



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΗΠΕΙΡΟΣ 2014-2020»

Πράξη: «Ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία χρονοσειρών, μοντέλων και ενημερώσεων σχετικά με τις πλημμύρες στην πόλη της Ηγουμενίτσας»

Υποέργο 1: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος και Διάχυση αποτελεσμάτων της Πράξης

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 1.1.3

Αναφορά αξιολόγησης πιλοτικού συστήματος

ΑΡΤΑ 2019



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΗΠΕΙΡΟΣ 2014-2020»

Πράξη: «Ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία χρονοσειρών, μοντέλων και ενημερώσεων σχετικά με τις πλημμύρες στην πόλη της Ηγουμενίτσας»

Υποέργο 1: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος και Διάχυση αποτελεσμάτων της Πράξης

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 1.1.3

Αναφορά Αξιολόγησης Πιλοτικού Συστήματος

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

Δρ. Βάρρας Γρηγόριος, Αν. Καθηγητής Παν/μίου Ιωαννίνων

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ

Δρ. Μυριούνης Χρήστος

Φωτιά Κωνσταντίνα

Δρ. Τσικερδέκης Αθανάσιος

Χριστοφίδης Αντώνης

Καλογρηάς Αναστάσιος

Μπαλαμπέκος Γεώργιος

Μπαλτζώ Πηνελόπη

<https://fipep.ioa.teiep.gr>

ΑΡΤΑ2019



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Πίνακας περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1	Αντικείμενο του έργου	15
1.2	Δομή του έργου	17
1.3	Λειτουργικότητα πράξης και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων	18
2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	19
2.1	Βασικά Χαρακτηριστικά της περιοχής	19
2.2	Στοιχεία από το Εγκεκριμένο Σχέδιο ΛΑΠ ΥΔ Ηπείρου	20
2.3	Στοιχεία από το Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου	25
2.3.1	Εισαγωγή	25
2.3.2	Προκαταρκτική αξιολόγηση	25
2.3.3	Αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου	28
2.3.4	Αβεβαιότητες - Περιορισμοί	30
2.3.5	Αποτελέσματα	31
2.3.5.1	Ρέμα Ξηροπόταμος	31
2.3.5.2	Ρέμα Λάκκας	33
2.4	Κύρια υδατορέματα του αστικού χώρου	34
2.4.1	Γεωμορφολογικά στοιχεία	36
2.4.2	Στοιχεία χρήσεων γης	37
2.5	Μετεωρολογικά δεδομένα στην περιοχή	39
2.5.1	Μηνιαία δεδομένα	39
2.5.2	Όμβριες καμπύλες	41
2.5.2.1	Γενικά	41
2.5.2.2	Στοιχεία από υφιστάμενες μελέτες	42
2.5.2.3	Στοιχεία από το Σχέδιο Διαχείρισης Πλημμυρών ΥΔ Ηπείρου	44
2.5.2.4	Διόρθωση λόγω επιφανειακής αναγωγής	49
2.5.2.5	Κλιματική αλλαγή	50



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

2.6	Ιστορικές πλημμύρες	50
2.7	Στοιχεία πρόσφατων πλημμυρών	54
3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	58
3.1	Συνοπτική περιγραφή	58
3.2	Αναλυτική περιγραφή.....	59
3.2.1	Μονάδα τηλεμετρίας & καταγραφής δεδομένων Ott NetDL 500/1000.....	59
3.2.2	Αισθητήρας ραντάρ μέτρησης στάθμης Ott RLS.....	60
3.2.3	Αισθητήρας Μέτρησης Επιφανειακής Ταχύτητας RSS-2-300W.....	61
3.2.4	Ζυγιστικός Βροχογράφος Ott Pluvio2L	61
3.2.5	Ερμάριο προστασίας Rittal	62
3.2.6	Σύστημα Ηλιακής Τροφοδοσίας	63
3.2.7	Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων METEOVIEW2.....	64
3.2.8	Λογισμικό Βαθμονόμησης και Υπολογισμού Παροχής Ott Prodis2.....	66
3.2.9	Φορητό σύστημα μέτρησης παροχής Ott MfPro	67
3.2.10	Αυτογραφικός Σταθμηγράφος Ott Ecolog 500.....	67
3.2.11	Κάμερα παρακολούθησης	68
3.3	Εγκατάσταση Σταθμών	68
3.4	Θέσεις σταθμών.....	69
4	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ - ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	70
4.1	Εισαγωγή.....	70
4.2	Υδρολογική ανάλυση	70
4.3	Λογισμικό προσομοίωσης HEC-HMS.....	70
4.3.1	Μοντέλο λεκάνης απορροής	72
4.3.2	Πρότυπο υπολογισμού απωλειών βροχής.....	72
4.3.3	Πρότυπο υπολογισμού άμεσης απορροής.....	76
4.3.4	Πρότυπο διόδευσης πλημμύρας	79
4.3.5	Πρότυπο βασικής ροής.....	79



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

4.3.6	Μοντέλο μετεωρολογικής πληροφορίας	80
4.4	Υδραυλική Προσομοίωση	80
4.4.1	Γενικά	80
4.4.2	Το λογισμικό HEC-RAS	81
4.4.3	Φιλοσοφία και δυνατότητες προγράμματος	82
4.4.3.1	Γενικά	82
4.4.3.2	Εξίσωση ενέργειας	82
4.4.3.3	Εξίσωση Manning	83
4.4.3.4	Εφαρμογή εξίσωσης διατήρησης ορμής	86
4.4.3.5	Υπολογισμός κρίσιμου βάθους	87
4.4.3.6	Συντελεστές απωλειών	88
4.4.3.7	Υπολογισμός του μέσου φορτίου κινητικής ενέργειας	89
4.4.3.8	Υπολογισμός κλίσης γραμμής ενέργειας	90
4.4.3.9	Βασικές εξισώσεις μη μόνιμης ροής	91
4.4.4	Δυνατότητες προγράμματος	92
4.4.5	Μειονεκτήματα του μοντέλου	93
4.4.6	Βασικές απαιτήσεις δεδομένων του μοντέλου	94
5	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	95
5.1	Εισαγωγή	95
5.2	Δεδομένα	95
5.2.1	Μετεωρολογικές Μετρήσεις	95
5.2.2	Μετεωρολογικές Μετρήσεις σε σημεία πλέγματος (E-OBS)	95
5.2.3	Κλιματικές Προσομοιώσεις Περιοχής	95
5.3	Μέθοδοι	98
5.3.1	Μέγιστη Ετήσια Βροχόπτωση	98
5.3.2	Όμβριες Καμπύλες (Intensity – Duration – Frequency curves)	98
5.3.3	Συνδυασμός των κλιματικών μοντέλων (ENS και BENS)	99



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

5.4	Αποτελέσματα.....	101
5.4.1	Ιστορική Περίοδος (1971-2000).....	101
5.4.2	Πρώτη Μελλοντική Περίοδος (2021-2050)	106
5.4.3	Δεύτερη Μελλοντική Περίοδος (2071-2100)	108
5.5	Συμπεράσματα.....	111
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	113
6.1	Αξιολόγηση του συστήματος.....	113
6.2	Αξιολόγηση στάδιο 1 ^ο	113
6.3	Αξιολόγηση στάδιο 2 ^ο	114
6.4	Αξιολόγηση στάδιο 3 ^ο	121
6.5	Επιλογή σεναρίων	133
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	134
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	137

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1-1	Περιοχή μελέτης εντός του Δήμου Ηγουμενίτσας (υπόβαθρο GoogleEarth)	17
Εικόνα 2-1	Μορφολογικός χάρτης του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου	21
Εικόνα 2-2	Οικολογική κατάσταση επιφανειακών υδατικών συστημάτων του ΥΔ 05.....	22
Εικόνα 2-3	Χημική κατάσταση επιφανειακών υδατικών συστημάτων του ΥΔ 05.....	23
Εικόνα 2-4	Συνολική κατάσταση επιφανειακών υδατικών συστημάτων του ΥΔ 05	23
Εικόνα 2-5	Χημική κατάσταση ΥΥΣ του υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου	24
Εικόνα 2-6	Ποσοτική κατάσταση ΥΥΣ του υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου.....	24
Εικόνα 2-7	Ζώνες Δυνητικά υψηλού Κινδύνου (ΖΔΥΚΠ) περιοχής ΥΔ Ηπείρου (πηγή: Προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνου Πλημμύρας στο ΥΔ Ηπείρου)	27
Εικόνα 2-8	Χάρτης περιοχής μελέτης, όπου απεικονίζεται η σχηματοποίηση των κόμβων και κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών για το ρέμα Ξηροπόταμου (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)	32



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 2-9 Υδρογράφημα σχεδιασμού στην έξοδο της λεκάνης ρέματος Ξηροπόταμου για μέσες συνθήκες (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)	32
Εικόνα 2-10 Χάρτης περιοχής μελέτης, όπου απεικονίζεται η σχηματοποίηση των κόμβων και κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών για το ρέμα Λάκκας (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)	34
Εικόνα 2-11 Υδρογράφημα σχεδιασμού στην έξοδο της λεκάνης ρέματος Λάκκας για μέσες συνθήκες (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)	34
Εικόνα 2-12 Τα υδατορέματα της περιοχής έρευνας α. Ρέμα Ν.Σελεύκειας, β. Ρέμα Τσιμπουρίκι, γ. Ρέμα Λάκκας, δ. Ρέμα Ξηροπόταμος	36
Εικόνα 2-13 Αποψη του ΓΠΣ του Δήμου Ηγουμενίτσας και των χρήσεων γης	38
Εικόνα 2-14 Αποψη των χρήσεων γης στην περιοχή έρευνας σύμφωνα με το σύστημα CORINE ...	39
Εικόνα 2-15 Θέση βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατάρτιση των όμβριων καμπυλών (πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου)	45
Εικόνα 2-16 Θέσεις βροχομετρικών σταθμών πλησίον της περιοχής έρευνας (πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου).....	46
Εικόνα 2-17: Όμβριες Καμπύλες σταθμού Ακτίου σύμφωνα με τις υφιστάμενες μελέτες και τη μελέτη της ΕΓΥ (ένταση mm/h) $T=50$ έτη	48
Εικόνα 2-18: Όμβριες Καμπύλες σταθμού Κέρκυρας σύμφωνα με τις υφιστάμενες μελέτες και τη μελέτη της ΕΓΥ (ένταση mm/h) $T=50$ έτη	48
Εικόνα 2-19: Όμβριες Καμπύλες σταθμού Ηγουμενίτσας (ΕΓΥ) σε σχέση με τις τιμές των σταθμών Ακτίου και Κέρκυρας των υφιστάμενων μελετών (ένταση mm/h) $T=50$ έτη.....	49
Εικόνα 2-20 Μεταβολή του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής συναρτήσει της έκτασης και της διάρκειας βροχής, σύμφωνα με την εξίσωση (8.24) (συνεχείς γραμμές), σε σύγκριση και με τις πινακοποιημένες τιμές του National Environmental Research Council (1975) (διακεκομμένες γραμμές) (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).	50
Εικόνα 2-21 Θέσεις Ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων (πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)	51
Εικόνα 2-22 Κατηγορίες ανά Αριθμό πλημμυρικών γεγονότων στις θέσεις ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων (πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)	52
Εικόνα 2-23 Φωτογραφία από τις καταστροφές του 2003 στην πόλη της Ηγουμενίτσας (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)	53



