

Συνοδεύει το μπ' αριθμ. 18113.08.20 (ΘΕΜΑ 3^ο (ΕΚΤΟΣ Η.Δ.)

Πρακτικό Τεχνικού Συμβουλίου Δημοσίων Έργων

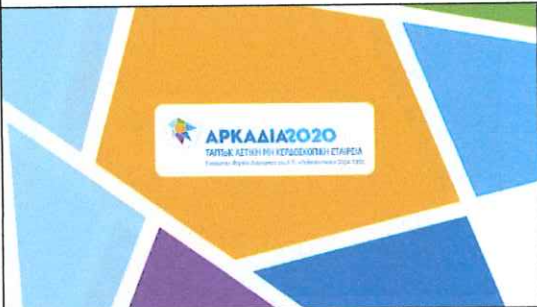
Το έργο εκτελείται στα πλαίσια της από 26/6/2020 Προγραμματικής Σύμβασης της Περιφέρειας Πελοποννήσου με την Αρκαδία 2020 Ταπτοκ Α.Μ.Κ.Ε.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΡΚΑΔΙΑΣ
Ταχ. Δ/ση : 2ο χιλ. Τρίπολης-Περθωρίου
Τηλέφωνο : 2713610325

ΕΡΓΟ: «ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΡΙΠΟΛΗΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ ΖΕΥΓΟΛΑΤΕΙΟΥ-ΝΕΟΧΩΡΙΟΥ)»

ΘΕΣΗ: ΔΗΜΟΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ



ΑΡΚΑΔΙΑ 2020
ΤΑΠΤοΚ Αστική Μη Κερδοσκοπική Εταιρεία
Ερμού 21 (3ος όροφος)
22 132 Τρίπολη
Τ. 2710 222881-2
Φ. 2710 222967
Ε. info@arkadia2020.gr

ΜΕΛΕΤΗ: «ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΡΕΜΑΤΩΝ»

ΘΕΜΑ ΤΕΥΧΟΥΣ: ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ
ΑΡ. ΤΕΥΧΟΥΣ: 3.

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2020

ΣΥΝΤΑΚΤΕΣ :



(Signature)

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΑΝΤΑΣ
ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ Τ/Υ ΑΡΚΑΔΙΑ 2020 ΤΑΠΤοΚ
(Στο πλαίσιο της από 22/6/2020 προγραμματικής σύμβασης)

ΕΙΔΙΚΟΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ:
ΗΛΙΑΣ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ
M.Sc. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ
ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

ΓΙΑΝΝΗΣ ΑΘ. ΒΑΓΙΑΣ
Μηχανικός
Έργων Υποδομής Α.Β.
Τ.Ε.

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ / ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ:

(Σε εφαρμογή των από 22-10-2019 με ΑΡ. ΠΡΩΤ 287029/69438 εγκεκριμένων μελετών)

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ Π.Ε. ΑΡΚΑΔΙΑΣ

Η ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ Τ.Δ.Π.

Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ
Δ.Τ.Ε. Π.Ε. Αρκαδίας

(Signature)



ΕΛΕΝΗ ΚΟΚΟΣΙΟΥΛΗ
Πολιτικός Μηχανικός με Α'βαθμό

ΚΩΝ/ΝΟΣ ΠΑΝΟΥΚΛΙΑΣ
Πολιτικός Μηχανικός με Α'βαθμό

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	4
1.1	Συμβατικά στοιχεία- Ομάδα Μελέτης.....	4
1.2	Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν – Σχετικές μελέτες.....	4
2	Περιοχή Μελέτης	5
2.1	Στοιχεία Σχεδίων Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου	5
2.2	Λεκάνη απορροής.....	7
2.2.1	Λεκάνη ρέματος «Όφης»	7
3	Παραδοχές Υπολογισμών	8
3.1	Χωρισμός Λεκανών Απορροής	8
3.2	Περίοδος Επαναφοράς.....	8
3.3	Όμβρια Καμπύλη	9
3.4	Αναγωγή της σημειακής βροχόπτωσης σε επιφανειακή	11
3.5	Χρόνος συγκέντρωσης.....	11
3.6	Μεθοδολογία Υπολογισμού Παροχής Σχεδιασμού	13
3.6.1	Εκτίμηση του αριθμού καμπύλης (CN)	14
3.6.2	Υετογράφημα Σχεδιασμού – Διάρκεια βροχής.....	14
3.6.3	Τυπικό διάγραμμα βροχόπτωσης απορροής.....	16
3.6.4	Διόδευση της ροής εντός του ρέματος	17
4	Δεδομένα Υπολογισμών	18
4.1	Εκτίμηση αριθμού καμπύλης (CN)	19
4.1.1	Λεκάνη απορροής ρ. «ΟΦΙΣ»	19
4.2	Υπολογισμός του χρόνου συγκέντρωσης.....	22
4.3	Υπολογισμός του συντελεστή αναγωγής φ.....	22

5	Συνοπτικά Αποτελέσματα	24
6	Αναλυτικά Αποτελέσματα	25
6.1	Υπολεκάνες ρ. «Όφης»	25
6.1.1	Υπολεκάνη Α	26
6.1.2	Υπολεκάνη Β	26
6.1.3	Υπολεκάνη Γ	27
6.1.4	Υπολεκάνη Δ	27
6.1.5	Υπολεκάνη Ε	28
6.1.6	Υπολεκάνη Ζ	28

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1 Όρια της περιοχή της ζώνης δυνητικού κινδύνου Οροπεδίου Τρίπολης.....	6
Εικόνα 2-2 Περιοχή μελέτης με τα κύρια ρέματα	6
Εικόνα 3-1 Χωρισμός υπολεκανών	8
Εικόνα 3-2 Σκαρίφημα τυπικού πλημμυρικού υδρογραφήματος με το αντίστοιχο υετόγραμμα (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999)	16
Εικόνα 4-1 Απεικόνιση μοντέλου ρ. «Όφης».....	23
Εικόνα 6-1 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Α για T=50έτη	26
Εικόνα 6-2 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Β για T=50έτη	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 6-3 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Γ για T=50έτη	26
Εικόνα 6-4 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Δ για T=50έτη	26
Εικόνα 6-5 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Ε για T=50έτη.....	26
Εικόνα 6-6 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Ζ για T=50έτη	26

1 Εισαγωγή

1.1 Συμβατικά στοιχεία- Ομάδα Μελέτης

Η παρούσα υδρολογική μελέτη πλημμυρών για τον προσδιορισμό της πλημμυρικής απορροής του ρέματος «Όφης» εκπονείται από τη Διεύθυνση Τεχνικών Έργων της Γενικής Διεύθυνσης Αναπτυξιακού Προγραμματισμού, Περιβάλλοντος και Υποδομών, της Περιφέρειας Πελοποννήσου, Π.Ε. ΑΡΚΑΔΙΑΣ με την υποστήριξη της ΤΑΠΤΟΚ ΑΡΚΑΔΙΑ 2020 – ΜΗ ΚΕΡΔΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ.

1.2 Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν – Σχετικές μελέτες

Για τη σύνταξη της υδρολογικής μελέτης ελήφθησαν υπόψη:

- Τα σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου (GR03)
- Το τεύχος «Κατάρτιση Ομβρίων Καμπυλών σε Επίπεδο Χώρας, Εφαρμογή Οδηγίας 2007/60/ΕΚ», που έχει συνταχθεί από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ), Μάιος 2016
- Ο Ν. 4258/2014 που αφορά στη «Διαδικασία Οριοθέτησης και Ρυθμίσεις Θεμάτων για τα Υδατορέματα»
- Η ΚΥΑ με αριθμ. Οικ. 140055/ΦΕΚ 428/15-02/2017, «Τεχνικές προδιαγραφές σύνταξης του πριεχομένου του φακέλου οριοθέτησης κατ' εφαρμογή της παραγράφου 5 του άρθρου 2 του ν. 4258/2017 – Διευκρινίσεις για την εφαρμογή της διαδικασίας οριοθέτησης.
- Το ΠΔ 694/74, Τμήμα Δ: Τεχνικά Προδιαγραφά Μελετών Υδραυλικών Έργων, Κεφάλαιο Α: Τεχνικά Προδιαγραφά εκπόνησεως υδρολογικών μελετών

