και σε όλο το μήκος. Με αυτό σαν δεδομένο και διατηρώντας τα πλάτη όπως έχουν επιλεγεί, ακολουθεί η τελική διαστασιολόγηση των πλευρικών τοιχωμάτων για κάθε τμήμα της οριοθέτησης καθώς και άλλα κατασκευαστικά και οικονομικά στοιχεία.

6.1 Συμπεράσματα προτεινόμενης λύσης

Βασικό στοιχείο που καθορίζει τις παραπάνω διαστάσεις είναι η περίοδος επαναφοράς του σχεδιασμού. Για το πρώτο τμήμα του αγωγού που βρίσκεται εκτός του οικισμού λαμβάνεται ως περίοδος επαναφοράς η 50ετία που αποτελεί και την ελάχιστη επιτρεπτή από το ΦΕΚ. Το κομμάτι που αφορά τον αγωγό εντός της κατοικημένης περιοχής σχεδιάζεται με περίοδο επαναφοράς 100 ετών εκτιμώντας ότι οι επιπτώσεις πιθανής αστοχίας θα είναι πολύ μεγαλύτερες. Για την τελική διαστασιολόγηση του ύψους των πρανών υπολογίζεται για κάθε τμήμα το ομοιόμορφο βάθος ροής (Πίνακας 38, 39) και σε αυτό προστίθεται ένα ελεύθερο περιθώριο ασφαλείας που υπολογίζεται από σχετική βιβλιογραφία (Ven Te Chow, 1959). Για τον ανεπένδυτο αγωγό γίνεται χρήση της σχέσης (20) ενώ για τον επενδεδημένο το διάγραμμα της Εικόνας 23.

Πίνακας 383: Ομοιόμορφα βάθη σχεδιασμού

	Ανεπένδυτη κοίτη	Επενδεδημένη κοίτη
Q (m ³ /s)	144	165
n	0.046	0.013
γ (m)	1.59	1.93

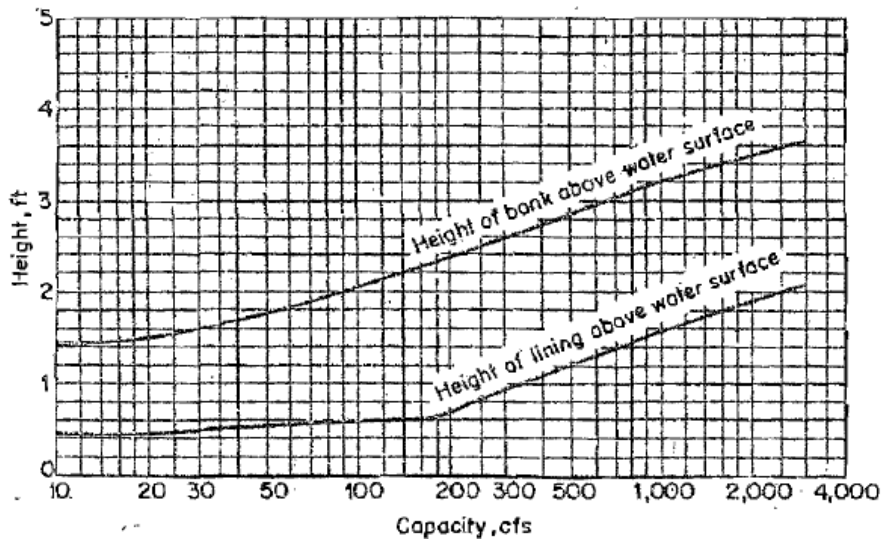
$$F = \sqrt{C * y} \quad (20)$$

Όπου:

F: το ελεύθερο ύψος από την επιφάνεια του νερού μέχρι την επιφάνεια του εδάφους των όχθων

C: συντελεστής εξαρτώμενος από την παροχή σχεδιασμού

γ: το εκτιμώμενο βάθος ροής



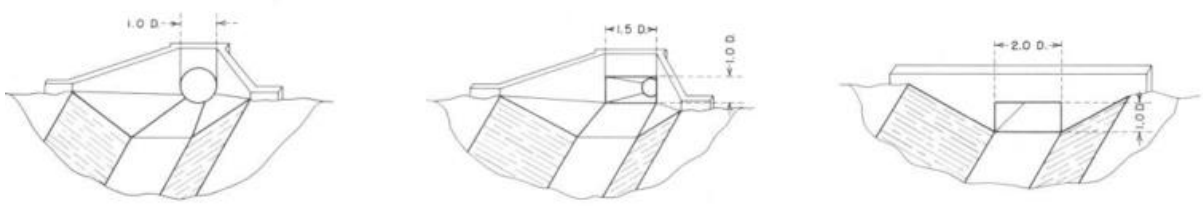
Εικόνα 23: Διάγραμμα υπολογισμού προτεινόμενου ελεύθερου περιθωρίου ανοιχτού αγωγού (U.S. Bureau of Reclamation)

Πίνακας 39

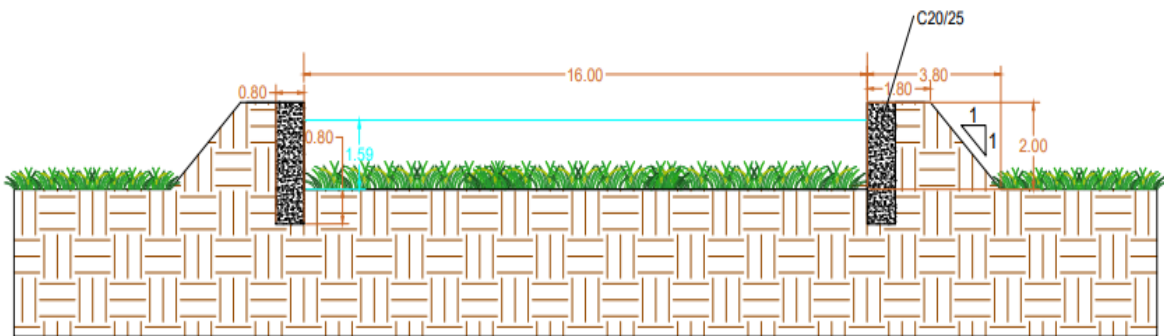
Ανεπένδυτη διατομή	
C	2.5
y (m)	1.59
F (m)	0.4
Ολικό ύψος (m)	2
Επενδεδυμένος διατομή	
Q (m ³ /s)	165
y (m)	1.93
F (m)	0.6
Ολικό ύψος (m)	2.5

Για την διαμόρφωση της κοίτης γίνεται ο απαραίτητος καθαρισμός ικανού πλάτους για το οριοθετημένο ρέμα από φερτά υλικά και απορρίμματα. Επίσης απαιτείται η καθαίρεση οποιασδήποτε υπάρχουσας οικοδόμησης ή άλλο τεχνικού έργου για όλο το μήκος της παρέμβασης. Τέλος κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία αναχωμάτων τραπεζοειδούς μορφής εξωτερικά των τοιχίων του ανοιχτού αγωγού. Για το κομμάτι της υπογειοποίησης γίνεται η απαραίτητη διάνοιξη του εδάφους για την διαμόρφωση της επενδεδυμένης διατομής.

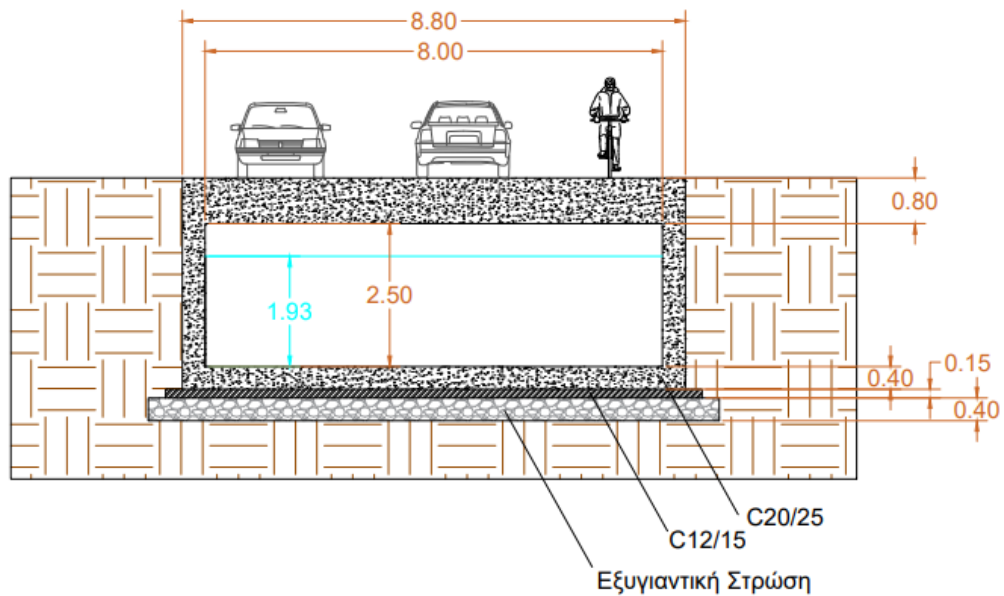
Όσον αφορά το τμήμα της συναρμογής είναι αναγκαία η περαιτέρω διερεύνηση της μορφής της για την ασφαλή διόδευση της πλημμύρας καθώς και της ποσότητας φερτών υλών για την αποφυγή έμφραξης της κλειστής διατομής. Για τον σκοπό αυτό παρουσιάζονται ενδεικτικά σκαριφήματα πιθανών συναρμογών (Εικόνα 24). Τέλος σημαντική θεωρείται η αποφυγή οποιασδήποτε οικοδομικής ή άλλης δραστηριότητας εντός της κοίτης και σε απόσταση 3.8 m από την όχθη, για λόγους ασφαλείας και για την αποφυγή κατάρρευσης των πλευρικών τοιχωμάτων. Οι προτεινόμενες τυπικές διατομές παρουσιάζονται στις Εικόνες 25 και 26).



Εικόνα 24: Πιθανές συναρμογές



Εικόνα 25: Τυπικό σχέδιο ανοιχτής διατομής



Εικόνα 26: Τυπικό σχέδιο ανοιχτής διατομής

Ο προϋπολογισμός της προτεινόμενης λύσης εκτιμάται περί των 4.3 εκ. ευρώ (€), έχοντας συμπεριλάβει χρωματοουργικά έργα, έργα προστασίας κοίτης και πρανών, τεχνικά έργα, καθώς και ένα τυπικό κόστος απαλλοτρίωσης. Οι αναλυτικότερες εργασίες, τιμές μονάδας και κοστολόγησης ποσοτήτων, εμπεριέχονται στον Πίνακα 51, του παραρτήματος.

6.2 Εναλλακτικές λύσεις

Πέρα από την τελική πρόταση οριοθέτησης που παρουσιάζεται στο υποκεφάλαιο 6.1, υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές για την αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων της περιοχής μελέτης. Αρχικά, λόγω της μεγάλης πλημμυρικής παροχής, το μήκος που αντιστοιχεί στη συναρμογή στην είσοδο του οικισμού (340m), μπορεί να χωριστεί σε δύο κλάδους, ώστε να μειωθεί η παροχή, και άρα οι απαιτούμενες διαστάσεις. Ακόμη στο κομμάτι της συναρμογής, είναι δυνατή η προσθήκη σειρών οδοντώσεων έτσι ώστε να αυξάνεται η τύρβη και να μειώνεται το μήκος κατασκευής, και άρα το κόστος της (Νουτσόπουλος κ.α., 2007). Επιπλέον, είναι δυνατό το έργο σε όλο το μήκος του, δηλαδή στα 2 km, να αντιστοιχεί σε μια κλειστή διατομή.

Μία άλλη εναλλακτική λύση είναι η δημιουργία μίας σύνθετης διατομής, η οποία περιλαμβάνει περιοχές οι οποίες αναγκαστικά θα πλημμυρίζουν. Ωστόσο, για αυτές θα υπάρχουν συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης στα ανάντη σημεία, που βασίζονται στη σχέση ύψους βροχής – διάρκειας ή σε μοντέλα βροχής – απορροής σε εφαρμογές πρόγνωσης πλημμυρών και επεισοδίων ρύπανσης (Μπαλτάς, 2020). Όσον αφορά την έντονη στερεοαπορροή κατά την διάρκεια των πλημμυρικών φαινομένων, προτείνεται επιπλέον κατασκευή αναβαθμών στα ανάντη σημεία του υδρογραφικού δικτύου, πέρα από το προϋπάρχοντα.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ. (2011) ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΕΚΔΟΣΗ 4, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
- ΝΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Γ., ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ Τ., 2007, ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ, ΑΘΗΝΑ
- ΜΙΜΙΚΟΥ Μ.Α., ΜΠΑΛΤΑΣ Ε.Α., (2018) ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ, ΑΘΗΝΑ
- ΜΑΡΙΝΟΥ Π.Γ., ΔΙΑΜΑΝΤΗ Ι.Β., (2003) ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Ι, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
- ΜΟΣΧΟΠΟΥΛΟΣ Γ.Ν., ΜΑΡΑΒΕΓΙΑ – ΚΩΣΤΑ Κ., 2007, ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ ΣΕΙΣΜΟΙ 1953 ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΙ Η ΑΡΧΗ ΜΙΑΣ ΠΟΛΗΣ, ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ
- ΛΕΚΚΑΣ Ε., ΔΑΝΑΜΟΣ Γ., ΜΑΥΡΙΚΑΣ Γ., 2001, ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΝΗΣΩΝ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΙΘΑΚΗΣ, ΑΘΗΝΑ
- ΛΕΚΚΑΣ Ε., 2020, ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΝΑ «ΙΑΝΟΣ» ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΙΤΙΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ, ΑΘΗΝΑ
- ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΠΑΠΥΡΟΣ ΛΑΡΟΥΣ ΜΠΡΙΤΑΝΙΚΑ
- ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ. ΚΑΙ ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Θ., 1999 ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΕΚΔΟΣΗ 3, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ (<https://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/115/>)
- ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ & ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ (Ι.Γ.Μ.Ε.) <https://www.igme.gr/geoportal/>
- ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, 2016 <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>
- ΦΟΡΕΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ ΔΡΥΜΟΥ ΑΙΝΟΥ, 2019 <https://aenosnationalpark.gr/maps>
- ΑΝΟΙΚΤΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ <http://geodata.gov.gr/maps/?package=1e20cf39-0f32-4071-83d9-4be2b95324a2&resource=40ef4e8a-da66-423c-baf3-e6ef5179b41f&locale=el>

ΑΝΟΙΚΤΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ <https://geodata.gov.gr/dataset/lekanes-aporroes-aidike-grammateia-udaton>

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, 2017, 1^Η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ (ΕΛ02), ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/08/EL02_1REV_P13_Proxsedia_LAP_v02.pdf

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, 2017, 1^Η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ (ΕΛ02), ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΦΑΣΗ 1, ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π13: ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/07/EL02_1REV_P13_Proxsedia_LAP_v01.pdf

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, 2018-19, ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ https://floods.ypeka.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=510

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, 2020, ΣΕΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΙΟΝΙΟΥ ΤΟ 1953 https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%99%CE%BF%CE%BD%CE%AF%CE%BF%CF%85_%CF%84%CE%BF_1953

ΘΕΩΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ Π., 2014, ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ: ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ ΚΑΙ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2014 ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΑΣ <https://www.kefalonitis.com/news/item/25637-epistimoniki-meleti-oi-seismoi-tou-ianouariou-kai-fevrouariou-2014-stin-kefalonias-gia-tis-kataskeves-mas.html>