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 2-24 Φερτά υλικά από ρέματα της ευρύτερης περιοχής της Ηγουμενίτσας κατά τη διάρκεια των πλημμυρών του έτους 2012 (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)	54
Εικόνα 2-25 Χάρτης απεικόνισης πλημμυρικών συμβάντων στην ευρύτερη περιοχή της Ηγουμενίτσας (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)	54
Εικόνα 2-26 Πλημμυρικά φαινόμενα τον Οκτώβριο του έτους 2016	55
Εικόνα 2-27 Πλημμυρικά φαινόμενα τον Νοέμβριο του έτους 2017 (περιοχή του λιμένα Ηγουμενίτσας)	56
Εικόνα 2-28 Πλημμυρικά φαινόμενα τον Νοέμβριο του έτους 2017 (περιοχή του λιμένα Ηγουμενίτσας)	56
Εικόνα 2-29 Άποψη της υπάρχουσας γέφυρας μετά την πλημμύρα του Φεβρουαρίου του έτους 2018	57
Εικόνα 3-1 Το λογισμικό διαχείρισης περιβαλλοντικών δεδομένων Meteoview2	64
Εικόνα 3-2 Χρονοσειρά στάθμης νερού από το λογισμικό διαχείρισης περιβαλλοντικών δεδομένων Meteoview2	65
Εικόνα 4-1 Σχηματική απεικόνιση παραμετρικής δομής υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης με HEC-HMS	71
Εικόνα 4-2 Συμβολισμοί για την παράσταση της εξίσωσης ενέργειας	83
Εικόνα 4-3 Υποδιαίρεση της διατομής με το συντελεστή τραχύτητας Manning	84
Εικόνα 4-4 Εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ορμής	87
Εικόνα 4-5 Διάγραμμα μεταβολής της ενέργειας σε συνάρτηση με τη στάθμη του νερού	88
Εικόνα 4-6 Υπολογισμός μέσης γραμμής ενέργειας	89
Εικόνα 4-7 Ο έλεγχος όγκου και η εξίσωση συνέχειας	91
Εικόνα 5-1: Η περιοχή έρευνας η οποία οριοθετείται με τα κίτρινα πολύγωνα και η περιοχή που οριοθετεί το σημείο πλέγματος του EOBS που επιλέχτηκε.	96
Εικόνα 5-2: Η περιοχή έρευνας η οποία οριοθετείται με τα κίτρινα πολύγωνα και η περιοχή που οριοθετούν τα τέσσερα σημεία πλέγματος που επιλέχτηκαν από τις κλιματικές προσομοιώσεις.	97
Εικόνα 5-3: Η ετήσια μέγιστη ένταση βροχόπτωσης (mm·hour ⁻¹) με διάρκεια 24 ωρες για τα δέκα κλιματικά μοντέλα περιοχής (M1 έως M10), την Ensemble μέση τιμή τους (ENS), την βέλτιστη Ensemble μέση τιμή τους ως προς τις παρατηρήσεις του σταθμού της Κέρκυρας (BENS), τα δεδομένα από E-OBS (EOBS) και τα δεδομένα από τον σταθμό της Κέρκυρας (OBS) για την περίοδο 1971-2000.	99



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 5-4: Ετήσια μέγιστη βροχόπτωση (a) για το καλύτερο (χαμηλότερο) RMSE, (b) για το καλύτερο συνδυασμό των μοντέλων (BENS) με βάση το RMSE, StDev και CI και (c) για τον συνδυασμό όλων των μοντέλων (ENS) σε σύγκριση με τα δεδομένα παρατηρήσεων του σταθμού της Κέρκυρας αναφορικά με την περίοδο 1971-2000.100

Εικόνα 5-5: Όμβριες καμπύλες για την Κέρκυρα και την Ηγουμενίτσα με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια. (a) Απεικονίζεται η όμβρια καμπύλη της Κέρκυρας για την περίοδο 1955-2006 υπολογισμένη από μετρήσεις βροχογράφου με χρονική ανάλυση 5 λεπτά. Οι παράμετροι κ , λ , ψ , θ , η των όμβριων καμπυλών έχουν παρθεί από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05). (b) Απεικονίζεται η όμβρια καμπύλη για την περίοδο 1951-1996 & 2010-2012 υπολογισμένη από ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του σταθμού της Ηγουμενίτσας.103

Εικόνα 5-6: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 1971-2000 (a) του σταθμού της Κέρκυρας από ημερήσιες μετρήσεις βροχομέτρου και (b) την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του E-OBS. Στην (b) περίπτωση φαίνονται ελαφρώς και οι όμβριες καμπύλες του σχήματος (α) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.104

Εικόνα 5-7: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 1971-2000 για (a) την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του ENS των κλιματικών μοντέλων και (b) του BENS των κλιματικών μοντέλων. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του OBS (Εικόνα 7a) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.105

Εικόνα 5-8: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 1971-2000 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων. Τα όρια του RCP4.5 (πράσινη σκιά) προέκυψαν από την μέση τιμή της τυπικής απόκλισης των οχτώ μοντέλων που συνδυάστηκαν για να δημιουργηθεί το BENS. Οι όμβριες καμπύλες που περιγράφουν αυτά τα ανώτερα/κατώτερα όρια φαίνονται στον Πίνακα 3.106

Εικόνα 5-9: Ετήσια μέγιστη βροχόπτωση για το BENS της ιστορικής περιόδου (1971-2000; πράσινο) και τα σενάρια του BENS RCP4.5 (πορτοκαλί) και RCP8.5 (μόβ) για την πρώτη μελλοντική περίοδο (2021-2050).106

Εικόνα 5-10: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2021-2050 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και τα σενάρια (a) RCP4.5 και (b) RCP8.5. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 8b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.107



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 5-11: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2021-2050 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και το σενάριο RCP4.5. Φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 8b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση. Τα όρια του RCP4.5 (πορτοκαλί σκιά) προέκυψαν από την μέση τιμή της τυπικής απόκλισης των οχτώ μοντέλων που συνδυάστηκαν για να δημιουργηθεί το BENS. Οι όμβριες καμπύλες που περιγράφουν αυτά τα ανώτερα/κατώτερα όρια φαίνονται στον Πίνακα 5-3. Τα όρια της ιστορικής περιόδου (γκρί σκιά) προέκυψαν από τον πολλαπλασιασμό των τιμών της έντασης βροχόπτωσης των όμβριων καμπυλών με τις τιμές χ^2 και χ_u που δίνονται στον Πίνακα 2.1 του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) για τον σταθμό της Ηγουμενίτσας. Τα όρια για περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια είναι 0.876, 0.843 και 0.723 για το κατώτερο όριο και 1.109, 1.148 και 1.330 για το ανώτερο όριο.108

Εικόνα 5-12: Παρόμοιο γράφημα με την Εικόνα 5-11 αλλά για το σενάριο RCP8.5.108

Εικόνα 5-13: Ετήσια μέγιστη βροχόπτωση για το BENS της ιστορικής περιόδου (1971-2000; πράσινο) και τα σενάρια του BENS RCP4.5 (πορτοκαλί) και RCP8.5 (μόβ) για την δεύτερη μελλοντική περίοδο (2071-2100).109

Εικόνα 5-14: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2071-2100 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και τα σενάρια (a) RCP4.5 και (b) RCP8.5. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 8b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.109

Εικόνα 5-15: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2071-2100 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και το σενάριο RCP4.5. Φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 5-7b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση. Τα όρια του RCP4.5 (πορτοκαλί σκιά) προέκυψαν από την μέση τιμή της τυπικής απόκλισης των οχτώ μοντέλων που συνδυάστηκαν για να δημιουργηθεί το BENS. Οι όμβριες καμπύλες που περιγράφουν αυτά τα ανώτερα/κατώτερα όρια φαίνονται στον Πίνακα 3. Τα όρια της ιστορικής περιόδου (γκρί σκιά) προέκυψαν από τον πολλαπλασιασμό των τιμών της έντασης βροχόπτωσης των όμβριων καμπυλών με τις τιμές χ^2 και χ_u που δίνονται στον Πίνακα 2.1 του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) για τον σταθμό της Ηγουμενίτσας. Τα όρια για περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια είναι 0.876, 0.843 και 0.723 για το κατώτερο όριο και 1.109, 1.148 και 1.330 για το ανώτερο όριο.110



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 5-16: Παρόμοιο γράφημα με την Εικόνα 16 αλλά για το σενάριο RCP8.5.	110
Εικόνα 6-1 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου.....	119
Εικόνα 6-2 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Τσιμπουρίκι.....	120
Εικόνα 6-3 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Λάκκα	120
Εικόνα 6-4 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Ξηροπόταμος	121
Εικόνα 6-5 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας - Μαυρουδίου	125
Εικόνα 6-6 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Τσιμπουρίκι	126
Εικόνα 6-7 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Λάκκας	127
Εικόνα 6-8 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Ξηροπόταμος.....	128
Εικόνα 6-9 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας - Μαυρουδίου.....	129
Εικόνα 6-10 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Τσιμπουρίκι	130
Εικόνα 6-11 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Λάκκας ...	131
Εικόνα 6-12 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Ξηροπόταμος	132



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2-1 Ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας για το ΥΔ Ηπείρου	27
Πίνακας 2-2 Εξεταζόμενα σενάρια επικινδυνότητας πλημμύρας	29
Πίνακας 2-3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υδρολογικής προσομοίωσης Ρέματος Ξηροπόταμου (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου).....	31
Πίνακας 2-4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υδρολογικής προσομοίωσης Ρέματος Λάκκας (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)	33
Πίνακας 2-5 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά υδρολογικών λεκανών.....	36
Πίνακας 2-6 Χαρακτηριστικά Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας	40
Πίνακας 2-7 Μηνιαίες βροχοπτώσεις του Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας (πηγή: ΕΜΥ).....	40
Πίνακας 2-8 Ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας (πηγή: ΕΜΥ)	40
Πίνακας 2-9 Μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας (πηγή: ΕΜΥ)	41
Πίνακας 2-10 Πίνακας με τις παραμέτρους των όμβριων καμπυλών για τους πλησιέστερους σταθμούς στην περιοχή έρευνας του ΥΔ Ηπείρου(πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου)	47
Πίνακας 2-11 Πίνακας με τις παραμέτρους των όμβριων καμπυλών και τους συντελεστές των ορίων εμπιστοσύνης για τους πλησιέστερους σταθμούς στην περιοχή έρευνας του ΥΔ Ηπείρου (πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου).....	47
Πίνακας 2-12 Πλημμυρικά φαινόμενα στην περίοδο 2000-2014 (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)	52
Πίνακας 3-1 Συγκεντρωτικός πίνακας εγκατεστημένου εξοπλισμού για τις ανάγκες του έργου	58
Πίνακας 3-2 Θέσεις τηλεμετρικών σταθμών μέτρησης και βροχομετρικού σταθμού (σύστημα ΕΓΣΑ87).....	69
Πίνακας 4-1 Κατάταξη εδαφών ανάλογα με τη διαπερατότητά τους σύμφωνα με SCS.....	73
Πίνακας 4-2 Συνθήκες υγρασίας μεθόδου SCS	74
Πίνακας 4-3 Τυπικές τιμές του CN για προηγηθείσες συνθήκες υγρασίας τύπου II. (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999)	74
Πίνακας 4-4 Ελάχιστος ρυθμός διήθησης εδαφικών τύπων κατά SCS (Παπαμιχαήλ, 2004)	75
Πίνακας 4-5 Τιμές του CN για διάφορες χρήσης γης (Miliari et al., 2011)	75



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

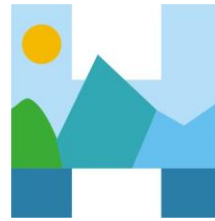


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Πίνακας 4-6 Τυπικές τιμές του συντελεστή Manning για διάφορα έργα (πηγή: ΟΜΟΕ).....	85
Πίνακας 4-7 Συντελεστές Συστολής και διαστολής.....	89
Πίνακας 5-1 Τα κλιματικά μοντέλα περιοχή που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν έργο	97
Πίνακας 5-2: Δεδομένα σχετικά με τις όμβριες καμπύλες. Οι στήλες κ,λ,ψ,η,θ αφορούν τις μεταβλητές των όμβριων καμπυλών για κάθε βάση δεδομένων. Η πέντε τελευταίες στήλες αναφέρουν την ένταση της βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 50 ετών και διάρκεια 12,18,24,32 και 48 ωρών. Τα ποσοστά στα πειράματα BENS RCP4.5 και RCP8.5 των μελλοντικών περιόδων (2021-2050, 2071-2100) αφορούν την ποσοστιαία αύξηση (%) της έντασης της βροχόπτωσης όπως προέκυψε από τις όμβριες καμπύλες σε σχέση με το πείραμα BENS της ιστορικής περιόδου (1971-2000).....	101
Πίνακας 5-3: Οι παράμετροι κ,λ,ψ,η και θ των ανώτερων και κατώτερων ορίων των όμβριων καμπυλών σύμφωνα με την μέση τυπική απόκλιση της μέσης τιμής των οχτώ μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του BENS για την ιστορική και τις δύο μελλοντικές περιόδους.	102
Πίνακας 5-4: Παρόμοιος πίνακας με τον Πίνακα 2 με την διαφορά πως οι τιμές των παραμέτρων κ, η και θ υπολογίστηκαν από τις χρονοσειρές της ετήσιας ακραίας βροχόπτωσης και δεν πάρθηκαν ως σταθερές από την βιβλιογραφία.	102
Πίνακας 5-5: Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις μέγιστες εντάσεις σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 και τις περιόδους 2021-2050 και 2071-2100 για την περιοχή έρευνας.	112
Πίνακας 6-1 Συνδυασμοί υδρολογικής προσομοίωσης για τα ρέματα της περιοχής έρευνας.....	114
Πίνακας 6-2 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου.....	115
Πίνακας 6-3 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Τσιμπουρίκι.....	116
Πίνακας 6-4 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Λάκκας	117
Πίνακας 6-5 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Ξηροπόταμος	118
Πίνακας 6-6 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου	121
Πίνακας 6-7 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Τσιμπουρίκι	122
Πίνακας 6-8 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Λάκκας	122
Πίνακας 6-9 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Ξεροπόταμου	122



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Πίνακας 6-10 Υδρολογική προσομοίωση για συνδυασμό σεναρίων μείωσης του συντελεστή απορροής κατά των σεναρίων της κλιματικής αλλαγής για τα υπο έρευνα ρέματα123

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο του έργου

Τα τελευταία χρόνια οι φυσικές καταστροφές σε παγκόσμιο επίπεδο παρουσιάζουν αυξητική τάση και απειλούν τις σύγχρονες κοινωνίες προκαλώντας απώλειες τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε ανθρώπινες ζωές. Το γεγονός αυτό έχει προκαλέσει την ανάγκη εξεύρεσης νέων τρόπων και μεθόδων που θα μπορέσει ο άνθρωπος να κατανοήσει τον κίνδυνο των φυσικών καταστροφών και θα προβλέψει την ένταση και την κατανομή των καταστροφικών φαινομένων.