2 Περιοχή Μελέτης

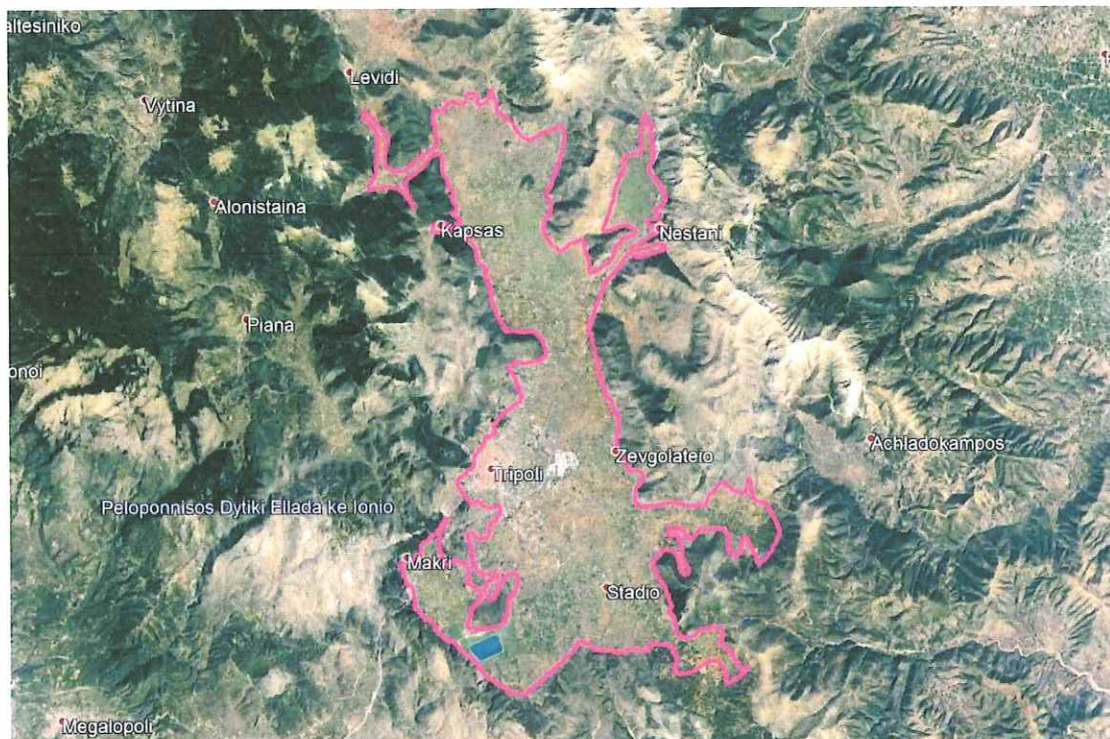
2.1 Στοιχεία Σχεδίων Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου

Σύμφωνα με την εγκεκριμένη προκαταρκτική μελέτη πλημμυρικού κινδύνου του ΥΠΕΚΑ η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός ορίων της Ζώνης Δυνητικού Κινδύνου της λεκάνης του οροπεδίου Τρίπολης (GR03RAK005).

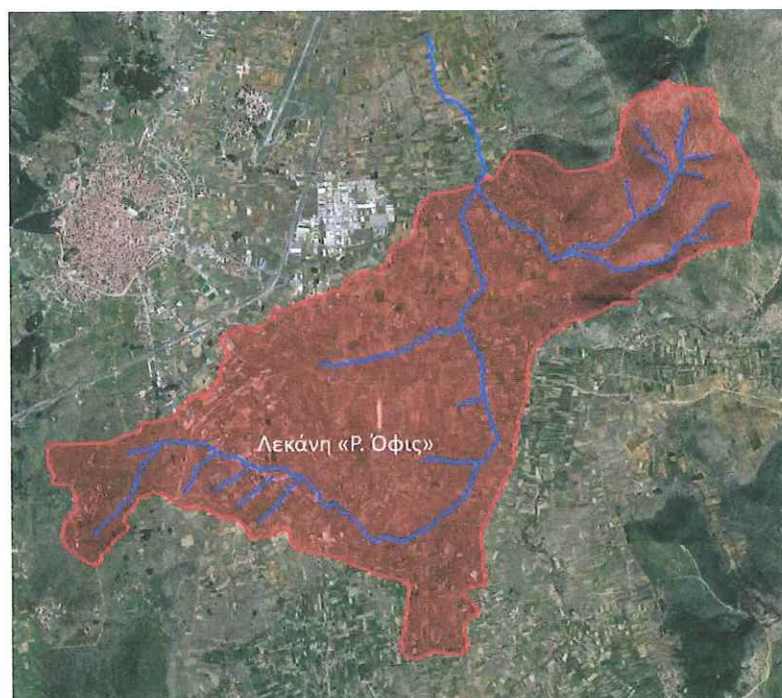
Τα γεωγραφικά όρια της περιοχής είναι στα δυτικά το όρος Μαίναλο στα βόρεια τα όρη Ολίγυρτος και Λύρκειο, στα ανατολικά ο ορειογραφικός άξονας Αρτεμίσιο - Κτενιάς - Παρθένιο και στα νότια οι ορεινές περιοχές της Δημοτικής Ενότητας Καρυών (παρυφές Πάρνωνα). Το οροπέδιο της Τρίπολης αποτελεί μία κλειστή τυπική καρστική λεκάνη (πόλγη), η οποία χαρακτηρίζεται από μέτρια ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου. Τα υψόμετρα στο οροπέδιο Τρίπολης κυμαίνονται από 600 μ έως 700 m. Η κοιλάδα είναι επιμήκης με διεύθυνση Ν-Β και ορίζεται από περιμετρικές ορεινές εξάρσεις, οι οποίες στο κέντρο της υπό εξέταση Λεκάνης (περιοχή οικισμού Σκοπής) δημιουργούν μία στένωση και χωρίζουν το Οροπέδιο στα λεκανοπέδια της Τεγέας και της Μαντινείας.

Την περιοχή του οροπεδίου Τρίπολης δεν διατρέχει κάποιος σημαντικός ποταμός. Τα τρία κυριότερα υδατορέματα- υπολεκάνες είναι ο χείμαρρος Σανοβίστας (Λαχάς) τα νερά του οποίου καταλήγουν στην πεδιάδα της Μαντινείας, ο Σαρανταπόταμος - στον οποίο συμβάλει ο Δολιανίτης - που αποστραγγίζει το νοτιοανατολικό τμήμα του οροπεδίου και καταλήγει σε καταβόθρα του χωριού Παρθένι στο ομώνυμο όρος και η λίμνη Τάκα. Στο Σαρανταπόταμο, στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής έχει μελετηθεί εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή για αρδευτικούς σκοπούς 4 km δυτικά του οικισμού Βούρβουρα. Η πρόσφατα κατασκευασμένη τεχνητή λίμνη Τάκα, η οποία περιβάλλεται από λόφους με αραιή βλάστηση, αποστραγγίζει το νοτιοδυτικό τμήμα του οροπεδίου της Τρίπολης (λεκάνη Τεγέας), και συναντάται σε υψόμετρο περίπου 660 m..

Οι σημαντικότεροι οικισμοί εντός ΖΔΥΚΠ «ΟΡΟΠΕΔΙΟ ΤΡΙΠΟΛΗΣ (GR03RAK0005)» είναι οι παρακάτω: Σμιάδες, Κάψας, Νεστάνη (τμήμα της), Άγιος Κωνσταντίνος - περιοχή Αεροδρομίου, Τρίπολη, Ζευγολατειό, Στάδιο, Βουνό, Καμάρι, Ρίζες (τμήμα του), Παρθένι, Κερασίτσα, Τζίβας, Πέλαγος, Αγ. Βασίλειος, Παρόριο, Νέος Καρδαράς.



Εικόνα 2-1 Όρια της περιοχή της ζώνης δυνητικού κινδύνου Οροπεδίου Τρίπολης



Εικόνα 2-2 Περιοχή μελέτης με τα κύρια ρέματα

2.2 Λεκάνη απορροής

2.2.1 Λεκάνη ρέματος «Όφισ»

Φυσικός αποδέκτης της επιφανειακής απορροής της περιοχής του Νεοχωρίου και του Ζευγολατειού, είναι το ρέμα «Όφισ». Είναι από τους κύριους αποδέκτες του Οροπεδίου της Τρίπολης του Υδατικού Διαμερίσματος της Ανατολικής Πελοποννήσου (GR03RAK005).

Το ρέμα Όφισ έχει μήκος κύριας κοίτης περίπου 13.150 μέτρα μέχρι το σημείο που ελέγχεται. Η ανάντη αρχή του ρέματος τοποθετείται νοτιοανατολικά του χωριού Θάνας και το πέρας του μέχρι το σημείο ελέγχου τοποθετείται δυτικά του Ζευγολατειού.