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ, 2017-2021, ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Ionian%20Islands&poli=Argostoli&fbclid=IwAR29BdMaNJ2losyr9zHJBnRPS5G5RNPY2cWzronlHZAUCuHllh1HrPV8b1U

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ., ΜΑΡΙΝΟΣ Π., ΚΑΒΒΑΔΑΣ Μ., (2002) ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ ΑΝΑΝΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗΣ ΠΑΤΡΩΝ, ΑΘΗΝΑ <https://www.itia.ntua.gr/en/getfile/602/1/documents/2002DiakonEktheseisSymboulwn.pdf>

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ., (1982), ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΚΑΙ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΕΙΣ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΩΝ, ΑΘΗΝΑ <https://www.itia.ntua.gr/en/getfile/202/1/documents/1982Ferta.pdf>

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ., ΜΑΡΚΟΝΗΣ Ι., ΚΟΥΚΟΥΒΙΝΟΣ Α., ΠΑΠΑΛΕΞΙΟΥ Σ.Μ., ΜΑΜΑΣΗΣ Ν., ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ Π., 2010, ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ, ΑΘΗΝΑ https://www.itia.ntua.gr/en/getfile/970/1/documents/2010AthensOmbrian_.pdf

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2013, ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΑ, ΆΡΘΡΟ 01: ΟΡΙΣΜΟΙ <http://www.opengov.gr/minenv/?p=5056>

ΜΑΜΑΣΗΣ Ν., 2014, ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ & ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΡΓΑ, ΑΘΗΝΑ https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL108/Floods_14_YdrSxed.pdf

ΜΑΜΑΣΗΣ Ν., ΕΥΣΤΡΑΤΙΑΔΗΣ Α., ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ., 2015, ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΑΘΗΝΑ https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CIVIL125/HW14_Sediments.pdf

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, 2021, ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9ACE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%AC>

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, 2020, ΆΣΟΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CF%83%CE%BF%CF%82_%CE%9ACE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%AC%CF%82

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, 2020, ΑΓΙΑ ΕΥΦΗΜΙΑ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B3%CE%AF%CE%B1_%CE%95%CF%85%CF%86%CE%B7%CE%BC%CE%AF%CE%B1_%CE%9ACE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%AC%CF%82

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, 2020, ΦΙΣΚΑΡΔΟ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%B9%CF%83%CE%BA%CE%AC%CF%81%CE%B4%CE%BF_%CE%9ACE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%AC%CF%82

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, 2018-19, ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

https://floods.ypeka.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=110&Itemid=595

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, 2012, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60/ΕΚ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

https://floods.ypeka.gr/egyFloods/prokatartiki_axiologisi/B_Prokatartiki_Axiologisi_Kindynon_Plimmyras_Xartes/GR02.jpg

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, 2020, ΑΙΝΟΣ (ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ)

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%82_\(%CE%9ACE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%AC\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%82_(%CE%9ACE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%AC))

ΤΟΥΜΑΣΗ Π., 2017, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ «ΝΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΒΟΘΡΩΝ ΤΟΥ ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΠΗΓΕΣ ΤΗΣ ΣΑΜΗΣ», ΠΑΤΡΑ

https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10927/3/Nemertes_Toumasi%28geo%29.pdf

ΛΕΚΚΑΣ Ε.Λ., ΛΟΖΙΟΣ Σ.Γ. & ΔΑΝΑΜΟΣ Γ.Δ., 2001, ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΡΕΩΝ ΑΙΓΑΛΕΩ ΚΑΙ ΠΑΡΝΗΘΑΣ (ΑΤΤΙΚΗ, ΕΛΛΑΔΑ) ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ, ΑΘΗΝΑ

<https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/geosociety/article/viewFile/16939/15104>

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ., 2004, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

<https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/625/3/documents/2004TeeOmbriesPRSM.pdf>

ΑΛΛΗΛΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, 2020

ΑΛΛΗΛΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ, 2020

ΜΠΑΛΤΑΣ Ε.Α., 2020, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ «ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ», ΑΘΗΝΑ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε., 2019, ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ https://oakae.gr/wp-content/uploads/2019/05/I_12_%CE%95%CE%93%CE%9ACE%95%CE%9ACE%A1%CE%99%CE%9C%CE%95%CE%9D%CE%9F%CE%A3-%CE%A0%CE%99%CE%9D%CE%91%CE%9ACE%91%CE%A3-

[%CE%A4%CE%99%CE%9C%CE%A9%CE%9D-%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D-%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%A9%CE%9D-%CE%9F.%CE%91.%CE%9A.-%CE%91.%CE%95.pdf?fbclid=IwAR1yGT2_WjkvxNh7KPrnnHwM0ab58-loZRSPvYKLwTSwGctVpGwwjExa8bw](#)

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΛΕΣΒΟΥ-Ε.Τ.Α.Λ. Α.Ε., 2018, ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΜΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ Ε.Τ.Α.Λ.
https://www.etal-sa.gr/el/wp-content/uploads/2018/03/15.%CE%A0%CE%99%CE%9D%CE%91%CE%9A%CE%91%CE%A3-%CE%A4%CE%99%CE%9C%CE%A9%CE%9D-%CE%9C%CE%9F%CE%9D%CE%91%CE%94%CE%9F%CE%A3-%CE%95%CE%A4%CE%91%CE%9B-22.03.2018-%CE%93-1.pdf?fbclid=IwAR0LnujEzJFIFTvldmYcZnONPCgv1CBFY9GuTPd_fVysf1IWbYPER9kkyZM

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, 2017, ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΩΝ, ΑΘΗΝΑ
https://www.ggde.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=964%3A%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%84%CE%B9%CE%BC%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%AD%CF%81%CE%B3%CF%89%CE%BD-%CF%83%CE%B5-%CE%B5%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B7-%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%AE-2017&Itemid=326&fbclid=IwAR08HUGSXXCDgA60RFC_tHtETIEx9zuHLax0JmbppEIZBC715cKb4kbsavU

ΣΤΕΡΓΙΟΥΛΗ Μ.Λ., 2010, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ – ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ Τ.Δ. ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΗΒΑΙΩΝ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, 2017, ΤΙΜΕΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΑΣ ΑΞΙΑΣ ΚΤΙΣΜΑΤΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΑΡΘΡΟ 41^α του ν.1249/1982, ΑΘΗΝΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, 2018-19, ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ, ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ
https://floods.ypeka.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=176&Itemid=741

ΚΟΥΤΣΟΥΥΙΑΝΝΙΣ D., ΛΑΓΟΥΣΙΣ Α., 2011, PRECIPITATION, OXFORD
https://www.itia.ntua.gr/en/getfile/999/1/documents/2011TWC_Precipitation_pp.pdfhttps://www.itia.ntua.gr/en/getfile/999/1/documents/2011TWC_Precipitation_pp.pdf

SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS), 1972, "NATIONAL WENGINEERING HANDBOOK", WASHINGTON D.C., SECTION 4, HYDROLOGY

WANIELISTA M., 1978, "STORMWATER MANAGEMENT, QUANTITY AND QUALITY", ANN ARBOR SCIENCE, ANN ARBO

INTERNATION DISASTER DATABASE, 2021 <https://www.emdat.be/>

BRUNNER G.W., 2016, HEC-RAS RIVER ANALYSIS SYSTEM HYDROLOGIC REFERENCE MANUAL, UNITED STATES

LAGIOS E., PAPADIMITRIOU P., NOVALI F., SAKKAS V., FUMAGALLI A., VLACHOU K., DEL CONTE S., (2011), COMBINED SEISMICITY PATTERN ANALYSIS, DGPS AND PSINSAR STUDIES IN THE BROADER AREA OF CEPHALONIA, GREECE

DROGUE C., 1989, CONTINUOUS INFLOW OF SEAWATER AND OUTFLOW OF BRACKISH WATER IN THE SUBSTRATUM OF THE KARSTIC ISLAND OF CEPHALONIA, GREECE

BATES P., TRIGG M., NEAL J., DABROWA A., 2013, LISFLOOD-FP USER MANUAL CODE RELEASE 5.9.6., UNIVERSITY OF BRISTOL <https://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/geography/migrated/documents/lisflood-manual-v5.9.6.pdf>

VEN TE CHOW, 1959, OPEN-CHANNEL HYDRAULICS, UNIVERSITY OF ILLINOIS

ARCEMENT G.J., JR., and SCHNEIDER VERNE R., 1989, GUIDE OF SELECTING MANNING'S ROUGHNESS COEFFICIENTS FOR NATURAL CHANNELS AND FLOOD PLAINS, UNITED STATES

SIMONS W.P., 1964, HYDRAULIC DESIGN OF TRANSITIONS FOR SMALL CANNALS, UNITED STATES https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/hydraulics_lab/pubs/EM/EM33.pdf

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Όνομα Σταθμού	Κωδικός Σταθμού	Γεωγ. Πλάτος Σταθμού	Γεωγ. Μήκος Σταθμού	Ύψος Σταθμού
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	16685	38.13	20.50	10
Μέτρηση: Ημερήσιο Ύψος Υετού (18 έως 18 UTC) (mm)				
ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΤΙΜΗ	
2020	9	17	28,5	
2020	9	18	66,5	
2020	10	17	δεν έβρεξε	
2020	10	18	δεν έβρεξε	
Μέτρηση: Ύψος Υετού Ζωρου ή δωρου σε χιλιοστά (mm)				
ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ	ΤΙΜΗ
2020	9	17	12:00 - 15:00	6,5
2020	9	17	15:00 - 18:00	4,2
2020	9	17	18:00 - 21:00	17,8
2020	9	18	21:00 - 09:00	25,0
2020	9	18	09:00 - 12:00	5,0
2020	9	18	12:00 - 15:00	18,5
2020	9	18	15:00 - 18:00	13,8
2020	9	18	18:00 - 21:00	4,2
2020	9	19	21:00 - 09:00	0,3

Σημειώσεις:

Το Ζωρο είναι το μικρότερο χρονικό βήμα μέτρησης του υετού από βροχόμετρο.
Ο βροχογράφος του σταθμού Αργοστολίου βρίσκεται εκτός λειτουργίας.

Εικόνα 27

NAME: ithaki CITY: STATE:
ELEV: 7 m LAT: 38° 24' 00" N LONG: 20° 42' 00" E

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	27.4	32.2	12:50	23.1	3:30	0.0	9.1	0.0	6.6	43.5	18:10	NW
2	26.7	30.4	13:20	24.7	7:40	0.0	8.4	0.0	9.7	43.5	21:10	NW
3	26.8	29.6	16:10	25.1	7:50	0.0	8.5	0.0	11.6	41.8	9:50	NW
4	26.6	29.8	15:50	24.7	23:10	0.0	8.3	0.0	12.1	43.5	16:20	NW
5	26.3	32.0	16:00	21.2	4:20	0.0	8.0	0.0	4.3	27.4	0:10	ESE
6	26.0	31.9	15:20	20.1	7:30	0.0	7.7	0.0	4.0	32.2	19:10	NNW
7	25.9	32.4	15:30	19.5	7:00	0.0	7.6	0.0	3.2	45.1	17:40	NNW
8	27.8	34.5	15:10	21.8	3:30	0.0	9.4	0.0	2.3	29.0	17:00	NNW
9	29.2	36.9	16:50	23.2	7:40	0.0	10.9	0.0	2.4	35.4	18:40	NW
10	28.1	35.4	15:20	22.2	6:20	0.0	9.8	0.0	2.9	33.8	18:00	NW
11	28.0	35.4	15:20	22.6	7:40	0.0	9.7	0.0	1.9	24.1	21:00	SE
12	27.1	34.4	16:00	21.3	7:50	0.0	8.8	0.0	3.1	30.6	19:10	NW
13	27.3	35.1	15:30	21.0	7:50	0.0	8.9	0.0	2.3	27.4	19:50	NNW
14	27.9	34.4	16:20	21.6	7:00	0.0	9.6	0.0	2.3	22.5	21:20	E
15	26.9	33.2	15:00	20.8	7:20	0.0	8.6	0.0	2.4	22.5	9:50	SE
16	27.3	31.9	14:10	23.1	3:50	0.0	9.0	0.0	2.7	22.5	9:40	ESE
17	24.8	27.8	0:10	21.9	16:20	0.0	6.5	71.0	14.2	57.9	16:10	SE
18	22.3	23.7	1:30	20.8	20:40	0.0	4.0	156.4	20.9	90.1	5:20	ESE
19	25.6	29.1	16:00	22.5	00:00	0.0	7.2	0.0	4.8	29.0	0:30	NW
20	24.1	30.7	16:00	19.7	4:20	0.0	5.8	0.0	3.1	24.1	19:50	NW
21	23.4	29.3	17:30	18.9	7:40	0.0	5.1	0.0	1.8	16.1	11:50	SE
22	23.4	29.2	16:20	19.7	7:10	0.0	5.1	0.0	1.9	17.7	10:30	ESE
23	23.0	26.7	12:10	19.8	6:40	0.0	4.7	7.6	2.4	25.7	21:10	SE
24	23.0	27.8	16:00	18.7	6:30	0.0	4.7	17.6	3.1	20.9	20:10	NW
25	24.2	29.1	16:20	19.3	7:50	0.0	5.8	0.0	2.9	19.3	11:00	SE
26	23.6	26.6	11:40	19.8	23:00	0.0	5.3	6.4	6.3	43.5	17:50	NW
27	22.1	25.4	12:50	17.7	7:50	0.0	3.8	0.4	4.5	29.0	13:30	SE
28	23.4	28.1	14:30	19.5	23:10	0.0	5.1	24.0	4.5	38.6	7:40	SSE
29	22.6	26.3	12:20	18.6	7:20	0.0	4.3	0.8	6.6	32.2	14:30	NW
30	22.0	24.3	14:50	20.6	7:40	0.0	3.7	0.0	8.5	32.2	20:00	NW
25.4	36.9	9	17.7	27	0.0	212.9	284.2	5.3	90.1	18	NW	

Max >= 32.0: 11
Max <= 0.0: 0
Min <= 0.0: 0
Min <= -18.0: 0
Max Rain: 156.39 ON 18/09/20
Days of Rain: 8 (> .2 mm) 6 (> 2 mm) 3 (> 20 mm)
Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

Εικόνα 28

Πίνακας 40

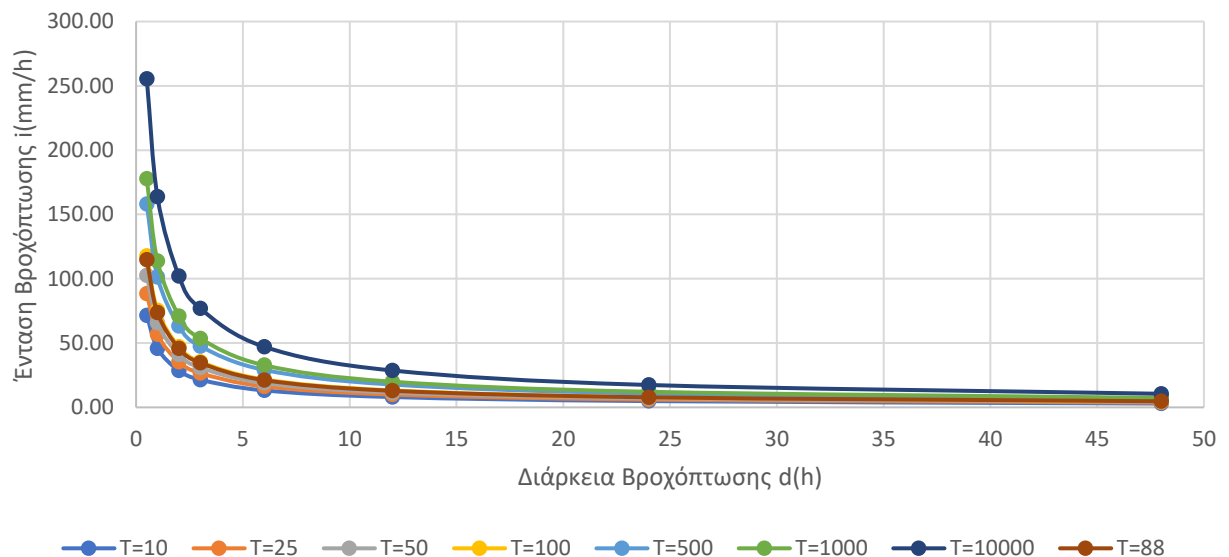
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ

Περίοδος Επαναφοράς T(year)	10		25		50		88	
	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]
0.5	71.5	35.75	88.47	44.235	102.53	51.265	114.84	57.42
1	45.82	45.82	56.7	56.7	65.71	65.71	73.59	73.59
2	28.59	57.18	35.38	70.76	41	82	45.92	91.84
6	13.18	79.08	16.31	97.86	18.9	113.4	21.17	127.00
12	8.02	96.24	9.92	119.04	11.5	138	12.88	154.59
24	4.87	116.88	6.02	144.48	6.98	167.52	7.82	187.68
48	2.95	141.6	3.65	175.2	4.23	203.04	4.74	227.56

ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ

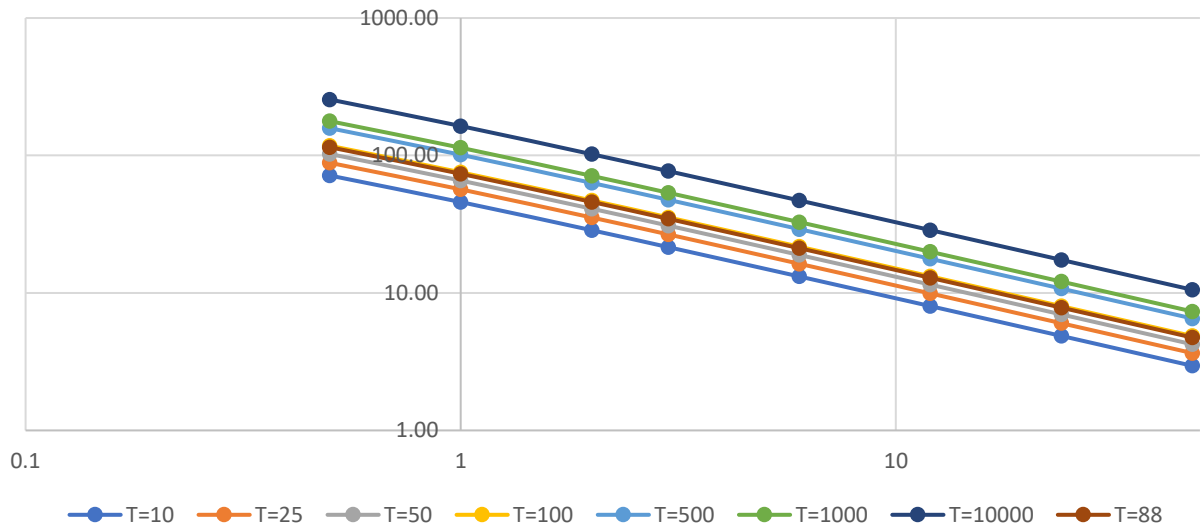
Περίοδος Επαναφοράς T(year)	100		500		1000		10000	
	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]
0.5	117.73	58.865	157.98	78.99	117.73	58.865	157.98	78.99
1	75.45	75.45	101.24	101.24	75.45	75.45	101.24	101.24
2	47.08	94.16	63.17	126.34	47.08	94.16	63.17	126.34
6	21.7	130.2	29.12	174.72	21.7	130.2	29.12	174.72
12	13.21	158.52	17.72	212.64	13.21	158.52	17.72	212.64
24	8.02	192.48	10.76	258.24	8.02	192.48	10.76	258.24
48	4.86	233.28	6.52	312.96	4.86	233.28	6.52	312.96

Όμβριες Καμπύλες - Σταθμός Αργοστολίου



Διάγραμμα 12: Όμβριες Καμπύλες - Σταθμός Αργοστολίου

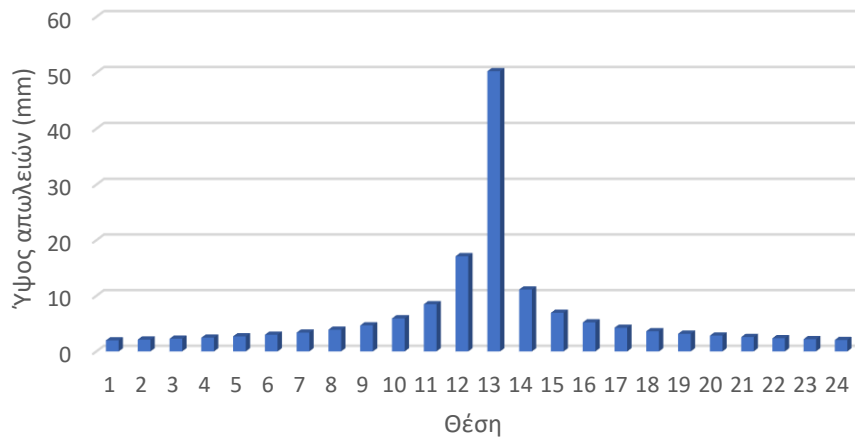
Όμβριες Καμπύλες - Σταθμός Αργοστολίου



Διάγραμμα 13: Όμβριες Λογαριθμικές Καμπύλες - Σταθμός Αργοστολίου

- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Καθαρό υετογράφημα T=88 έτη



Διάγραμμα 14: Καθαρό υετογράφημα, A=57.41km², T=88 έτη

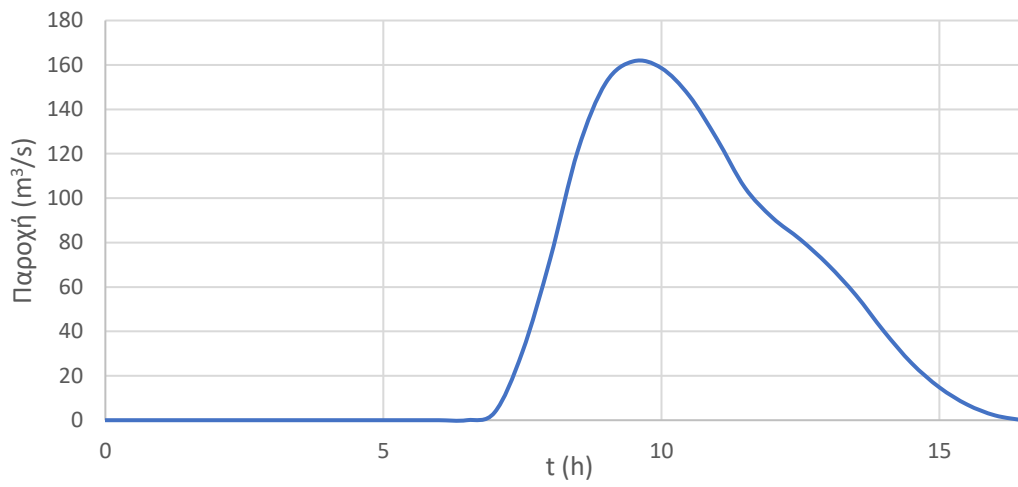
Πίνακας 41: Τιμές απωλειών $A=57.41\text{km}^2$, $T=88$ έτη

t (h)	Απώλειες (mm)	t (h)	Απώλειες (mm)
0.5	1.98	6.5	48.65
1	2.12	7	0.21
1.5	2.28	7.5	0.19
2	2.47	8	0.17
2.5	2.70	8.5	0.16
3	2.99	9	0.15
3.5	3.38	9.5	0.14
4	3.90	10	0.13
4.5	4.67	10.5	0.12
5	5.94	11	0.11
5.5	8.47	11.5	0.11
6	17.10	12	0.10
Σύνολο Απωλειών (mm)		108.23	

Πίνακας 42: Πλημμυρογράφημα, $A=57.41\text{km}^2$, $T=88$ έτη

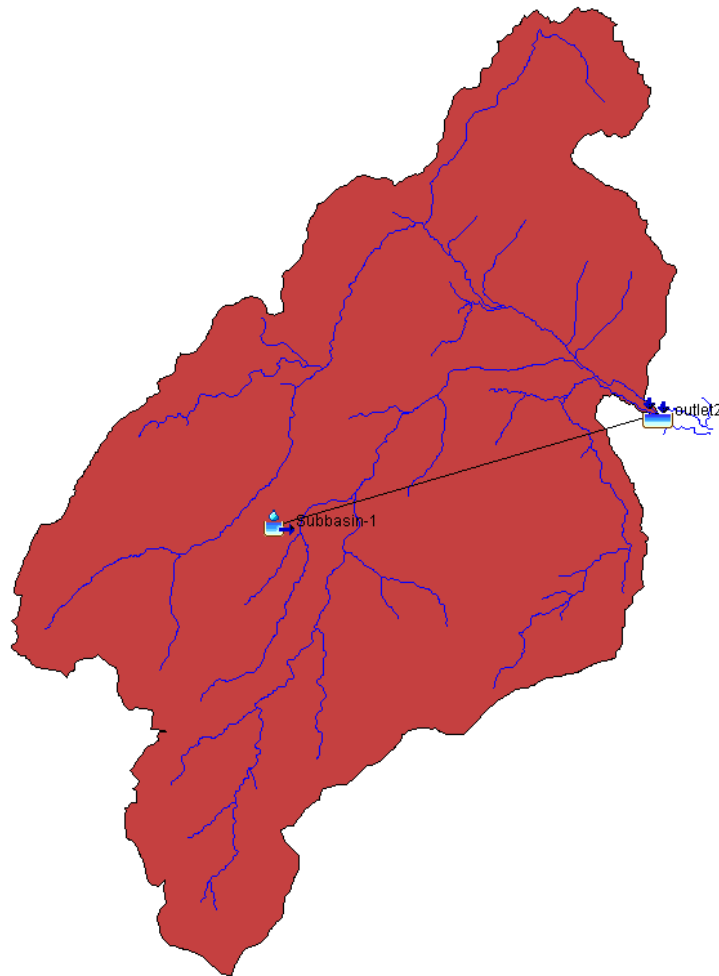
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0	0	8.5	121.66
0.5	0	9	151.90
1	0	9.5	161.65
1.5	0	10	158.58
2	0	10.5	146.15
2.5	0	11	126.62
3	0	11.5	104.79
3.5	0	12	91.15
4	0	12.5	81.38
4.5	0	13	69.95
5	0	13.5	56.28
5.5	0	14	40.12
6	0	14.5	25.72
6.5	0	15	14.79
7	3.50	15.5	7.03
7.5	30.72	16	2.17
8	72.62	16.5	0