Οι πλημμύρες αποτελούν μία από τις βασικές αιτίες καταστροφών που οφείλονται σε φυσικά αίτια (Οδηγία 2007/60/EC) και αναμένεται να ενταθούν στο μέλλον. Σύμφωνα με τα μοντέλα ανάλυσης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθήνας (Γιαννακόπουλος, 2015) τα βορειοδυτικά τμήματα της Ελλάδας αναμένεται να παρουσιάσουν αύξηση στη συνολική χειμερινή βροχόπτωση έως και 10% έως το 2050, ενώ άλλες μελέτες αναφέρουν έως και τριπλασιασμό του οικονομικού αντίκτυπου από πλημμύρες στην περιοχή μελέτης (Bank of Greece, 2011). Στο πλαίσιο αυτό οι τοπικές κοινωνίες πρέπει να οργανώσουν τρόπους καταγραφής των σχετικών παραμέτρων, πρόβλεψης πλημμυρικών επεισοδίων και ειδοποίησης για σχετικούς κινδύνους (Σύμφωνο των Δημάρχων για το Κλίμα και την Ενέργεια, 2017).

Με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ θεσπίστηκε το πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας με στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες. Η Οδηγία έχει ενσωματωθεί στο Εθνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1108/21.07.2010) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με την ΚΥΑ 177772/924 (ΦΕΚ Β' 2140/22.06.2017). Η γεωγραφική μονάδα εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας είναι η Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (Υδατικό Διαμέρισμα), ίδια γεωγραφική μονάδα με αυτή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τα Νερά.

Η εφαρμογή των απαιτήσεων της Ευρωπαϊκής οδηγίας πραγματοποιήθηκε σε τρία (3) στάδια:

1ο Στάδιο: Προκαταρκτική εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στις λεκάνες απορροής των ποταμών και τις αντίστοιχες παράκτιες ζώνες και προσδιορισμός των περιοχών όπου υπάρχουν δυνητικοί σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας ή είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα (Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας), (Άρθρο 4 & 5).

2ο Στάδιο: Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Άρθρο 6).

3ο Στάδιο: Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (Άρθρο 7). Τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας καλύπτουν όλες τις πτυχές της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας εστιαζόμενα στη πρόληψη, την προστασία και την ετοιμότητα συμπεριλαμβανομένων των προβλέψεων πλημμυρών και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης λεκάνης ή υπολεκάνης απορροής του ποταμού.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας / ΕΓΥ (ΥΠΕΚΑ, 2017α) έχει αναπτύξει ειδικό διαδικτυακό τόπο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας. Σε αυτόν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για:

- το περιεχόμενο της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας και την ΚΥΑ 31822/2010 με την οποία ενσωματώθηκε η Οδηγία στο Ελληνικό δίκαιο.
- την Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας (ΠΑΚΠ) που υλοποίησε η Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υ.Π.Ε.Κ.Α.
- τους Χάρτες Επικινδυνότητας και Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας για τις περιοχές που υπέδειξε η ΠΑΚΠ σε όλα τα Υδατικά Διαμερίσματα και τις Λεκάνες Απορροής Ποταμού της χώρας

Στο πλαίσιο της Οδηγίας 2007/60 έχει εκπονηθεί το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου, το οποίο έχει εγκριθεί με την υπ. αριθμ. ΥΠΕΝ/ΓΡΕΓΥ/41368/326 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ 2684/Β/06-07-2018).

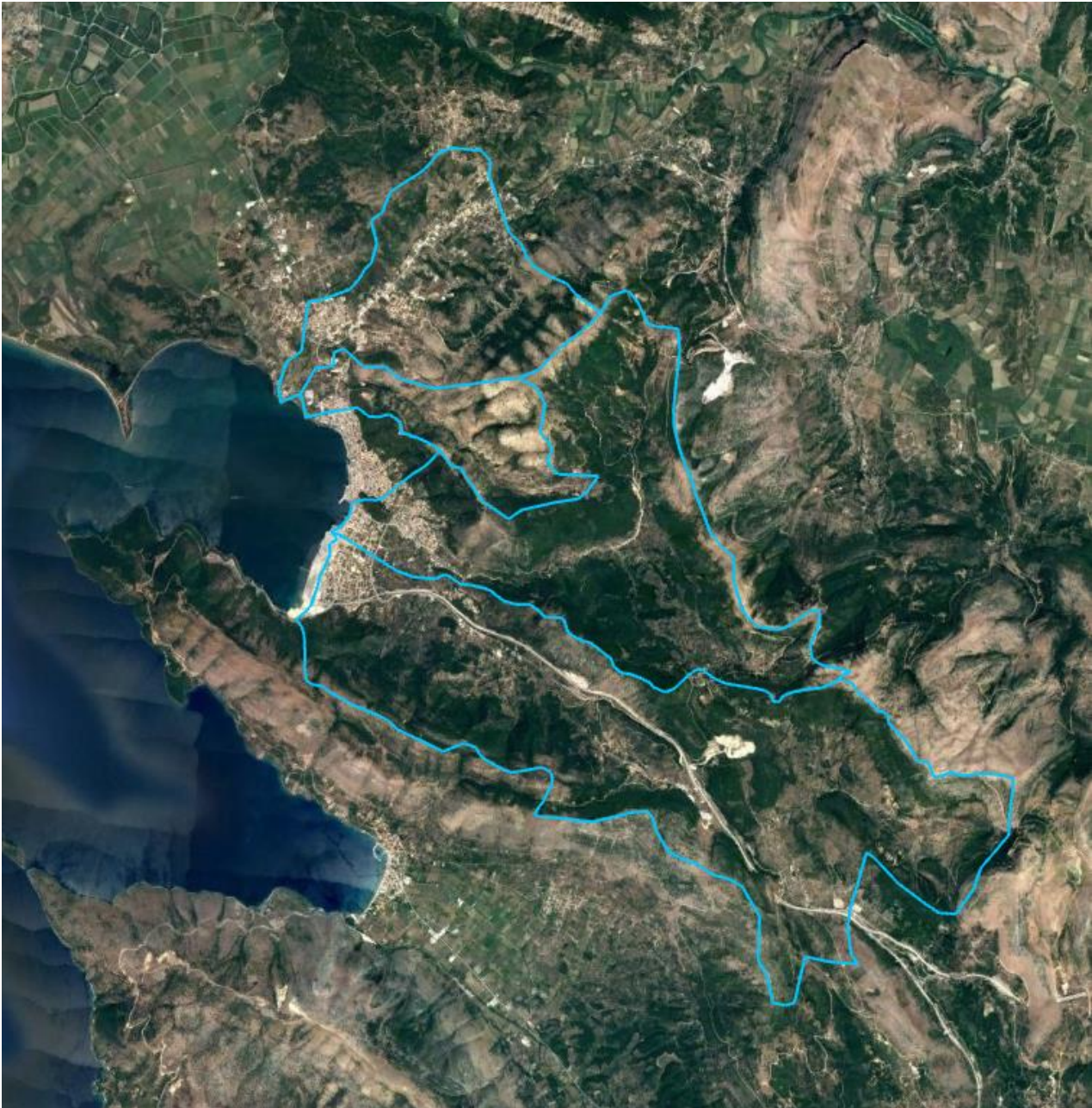
Το παρόν έργο λαμβάνοντας υπόψη και την πρόσφατη απόφαση σχετικά με την εξειδίκευση περιεχομένου Περιφερειακών Σχεδίων για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ) (ΥΠΕΚΑ, 2017β), αποσκοπεί στην εφαρμογή και αξιολόγηση μίας ολοκληρωμένης λύσης για καταγραφή δεδομένων στάθμης και παροχής σε ρέματα και αγωγούς ομβρίων που σχετίζονται άμεσα με αστικές περιοχές και την συσχέτιση των υδρολογικών πληροφοριών με την πράσινη υποδομή σε αστικό και περιαστικό επίπεδο. Η πράξη έχει πιλοτική εφαρμογή στην πόλη της Ηγουμενίτσας και αφορά την προμήθεια του κατάλληλου εξοπλισμού, την εγκατάσταση και συντήρηση του τηλεμετρικού δικτύου, τη μεθοδολογία μέτρησης και αξιοποίησης των πληροφοριών καθώς και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσπρωτίας, στην ευρύτερη υδρολογική Λεκάνη απορροής του ποταμού (ΛΑΠ) Καλαμά (EL12, 2523 km² σύμφωνα με ΕΓΥ, 2018) και ειδικότερα στην εκβολή της στον όρμο Ηγουμενίτσας (EL0512C0003H, σύμφωνα με ΕΓΥ, 2018). Στην Ηγουμενίτσα από τα βόρεια προς τα νότια υπάρχουν το ρέμα Μαυρουδίου-Νέας Σελεύκειας, το Ρέμα Τσιμπουρίκι, το Ρέμα Ξηροποτάμου και το ρέμα Λάκκας.

Η περιοχή που αφορά άμεσα η Πράξη έχει έκταση περίπου 70km² (Εικόνα 1-1). Στην πόλη της Ηγουμενίτσας έχουν γίνει αντιπλημμυρικά έργα τα οποία όμως παρουσιάζουν αστοχίες που οφείλονται κυρίως στη ραγδαία ανάπτυξη της πόλης και τη δημιουργία του νέου λιμανιού (ΙΓΜΕ, 2016). Η έρευνα που έγινε στο πλαίσιο προετοιμασίας της πρότασης έδειξε ότι σύμφωνα με την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας Υδροσκόπιο (2017) στην περιοχή του προτεινόμενου έργου λειτουργεί μόνο ο ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ του ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως "Μη ενεργός, Συμβατικός" (<http://main.hydroscope.gr/stations/d/1822/>) ενώ σύμφωνα με την ΕΜΥ (Κλιματικός Άτλαντας Ελλάδας, 2017), στην περιοχή δεν λειτουργεί κανένας μετεωρολογικός ή βροχομετρικός σταθμός. Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (Τμ. Φυσικής) έχει εγκατεστημένο σταθμό στην περιοχή: <http://www.riskmed.net/about.asp> αλλά παρουσιάζει ασυνέχειες ως προς τη λήψη δεδομένων ενώ υπάρχουν και 2 ερασιτεχνικοί σταθμοί, ένας που είναι ενταγμένος στο δίκτυο του meteoclub (Φιλοθέη - περιοχή των ρεμάτων Λάκκας και Ξηροποτάμου, <http://igoumenitsa.meteoclub.gr/>) και ένας που είναι ενταγμένος στο δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθήνας / meteo.gr (Μαυρούδι - περιοχή του ρέματος Μαυρουδίου – Νέας Σελεύκειας, <http://penteli.meteo.gr/stations/igoumenitsa/>).

Να σημειωθεί ότι σύμφωνα με μελέτη (ΙΓΜΕ, 2016) υπάρχει πρακτικά απόλυτη έλλειψη χρονοσειρών υδρολογικών και μετεωρολογικών μετρήσεων στην περιοχή, γεγονός που κάνει

πολύ δύσκολη την τεκμηρίωση των μοντέλων και την λήψη αποφάσεων για την πρόληψη κινδύνων.