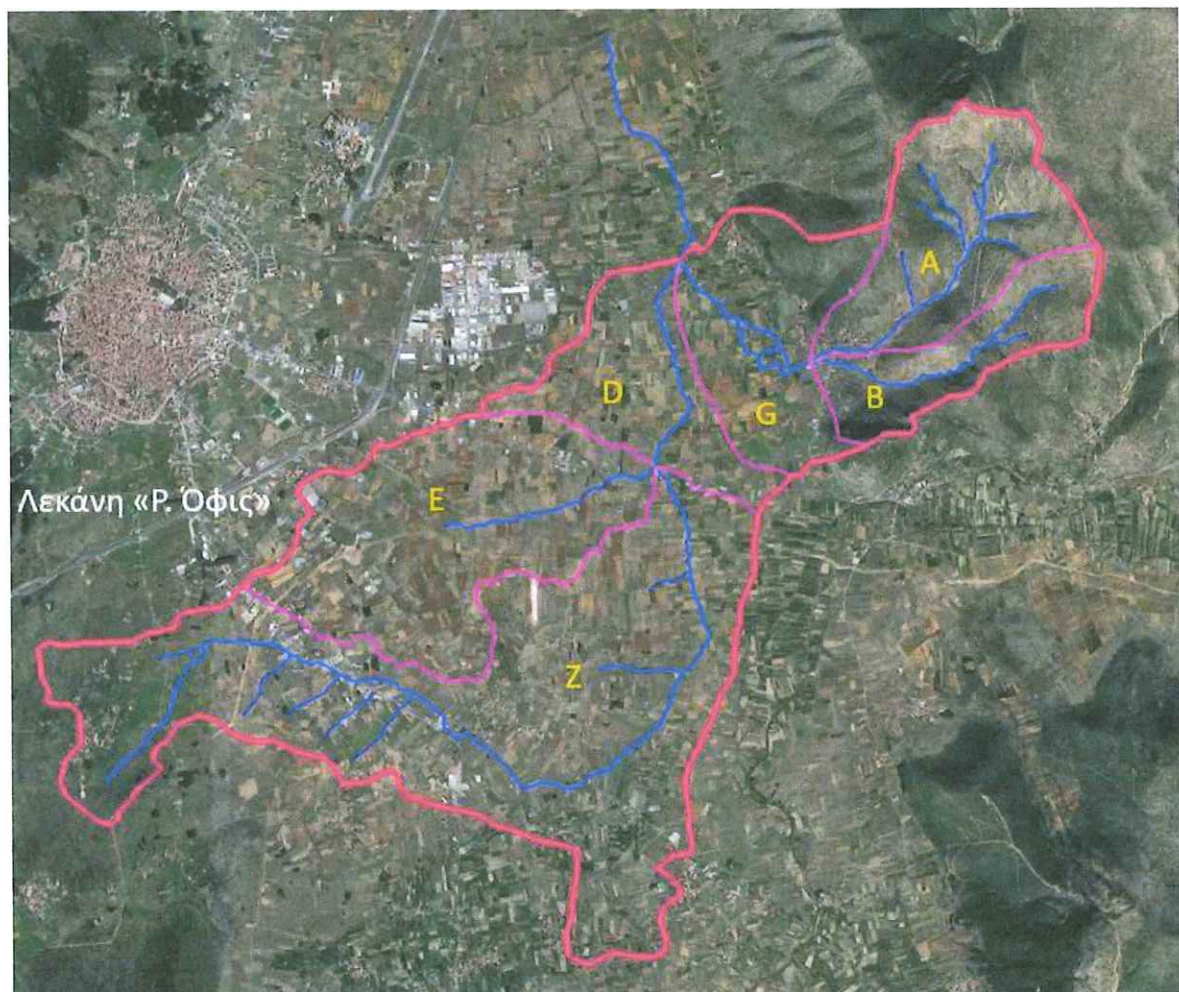
Η υδρολογική λεκάνη του ρέματος Όφισ μέχρι το σημείο ελέγχου παρουσιάζεται στην εικόνα 2-2 και αποτελείται από πέντε (5) υπολεκάνες. Αναλυτικά :

- Υπολεκάνη Α έκτασης 3.63 km²
- Υπολεκάνη Β έκτασης 2.12 km²
- Υπολεκάνη Γ έκτασης 3.49 km²
- Υπολεκάνη Δ έκτασης 2.93 km²
- Υπολεκάνη Ε έκτασης 6.48 km²
- Υπολεκάνη Ζ έκτασης 14.51 km²

3 Παραδοχές Υπολογισμών

3.1 Χωρισμός Λεκανών Απορροής

Ο χωρισμός των υπολεκανών απορροής έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα δευτερεύοντα ρέματα που συμβάλλουν στο κύριο κλάδο του ρέματος. Ως κύριος κλάδος θεωρείται αυτός με το μεγαλύτερο μήκος διαδρομής.



Εικόνα 3-1 Χωρισμός υπολεκανών

3.2 Περίοδος Επαναφοράς

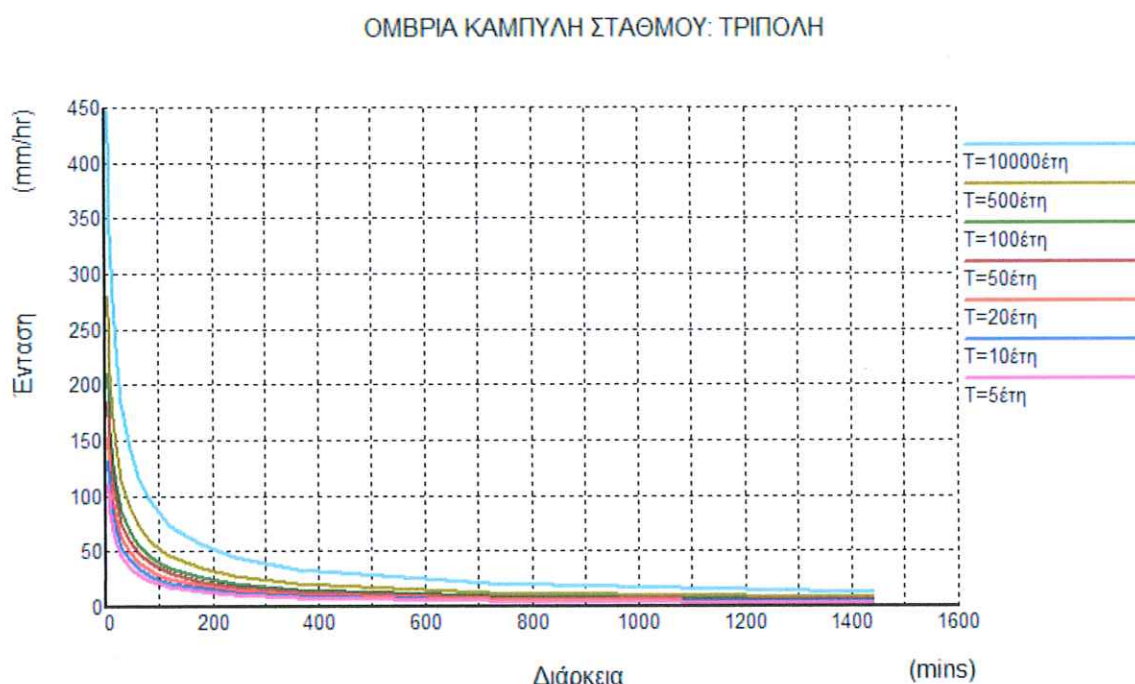
Οι παροχές σχεδιασμού θα υπολογιστούν για μία περίοδο επαναφοράς.

- Για $T=50$ έτη για την οποία προβλέπεται να γίνει ο σχεδιασμός των έργων διευθέτησης

3.3 Όμβρια Καμπύλη

Όπως προκύπτει από τον κατάλογο των σταθμών με όμβριες καμπύλες σε επίπεδο χώρας, ο οποίος είναι αναρτημένος στον ιστότοπο της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (ΕΓΥ) [‘http://floods.ypreka.gr/index.php/methodologies-ergaleia/omvries-kampyles’](http://floods.ypreka.gr/index.php/methodologies-ergaleia/omvries-kampyles), μέσα στην περιοχή μελέτης υπάρχει ένας σταθμός με δεδομένα βροχοπτώσεων. Ο σταθμός ΤΡΙΠΟΛΗΣ (Κωδικός 156). Η σχετική θέση τους φαίνεται στην παραπάνω Εικόνα 3-1

Η παρουσίαση της ομβρίας καμπύλης φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 3-1 Όμβρια καμπύλη σταθμού Τρίπολης για διάφορες περιόδους επαναφοράς

Σύμφωνα με το τεύχος «ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60/ΕΚ, Κατάρτιση Ομβρίων Καμπυλών σε Επίπεδο Χώρας» που συντάχθηκε από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ), (Μάιος 2016) η συνάρτηση κατανομής των ομβρίων καμπυλών είναι η κατανομή Γενική Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ) και δίνονται από την παρακάτω γενικευμένη εξίσωση:

$$i(d, T) = \frac{\lambda' * (T^{\kappa} - \psi')}{(1 + \frac{d}{\theta})^{\eta}}$$

όπου,

i: η ένταση της βροχόπτωσης (mm/hr)

d: η διάρκεια της βροχόπτωσης (hr)

T: η περίοδος επαναφοράς (έτη)

κ, θ, λ', ψ', η οι παράμετροι κλίμακας, θέσης και σχήματος της κατανομής.