Συνθετικό πλημμυρογράφημα για T=88 έτη

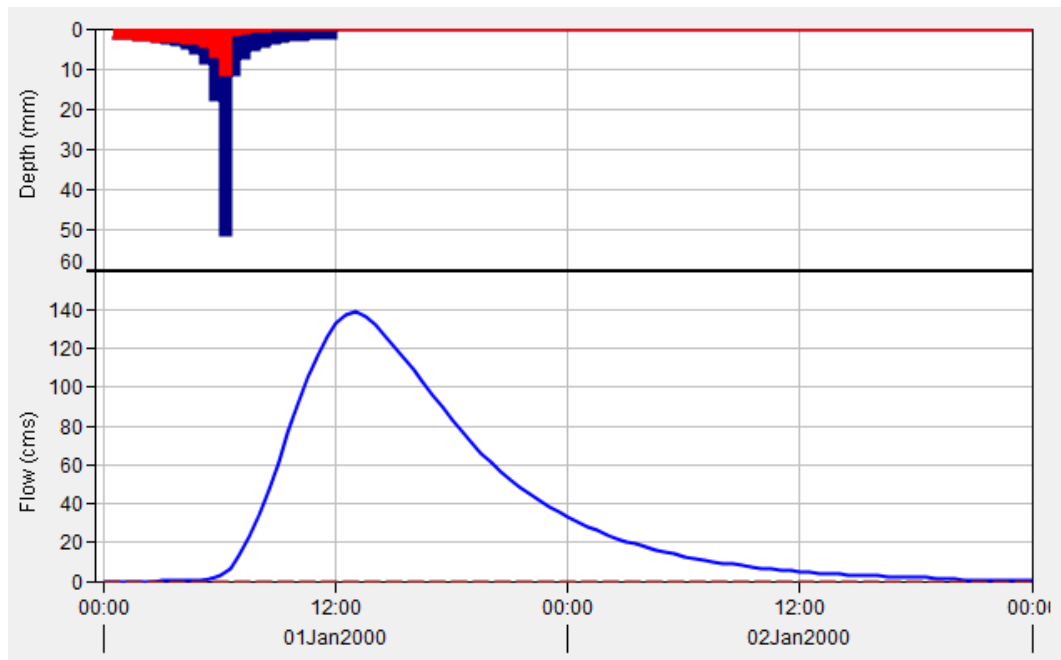


Διάγραμμα 15: Συνθετικό πλημμυρογράφημα, A=57.41 km², T=88 έτη

- HEC-HMS



Εικόνα 29



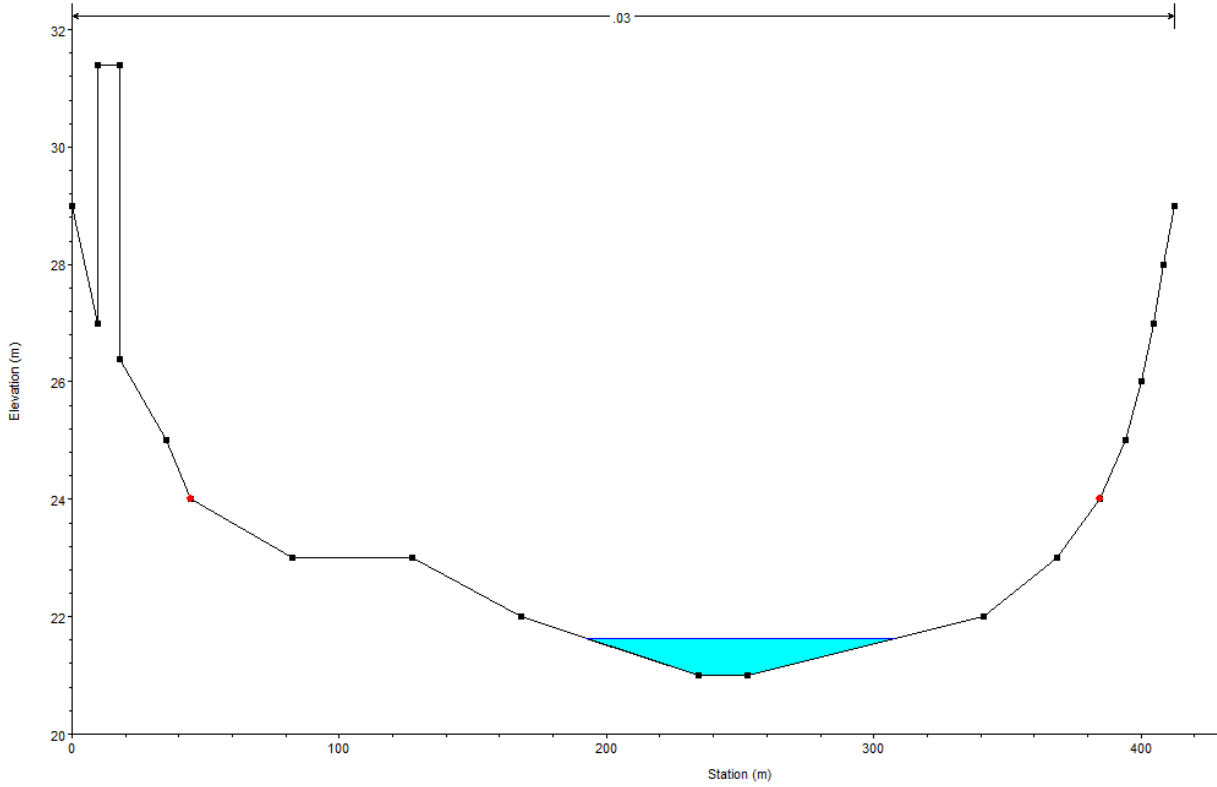
Εικόνα 30

- HEC-RAS

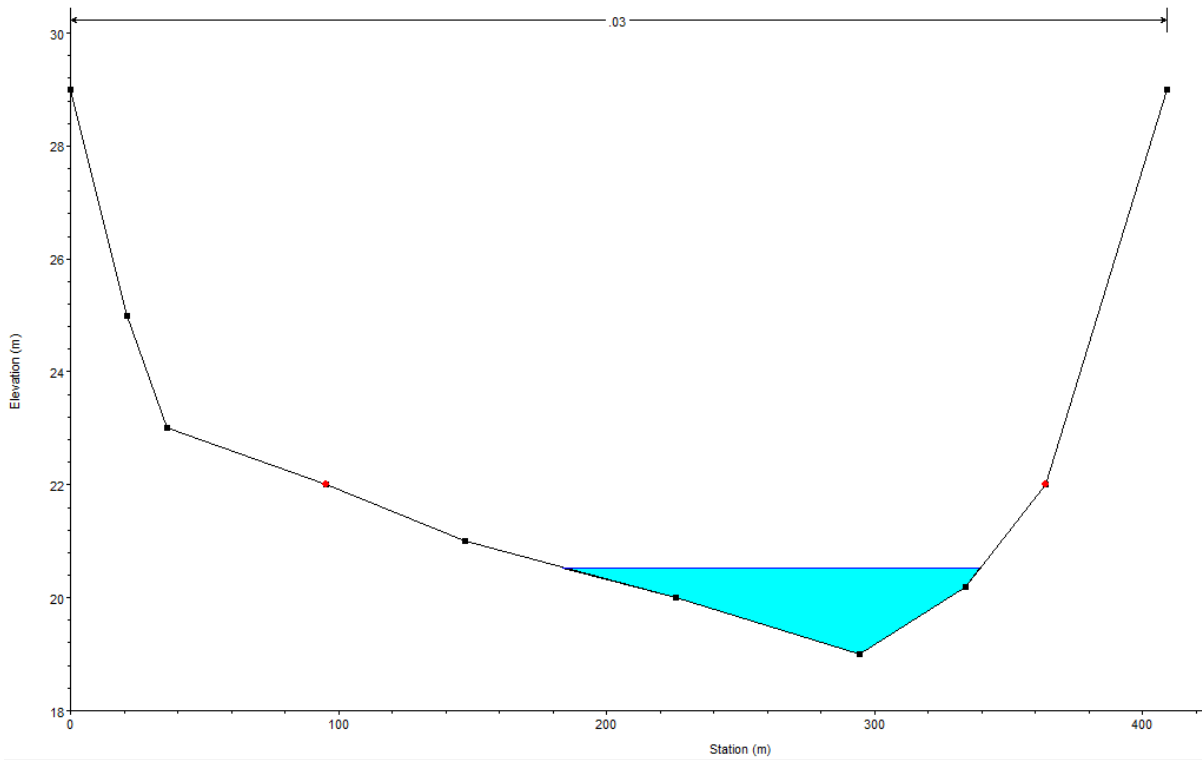
Πίνακας 42: Αποτελέσματα HEC-RAS (MAX-WS)

Διατομή	Q_{max} (m^3/s)	Υψόμετρο Πυθμένα (m)	Υψόμετρο Ελεύθερης Επιφάνειας (m)	Υψόμετρο Γραμμής Ενέργειας (m)	Μέση Ταχύτητα Ροής (m/s)	Εμβαδόν Ροής (m^2)	Πλάτος Ελεύθερης Επιφάνειας (m)	Froude
1	165.72	21	21.63	22.41	3.92	42.24	115.83	2.07
2	115.17	19	20.54	20.58	0.96	119.99	155.63	0.35
3	165.9	18	18.92	19.51	3.4	48.75	113.86	1.66
4	165.89	16	16.77	17.7	4.29	38.67	65.34	1.78
5	165.87	14.9	16.18	16.32	1.68	98.79	161.61	0.69
6	165.86	13.8	14.58	15.22	3.55	46.75	115.47	1.78
7	165.81	12.9	13.81	13.9	1.32	125.67	211.61	0.69
8	165.8	11	11.86	12.78	4.25	39.01	84.07	1.78
9	165.77	9.5	11.02	11.15	1.59	104.17	168.11	0.55
10	165.76	8.4	9.17	9.94	3.9	42.48	101.3	1.99
11	165.68	7	8.27	8.38	1.43	115.73	235	0.65
12	165.64	6.4	8.11	8.17	1.05	157.5	173.31	0.35
13	165.62	5.8	8.06	8.07	0.43	382.93	231.8	0.11
14	165.63	5	6.52	6.78	2.29	72.36	99.82	0.86
15	165.59	4.2	5.43	5.49	1.11	148.67	170.45	0.38
16	165.59	3	4.74	4.91	1.8	91.89	87.41	0.56

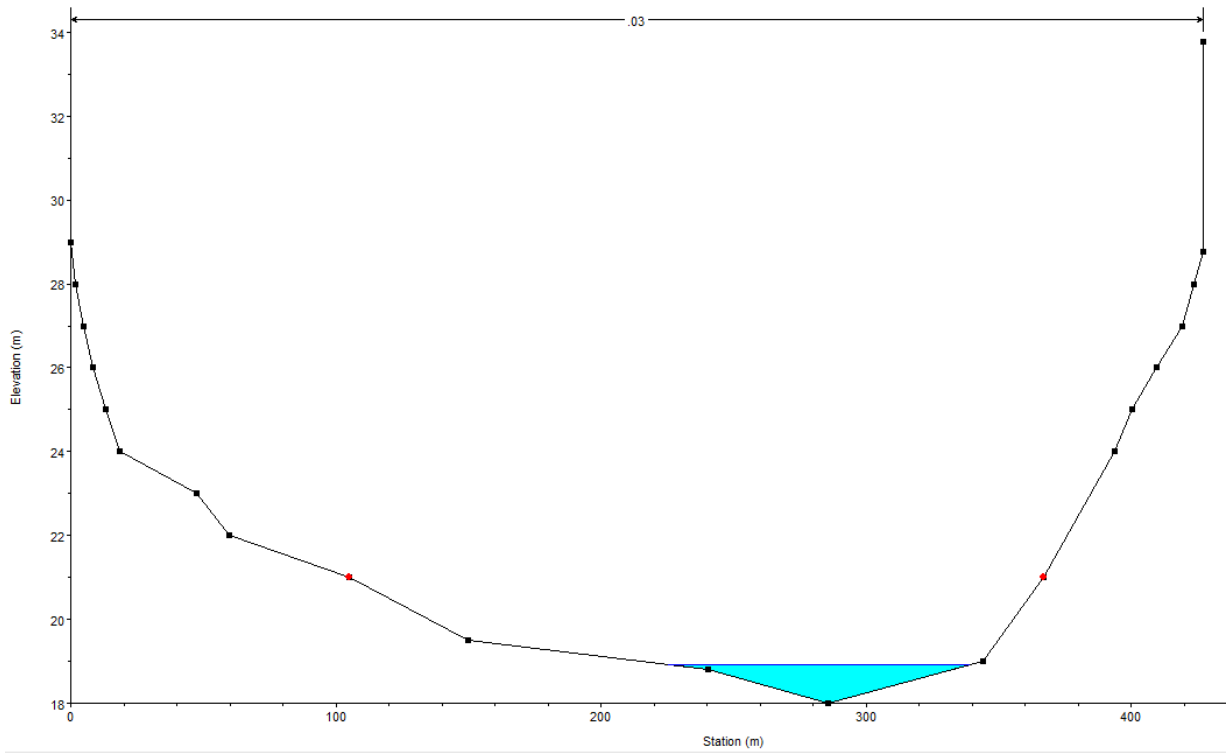
- ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