Εικόνα 1-1 Περιοχή μελέτης εντός του Δήμου Ηγουμενίτσας (υπόβαθρο GoogleEarth)

1.2 Δομή του έργου

Η πράξη συντίθεται από τρία υποέργα ως εξής:

- Υποέργο 1: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος και Διάχυση αποτελεσμάτων
 - ✓ Πακέτο εργασίας 1.1: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος - Καταγραφή παροχών, μοντελοποίηση και αξιολόγηση πλημμυρικού κινδύνου σε ρέματα που διατρέχουν αστικές περιοχές

- ✓ Πακέτο εργασίας 1.2.: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος - Καταγραφή ανάγλυφου και εδαφοκάλυψης περιαστικών περιοχών με σκοπό την μοντελοποίηση του πλημμυρικού κινδύνου
- ✓ Πακέτο εργασίας 1.3.: Διάχυση αποτελεσμάτων
- Υποέργο 2: Προμήθεια εξοπλισμού
 - ✓ Πακέτο εργασίας 2.1.: Προμήθεια εξοπλισμού
- Υποέργο 3: Προμήθεια εξοπλισμού
 - ✓ Πακέτο εργασίας 3.1: Προμήθεια εξοπλισμού

1.3 Λειτουργικότητα πράξης και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Η προτεινόμενη πράξη αναφέρεται σε ερευνητικό τομέα αιχμής, έχει σημαντική επιστημονική απήχηση και πληροί κριτήρια υψηλής επιστημονικής ποιότητας. Με την εφαρμογή της αναμένεται να υπάρξει πρόοδος της Περιφέρειας όσο αφορά της απαιτήσεις της Οδηγίας 2007/60/EC (ΕΓΥ, 2018) για τις πλημμύρες όσο και ως προς αυτές της Οδηγίας 2000/60/EC και το σχετικό Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων για την Περιφέρεια Ηπείρου (ΕΓΥ, 2017) σύμφωνα στους σκοπούς των οποίων είναι και η συμβολή στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες. Με την ολοκλήρωση της πράξης θα υπάρχουν διαθέσιμα:

1. Λειτουργικό δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών υδρολογικών δεδομένων και διαδικτυακή εφαρμογή πρόσβασης στα σχετικά δεδομένα και πληροφορία καθώς και σύστημα ειδοποίησης για κίνδυνο υπερχείλισης ρεμάτων και αγωγών ομβρίων.
2. Υλικό τεκμηρίωσης σχετικά με την αρχική επιλογή θέσεων εγκατάστασης, την αξιολόγηση και την πιλοτική λειτουργία του συστήματος καθώς και πρωτόκολλα και εργαλεία παρακολούθησης, μέτρησης και προειδοποίησης.
3. Ορθοεικόνες, ψηφιακό μοντέλο επιφανείας και ψηφιακό μοντέλο εδάφους, μοντέλο και χάρτες πλημμυρικού κινδύνου της περιοχής μελέτης για διάφορα σενάρια.
4. Υλικό από τις εκδηλώσεις διάδοσης των αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα της προτεινόμενης πράξης είναι σημαντικά τόσο για την προώθηση των σκοπών της πρόσκλησης «Ανάπτυξη συστημάτων για την παρακολούθηση, αξιολόγηση και δημιουργία μοντέλων για την εξέλιξη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε επιμέρους υψηλής σημαντικότητας περιοχές». Αναμένεται δε να αξιοποιηθούν ως μοντέλο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών και σε άλλες περιοχές της Ηπείρου.

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Βασικά Χαρακτηριστικά της περιοχής

Η περιοχή έρευνας διοικητικά ανήκει στο Δήμο Ηγουμενίτσας. Ο Δήμος Ηγουμενίτσας κατέχει σχεδόν κεντρική θέση στην παράκτια, δυτική πλευρά του Νομού Θεσπρωτίας και περιλαμβάνει το μοναδικό αστικό κέντρο και πρωτεύουσα της Θεσπρωτίας. Η Περιφερειακή Ενότητα ανήκει στην περιφέρεια Ηπείρου και κατέχει το βορειοδυτικό άκρο της ηπειρωτικής έκτασης της χώρας. Η πόλη της Ηγουμενίτσας αποτελεί τυπικό παράδειγμα παράλληλης ανάπτυξης λιμανιού και πόλης. Το λιμάνι αποτελεί κύρια πηγή εσόδων στην περιοχή και αναπόσπαστο κομμάτι της αστικής δομής και της κοινωνικής ζωής της πόλης.

Ως διαγραφόμενη πύλη της χώρας προς την δυτική και κεντρική Ευρώπη, η Ηγουμενίτσα αποτελεί κόμβο βασικών μεταφορικών αξόνων, συγκεκριμένα:

Είναι η δυτική απόληξη της Εγνατίας Οδού στον εθνικό χώρο. Η Εγνατία αποτελεί τμήμα του άξονα Ανατολής-Δύσης, ο οποίος θα ενώνει με συνδυασμένο σύστημα μεταφορών τη Ν.Δ. Ευρώπη (Ιβηρική χερσόνησο, Ν. Γαλλία) με την Ασία και τον Εύξεινο Πόντο.

Αποτελεί δυναμικό κόμβο θαλάσσιων συγκοινωνιών με το Νέο Λιμάνι διεθνών προδιαγραφών, η λειτουργία του οποίου αναβαθμίζει την Ηγουμενίτσα σε βόρειο-δυτική «πύλη» της χώρας.

Αποτελεί απόληξη του εγκάρσιου Σιδηροδρομικού Δικτύου το οποίο προγραμματίζεται να ενώσει τη δυτική με την ανατολική ακτή της χώρας και με κομβικά σημεία-πόλεις, εξυπηρετώντας τις εμπορικές και επιβατικές μεταφορές.

Αποτελεί βασικό σταθμό πριν από τα Αλβανικά σύνορα της Παραϊόνιας οδού, που αποτελεί τμήμα του άξονα της Αδριατικής και συνδέει την Ν. Ελλάδα με την Κεντρική και Β.Δ. Ευρώπη. Ο δυτικός κλάδος του άξονα αυτού, ο οποίος διέρχεται από την Ιταλία, προτείνεται και από το Ευρωχωροταξικό σχέδιο ως βασικός αναπτυξιακός άξονας.

Ακόμη ο ρόλος του Δήμου Ηγουμενίτσας αντανακλά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει ως πρωτεύουσα Νομού, από πλευράς υπηρεσιών διοίκησης, εκπαίδευσης, μεταφορών, εμπορίου, τουρισμού, υγείας κλπ. καθώς και ως κέντρο διέλευσης της οδικής κυκλοφορίας που κατευθύνεται προς τα βόρεια του Νομού και την Αλβανία, αλλά και προς τη Θεσσαλία (μέσω Εγνατίας), προδιαγράφοντας το πλαίσιο για σημαντικές διαφοροποιήσεις στις χρήσεις γης και την ταυτότητα του Δήμου.

Με βάση τα παραπάνω, ο αναπτυξιακός ρόλος της Ηγουμενίτσας διαγράφεται όχι μόνον σε σχέση με το Νομό Θεσπρωτίας και την Περιφέρεια Ηπείρου, αλλά και σε σχέση με το σύνολο της χώρας. Ο αναπτυξιακός ρόλος της πόλης και του Δήμου γενικότερα απαιτεί μια φιλόδοξη και μακρόπνη αντιμετώπιση στην κατανομή των χρήσεων γης και στην πολεοδομική οργάνωση των οικιστικών υποδοχέων, με στόχο την ευελιξία προσαρμογής του χώρου του Δήμου στα νέα δεδομένα αλλά και την αποφυγή συγκρούσεων των χρήσεων και διασφάλιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

Σχετικά με την παραγωγική δομή του Δήμου Ηγουμενίτσας διαπιστώνονται τα εξής:

- ✓ στον πρωτογενή τομέα παραγωγής, η γεωργική δραστηριότητα εστιάζεται στις αροτραίες καλλιέργειες και σε μικρότερο βαθμό στις δενδρώδεις καλλιέργειες και στις καλλιέργειες κηπευτικών προϊόντων. Αναφορικά με την κτηνοτροφική δραστηριότητα ο πλέον δυναμικός κλάδος είναι της αιγοπροβατοτροφίας και ακολουθεί η βοοτροφία, με κύρια την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων και κρέατος, με μικρή ωστόσο συμμετοχή στη συνολική κτηνοτροφική παραγωγή του Νομού. Επίσης, η Ηγουμενίτσα και η Πλαταριά

αποτελούν το κύριο αλιευτικό κέντρο του Νομού Θεσπρωτίας, συγκεντρώνοντας αρκετά μικρά αλιευτικά σκάφη, ενώ μαζί με τη Σαγιάδα (Δήμου Φιλιατών) αποτελεί κέντρο θαλασσοκαλλιέργειας που βασίζεται στην εκμετάλλευση της λιμνοθάλασσας και της εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας (η θαλασσοκαλλιέργεια αποτελεί φθίνουσα δραστηριότητα ενώ η ιχθυοκαλλιέργεια πιο δυναμικό κλάδο).

- ✓ ο δευτερογενής τομέας παραγωγής αφορά κυρίως στις κατασκευές και στη μεταποιητική δραστηριότητα που σχετίζεται με τον πρωτογενή τομέα παραγωγής (μεταποίηση αγροτοδιατροφικών προϊόντων, προϊόντων ξυλείας, κ.λπ.), με δυναμικότερο τον κλάδο των κατασκευών, ο οποίος όμως τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σημαντική καθίζηση λόγω της κρίσης.
- ✓ ο τριτογενής τομέας παραγωγής αφορά κυρίως σε λειτουργίες λιανικού και χοντρικού εμπορίου, σε υπηρεσίες μεταφορών, τουρισμού και αναψυχής, και σε υπηρεσίες μεσιτικών και άλλων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

Γενικά ο Δήμος Ηγουμενίτσας δεν παρουσιάζει τα τυπικά χαρακτηριστικά ενός αγροτικού περιφερειακού δήμου, όπου η πλειοψηφία των κατοίκων ασχολείται με τον πρωτογενή ή το δευτερογενή τομέα. Στο σημείο αυτό, ο Δήμος Ηγουμενίτσας διαφοροποιείται από την τυπική ελληνική περιφέρεια, αποτελώντας αστικό κέντρο με έμφαση στις υπηρεσίες. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στη Δ.Ε. Ηγουμενίτσας καθώς και στη Δ.Ε. Συβότων όπου κυριαρχεί η απασχόληση στον τουριστικό κλάδο.

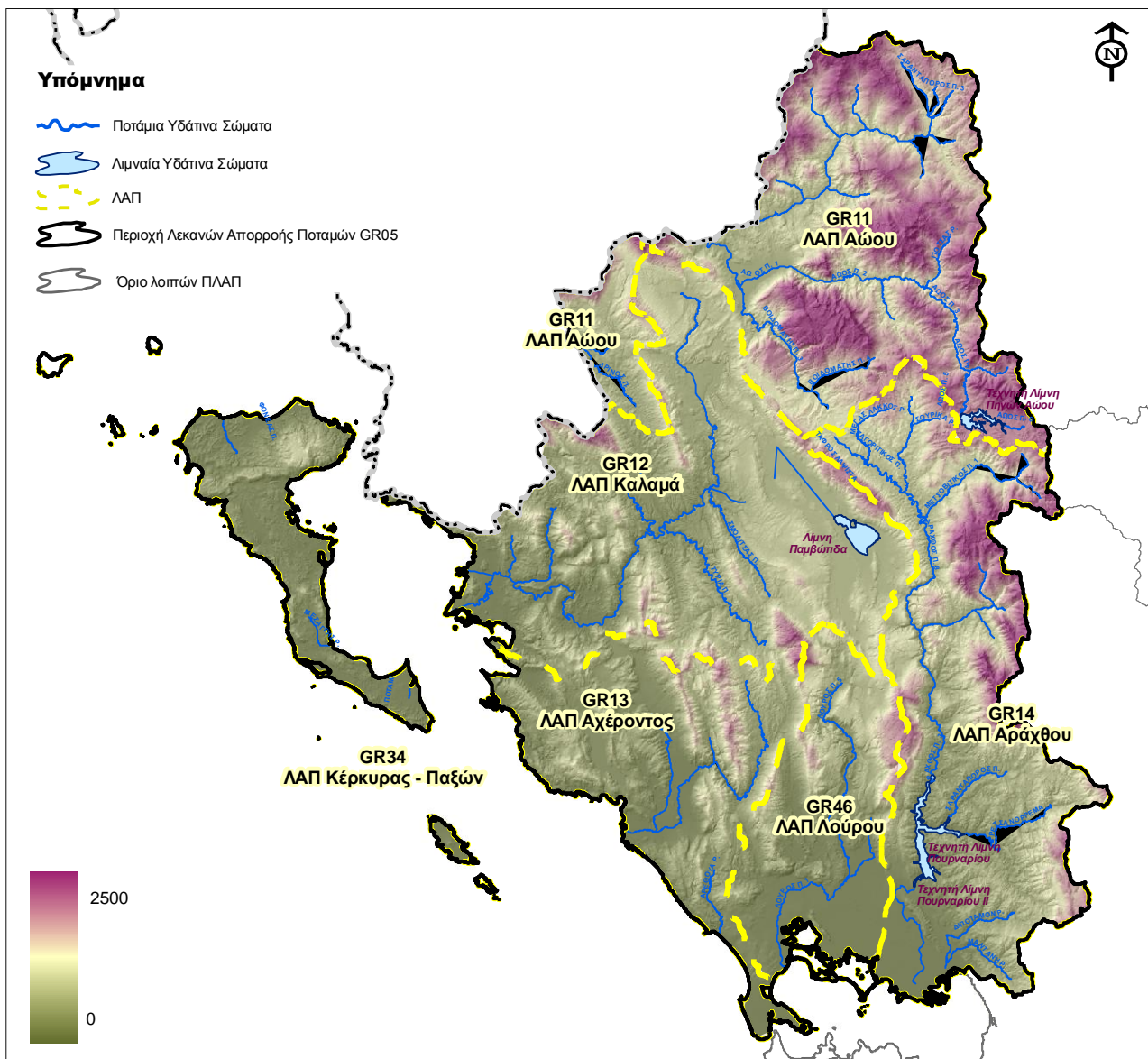
Στο Δήμο Ηγουμενίτσας, σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα για την ανάπτυξη του τουρισμού αποτελούν κυρίως το εκτεταμένο παράκτιο μέτωπό του με ελκυστικές παραλίες και καλής ποιότητας κολυμβητικά ύδατα, που αποτελούν περιοχές παραθεριστικού τουρισμού και συγκεντρώνουν σημαντικό αριθμό τουριστικών υποδομών φιλοξενίας, αλλά και άλλες περιοχές όπου εντοπίζονται ποικίλα οικοσυστήματα και σημαντικοί πολιτιστικοί πόροι.