Οι σχετικοί παράμετροι του σταθμού Τρίπολης είναι

$$\kappa = 0,113$$

$$\theta = 0,089$$

$$\lambda' = 332,9$$

$$\psi' = 0,661$$

$$\eta = 0,724$$

και επομένως η εξίσωση παίρνει τη μορφή

$$i(d, T) = \frac{332,9 * (T^{0,113} - 0,661)}{(1 + \frac{d}{0,089})^{0,724}}$$

3.4 Αναγωγή της σημειακής βροχόπτωσης σε επιφανειακή

Για την αναγωγή της σημειακής βροχόπτωσης σε επιφανειακή εφαρμόζεται η σχέση (Κουτσογιάννης, Σχεδιασμός αστικών δικτύων αποχέτευσης, Αθήνα 2011): ο παρακάτω τύπος ο οποίος προτείνεται στο τεύχος από τις «ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60/ΕΚ, Κατάρτιση Ομβρίων Καμκυλών σε Επίπεδο Χώρας» που συντάχθηκε από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ), (Μάιος 2016)

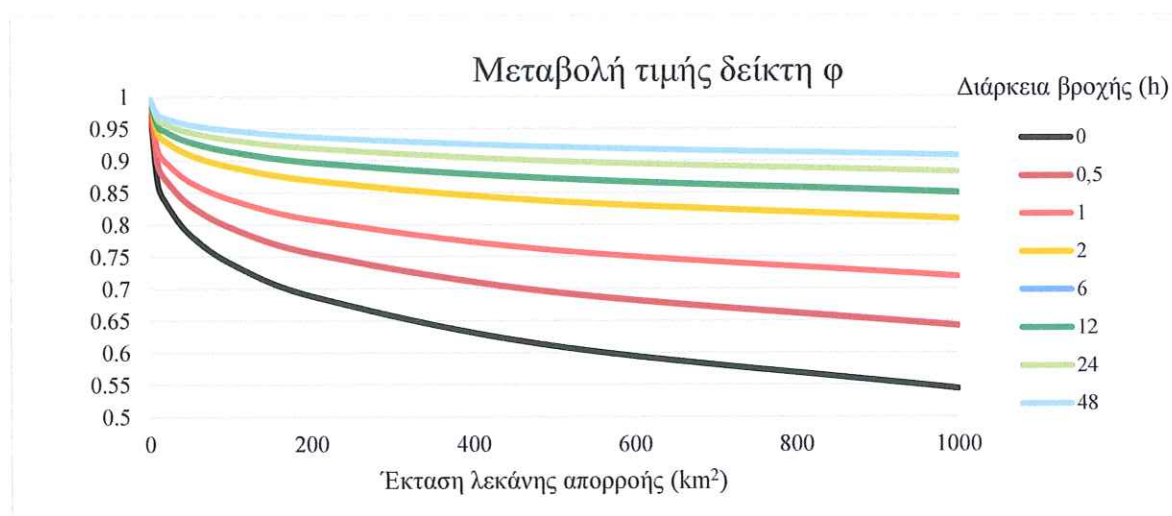
$$\varphi = \max \left\{ 1 - \frac{0.048 * A^{0.36 - 0.01 * \ln A}}{d^{0.35}}, 0.25 \right\}$$

Όπου:

φ : Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής

A: Έκταση λεκάνης (km²)

d: Διάρκεια βροχής (h)



Διάγραμμα 3-2 Μεταβολή της τιμής του συντελεστή φ

3.5 Χρόνος συγκέντρωσης

Η περιοχή μελέτης έχει περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ο χρόνος συγκέντρωσης υπολογίζεται με διαφορετικό τρόπο κατά περίπτωση.

Για επιφανειακή ροή σε λεκάνες απορροής που παρουσιάζουν διαμορφωμένη μισγάγγεια, ο χρόνος συγκέντρωσης (συρροής) υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο του Giandotti.

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_{\min}}} \quad (4.3)$$

όπου:

t_c	=	ο χρόνος συγκέντρωσης (συρροής), σε hr
L	=	το μήκος της μισγάγγειας, σε km, μέχρι το σημείο συγκέντρωσης
A	=	η επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε km ²
H_m	=	το μέσο υψόμετρο της λεκάνης, σε m
H_{\min}	=	το ελάχιστο υψόμετρο, ή το υψόμετρο της εξεταζόμενης θέσης, σε m

θεωρείται ότι ο χρόνος που υπολογίζεται με την παραπάνω εξίσωση (4.3) αντιπροσωπεύει την πλέον πιθανή τιμή για περίοδο επαναφοράς $T = 5$ έτη.

Για τον υπολογισμό της πλέον πιθανής, της ευμενούς και της δυσμενούς τιμής του χρόνου συγκέντρωσης, για οποιαδήποτε περίοδο επαναφοράς, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$t_c(T) = t_c \sqrt{i(5)/i(T)}$$

όπου:

$i(5)$ ένταση βροχής (μέση) που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς $T = 5$ έτη,

$i(T)$ ένταση βροχής που αντιστοιχεί στη μέση τιμή, στο κάτω ή στο άνω όριο εμπιστοσύνης της όμβριας καμπύλης για την συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς.

Στο υδρολογικό μοντέλο των λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος χρησιμοποιείται ο χρόνος υστέρησης t_{lag} του υδρογραφήματος, που είναι ο χρόνος μεταξύ του κέντρου βάρους της βροχόπτωσης και της αιχμής του υδρογραφήματος. Ο χρόνος υστέρησης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_{lag} = 0.6 \cdot t_c$$

Παρατηρείται ότι η εφαρμογή του μοναδιαίου υδρογραφήματος και του υπολογισμού του χρόνου συρροής κατά SCS είναι σε ακολουθία με τον υπολογισμό των υδρολογικών απωλειών σύμφωνα με τη μέθοδο SCS.

3.6 Μεθοδολογία Υπολογισμού Παροχής Σχεδιασμού

Έχει επιλεγεί να γίνει ο υπολογισμός των παροχών σχεδιασμού με εφαρμογή της μεθόδου των Μοναδιαίων Υδρογραφημάτων. Ειδικότερα προτείνεται να γίνει ο μετασχηματισμός της βροχόπτωσης σε απορροή με χρησιμοποίηση της μεθοδολογίας SCS. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε η παραπάνω μεθοδολογία είναι ότι η μεθοδολογία αυτή έχει εφαρμοστεί και στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου (GR03) (Στάδιο 1, 2^η Φάση – Παραδοτέο 4, Πλημμυρικά Υδρογραφήματα). Επιπλέον είναι μια μεθοδολογία που χρησιμοποιείται ευρύτατα από τους υδραυλικούς μηχανικούς σε όλο τον κόσμο και υπάρχει εμπειρία από τη χρήση του. Επίσης για την εφαρμογή του απαιτείται περιορισμένος αριθμός παραμέτρων που είναι σχετικά εύκολα διαθέσιμοι.

Η υπηρεσία εγγείων βελτιώσεων στις ΗΠΑ (Soil Conservation Service) ανέπτυξε μια μέθοδο για τον υπολογισμό των απωλειών βροχόπτωσης. Το ύψος της περίσσειας βροχόπτωσης (ή απορροής) P_e είναι πάντα μικρότερο ή ίσο με το ύψος βροχόπτωσης P . Παρομοίως, αφού αρχίσει η απορροή, το πρόσθετο ύψος νερού που συγκρατείται στη λεκάνη, F_a είναι μικρότερο ή ίσο της δυνητικής μέγιστης κατακράτησης S . Υπάρχει κάποιο ποσό αρχικής βροχόπτωσης I_a (αρχικές απώλειες για τις οποίες δεν θα συμβεί απορροή, οπότε η δυνητική απορροή είναι $P-I_a$). Η υπόθεση της μεθόδου SCS είναι ότι οι λόγοι των δυο πραγματικών και των δυο δυνητικών ποσοτήτων είναι ίσοι, οπότε ισχύει:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P-I_a}$$

Από την εξίσωση συνέχειας ισχύει

$$P = P_e + I_a + F_a$$

Συνδυάζοντας τις δυο παραπάνω εξισώσεις και λύνοντας ως προς P_e προκύπτει:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

η οποία είναι η βασική εξίσωση για τον υπολογισμό του ύψους της περίσσειας βροχόπτωσης. Από πειραματικά αποτελέσματα η ακόλουθη εμπειρική σχέση έχει αναπτυχθεί:

$$I_a = 0.2S$$

Και τελικά

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Ο αριθμός καμπύλης CN και η αποθήκευση S συσχετίζονται με την ακόλουθη σχέση:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Όπου η αποθήκευση S είναι σε ίντσες ή

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Όπου η αποθήκευση S είναι σε mm

3.6.1 Εκτίμηση του αριθμού καμπύλης (CN)

Για την εκτίμηση του αριθμού καμπύλης (CN) χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες του Technical Release TR-55 "Urban Hydrology for Small Watersheds", June 1986 της υπηρεσίας Natural Resources Conservation Service (πρώην SCS), United States Department of Agriculture.