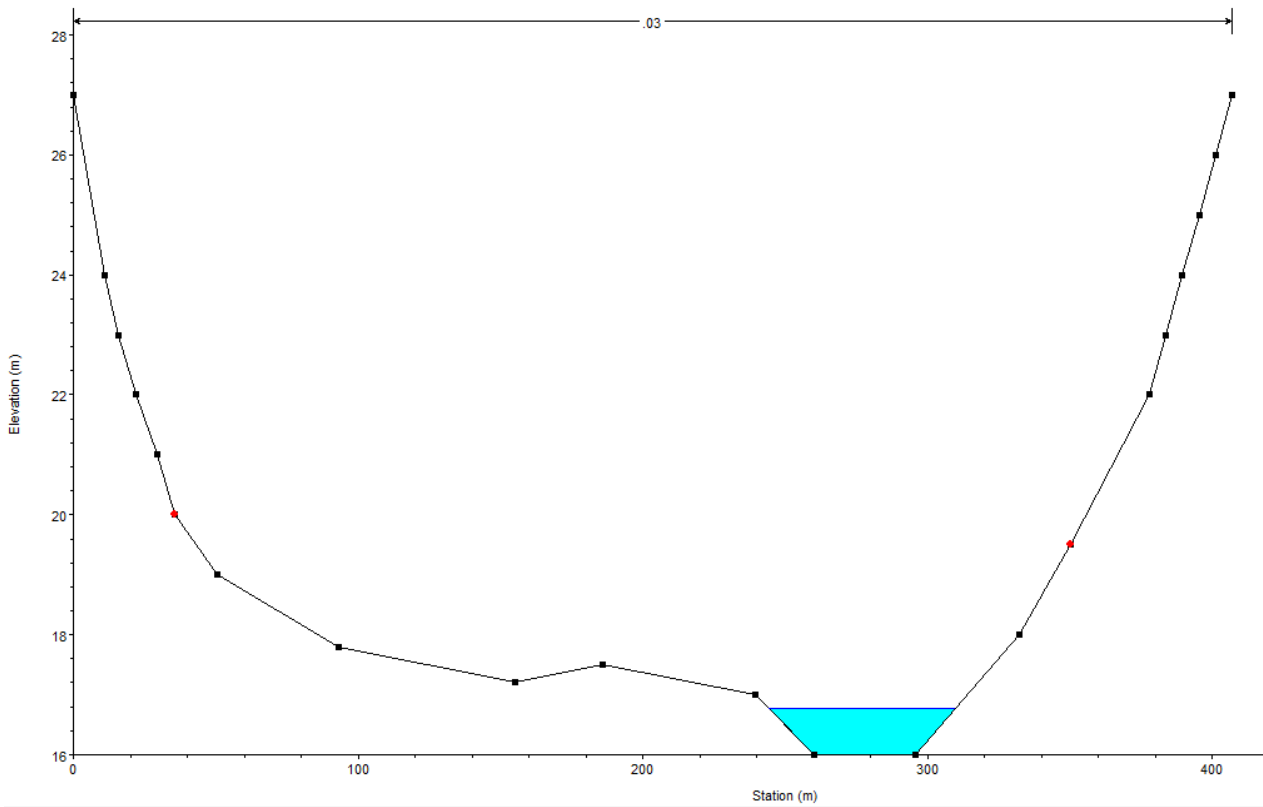
Εικόνα 31: Διατομή 1



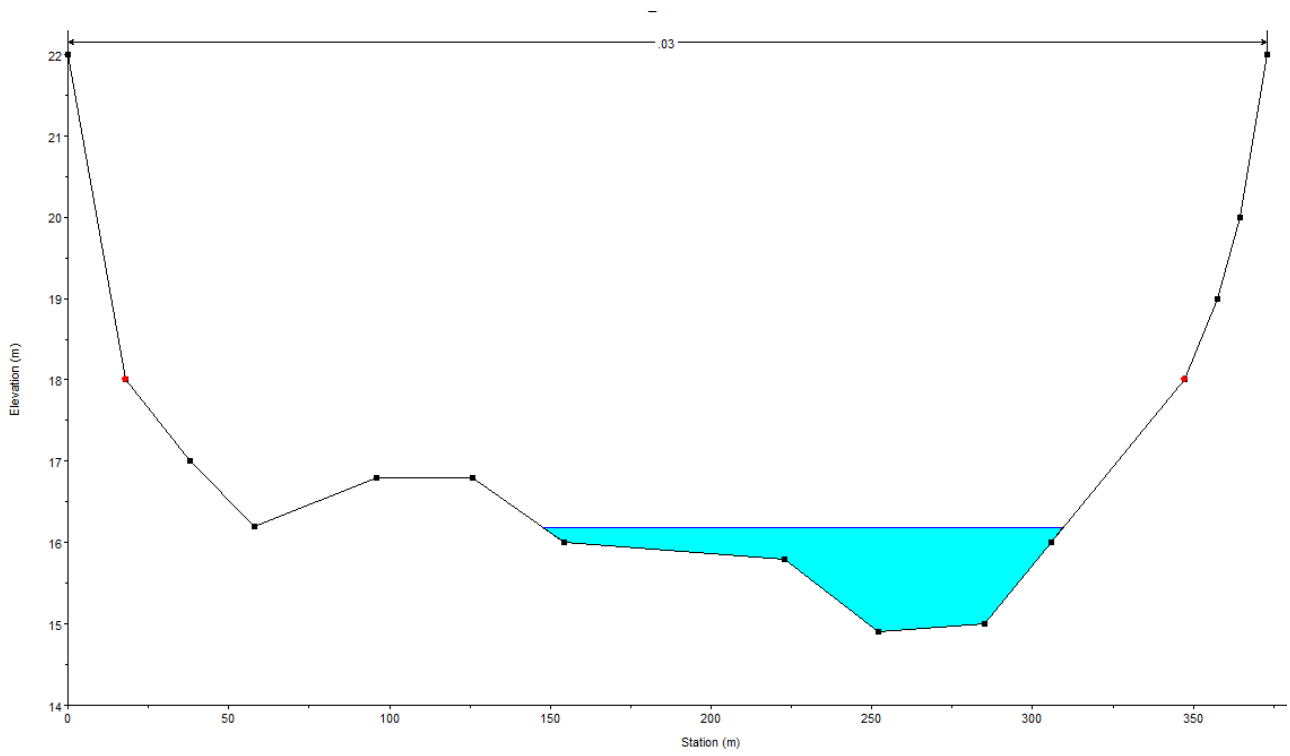
Εικόνα 32: Διατομή 2



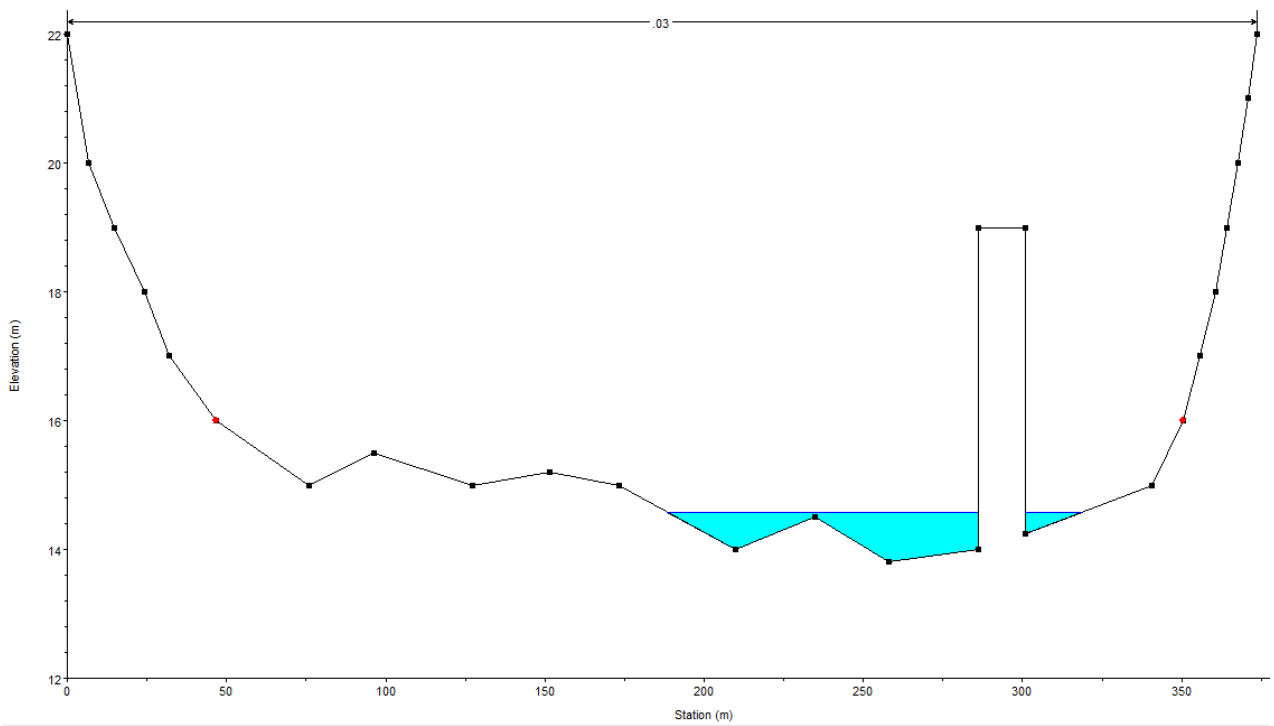
Εικόνα 33: Διατομή 3



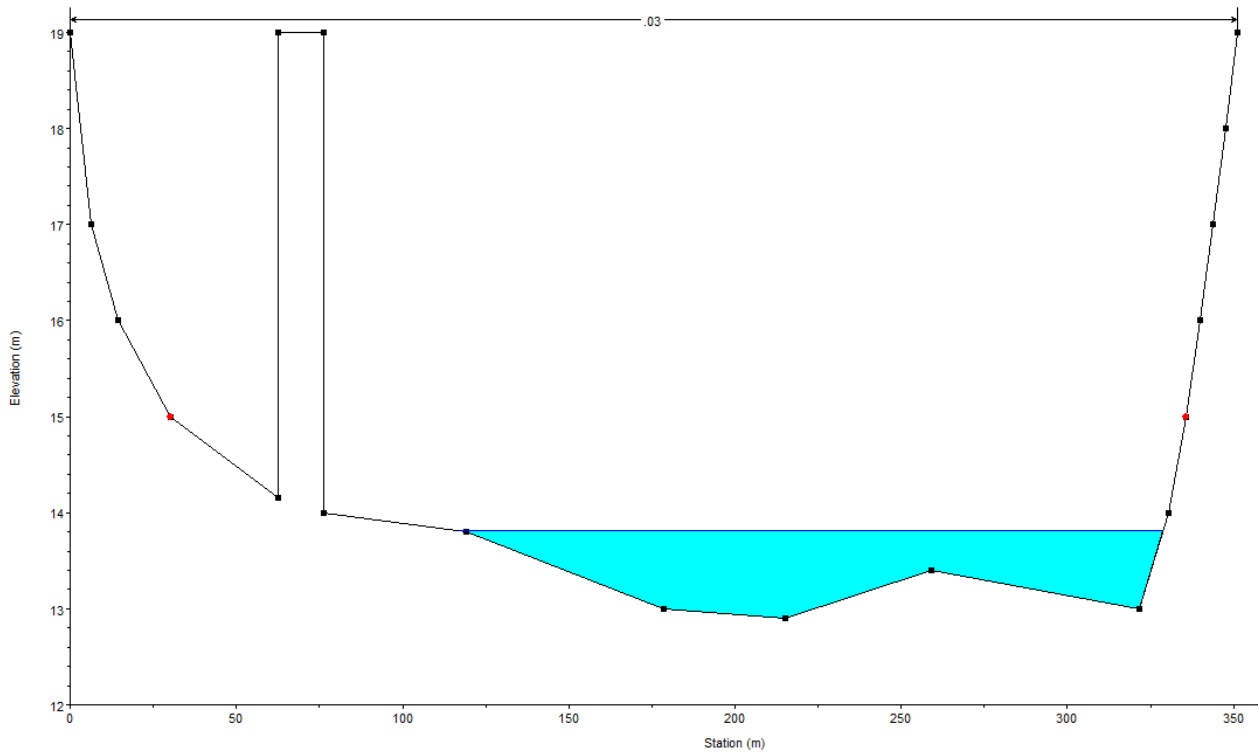
Εικόνα 34: Διατομή 4



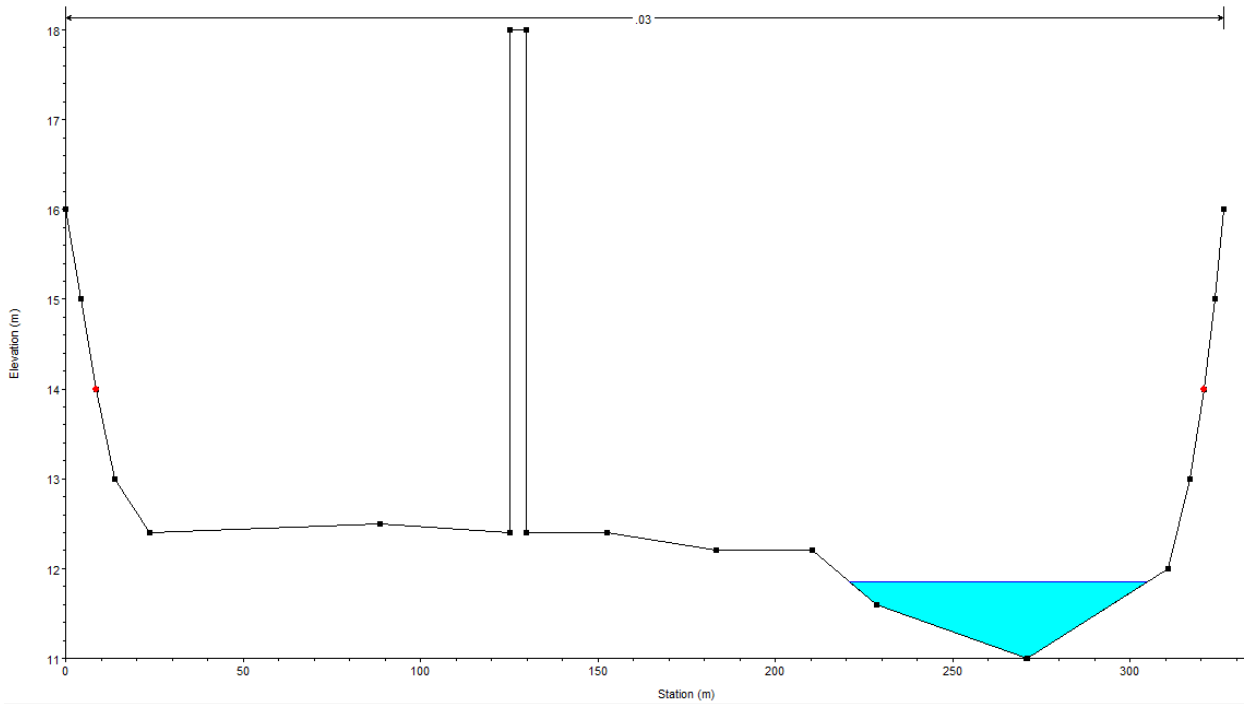
Eikóna 35: Διατομή 5



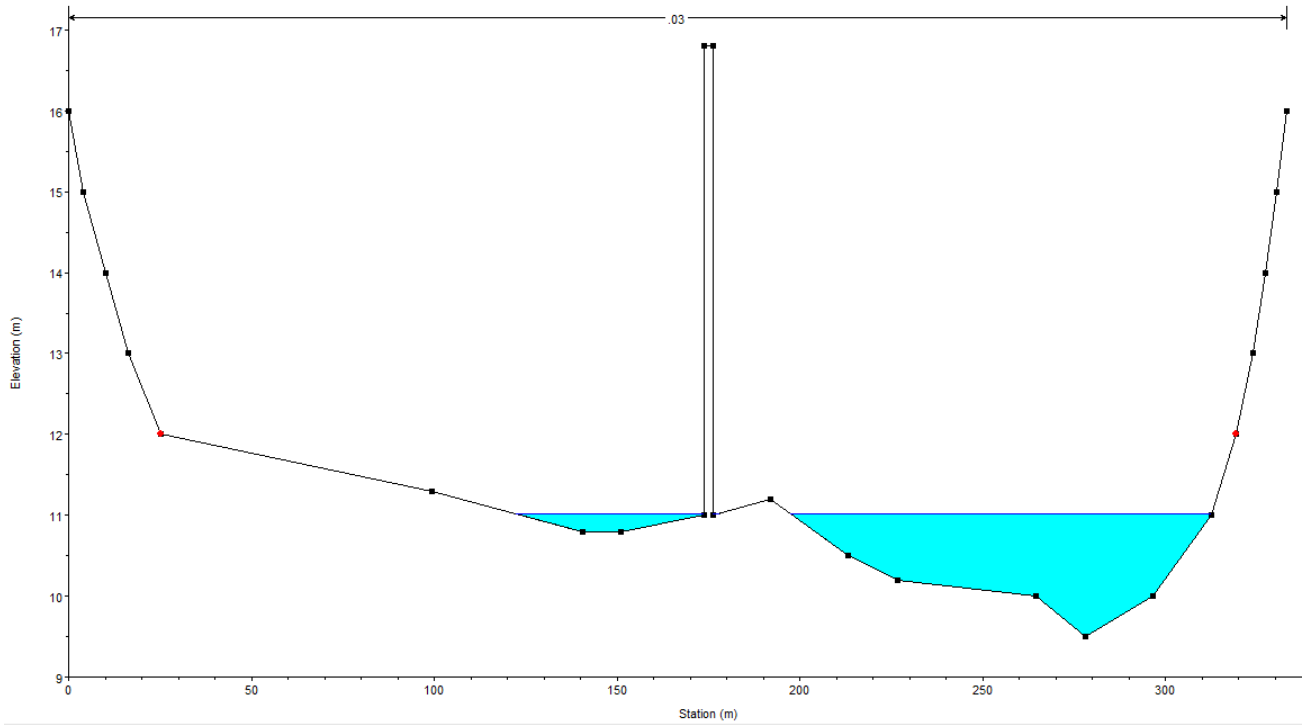
Eikóna 36: Διατομή 6



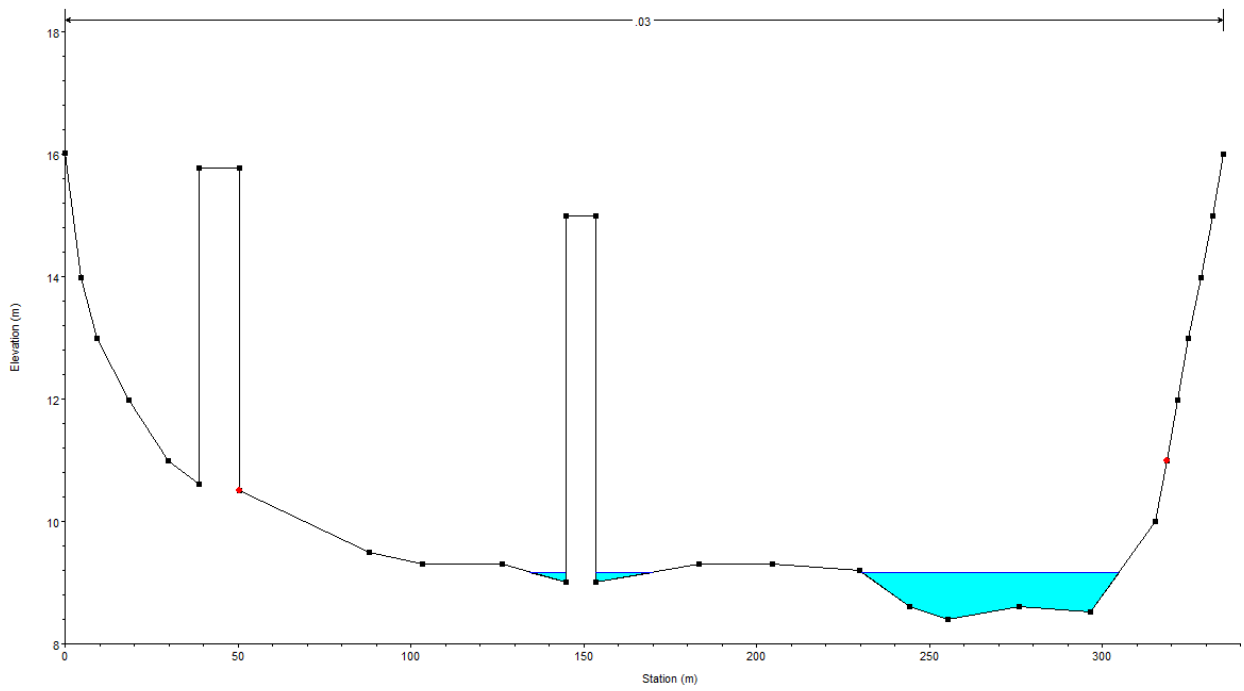
Εικόνα 37: Διατομή 7



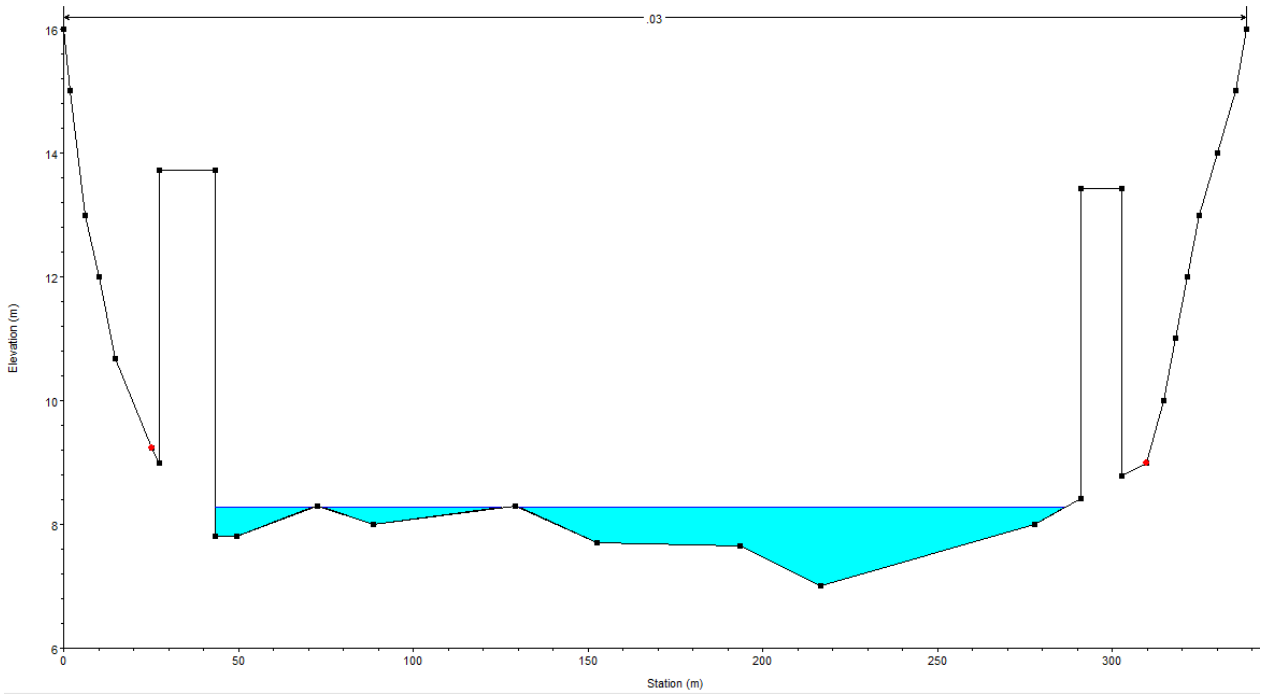
Εικόνα 38: Διατομή 8