Η περιοχή παρουσιάζει επαρκές οδικό δίκτυο, με την πρόσβαση να πραγματοποιείται από δημοτική οδό. Υπάρχει ενιαίο κεντρικό δίκτυο συλλογής, μεταφοράς και παροχέτευσης των υγρών οικιακών αποβλήτων στις εγκαταστάσεις του δικτύου αποχέτευσης του Δήμου. Ο Δήμος διαθέτει κεντρικό σύστημα ύδρευσης που καλύπτει τους οικισμούς που ανήκουν σ' αυτόν. Επιπρόσθετα όλοι οι οικισμοί διαθέτουν τοπικά υδραγωγεία, υδατοδεξαμενές και δίκτυα διανομής, που τροφοδοτούνται κυρίως από γεωτρήσεις. Τα δίκτυα διανομής καλύπτουν την περιοχή και βρίσκονται σε καλή κατάσταση συντηρήσεως και λειτουργίας. Η περιοχή ηλεκτροδοτείται από το δίκτυο υψηλής τάσης της ΔΕΗ. Στα διοικητικά όρια του Δήμου υπάρχει μεγάλος αριθμός υποσταθμών Υ/Τ που συνδέονται με τα τοπικά δίκτυα Χ/Τ. Όλοι οι οικισμοί συνδέονται με το δίκτυο διανομής της περιοχής.

2.2 Στοιχεία από το Εγκεκριμένο Σχέδιο ΛΑΠ ΥΔ Ηπείρου

Στο πλαίσιο της Οδηγίας 2000/60 έχει εκπονηθεί το σχέδιο διαχείρισης ΛΑΠ του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου. Το σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου έχει εγκριθεί με την υπ. αριθμ. 106/2014 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ 2292/Β/13-9-2013). Επίσης με απόφαση του Ειδικού Γραμματέα Υδάτων έχει εγκριθεί 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου και η αντίστοιχη Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΦΕΚ 4664/Β/2017). Η περιοχή του έργου εντοπίζεται εντός της λεκάνης απορροής

του ποταμού Καλαμά GR12 (Εικόνα 2-1)η οποία με την αναθεώρηση του σχεδίου μετονομάστηκε σε EL12.



Εικόνα 2-1 Μορφολογικός χάρτης του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου

Ο ποταμός Καλαμάς πηγάζει από το όρος Δούσκο και εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος. Το συνολικό μήκος του είναι 115 km. Η συνολική έκταση της υδρολογικής λεκάνης του Καλαμά είναι περίπου 1900 km² και σχεδόν το σύνολό της (>99%) ανήκει σε ελληνικό έδαφος, ενώ το μέγιστο υψόμετρό της είναι 2198 m. Παραπόταμοι του Καλαμά είναι οι Σμόλιτσας, Τύρια, Γορμός, Μέζερος, Βελτσιστικός, Κούτσης, Μπανιά, Λαγκαβίστα και Καλπακιώτικο ρέμα. Επίσης στον ποταμό Καλαμά οδηγούνται, μέσω της σήραγγας Λαψίστας, οι απορροές της κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων. Η σήραγγα Λαψίστας εκβάλλει στο ρέμα της Κληματιάς, που συμβάλλει στον Καλαμά κοντά στο Σουλόπουλο. Η κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων συμπεριλαμβάνεται στη ΛΑΠ Καλαμά.

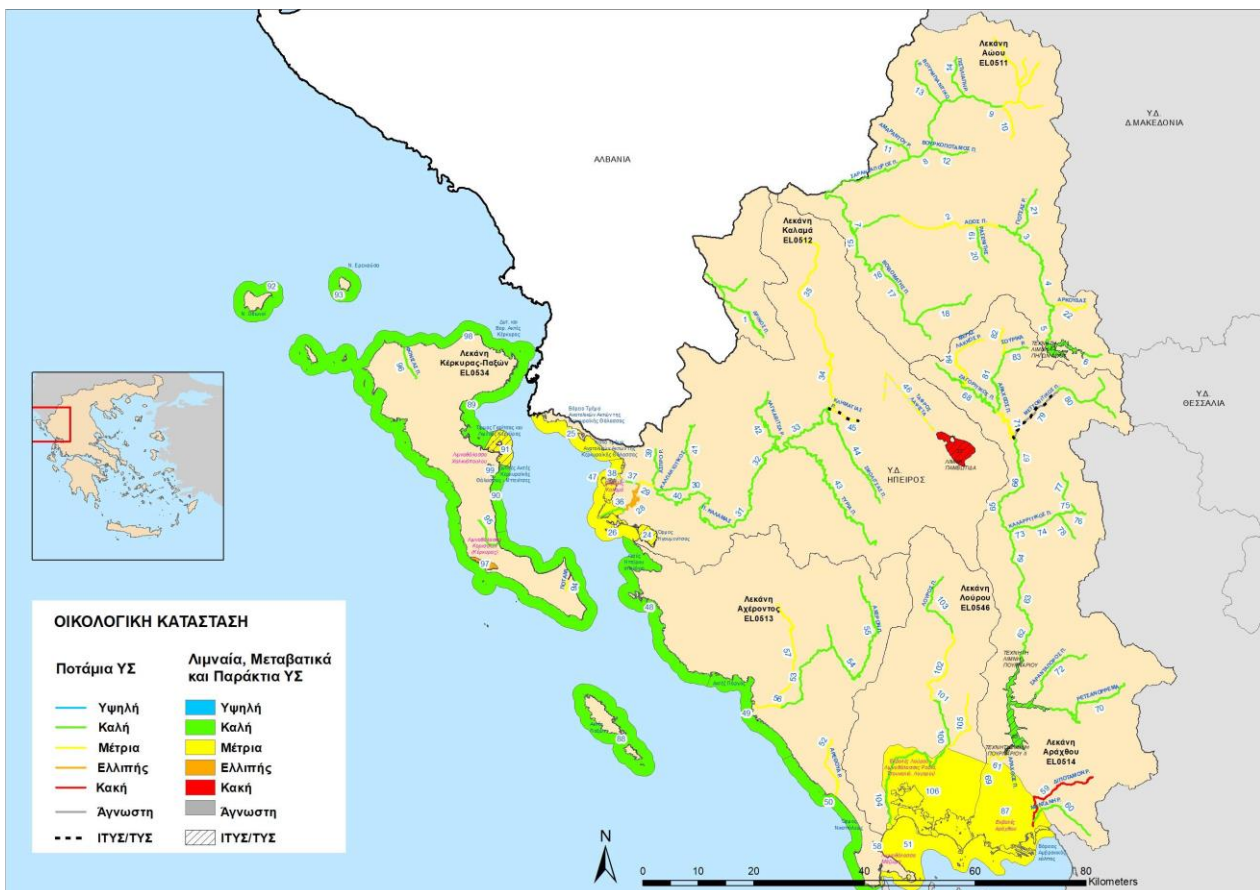
Γεωλογικές Συνθήκες

Στη ΛΑΠ του Καλαμά σημαντικό τμήμα καλύπτεται από τους σχηματισμούς της Ιόνιας Ζώνης. Στους παραπάνω σχηματισμούς έχουν αποθεθεί στα βυθίσματα των λεκανών νεογενείς σχηματισμοί (μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, κροκαλοπαγή κ.λπ.) και τεταρτογενείς αποθέσεις (αλλουβιακές αποθέσεις, υλικά αναβαθμίδων, κώνοι κορημάτων - πλευρικά κορήματα και παράκτιοι σχηματισμοί) με σημαντικότερη εμφάνιση στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων.

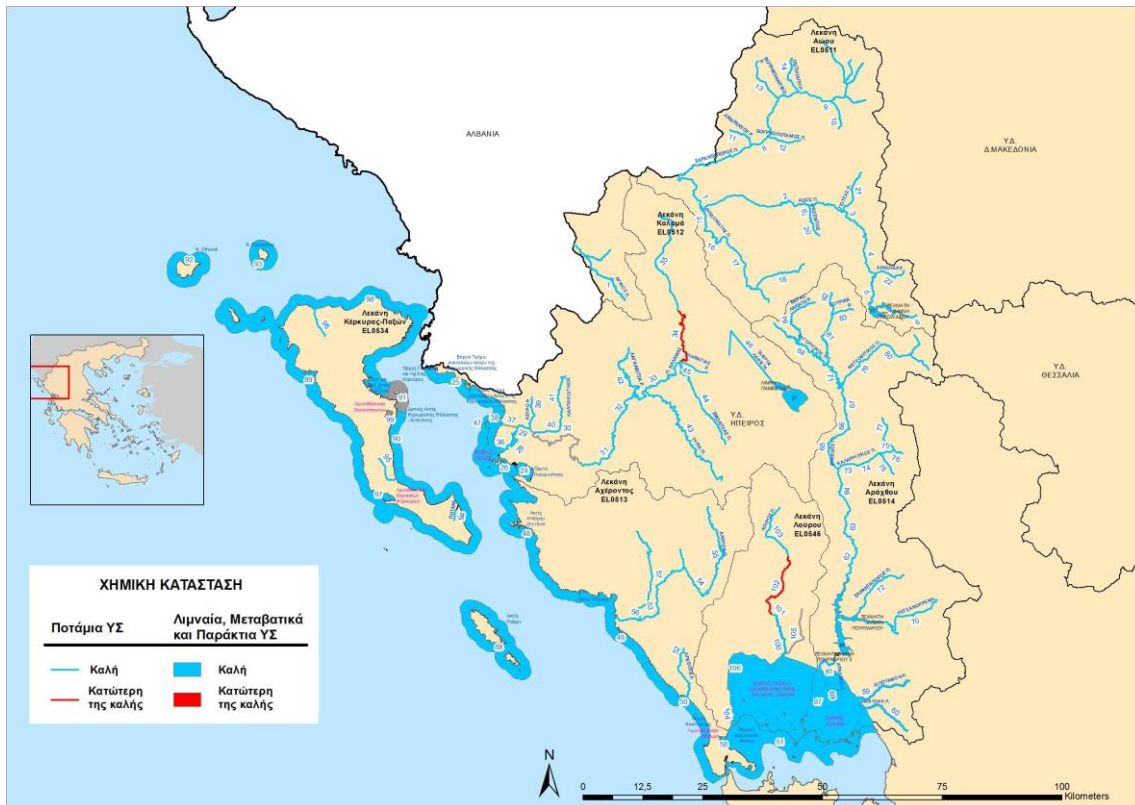
Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Οι κύριες υδροφορίες της λεκάνης του ποταμού Καλαμά αναπτύσσονται στους ανθρακικούς σχηματισμούς της Ιονίου ζώνης οι οποίες εκφορτίζονται μέσω σημειακών πηγών. Σημαντικό ρόλο στην τροφοδοσία των καρστικών συστημάτων διαδραματίζουν οι καταβόθρες που αποστραγγίζουν τις κλειστές υδρολογικές λεκάνες. Μικρότερης σημασίας υδροφορίες αναπτύσσονται στους κοκκώδεις σχηματισμούς των τεταρτογενών αποθέσεων, το δυναμικό των οποίων εξαρτάται από την κοκκομετρία τους και τις συνθήκες τροφοδοσίας. Στις εμφανίσεις του φλύσχη αναπτύσσονται τοπικής σημασίας υδροφορίες, μικρής δυναμικότητας που καλύπτουν τοπικές υδρευτικές, αρδευτικές και κτηνοτροφικές ανάγκες.