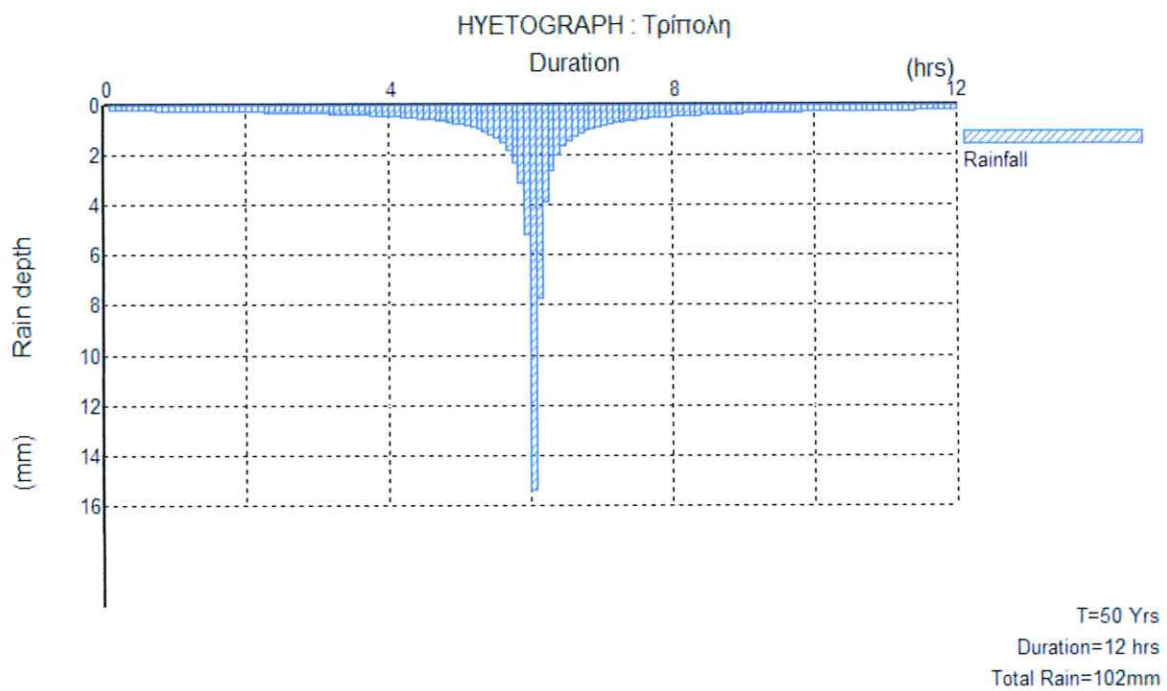
3.6.2 Υετογράφημα Σχεδιασμού – Διάρκεια βροχής

Το υετογράφημα σχεδιασμού θα κατασκευαστεί με την μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα τμηματικά ύψη βροχής που προκύπτουν από την όμβρια καμπύλη τοποθετούνται έτσι, ώστε η μεγαλύτερη τμηματική βροχόπτωση να βρίσκεται στο μέσον του υετογραφήματος και οι υπόλοιπες τιμές, κατά φθίνουσα σειρά, εναλλάξ δεξιά και αριστερά της μέγιστης τιμής μέχρι να ολοκληρωθούν όλες οι επιμέρους διάρκειες.

Η διάρκεια της βροχόπτωσης σχεδιασμού δεν μπορεί να είναι μικρότερη από το (μεγαλύτερο) χρόνο συρροής των λεκανών του έργου. Ως διάρκεια έχει επιλεγεί αυτή των 12 ωρών, που είναι μια συντηρητική επιλογή δεδομένου ότι οι χρόνοι συρροής στις λεκάνες της περιοχής μελέτης δεν ξεπερνούν τις οχτώ ώρες (η λεκάνη Ζ έχει μέγιστο χρόνο συρροής 7.10 ώρες).

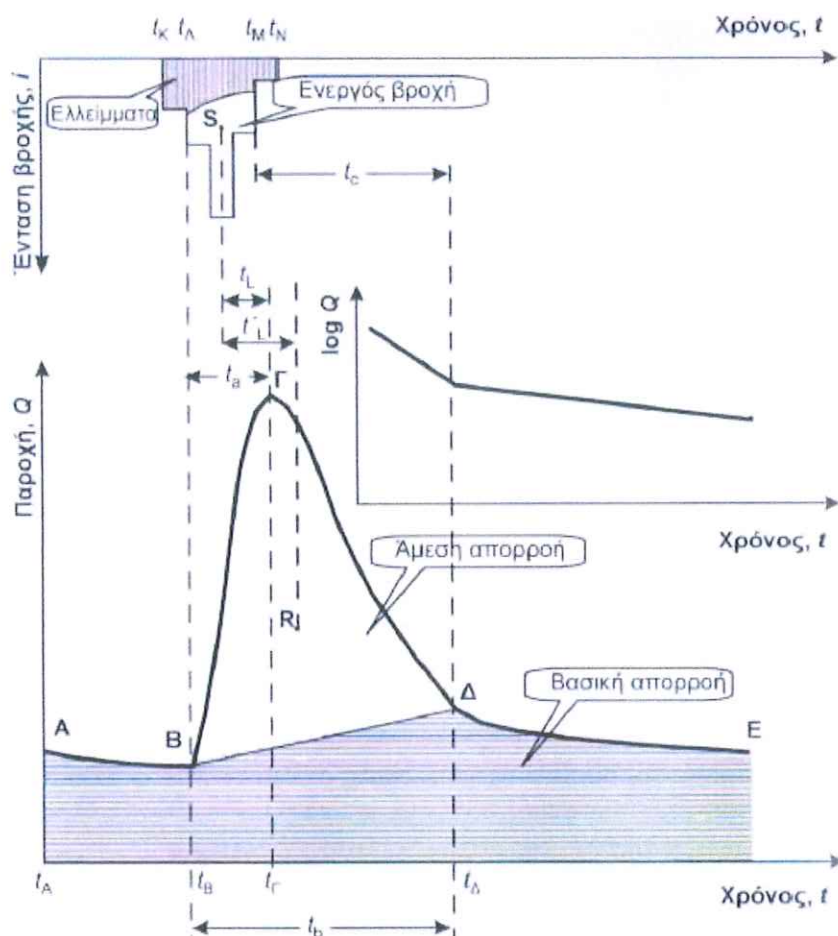
Το χρονικό βήμα που θα επιλεγεί πρέπει να είναι μικρότερο από το μικρότερο χρόνο συρροής των υπολεκανών της περιοχής. Η απαίτηση αυτή καλύπτεται με την επιλογή χρονικού βήματος 5 λεπτών, δεδομένου ότι ως ελάχιστος χρόνος συρροής έχει θεωρηθεί αυτό των 15λεπτών.

Το υετογράφημα για T=50έτη είναι το παρακάτω:



Διάγραμμα 3-3 Υετογράφημα για T=50έτη

3.6.3 Τυπικό διάγραμμα βροχόπτωσης απορροής



Εικόνα 3-2 Σκαρίφημα τυπικού πλημμυρικού υδρογραφήματος με το αντίστοιχο υετόγραμμα (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999)

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται μια τυπική εικόνα υδρογραφήματος πλημμύρας όπως υπολογίζεται με τη μέθοδο SCS. Για τα ρέματα της περιοχής μελέτης θεωρήθηκε ότι η βασική απορροή είναι μηδενική.

Τέλος για την επίλυση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό HEC-HMS, 4.2.1, 01 March 2017, το οποίο αναπτύχθηκε από το Hydrologic Engineering Center (HEC) του σώματος των μηχανικών του αμερικανικού στρατού (U.S. Army Corps of Engineers). Το λογισμικό αυτό διατίθεται ελεύθερα και χρησιμοποιείται ευρύτατα.

3.6.4 Διόδευση της ροής εντός του ρέματος

Για τη διόδευση της απορροής που συγκεντρώνεται μετά από την ανάντη υπολεκάνη και μέχρι τον αποδέκτη επιλέχθηκε η μέθοδος Muskinghum-Cunge, λόγω της ευρύτατης χρήσης της και της διαθεσιμότητας των δεδομένων που απαιτεί, τα οποία είναι η γεωμετρία του ρέματος, η κατά μήκος κλίση και ο συντελεστής τραχύτητας Manning.

4 Δεδομένα Υπολογισμών

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό υδρογραφήματος πλημμύρας με εφαρμογή της μεθοδολογίας μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS, με χρησιμοποίηση του λογισμικού HEC-HMS είναι:

1. Για τις υπολεκάνες
 - a. Η έκτασή της (km²)
 - b. Ο αριθμός καμπύλης CN
 - c. Οι αρχικές απώλειες (mm)
 - d. Ο χρόνος υστέρησης, lag time (min)
2. Για τη διόδευση εντός των ρεμάτων
 - a. Μήκος (m)
 - b. Κατά μήκος κλίση (m/m)
 - c. Αριθμός τραχύτητας Manning n
 - d. Τα στοιχεία της διατομής (στην ορθογωνική είναι το πλάτος και το ύψος, και στην τραπεζοειδή είναι επιπλέον και η κλίση των πρανών)

Η έκταση της κάθε υπολεκάνης έχει ληφθεί από το σχέδιο των λεκανών απορροής (Υ.2).

Όπως σημειώνεται στις παραδοχές των υπολογισμών, οι αρχικές απώλειες λαμβάνονται $I_a=0.20*S$, όπου S είναι η αποθήκευση (Storage) της υπολεκάνης, η οποία εξαρτάται μόνο από τον αριθμό καμπύλης CN.

Ο χρόνος υστέρησης (lag time) λαμβάνεται 60% του χρόνου συγκέντρωσης

Επομένως πρακτικά όλα τα δεδομένα των λεκανών προκύπτουν με τον υπολογισμό του αριθμού καμπύλης και του χρόνου συγκέντρωσης.