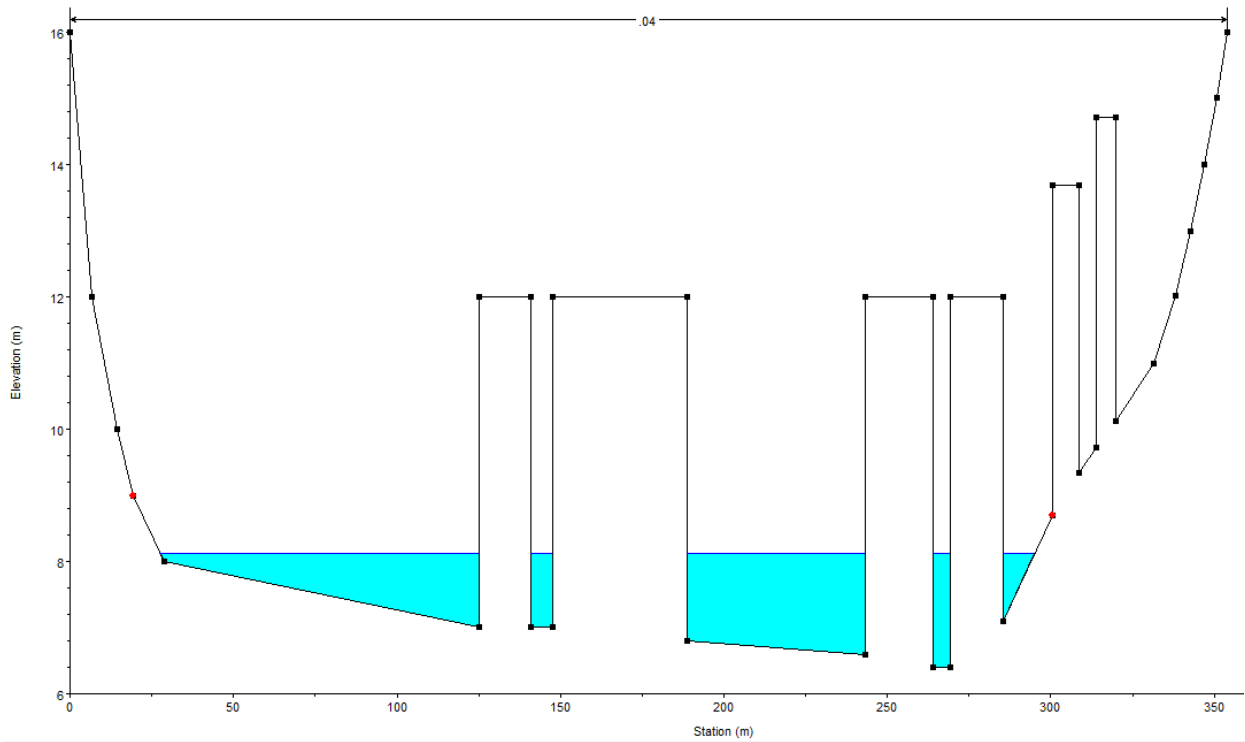
Εικόνα 39: Διατομή 9



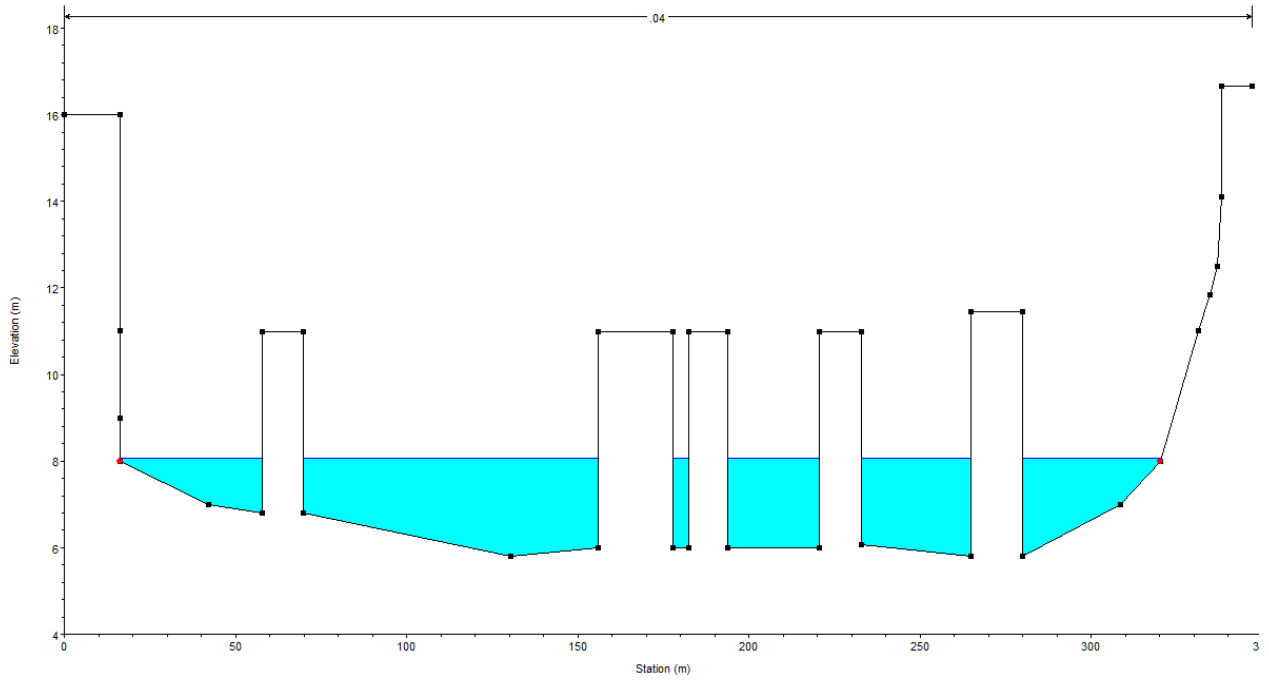
Εικόνα 40: Διατομή 10



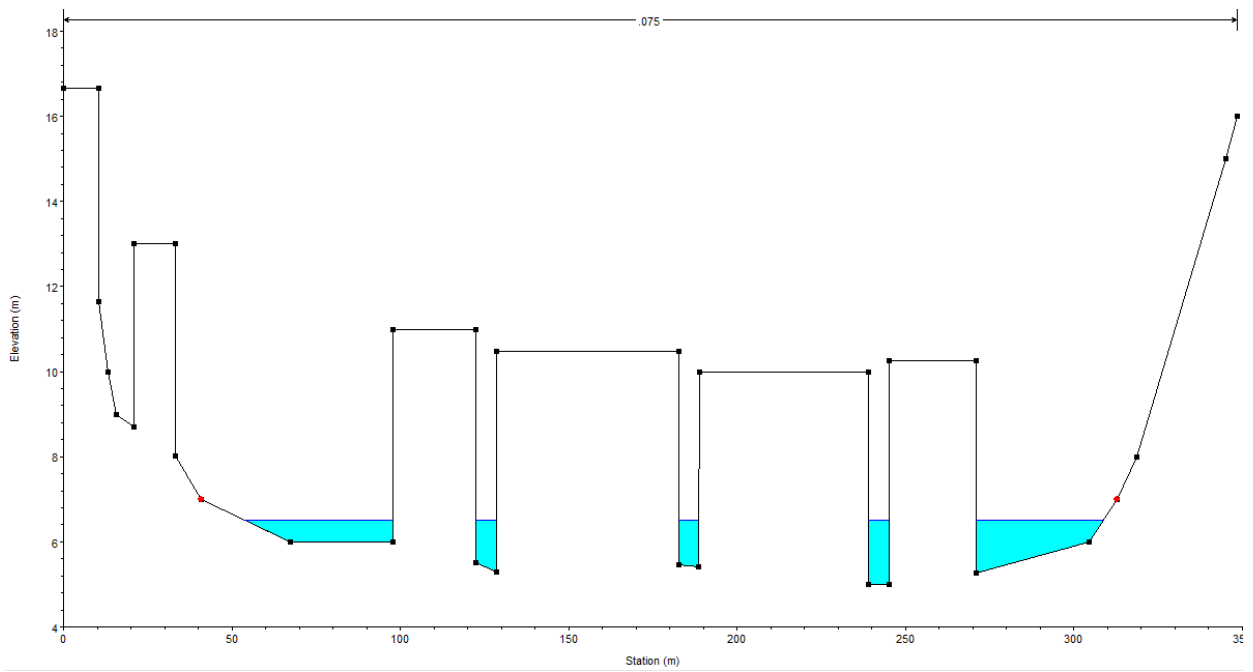
Εικόνα 41: Διατομή 11



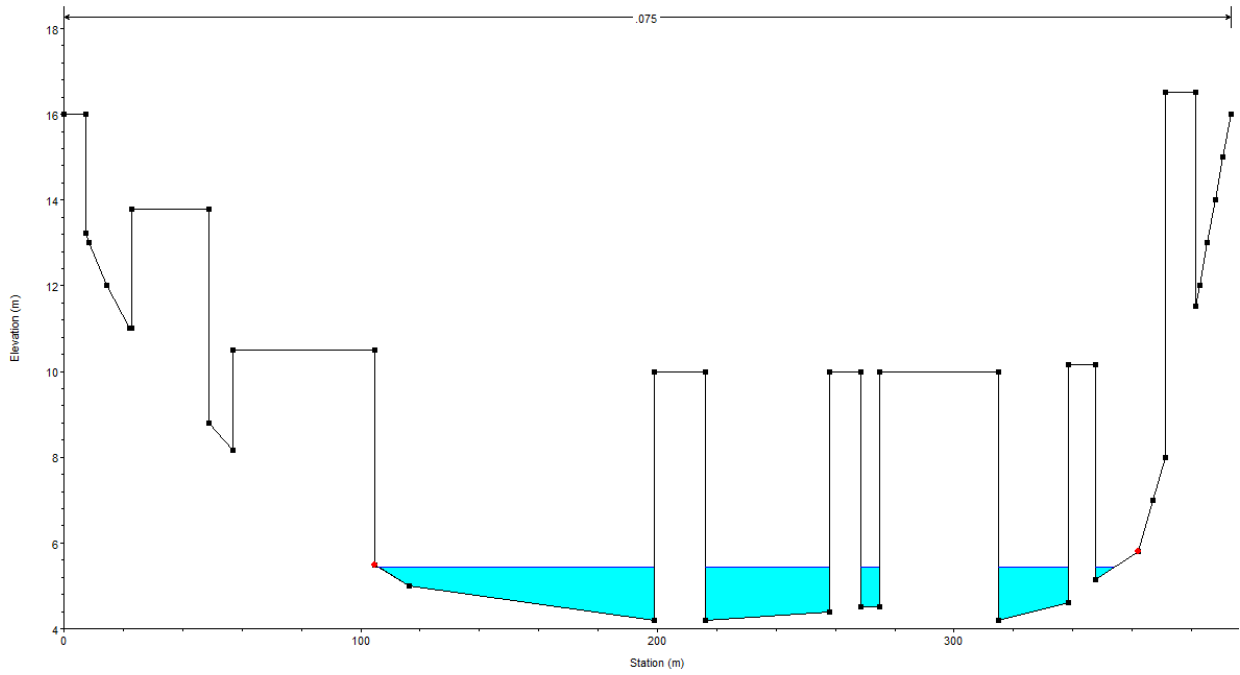
Εικόνα 42: Διατομή 12



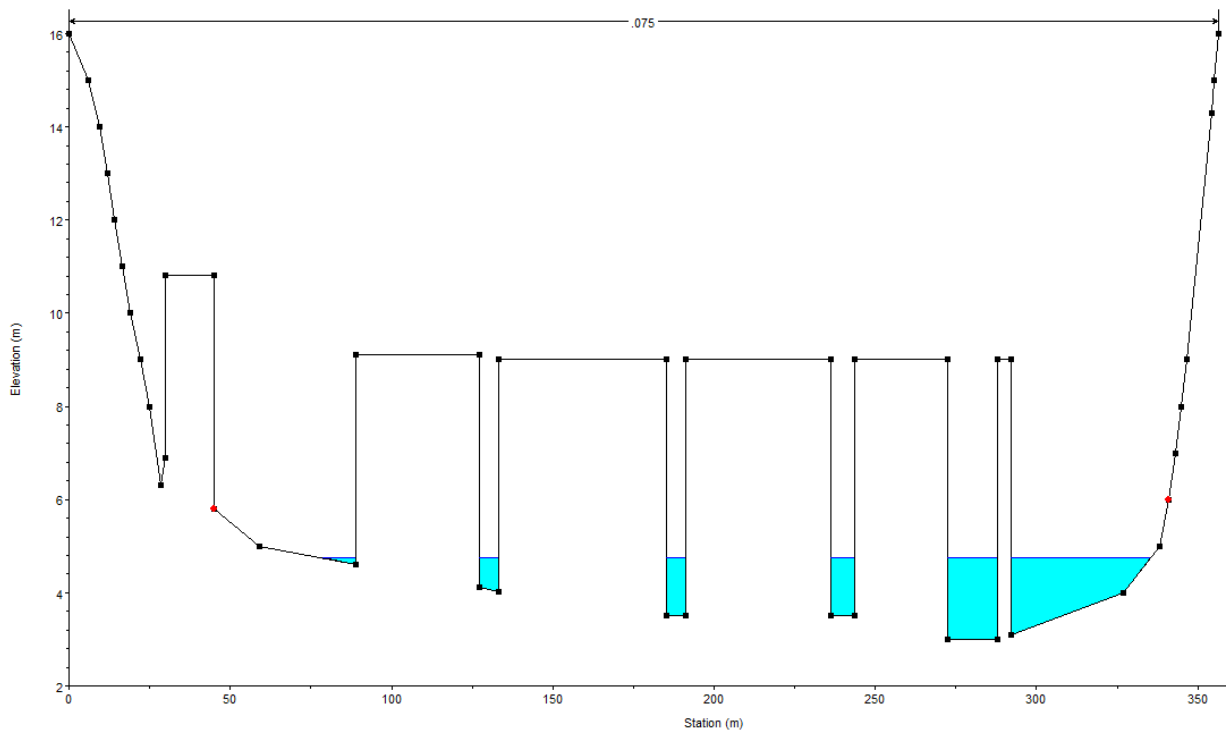
Εικόνα 43: Διατομή 13



Εικόνα 44: Διατομή 14



Εικόνα 45: Διατομή 15



Εικόνα 46: Διατομή 16

- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΑΠΟΡΡΟΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ

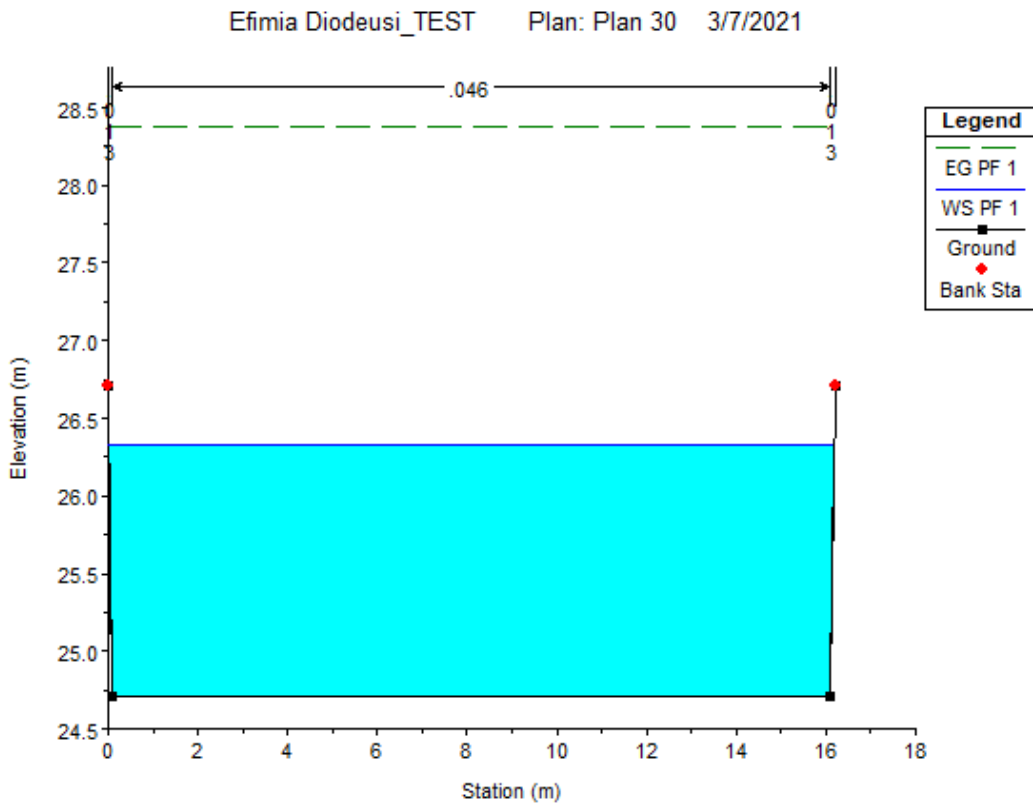
Πίνακας 43: Στερεοπαροχή (t/0.5h), A=57.41 km², T=100 έτη

t (h)	Στερεοπαροχή (tn/0.5h)	t (h)	Στερεοπαροχή (tn/0.5h)
0	0	8.5	31199.81
0.5	0	9	38413.04
1	0	9.5	40703.11
1.5	0	10	39975.16
2	0	10.5	37048.57
2.5	0	11	32376.44
3	0	11.5	27064.97
3.5	0	12	23687.49
4	0	12.5	21242.46
4.5	0	13	18278.83
5	0	13.5	14724.36
5.5	0	14	10376.92
6	0	14.5	6404.149
6.5	0	15	3339.073
7	270.2768	15.5	1175.404
7.5	7797.045	16	26.03886
8	18982.17	16.5	0

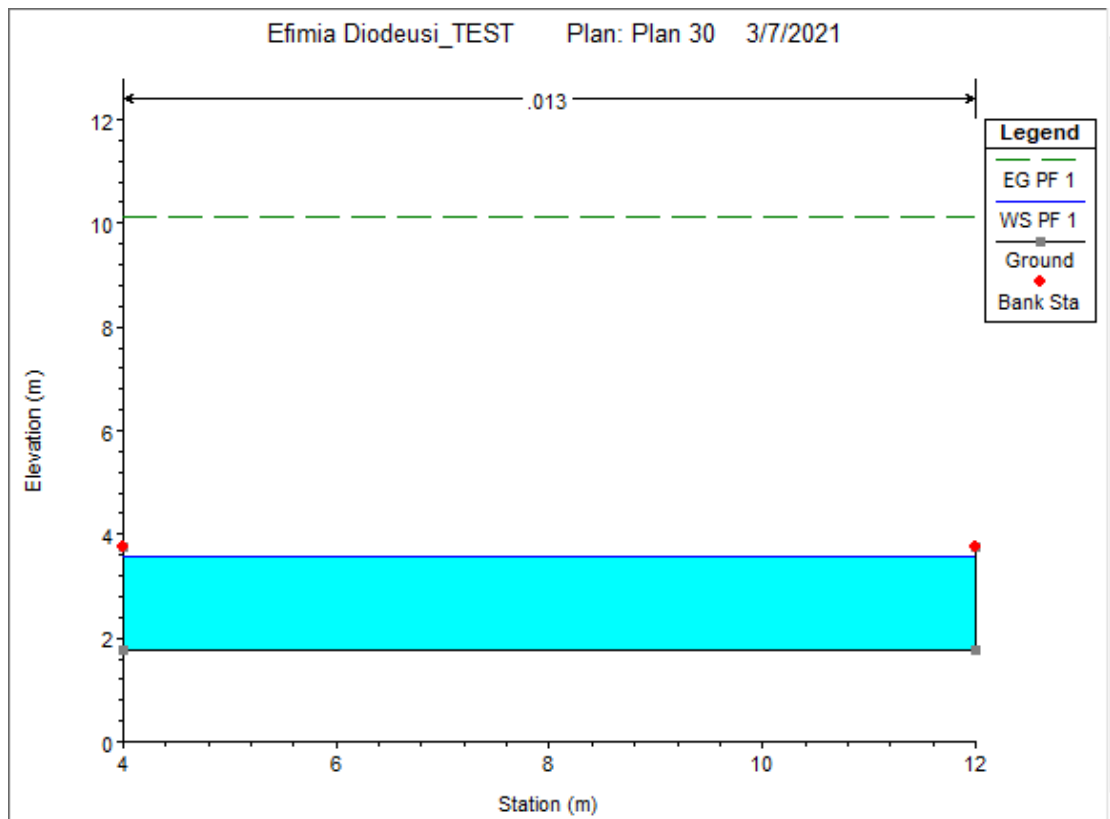
- ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΑ (T=100 έτη)

Πίνακας 44

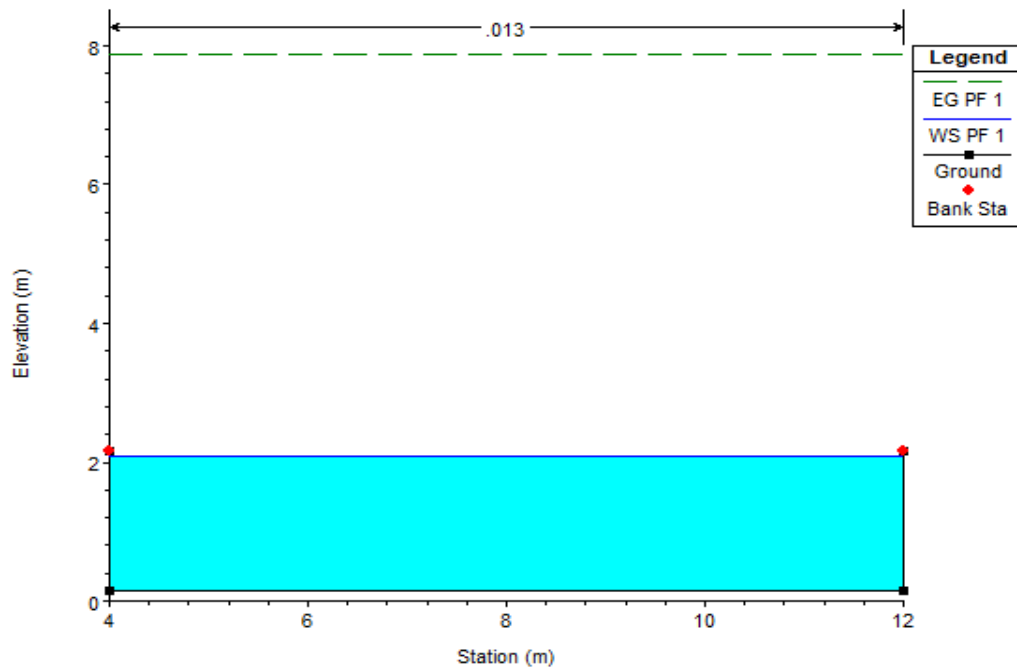
Διατομή	Q _{max} (m ³ /s)	Υψόμετρο Πυθμένα (m)	Υψόμετρο Ελεύθερης Επιφάνειας (m)	Υψόμετρο Γραμμής Ενέργειας (m)	Μέση Ταχύτητα Ροής (m/s)	Εμβαδόν Ροής (m ²)	Πλάτος Ελεύθερης Επιφάνειας (m)	Froude
1	165	24.71	26.33	28.38	6.35	25.99	16.16	1.6
2	165	23.1	24.99	26.49	5.42	30.42	16.19	1.26
3	165	21.6	23.42	25.04	5.63	29.3	16.18	1.34
4	165	20	21.37	24.24	7.5	21.99	16.14	2.05
5	165	17.8	18.98	23.56	9.48	17.41	14.82	2.79
6	165	15.6	16.74	22.6	10.72	15.4	13.51	3.21
7	165	13.4	14.57	21.45	11.62	14.21	12.22	3.44
8	165	11.2	12.43	20.17	12.32	13.39	10.9	3.55
9	165	9	10.33	18.82	12.9	12.79	9.6	3.57
10	165	6.8	8.28	17.45	13.41	12.31	8.3	3.52
11	165	4.6	6.08	15.99	13.94	11.83	8	3.66
12	165	4	5.56	14.45	13.2	12.5	8	3.37
13	165	3.4	5.03	13.15	12.62	13.08	8	3.15
14	165	2.8	4.5	12.04	12.16	13.57	8	2.98
15	165	2.2	3.95	11.05	11.8	13.98	8	2.85
16	165	1.75	3.57	10.11	11.33	14.57	8	2.68
17	165	1.15	3	9.34	11.15	14.79	8	2.62
18	165	0.65	2.55	8.58	10.88	15.17	8	2.52
19	165	0.15	2.08	7.88	10.66	15.47	8	2.45



Εικόνα 47: Διατομή εισόδου



Εικόνα 48: Διατομή συναρμογής

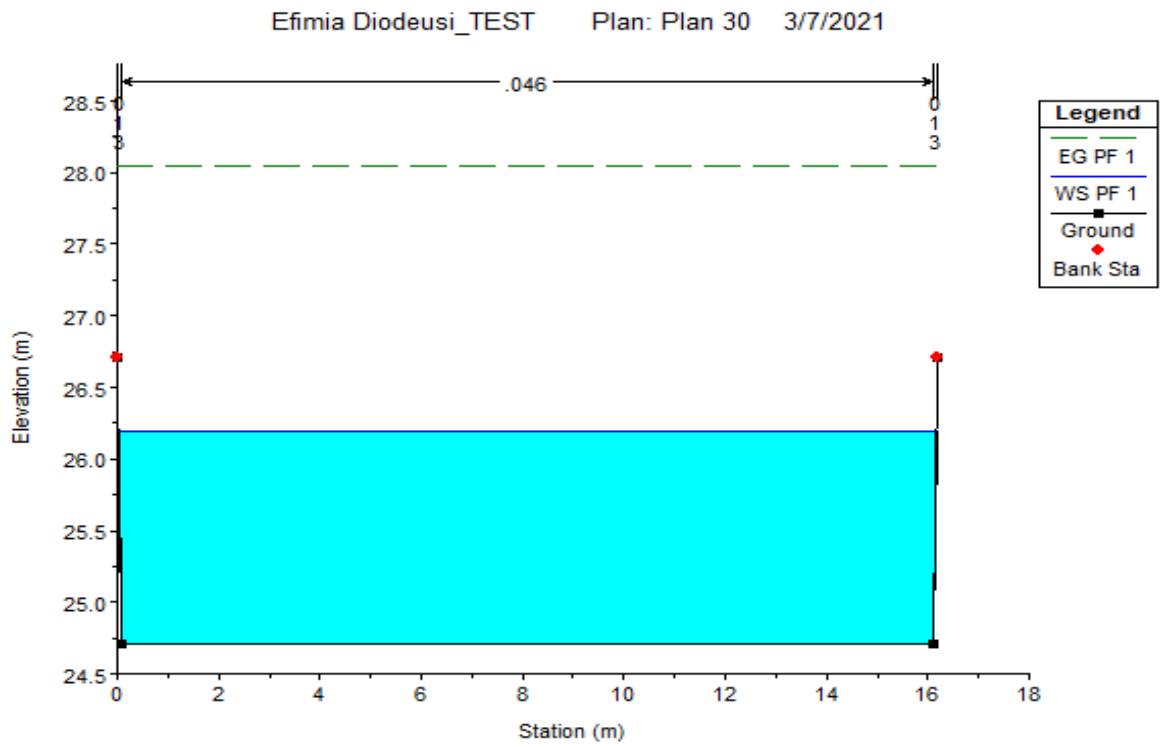


Εικόνα 49: Διατομή εξόδου

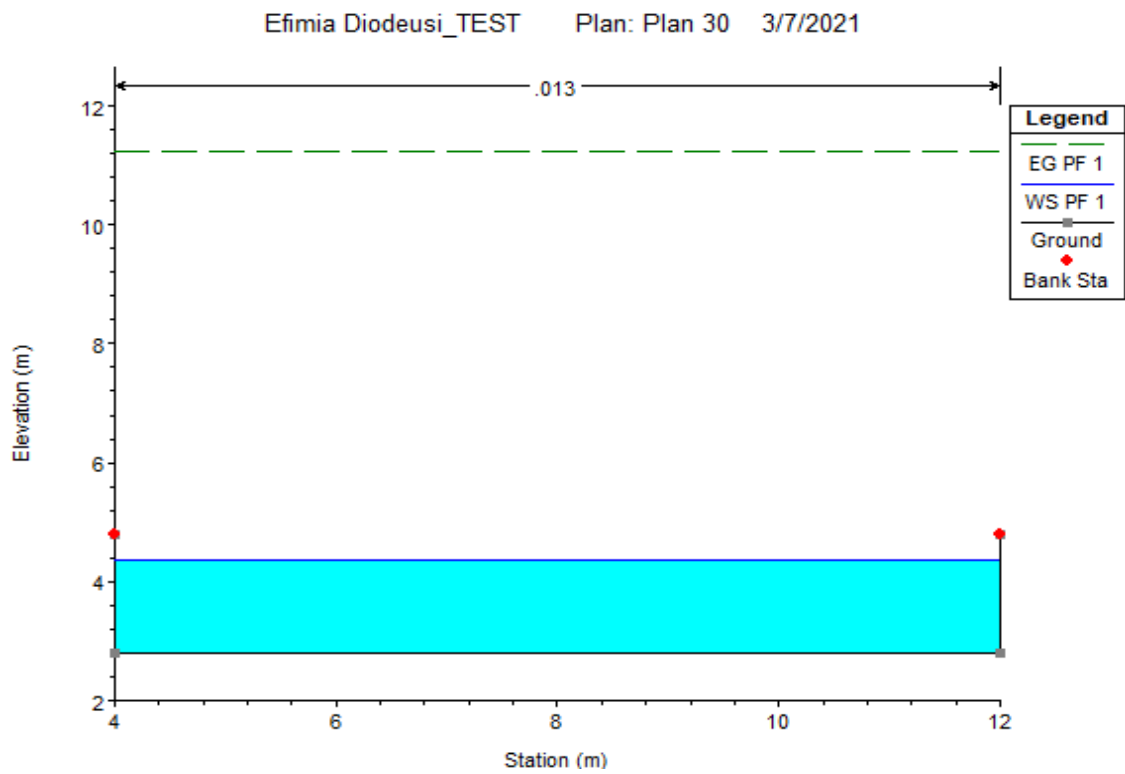
- ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΑ (T=50 έτη)