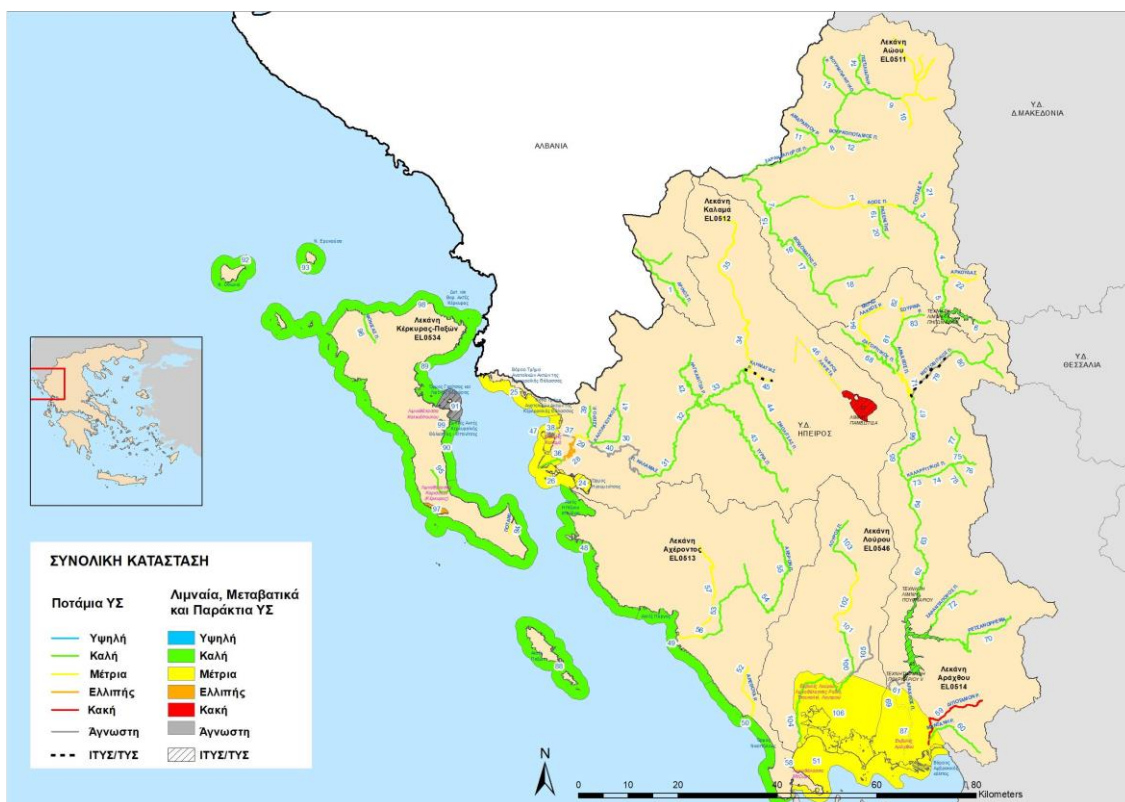
Στις παρακάτω Εικόνα 2-2 έως Εικόνα 2-6 δίνονται τα οικολογικά, ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των υδάτινων πόρων της περιοχής σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60.



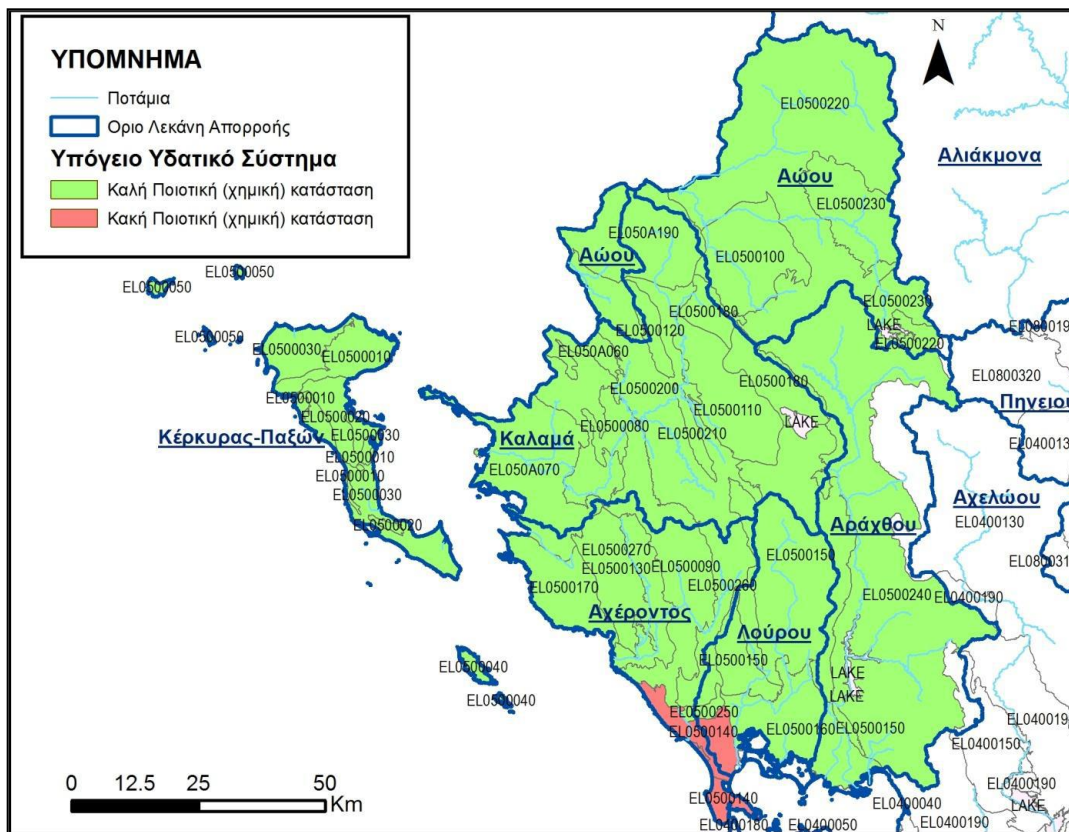
Εικόνα 2-2 Οικολογική κατάσταση επιφανειακών υδατικών συστημάτων του ΥΔ 05



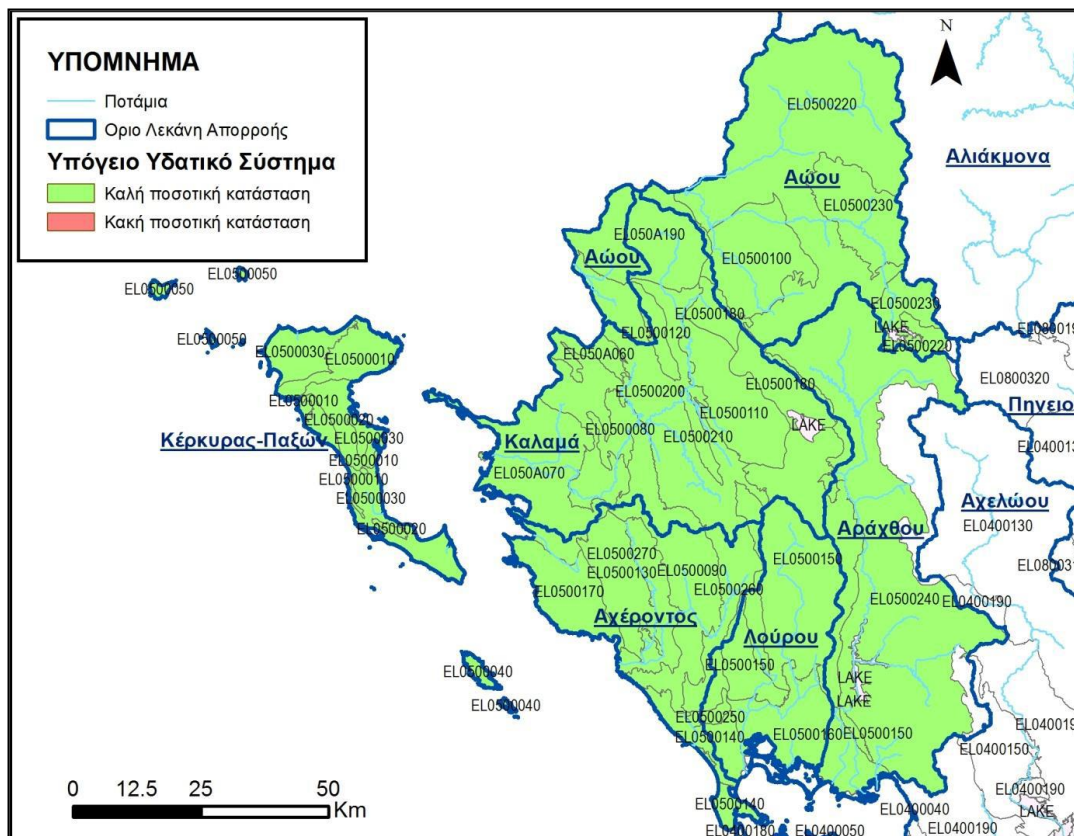
Εικόνα 2-3 Χημική κατάσταση επιφανειακών υδατικών συστημάτων του ΥΔ 05



Εικόνα 2-4 Συνολική κατάσταση επιφανειακών υδατικών συστημάτων του ΥΔ 05



Εικόνα 2-5 Χημική κατάσταση ΥΓΣ του υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου



Εικόνα 2-6 Ποσοτική κατάσταση ΥΓΣ του υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου

Από την 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου διαπιστώνεται πως τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των υδάτινων πόρων της περιοχής, σύμφωνα με τα πρότυπα της Οδηγίας 2000/60 χαρακτηρίζονται ως Καλής κατάστασης.

2.3 Στοιχεία από το Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου

2.3.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της Οδηγίας 2007/60 έχει εκπονηθεί το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου. Το σχέδιο έχει εγκριθεί με την υπ. αριθμ. ΥΠΕΝ/ΓΡΕΓΥ/41368/326 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ 2684/Β/06-07-2018).

Με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ θεσπίστηκε το πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας με στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες. Η Οδηγία έχει ενσωματωθεί στο Εθνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1108/21.07.2010) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με την ΚΥΑ 177772/924 (ΦΕΚ Β' 2140/22.06.2017). Η γεωγραφική μονάδα εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας είναι η Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (Υδατικό Διαμέρισμα), ίδια γεωγραφική μονάδα με αυτή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τα Νερά.

Η εφαρμογή των απαιτήσεων της Ευρωπαϊκής οδηγίας πραγματοποιήθηκε σε τρία (3) στάδια:

1ο Στάδιο: Προκαταρκτική εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στις λεκάνες απορροής των ποταμών και τις αντίστοιχες παράκτιες ζώνες και προσδιορισμός των περιοχών όπου υπάρχουν δυνητικοί σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας ή είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα (Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας), (Άρθρο 4 & 5).

2ο Στάδιο: Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Άρθρο 6).

3ο Στάδιο: Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (Άρθρο 7). Τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας καλύπτουν όλες τις πτυχές της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας εστιαζόμενα στη πρόληψη, την προστασία και την ετοιμότητα συμπεριλαμβανομένων των προβλέψεων πλημμυρών και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης λεκάνης ή υπολεκάνης απορροής του ποταμού.

Οι Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας, οι Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας και τα Σχέδια Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας αποτελούν αντικείμενο αναθεώρησης στους επόμενους κύκλους εφαρμογής της Οδηγίας (2021 και 2027). Η διαδικασία αναθεώρησης βασίζεται κάθε φορά σε βελτιωμένα δεδομένα και περισσότερη κατανόηση των ενεργειών και στοιχείων που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας όπου λαμβάνεται υπόψη και η πιθανή επίδραση των κλιματικών αλλαγών στη συχνότητα επέλευσης φαινομένων πλημμύρας, σύμφωνα με την παράγραφο 4 του άρθρου 14 της Οδηγίας.

2.3.2 Προκαταρκτική αξιολόγηση

Η μεθοδολογία και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προκαταρκτική αξιολόγηση για τον προσδιορισμό τόσο των περιοχών που είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα όσο και των περιοχών όπου υπάρχουν δυνητικοί κίνδυνοι πλημμύρας δίνονται στη συνέχεια.

Περιοχές όπου είναι Πιθανόν να Σημειωθεί Πλημμύρα

Ως περιοχές όπου είναι πιθανόν να σημειωθεί πλημμύρα ορίστηκαν αυτές που ικανοποιούν έναν τουλάχιστον από τους δύο παρακάτω περιορισμούς:

- ✓ βρίσκονται σε θέσεις προσχωματικών αποθέσεων
- ✓ βρίσκονται σε έδαφος με κλίση μικρότερη από 2%

Για την επιλογή των προσχωματικών περιοχών χρησιμοποιήθηκαν οι υδρολιθολογικοί χάρτες από τα Σχέδια Διαχείρισης του πρώην ΥΠ.ΑΝ. (νυν ΥΠ.ΑΝ.ΑΝ.Υ.ΜΕ.ΔΙ) [«Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων σε 13 Υδατικά Διαμερίσματα της Χώρας», ΥΠ.ΑΝ. 2008]. Για την επιλογή των περιοχών με κλίσεις μικρότερες από 2% χρησιμοποιήθηκαν τα ψηφιακά μοντέλα υψομέτρων (Digital Elevation Models, DEM) της Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ) που διαθέτει η ΕΓΥ. Η κλίμακα και των δύο αυτών πρωτογενών πηγών είναι της τάξης του 1:50.000. Η ένωση των δύο αυτών επιπέδων ορίζει, για κάθε ΥΔ, τις περιοχές όπου είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα. Οι περιοχές αυτές προσδιορίζονται ανεξάρτητα από τη θέση των Επιφανειακών Υδάτινων Σωμάτων και εκτιμάται ότι αποτυπώνουν τη δυσμενέστερη συνθήκη δυνητικού πλημμυρισμού.

Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας

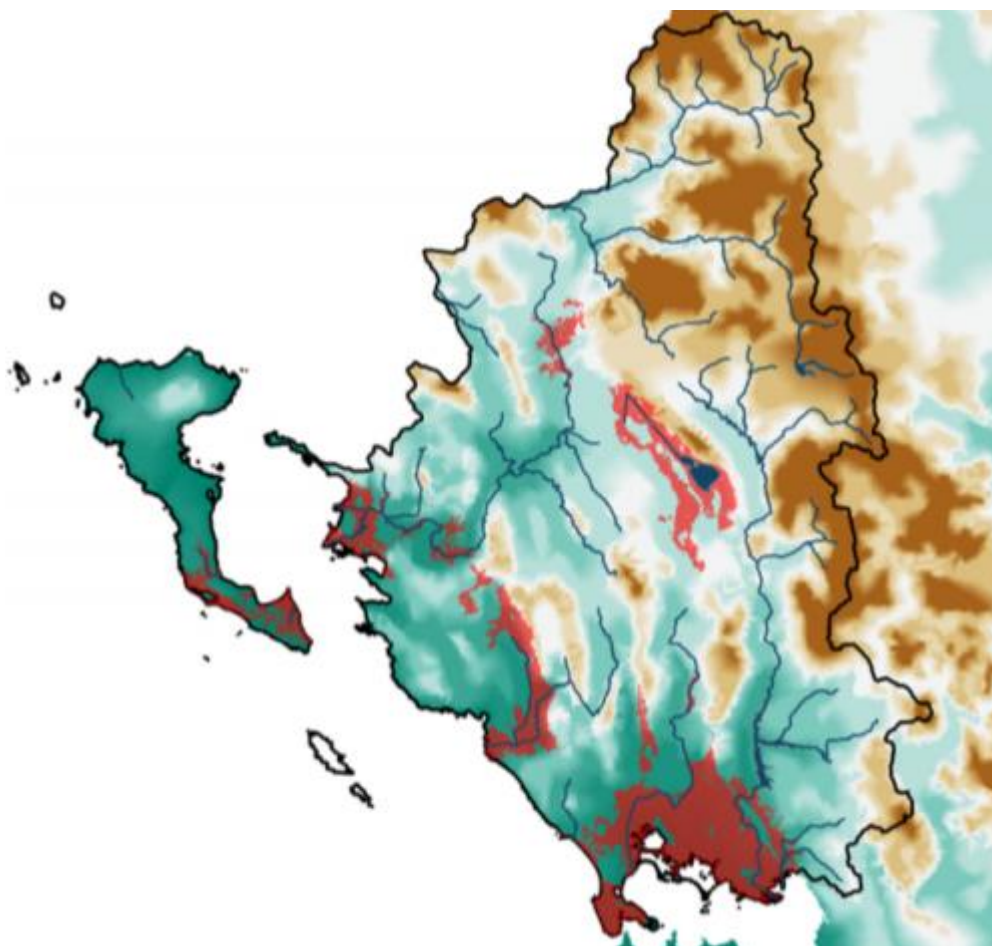
Για κάθε Υδατικό Διαμέρισμα οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (APSF) ορίστηκαν συνδυάζοντας τα αποτελέσματα από τον προσδιορισμό των περιοχών όπου είναι πιθανόν να σημειωθεί πλημμύρα και των περιοχών με δυνητικά σημαντικές συνέπειες από μελλοντικές πλημμύρες, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τις αναφορές των περιφερειακών φορέων και τις σημαντικές ιστορικές πλημμύρες. Συγκεκριμένα, οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας προσδιορίστηκαν από την γεωγραφική τομή:

- α) των περιοχών με δυνητικά σημαντικές συνέπειες από μελλοντικές πλημμύρες και
- β) των περιοχών που είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα.

Περιοχές έκτασης κάτω από 25 km² δεν εξετάζονται περισσότερο. Εξαιρέσεις υπήρξαν για περιοχές που έχουν έκταση μικρότερη από 25 km², για τις οποίες όμως υπήρξε έντονη αναφορά για πλημμυρικά προβλήματα από τους περιφερειακούς φορείς είτε είχε σημειωθεί σημαντική ιστορική πλημμύρα.

Θέσεις με σημαντικές πλημμύρες, έξω από τις επιλεγείσες Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, αποτέλεσαν αντικείμενο μεμονωμένης διερεύνησης στο πλαίσιο των Σχεδίων Διαχείρισης Πλημμυρών (πρόκειται κυρίως για ορεινούς οικισμούς που τα προβλήματα οφείλονταν σε αστοχίες του δικτύου ομβρίων και των σχετικών τεχνικών έργων). Στην Εικόνα 2-7 φαίνονται οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου.

Στο Πίνακα 2-1 δίνονται οι ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας για το ΥΔ Ηπείρου όπως προέκυψαν από την Προκαταρκτική αξιολόγηση του Κινδύνου των Πλημμυρών για το Υδατικό Διαμέρισμα.



Εικόνα 2-7 Ζώνες Δυνητικά υψηλού Κινδύνου (ΖΔΥΚΠ) περιοχής ΥΔ Ηπείρου (πηγή: Προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνου Πλημμύρας στο ΥΔ Ηπείρου)

Πίνακας 2-1 Ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας για το ΥΔ Ηπείρου

α/α	Όνομασία	Κωδικός	Έκταση (km ²)
1	Χαμηλή ζώνη κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων	GR05RAK0009	180
2	Χαμηλή περιοχή άνω ρου του π. Καλαμά στην περιοχή Δολιανά	GR05RAK0010	42
3	Μέσος ρούς Καλαμά από το ύψος της Βροσίνας έως το Καστρί	GR05RAK0007	30
4	Κάτω ρούς - Δέλτα π. Καλαμά και παράκτια ζώνη Ηγουμενίτσας	GR05RAK0008	66
5	Χαμηλές περιοχές λεκάνης π. Αχέροντα και κλειστής λεκάνης Μαργαριτίου	GR05RAK0005	148
6	Μέσος ρους π. Λούρου	GR05RAK0001	7
7	Πεδιάδες Άρτας, χαμηλή ζώνη ποταμών Λούρου-Αράχθου	GR05RAK0003	428
8	Πεδιάδα Πρέβεζας	GR05RAK0002	38
9	Χαμηλή ζώνη νήσου Κέρκυρας από το ύψος της Στρογγυλής μέχρι τους Βιταλάδες	GR05RAK0006	35
10	Περιοχή Λευκίμμης νήσου Κέρκυρας	GR05RAK0004	29
	ΣΥΝΟΛΟ		1.003
	Ποσοστό στο σύνολο του ΥΔ (%)		10,0%

2.3.3 Αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου

Για τις περιοχές εντός των ζωνών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας πραγματοποιήθηκε υδρολογική και υδραυλική προσομοίωση για τον προσδιορισμό της πλημμυρικής τους παροχής. Τα κύρια χαρακτηριστικά τα οποία ελήφθησαν υπόψη για την υδρολογική προσομοίωση είναι τα παρακάτω:

- ✓ Ο προσδιορισμός των πλημμυρικών παροχών και η κατάρτιση των χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας πραγματοποιήθηκε μόνο για τα ρέματα τα οποία βρίσκονται εντός των ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.
- ✓ Ως περίοδοι επαναφοράς αξιολογούνται τα 50, 100 και 1000 έτη.
- ✓ Για το σύνολο του Ελληνικού χώρου προσδιορίστηκαν σημειακές τιμές για την εξαγωγή όμβριων καμπυλών οι οποίες στη συνέχεια ανάγονται επιφανειακά σύμφωνα με θεωρία της υδρολογίας πλημμυρών.
- ✓ Για την παραγωγή υετογραφημάτων εφαρμόστηκε η μέθοδος των εναλλασσόμενων μπλοκ για περιόδους 50 και 100 ετών, ενώ για περίοδο 1000 ετών εφαρμόστηκε η μέθοδος της δυσμενέστερης διάταξης
- ✓ Ως μέθοδος εκτίμησης των απωλειών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος SCS για την οποία καταρτίστηκε οδηγός για την εφαρμογή και εξαγωγή του συντελεστή CN
- ✓ Ως μέθοδος μετασχηματισμού των βροχοπτώσεων σε απορροή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS
- ✓ Ο χρόνος συγκέντρωσης προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Giandoti (Τσακίρης, 1995) και τη διόρθωση της μεθόδου κατά Galiouna et al., 2011. Το χρονικό βήμα της προσομοίωσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι το ελάχιστο μέγεθος υπολεκανών ήταν τα 10 km², ήταν 15 min.
- ✓ Ως μέθοδος διόδευσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Muskingum για υδατορεύματα μικρής κλίσης (ενδεικτικά, <1%), ενώ για μεγαλύτερης κλίσης υδατορεύματα εφαρμόστηκε η μέθοδος της χρονικής υστέρησης.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές εκπόνησης των Σχεδίων διαχείρισης Κινδύνου Πλημμυρών, αξιολογήθηκαν τα ακόλουθα σενάρια για τους ποταμούς, ρέματα και χειμάρρους:

- ✓ πλημμύρες υψηλής πιθανότητας υπέρβασης, που θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 50 χρόνια,
- ✓ πλημμύρες μέσης πιθανότητας υπέρβασης, που θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 100 χρόνια και
- ✓ πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης, που θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 1000 χρόνια.

Για κάθε περίοδο επαναφοράς εξετάζονται τρία σενάρια, που αναφέρονται σε ευνοϊκές, μέσες και δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες. Στην πράξη, τα σενάρια αυτά λαμβάνουν υπόψη το εύρος αβεβαιότητας στις εκτιμήσεις της βροχόπτωσης σχεδιασμού, αλλά και στις υποθέσεις που γίνονται σχετικά με τις συνθήκες αρχικής υγρασίας του εδάφους (συντελεστής CN μέθοδος SCS). Από τους συνδυασμούς των τριών υδρολογικών συνθηκών με τις τρεις περιόδους επαναφοράς προκύπτουν, τελικά, $3 \times 3 = 9$ σενάρια, για τα οποία παράγονται τα αντίστοιχα πλημμυρικά υδρογραφήματα σε κάθε θέση ενδιαφέροντος (Πίνακας 2-2). Για το συντελεστή n του Manning χρησιμοποιούνται τιμές $\pm 50\%$ της πλέον πιθανής τιμής για τις παραμετρικές αναλύσεις στις αντίστοιχες περιόδους επαναφοράς

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας γίνεται η υπόθεση

ότι τα υετογραφήματα που εκτιμώνται, αντιστοιχούν σε «μέσες» υδρολογικές συνθήκες. Ακόμη, τα υετογραφήματα που παράγονται από τις τιμές βροχόπτωσης που προκύπτουν από τα 20% κάτω και 80% άνω όρια εμπιστοσύνης τη όμβριας καμπύλης αντιστοιχούν σε ευμενείς και δυσμενείς συνθήκες, αντίστοιχα. Για την παραγωγή των υετογραφημάτων σχεδιασμού εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία με το μέσο υδρολογικό σενάριο, μόνο που αντί για τις όμβριες καμπύλες χρησιμοποιούνται τα αντιπροσωπευτικά κάθε υπολεκάνης αδιαστατοποιημένα όρια, τα οποία πολλαπλασιάζονται επί την κεντρική τιμή της υπόψη περιόδου επαναφοράς.