4.1 Εκτίμηση αριθμού καμπύλης (CN)

4.1.1 Λεκάνη απορροής ρ. «Όφισ»

Η λεκάνη απορροής του ρ. «Όφισ» περιλαμβάνει περιοχές μη αστικές. Για την εκτίμηση του αριθμού καμπύλης (CN) χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες της υπηρεσίας Natural Resources Conservation Service (πρώην SCS), United States Department of Agriculture που υπάρχουν στο Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας των λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος ανατολικής Πελοποννήσου. Η κατάταξη έχει γίνει για συνθήκες υγρασίας τύπου II και για φυτοκάλυψη σύμφωνα με CORINE. Επίσης έχουν ληφθεί υπόψη οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην περιοχή καθώς και η διαπερατότητα αυτών των σχηματισμών.

Η διάκριση των εδαφών ως προς τη διαπερατότητα τους είναι η ακόλουθη, σύμφωνα με την μεθοδολογία SCS:

Κατηγορία εδάφους A:	Εδάφη με μεγάλους ρυθμούς διήθησης π.χ. αμμώδη και χαλικώδη με πολύ μικρό ποσοστό ιλύος και αργίλου
Κατηγορία εδάφους B:	Εδάφη με μέσους ρυθμούς διήθησης π.χ. αμμώδης πηλός
Κατηγορία εδάφους C:	Εδάφη με μικρούς ρυθμούς διήθησης π.χ. εδάφη από αργιλοπηλό, εδάφη με σημαντικό ποσοστό αργίλου, εδάφη φτωχά σε οργανικό υλικό.
Κατηγορία εδάφους D:	Εδάφη με πολύ μικρούς ρυθμούς διήθησης π.χ. εδάφη που διογκώνονται σημαντικά όταν διαβραχούν, πλαστικές άργιλοι. Στην ίδια ομάδα περιλαμβάνονται εδάφη μικρού βάθους με σχεδόν αδιαπέρατους υπό-ορίζοντες κοντά στην επιφάνεια.

Η υδρολογική λεκάνη του οροπεδίου της Τρίπολης, από γεωλογική άποψη δομείται από τους παρακάτω λιθολογικούς σχηματισμούς :

(1) Σύγχρονες προσχώσεις (al), (2) Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων (cs,sc), (3) Ποταμοχειμάρριες αποθέσεις (Pt.fl), (4) Στρώματα μετάβασης της ζώνης Ωλονού – Πίνδου (K₉-Pc), (5) Πλακώδεις ασβεστόλιθοι της ζώνης Ωλονού – Πίνδου (K₈-9.k), (6) αδιαίρετο Φλύσχη της ζώνης Τρίπολης (ft), (7) Στρώματα μετάβασης προς φλύσχη της ζώνης Τρίπολης (E_{m-s}), (8) Νηριτικούς ασβεστόλιθους της ζώνης Τρίπολης (P_c-E_{m.k}) και (9) Ασβεστόλιθους και δολομιτικούς ασβεστόλιθους της ζώνης Τρίπολης (K₉-k,d).

Υδραυλική και Υδρολογική Μελέτη για την Οριοθέτηση Ρεμάτων, στο πλαίσιο του έργου :
«ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΡΙΠΟΛΗΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ ΖΕΥΓΟΛΑΤΕΙΟΥ – ΝΕΟΧΩΡΙΟΥ)»

Πίνακας 4-2 Υπολογισμός CN

ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	ΕΜΒΑΔΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΩΝ (km ²)											ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ (km ²)	ΚΕΝΤΡΟΒΑ- ΡΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ CN
	41.5	61.5	67	68.5	76	76.5	78.5	82.5	83	90	92.5		
A	0.047	2.667	0.147	0.575	0.092	0.102						3.629	63
B	0.015	1.700	0.336	0.037	0.030	0.003						2.121	63
G	0.069	0.804	2.241		0.011	0.324	0.037	0.006				3.493	66
D			2.844			0.077		0.010				2.931	67
E			0.718					5.731		0.004	0.024	6.477	81
Z			5.462	0.690	0.279	0.305	0.073	0.224	6.604	0.169	0.706	14.513	77
ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΕΚΒΟΛΗΣ	0.131	5.170	11.749	1.302	0.413	0.811	0.073	0.262	12.351	0.173	0.730	33.16	

4.2 Υπολογισμός του χρόνου συγκέντρωσης

Σύμφωνα με την παράγραφο των παραδοχών των υπολογισμών προκύπτει ο παρακάτω πίνακας υπολογισμού:

Πίνακας 4-3 Υπολογισμός Χρόνων Συγκέντρωσης και t_{lag}

	A	L (km)	Hm	Hexodu	hr	$t_c(T)$	min	t_{lag}
A	3.63	3.27	787.50	655.00	1.36	1.06	63.66	38.20
B	2.2	3.065	787.50	655.00	1.14	0.89	53.52	32.11
G	3.493	1.932	648.00	643.00	5.80	4.52	271.40	162.84
D	2.931	2.475	649.00	643.50	5.63	4.39	263.43	158.06
E	6.477	2.475	660.00	650.00	5.49	4.28	257.00	154.20
Z	14.51	10.56	668.00	650.00	9.16	7.14	428.53	257.12

Σημειώνεται ότι εφαρμόστηκε ο τύπος Giandotti για την μεγαλύτερη διαδρομή από τις μισγάγγειες που διατρέχουν κάθε λεκάνη απορροής.

Ακολουθεί ο πίνακας προσδιορισμού των στοιχείων των υπολεκανών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη του υδρολογικού μοντέλου με το λογισμικό HEC-HMS.

Πίνακας 4-4 Προσδιορισμός Στοιχείων Υπολεκανών μοντέλου HEC-HMS (SCS)

	CN	S	INITIAL AB
A	63	149.17	29.83
B	63	149.17	29.83
G	66	130.85	26.17
D	67	125.10	25.02
E	81	59.58	11.92
Z	77	75.87	15.17

4.3 Υπολογισμός του συντελεστή αναγωγής ϕ

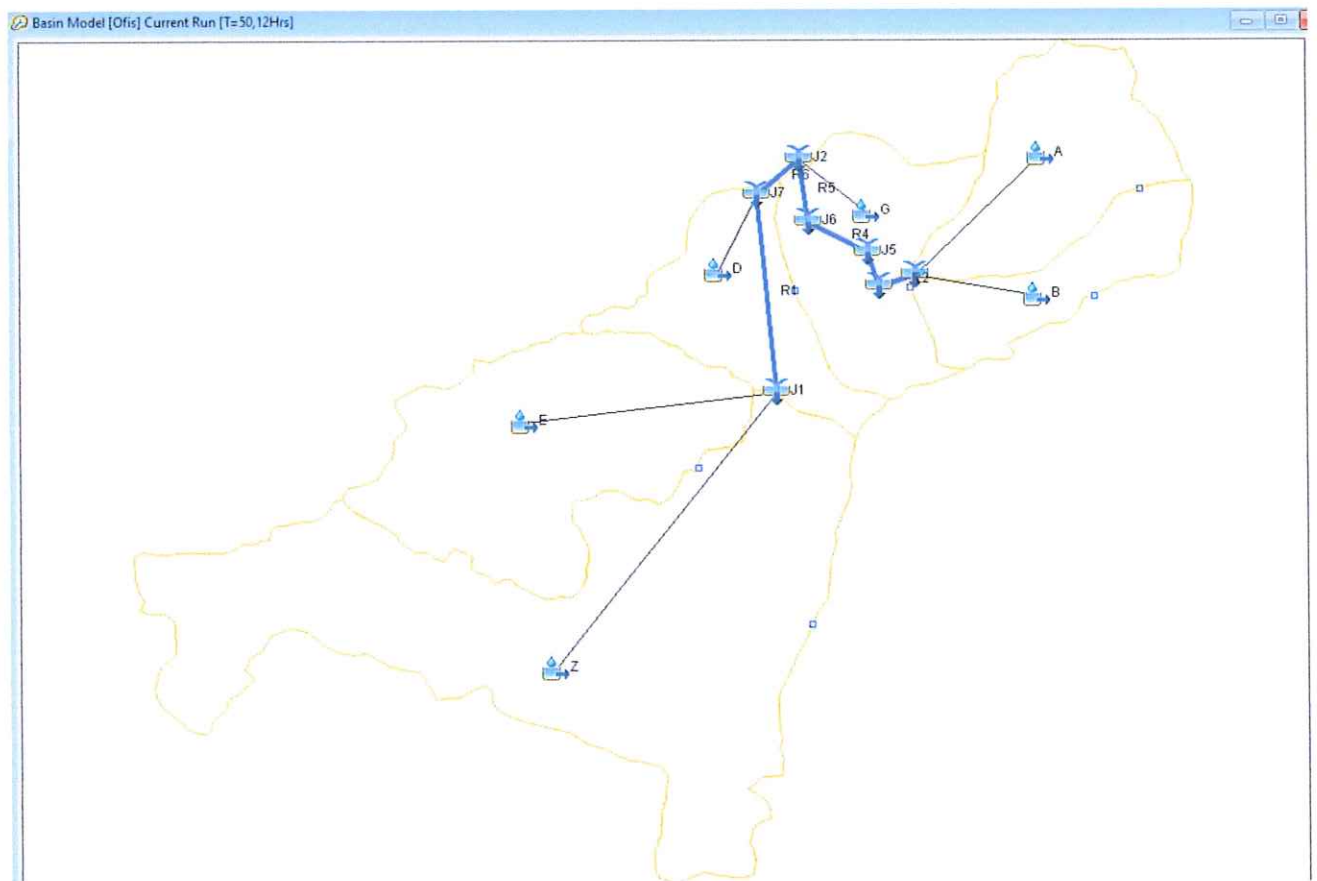
Για τη λεκάνη του ρ. «Όφικς» ο συντελεστής αναγωγής της σημειακής βροχόπτωσης σε επιφανειακή και συνολική επιφάνεια $A=33,16 \text{ km}^2$.