Πίνακας 45

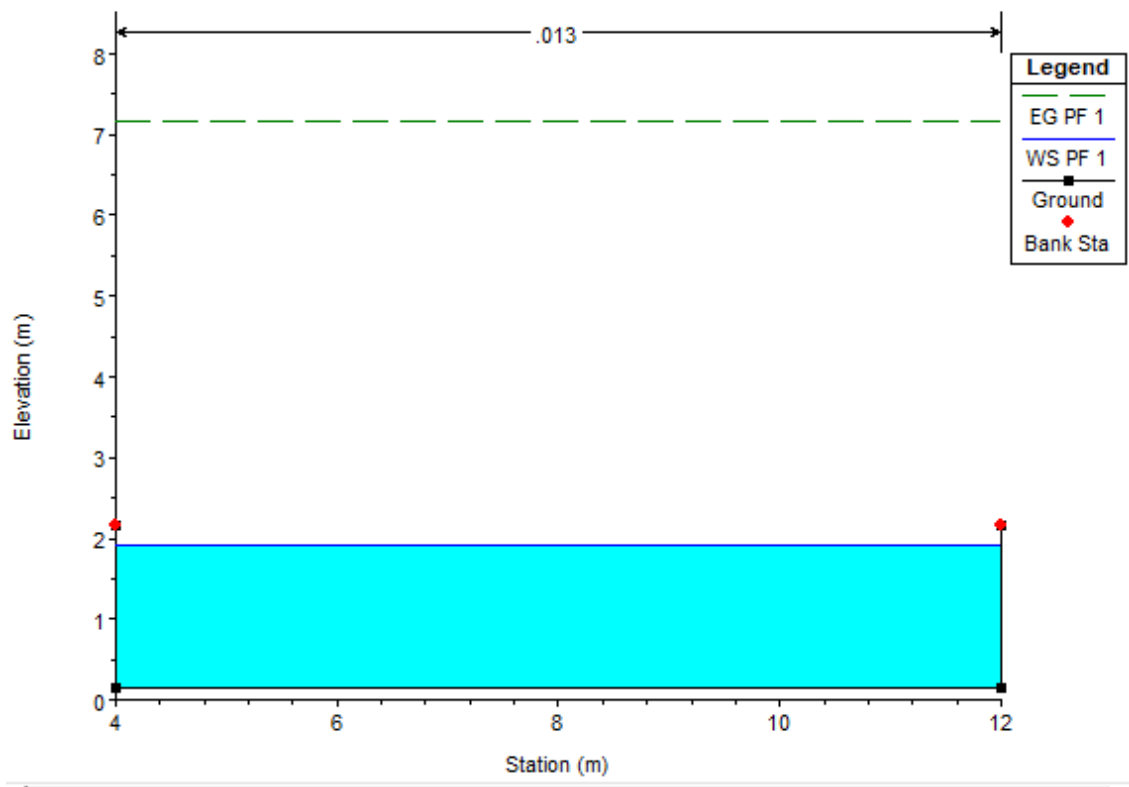
Διατομή	Q_{max} (m^3/s)	Υψόμετρο Πυθμένα (m)	Υψόμετρο Ελεύθερης Επιφάνειας (m)	Υψόμετρο Γραμμής Ενέργειας (m)	Μέση Ταχύτητα Ροής (m/s)	Εμβαδόν Ροής (m^2)	Πλάτος Ελεύθερης Επιφάνειας (m)	Froude
1	144	24.71	26.2	28.04	6.02	23.93	16.15	1.58
2	144	23.1	24.85	26.18	5.11	28.18	16.18	1.24
3	144	21.6	23.27	24.74	5.36	26.85	16.17	1.33
4	144	20	21.24	23.92	7.25	19.86	16.12	2.09
5	144	17.8	18.86	23.21	9.24	15.58	14.81	2.88
6	144	15.6	16.62	22.19	10.45	13.78	13.5	3.3
7	144	13.4	14.45	20.97	11.31	12.74	12.2	3.53
8	144	11.2	12.3	19.61	11.97	12.03	10.9	3.64
9	144	9	10.2	18.2	12.53	11.5	9.6	3.66
10	144	6.8	8.13	16.76	13.01	11.07	8.3	3.6
11	144	4.6	5.93	15.25	13.52	10.65	8	3.74
12	144	4	5.42	13.65	12.71	11.33	8	3.41
13	144	3.4	4.89	12.34	12.09	11.91	8	3.16
14	144	2.8	4.35	11.22	11.61	12.4	8	2.98
15	144	2.2	3.8	10.25	11.25	12.8	8	2.84
16	144	1.75	3.42	9.33	10.76	13.38	8	2.66
17	144	1.15	2.85	8.58	10.61	13.58	8	2.6
18	144	0.65	2.39	7.84	10.34	13.93	8	2.5
19	144	0.15	1.93	7.17	10.14	14.2	8	2.43



Εικόνα 50: Διατομή εισόδου



Εικόνα 51: Διατομή συναρμογής



Εικόνα 52: Διατομή εξόδου

Channel conditions		<i>n</i> value adjustment ¹	Example
Degree of irregularity (<i>n</i> ₁)	Smooth	0.000	Compares to the smoothest channel attainable in a given bed material.
	Minor	0.001–0.005	Compares to carefully dredged channels in good condition but having slightly eroded or scoured side slopes.
	Moderate	0.006–0.010	Compares to dredged channels having moderate to considerable bed roughness and moderately sloughed or eroded side slopes.
	Severe	0.011–0.020	Badly sloughed or scalloped banks of natural streams; badly eroded or sloughed sides of canals or drainage channels; unshaped, jagged, and irregular surfaces of channels in rock.
Variation in channel cross section (<i>n</i> ₂)	Gradual	0.000	Size and shape of channel cross sections change gradually.
	Alternating occasionally	0.001–0.005	Large and small cross sections alternate occasionally, or the main flow occasionally shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.
	Alternating frequently	0.010–0.015	Large and small cross sections alternate frequently, or the main flow frequently shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.
Effect of obstruction (<i>n</i> ₃)	Negligible	0.000–0.004	A few scattered obstructions, which include debris deposits, stumps, exposed roots, logs, piers, or isolated boulders, that occupy less than 5 percent of the cross-sectional area.
	Minor	0.005–0.015	Obstructions occupy less than 15 percent of the cross-sectional area, and the spacing between obstructions is such that the sphere of influence around one obstruction does not extend to the sphere of influence around another obstruction. Smaller adjustments are used for curved smooth-surfaced objects than are used for sharp-edged angular objects.
	Appreciable	0.020–0.030	Obstructions occupy from 15 to 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause the effects of several obstructions to be additive, thereby blocking an equivalent part of a cross section.
	Severe	0.040–0.050	Obstructions occupy more than 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause turbulence across most of the cross section.
Amount of vegetation (<i>n</i> ₄)	Small	0.002–0.010	Dense growths of flexible turf grass, such as Bermuda, or weeds growing where the average depth of flow is at least two times the height of the vegetation; supple tree seedlings such as willow, cottonwood, arrowweed, or saltcedar growing where the average depth of flow is at least three times the height of the vegetation.
	Medium	0.010–0.025	Turf grass growing where the average depth of flow is from one to two times the height of the vegetation; moderately dense stemmy grass, weeds, or tree seedlings growing where the average depth of flow is from two to three times the height of the vegetation; brushy, moderately dense vegetation, similar to 1- to 2-year-old willow trees in the dormant season, growing along the banks, and no significant vegetation is evident along the channel bottoms where the hydraulic radius exceeds 2 ft.
	Large	0.025–0.050	Turf grass growing where the average depth of flow is about equal to the height of the vegetation; 8- to 10-year-old willow or cottonwood trees intergrown with some weeds and brush (none of the vegetation in foliage) where the hydraulic radius exceeds 2 ft; bushy willows about 1 year old intergrown with some weeds along side slopes (all vegetation in full foliage), and no significant vegetation exists along channel bottoms where the hydraulic radius is greater than 2 ft.
	Very large	0.050–0.100	Turf grass growing where the average depth of flow is less than half the height of the vegetation; bushy willow trees about 1 year old intergrown with weeds along side slopes (all vegetation in full foliage), or dense cattails growing along channel bottom; trees intergrown with weeds and brush (all vegetation in full foliage).
Degree of meandering ² (<i>m</i>)	Minor	1.00	Ratio of the channel length to valley length is 1.0 to 1.2.
	Appreciable	1.15	Ratio of the channel length to valley length is 1.2 to 1.5.
	Severe	1.30	Ratio of the channel length to valley length is greater than 1.5.

Εικόνα 53: Τυπικές τιμές τραχύτητας. (Πηγή: *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*)

- ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: $Q = 144 \text{ m}^3/\text{s}$, $J_0 = 4.5 \%$

Πίνακας 46: $n = 0.046$

b (m)	13	14	15	16	17	18
y_0 (m)	1.85	1.75	1.67	1.59	1.52	1.46
A_0 (m ²)	24.1	24.5	25.0	25.5	25.9	26.4
V_0 (m/s)	6.0	5.9	5.8	5.7	5.6	5.5
T (m)	13	14	15	16	17	18
P (m)	16.7	17.5	18.3	19.2	20.0	20.9
D (m)	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5
R (m)	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3
Froude	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.44
y_c (m)	2.3	2.2	2.1	2.02	1.9	1.9
Τύπος Ροής	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη

Πίνακας 474: $n = 0.040$

b (m)	13	14	15	16	17	18
y_0 (m)	1.69	1.60	1.52	1.45	1.39	1.34
A_0 (m ²)	22.0	22.4	22.8	23.3	23.7	24.1
V_0 (m/s)	6.6	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0
T (m)	13	14	15	16	17	18
P (m)	16.4	17.2	18.0	18.9	19.8	20.7
D (m)	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3
R (m)	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2
Froude	1.61	1.62	1.63	1.64	1.64	1.65
y_c (m)	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9
Τύπος Ροής	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη

Πίνακας 48: $n = 0.035$

b (m)	13	14	15	16	17	18
y_0 (m)	1.55	1.47	1.40	1.34	1.28	1.23
A_0 (m ²)	20.1	20.6	21.0	21.4	21.8	22.2
V_0 (m/s)	7.1	7.0	6.9	6.7	6.6	6.5
T (m)	13	14	15	16	17	18
P (m)	16.1	16.9	17.8	18.7	19.6	20.5
D (m)	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2
R (m)	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
Froude	1.83	1.85	1.85	1.86	1.86	1.87
y_c (m)	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9
Τύπος Ροής	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη

Πίνακας 49: $n = 0.050$

b (m)	13	14	15	16	17	18
y_o (m)	1.96	1.85	1.76	1.68	1.61	1.54
A_o (m ²)	25.5	25.9	26.4	26.9	27.3	27.8
V_o (m/s)	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2
T (m)	13	14	15	16	17	18
P (m)	16.9	17.7	18.5	19.4	20.2	21.1
D (m)	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5
R (m)	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3
Froude	1.29	1.30	1.31	1.32	1.33	1.33
y_c (m)	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9
Τύπος Ροής	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη

- ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: $Q = 165 \text{ m}^3/\text{s}$, $J_o = 1.4 \%$, $n = 0.013$

Πίνακας 50

b (m)	5	6	7	8	9	10
y_o (m)	3.00	2.50	2.17	1.93	1.76	1.62
A_o (m ²)	15.0	15.0	15.2	15.5	15.8	16.2
V_o (m/s)	11.0	11.0	10.9	10.7	10.4	10.2
T (m)	5	6	7	8	9	10
P (m)	11.0	11.0	11.3	11.9	12.5	13.2
D (m)	3.0	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6
R (m)	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2
Froude	2.03	2.22	2.35	2.45	2.52	2.56
y_c (m)	4.8	4.3	3.8	3.51	3.2	3.0
Τύπος Ροής	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη	Υπερκρίσιμη

- Ενδεικτικός προϋπολογισμός

Πίνακας 51: Προϋπολογισμός

	Μονάδα μέτρησης	Τιμή μονάδας (€)	Ποσότητα	Δαπάνη (€)
Χωματουργικά Έργα				
Εκσκαφές τάφρων ή διωρύγων αρδευτικών ή αποστραγγιστικών δικτύων σε εδάφη γαιώδη - ημιβραχώδη	m ³	2.7	4700	12690
Μόρφωση γαιώδων επιφανειών για επένδυση	m ²	0.4	4600	1840
Καθαρισμοί κοιτών ποταμών η ρεματων από φερτά υλικά η απορρίμματα	m ³	3.12	73420	229070.4
Κατασκευή συμπυκνωμένου αναχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου	m ³	0.6	4700	2820
Εξυγιαντικές στρώσεις με θραυστό υλικό λατομείου	m ³	15.7	10140	159198
Έργα προστασίας κοίτης και πρηνών				
Λιθορριπές προστασίας κοίτης και πρηνών με λίθους λατομείου 100-200kg	m ³	20.7	73420	1519794
Τεχνικά Έργα				
Κοιτοστρώσεις, περιβλήματα αγωγών, εξομαλυντικές στρώσεις κλπ από σκυρόδεμα C12/15	m ³	74.2	10140	752388
Κατασκευή ρείθρων, επενδεδυμένων τάφρων, διαμορφώσεις πυθμένα κλπ με σκυρόδεμα C25/30	m ³	91	10140	922740