Θεωρώντας διάρκεια βροχόπτωσης 12ώρες προκύπτει ο συντελεστής αναγωγής της σημειακής βροχόπτωσης. Ειδικότερα

- Για το ρ. Όφισ με συνολική έκταση 33,16km² προκύπτει $\phi=0,987$ και

Οι παραπάνω τιμές έχουν εισαχθεί στο λογισμικό έτσι ώστε για κάθε υπολεκάνη να υπολογίζεται το Πλημμυρογράφημα αγνοώντας την επίδραση του συντελεστή ϕ . Αντίθετα λαμβάνεται υπόψη η απομείωση του συντελεστή ϕ όταν γίνεται προσθήκη του πλημμυρογραφήματος στις κατάντη ροές.

Η απεικόνιση του μοντέλου στο HEC-HMS για το ρ. «Όφισ» φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Εικόνα 4-1 Απεικόνιση μοντέλου ρ. «Όφισ»

5 Συνοπτικά Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των παροχών αιχμής, τα οποία και θα αποτελέσουν τις παροχές σχεδιασμού φαίνονται συνοπτικά στους παρακάτω πίνακες

Πίνακας 5-1 Συνοπτικά αποτελέσματα ρ. «Όφικ» για T=50έτη

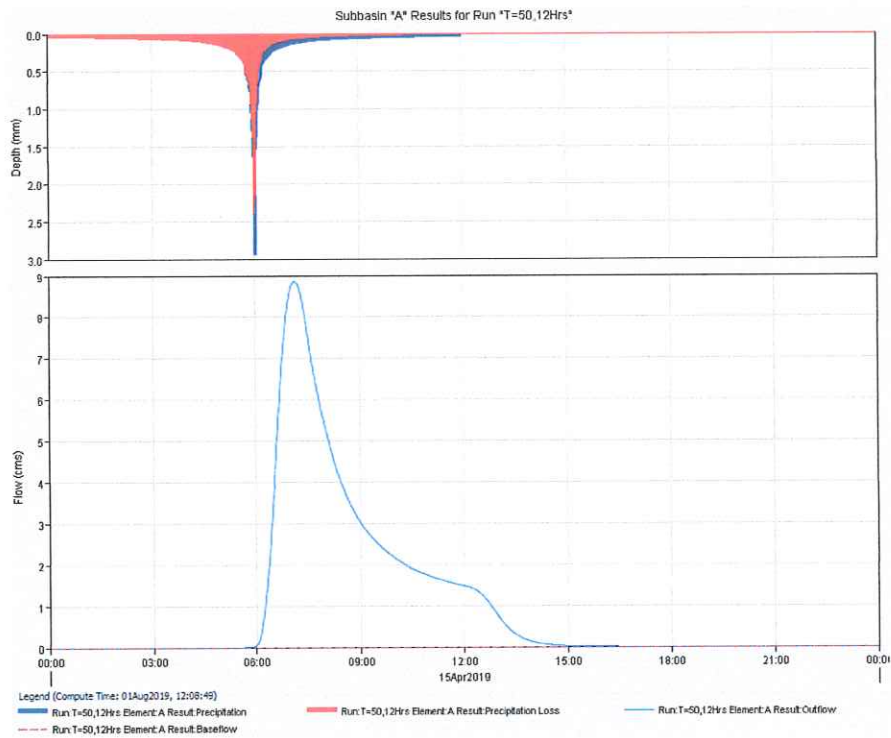
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΕC-HMS				
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ : T=50 ΕΤΗ				
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ / ΔΙΟΔΕΥΣΗ / ΚΟΜΒΟΣ	ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ (m³/δλ)	ΧΡΟΝΟΣ ΓΙΑ ΑΙΧΜΗ (ΑΠΟ 0:00 ΠΟΥ ΑΡΧΙΖΕΙ Η ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ (Χ1000 m³)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (km²)
Z	25.0873	20Aug2020, 10:57	643.217	14.51
E	19.7349	20Aug2020, 08:53	341.583	6.48
J1	39.5616	20Aug2020, 09:47	984.8	20.98
R1	39.499	20Aug2020, 10:02	983.455	20.98
D	4.4175	20Aug2020, 09:14	83.315	2.93
J7	43.596	20Aug2020, 09:57	1066.77	23.91
R6	43.5885	20Aug2020, 09:59	1066.597	23.91
A	8.8539	20Aug2020, 06:49	82.448	3.63
B	4.8525	20Aug2020, 06:41	48.287	2.12
J3	13.6938	20Aug2020, 06:45	130.735	5.75
R2	13.6938	20Aug2020, 06:46	130.735	5.75
J4	13.6938	20Aug2020, 06:46	130.735	5.75
R3	13.6938	20Aug2020, 06:46	130.731	5.75
J5	13.6938	20Aug2020, 06:46	130.731	5.75
R4	13.6938	20Aug2020, 06:49	130.639	5.75
J6	13.6938	20Aug2020, 06:49	130.639	5.75
R5	13.6938	20Aug2020, 06:53	130.421	5.75
G	4.8418	20Aug2020, 09:22	94.001	3.49
Εκβολή	51.5017	20Aug2020, 09:52	1291.02	33.16

6 Αναλυτικά Αποτελέσματα

Για κάθε υπολεκάνη παρουσιάζεται το υετόγραμμα μαζί με το παραγόμενο πλημμυρογράφημα.

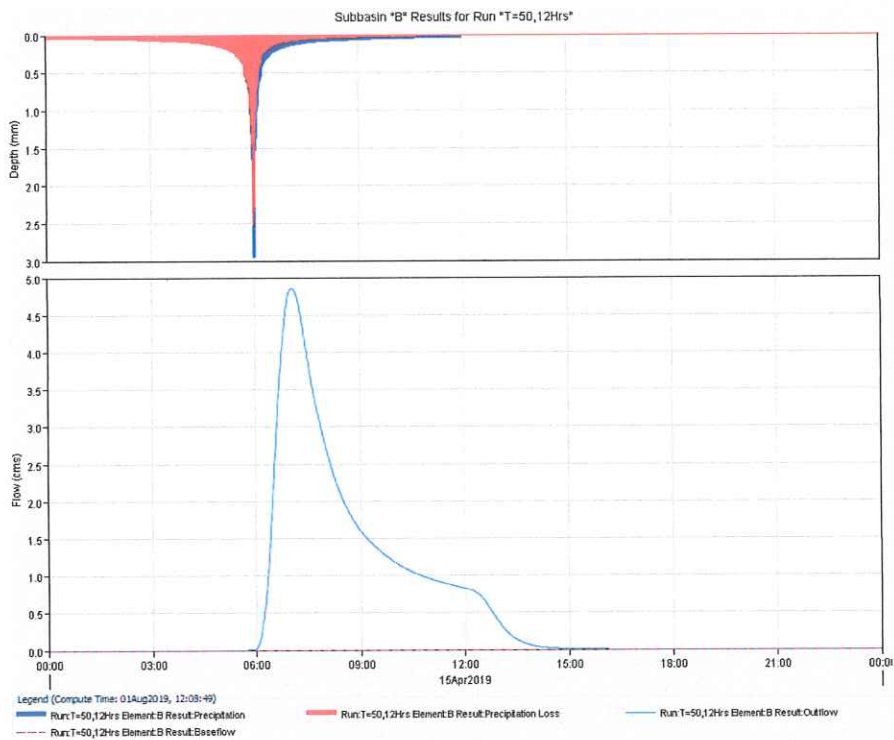
6.1 Υπολεκάνες ρ. «Όφιος»

6.1.1 Υπολεκάνη Α



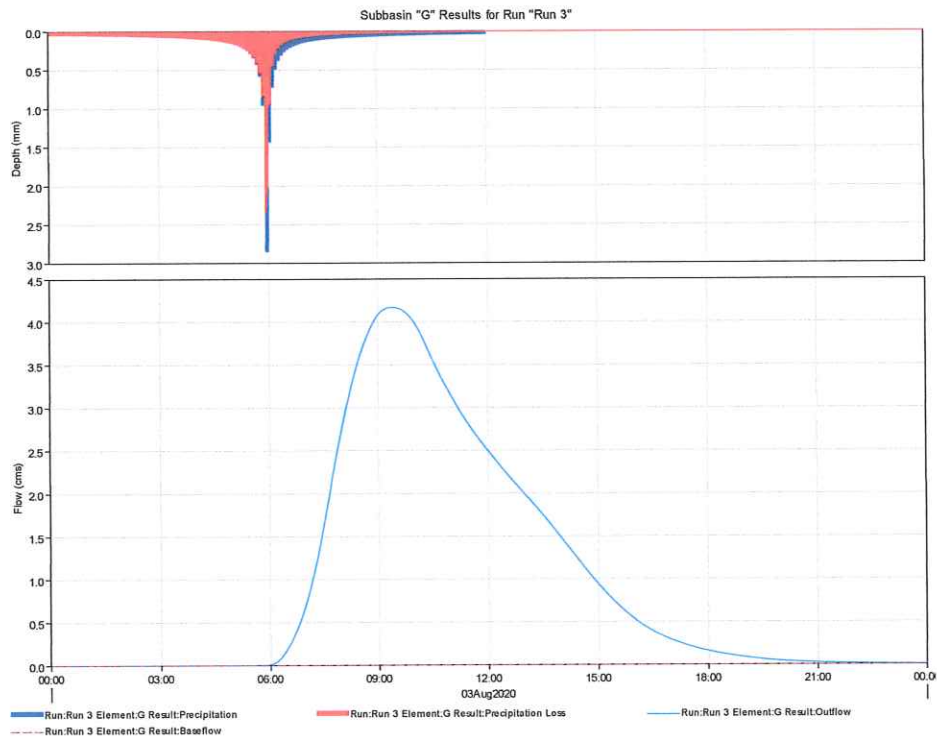
Εικόνα 6-1 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Α για T=50έτη

6.1.2 Υπολεκάνη Β



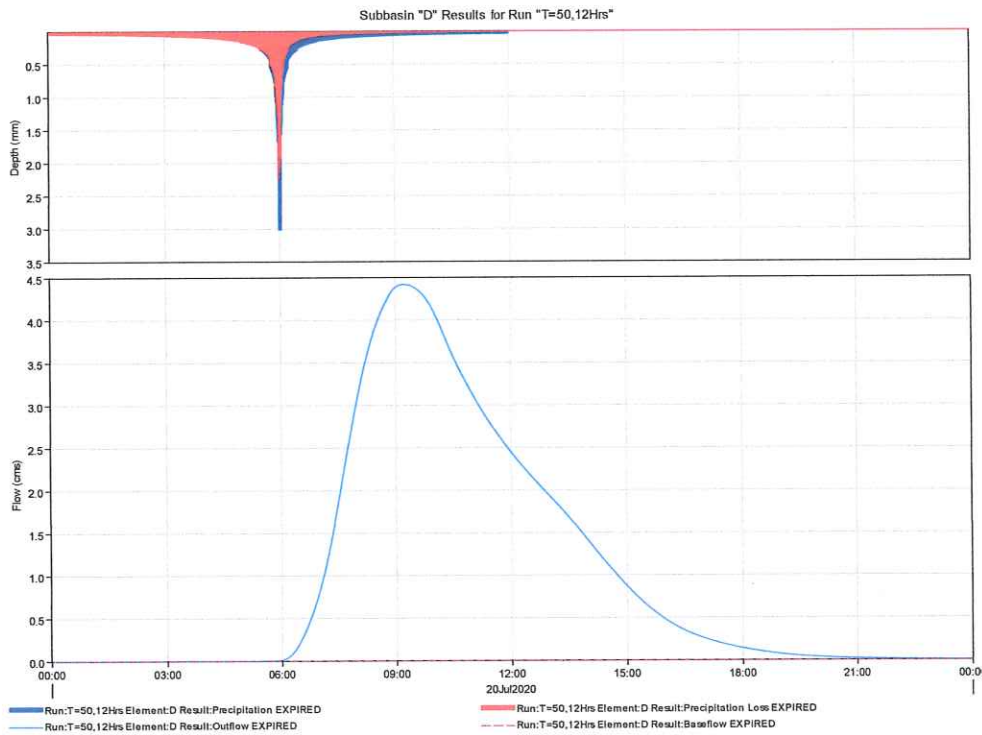
Εικόνα 6-2 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Β για T=50έτη

6.1.3 Υπολεκάνη G



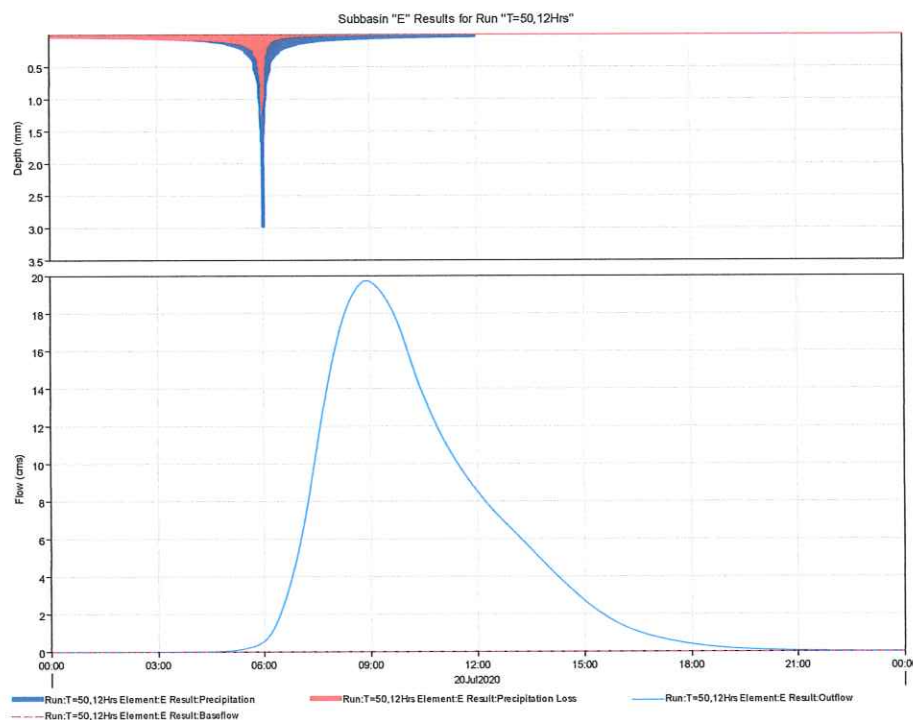
Εικόνα 6-3 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης G για T=50έτη

6.1.4 Υπολεκάνη D



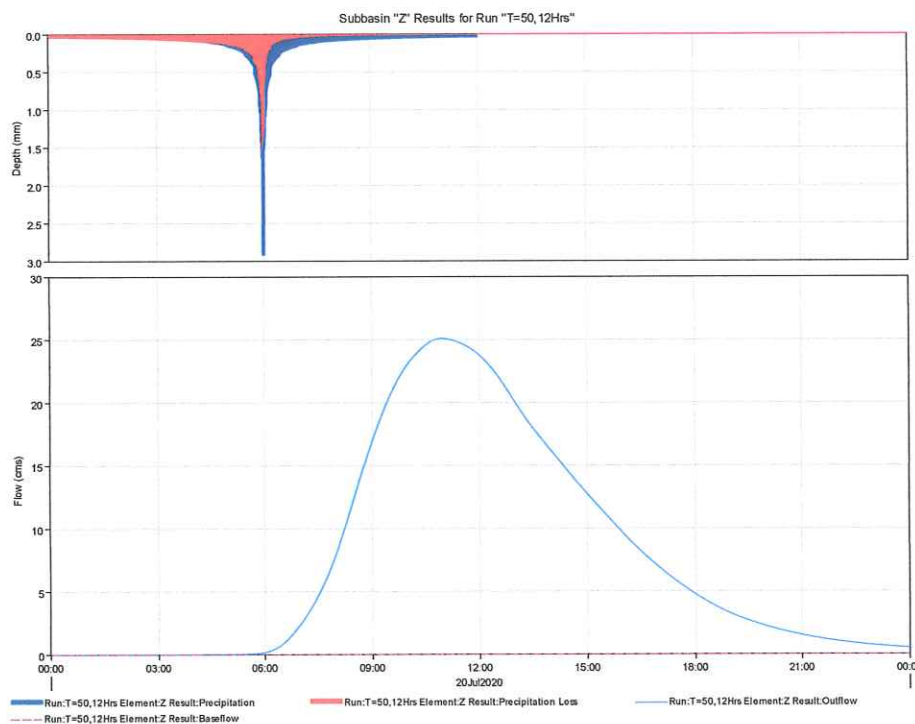
Εικόνα 6-4 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης D για T=50έτη

6.1.5 Υπολεκάνη Ε



Εικόνα 6-5 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Ε για T=50έτη

6.1.6 Υπολεκάνη Ζ



Εικόνα 6-6 Υετόγραμμα - Πλημμυρογράφημα υπολεκάνης Ζ για T=50έτη