Πίνακας 2-2 Εξεταζόμενα σενάρια επικινδυνότητας πλημμύρας

Σενάριο Πλημμύρας	Περίοδος Επαναφοράς	Συνθήκες	Χρονική Κατανομή Βροχόπτωσης	CN
Υψηλή πιθανότητα υπέρβασης	T=50	Μέσες	Εναλλασσόμενα μπλόκ alternate blocks	Πλέον πιθανή Τιμή (CN-II)
		Ευμενείς		Χαμηλή αρχική Υγρασία (CN-I)
		Δυσμενείς		Υψηλή αρχική Υγρασία ((CN-III)
Μέση πιθανότητα υπέρβασης	T=100	Μέσες	Εναλλασσόμενα μπλόκ alternate blocks	Πλέον πιθανή Τιμή (CN-II)
		Ευμενείς		Χαμηλή αρχική Υγρασία (CN-I)
		Δυσμενείς		Υψηλή αρχική Υγρασία ((CN-III)
Χαμηλή πιθανότητα υπέρβασης	T=1000	Μέσες	Το πλέον δυσμενές προφίλ Worst profile	Πλέον πιθανή Τιμή (CN-II)
		Ευμενείς		Χαμηλή αρχική Υγρασία (CN-I)
		Δυσμενείς		Υψηλή αρχική Υγρασία (CN-III)

Για την υδραυλική ανάλυση των παραχθέντων πλημμυρογραφημάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό HECRAS. Τα κύρια χαρακτηριστικά τα οποία ελήφθησαν υπόψη για την υδραυλική προσομοίωση είναι τα παρακάτω:

- ✓ Το μέγεθος της λεκάνης απορροής τους. Γενικά επιλέχθηκαν για διόδευση πλημμύρας υδατορέματα με λεκάνη απορροής >50km². Ωστόσο σε κάποιες περιπτώσεις όπου συντρέχουν παράλληλα και άλλα κριτήρια (εγγύτητα με ιστορικά και σημαντικά γεγονότα ή κατοικημένες περιοχές) γίνεται διόδευση πλημμύρας και σε ρέματα που η λεκάνη απορροής τους είναι <50km²
- ✓ Η εγγύτητα με ιστορικά και σημαντικά ιστορικά πλημμυρικά γεγονότα
- ✓ Η εγγύτητα με κατοικημένες περιοχές ιδίως σε μεγάλες πόλεις όπως τα Ιωάννινα, Κέρκυρα, Άρτα κλπ.
- ✓ Η εγγύτητα με σημαντικές τοποθεσίες (Αρχαιολογικά μνημεία, Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Νερού, Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων κλπ.)
- ✓ Για την εκτίμηση των μέσων συντελεστών τραχύτητας η του Manning ως δεδομένα εισόδου στα μοντέλα διόδευσης της πλημμύρας, έγινε συσχέτιση της πληροφορίας της κάλυψης εδάφους – χρήσεων γης κατά CORINE με κατάλληλες τιμές του συντελεστή

Manning. Οι μέσες τιμές του συντελεστή Manning αντλήθηκαν από την διεθνή βιβλιογραφία.

Με βάση τα παραπάνω εξήχθησαν για περιόδους επαναφοράς $T=50$, $T=100$ και $T=1000$ έτη οι χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας (flood hazard Maps) για τα ποτάμια / χείμαρρους / ρέματα των ΖΔΥΚΠ του ΥΔ 05 στους οποίους παρουσιάζονται:

- ✓ Η χωρική κατανομή του μέγιστου βάθους νερού. Η διαβάθμιση βάθους γίνεται με μπλε χρώμα σε 5 επίπεδα: 2.0 m
- ✓ Η χωρική κατανομή της μέγιστης ταχύτητας ροής. Η διαβάθμιση ταχύτητας γίνεται με κόκκινο χρώμα σε 4 επίπεδα: 5 m/sec.
- ✓ Τα χαρακτηριστικά σημεία, ο χρόνος άφιξης και παραμονής της πλημμύρας σε χαρακτηριστικά σημεία
- ✓ Οι ΖΔΥΚΠ και τα όριά τους, οι οικισμοί, τα τεχνικά έργα (γέφυρες, οχετοί, φράγματα, αναχώματα) των υδατορευμάτων.
- ✓ Το όριο της πλημμύρας που αντιστοιχεί σε ευμενείς συνθήκες (πράσινη γραμμή) και δυσμενείς συνθήκες (κόκκινη γραμμή)

Για υπόβαθρο των χαρτών, έχουν χρησιμοποιηθεί οι έγχρωμοι ορθοφωτοχάρτες της Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. κλίμακας 1:5000. Η χωρική ανάλυση των Ο/Φ είναι 20 εκατοστά για τις αστικές περιοχές και 50 εκατοστά για τις υπόλοιπες περιοχές της χώρας. Οι ορθοφωτοχάρτες αυτοί προέκυψαν από φωτοληψίες της περιόδου 2007-2009.

2.3.4 Αβεβαιότητες - Περιορισμοί

Οι αβεβαιότητες που εντοπίζονται κατά την κατάρτιση των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας στο ΥΔ05 είναι οι παρακάτω:

- ✓ ο πιθανοτικός χαρακτήρας των μέγιστων βροχοπτώσεων
- ✓ η «υποχρεωτική» εφαρμογή της μεθόδου του συνθετικού Μοναδιαίου Υδρογραφήματος εξ αιτίας της απουσίας καταγεγραμμένων παροχών σε μεγάλα πλημμυρικά επεισόδια
- ✓ η εκτίμηση του αριθμού καμπύλης CN που σχετίζεται με τον όγκο και την αιχμή της πλημμύρας
- ✓ η χαμηλή ανάλυση τοπογραφικών υποβάθρων (DEM Κτηματολογίου) που επηρεάζεται από τη φυτοκάλυψη, τα δέντρα, κτίρια κλπ.
- ✓ η εκτίμηση του συντελεστή Manning
- ✓ Έλλειψη εποχιακών κριτηρίων πλημμυρών
- ✓ Οι χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας από θάλασσα δεν καταρτίζονται για όλες τις εξεταζόμενες περιόδους επαναφοράς

Επισημαίνεται ότι η υδρολογική-υδραυλική ανάλυση που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο κατάρτισης των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας για τα Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ αποτελεί μια μακροσκοπική ανάλυση διόδευσης ποταμών/ρεμάτων/χειμάρρων. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία υποβάθρων, μελετών, σημειακών και χωρικών πληροφοριών στο επίπεδο που επιτάσσει η κλίμακα ενός Σχεδίου Διαχείρισης και οι προδιαγραφές που το συνοδεύουν.

Συνεπώς δεν διαθέτει την ακρίβεια και την λεπτομέρεια στις υδραυλικές παραμέτρους πλημμύρας που μόνο οι μελέτες οριοθέτησης κάθε υδατορεύματος μπορούν να αναδείξουν και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση τεχνικών έργων επί υδατορευμάτων.

2.3.5 Αποτελέσματα

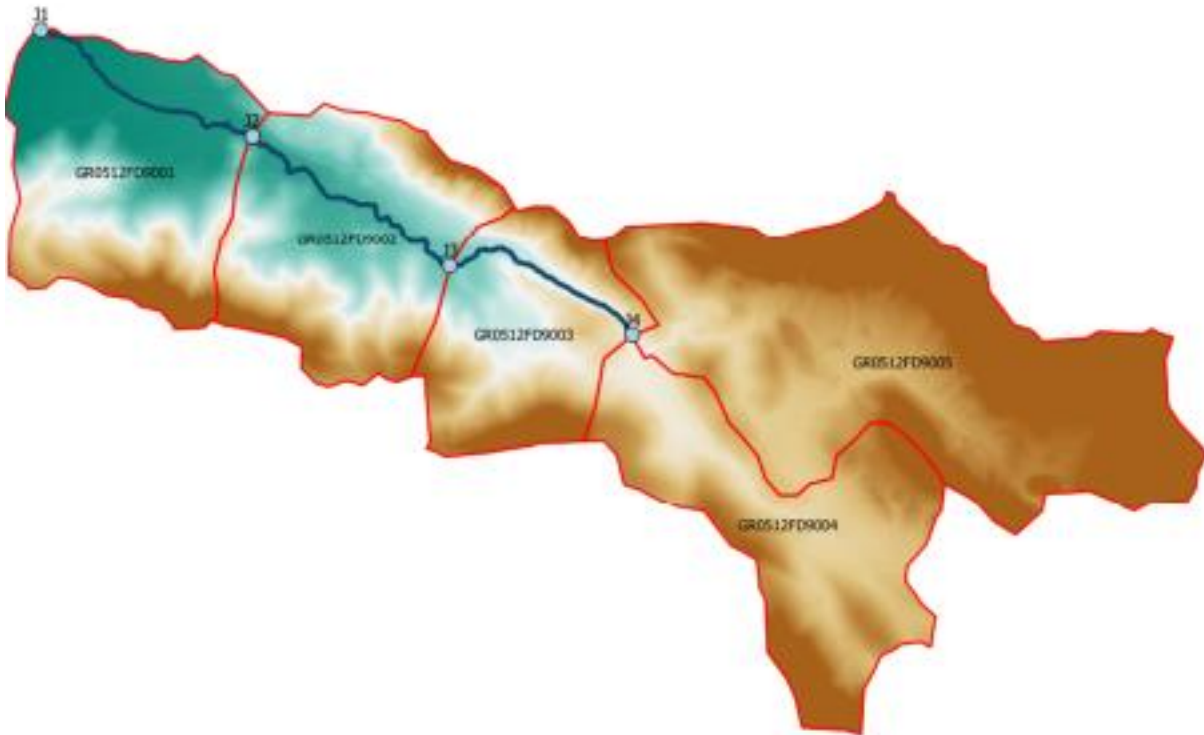
Όπως επισημάνθηκε και προηγουμένως η υδρολογική-υδραυλική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους περιορισμούς που προκύπτουν από τη θέση των ζωνών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας και την έκταση των λεκανών απορροής. Επομένως στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας πραγματοποιήθηκε ανάλυση για τα ρέματα Ξηροπόταμος και Λάκκας. Τα ρέματα Τσιμπουρίκι και Νέας Σελεύκειας με δεδομένο ότι έχουν έκταση λεκάνης απορροής μικρότερη των 10km² δεν αξιολογήθηκαν.

2.3.5.1 Ρέμα Ξηροπόταμος

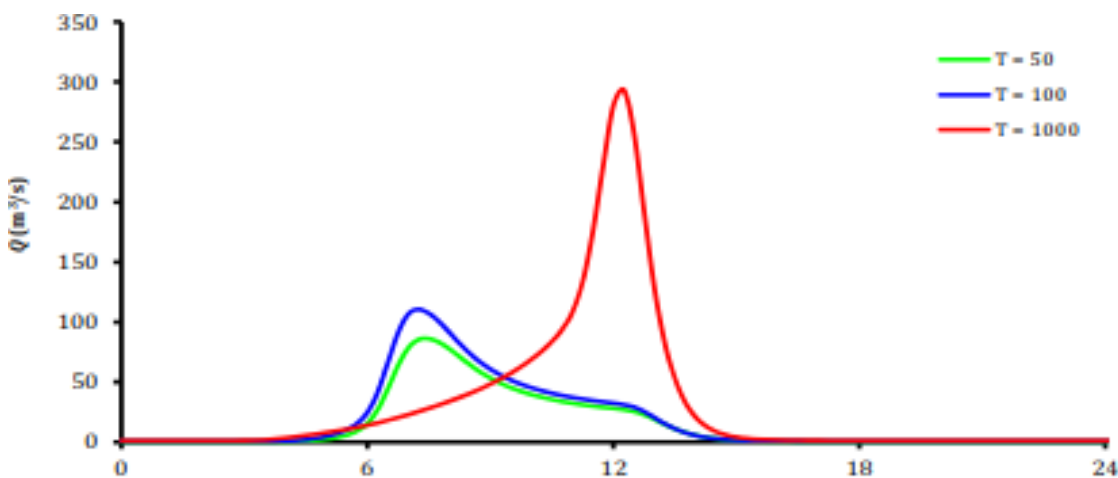
Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης της λεκάνης απορροής του ρέματος Ξηροπόταμος περιλαμβάνει 5 υπολεκάνες, 4 κόμβους και 3 κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Η σχηματοποίηση του υδρολογικού συστήματος απεικονίζεται στον χάρτη της Εικόνας 2-8, ενώ στην Εικόνα 2-9 δίνονται τα πλημμυρικά υδρογραφήματα στην έξοδο της λεκάνης του ρέματος.

Πίνακας 2-3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υδρολογικής προσομοίωσης Ρέματος Ξηροπόταμου (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)

Χαρακτηριστικά μεγέθη λεκάνης απορροής Ξηροπόταμου			
Έκταση (km ²)	28.20	Υψόμετρο εξόδου (m)	0.0
Αδιαπέρατη επιφάνεια (%)	0.00	Χρόνος συγκέντρωσης (h)	2.72
Μέγιστο μήκος ροής (km)	12.61	Διάρκεια βροχόπτωσης σχεδιασμού (h)	12.00
Μέσο υψόμετρο (m)	340.5	Χρονικό βήμα (h)	0.25
Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υδρολογικής προσομοίωσης λεκάνης			
	Ευμενείς συνθήκες	Μέσες συνθήκες	Δυσμενείς συνθήκες
Ολικό ύψος επιφανειακής βροχής (mm)			
T = 50	116.1	128.8	139.9
T = 100	124.3	142.2	158.9
T = 1000	148.4	192.3	244.0
Ολικό ύψος πλημμυρικής απορροής (mm)			
T = 50	7.8	44.3	88.1
T = 100	10.4	53.8	105.5
T = 1000	19.6	92.5	185.9
Συντελεστής απορροής			
T = 50	0.068	0.344	0.630
T = 100	0.083	0.378	0.664
T = 1000	0.132	0.481	0.762
Πλημμυρική παροχή αιχμής (m ³ /s)			
T = 50	10.1	85.5	185.7
T = 100	13.7	109.6	229.3
T = 1000	80.0	292.1	475.6
Πλημμυρικός όγκος (hm ³)			
T = 50	0.221	1.248	2.484
T = 100	0.292	1.517	2.974
T = 1000	0.552	2.610	5.243
Συνολική παροχή αιχμής (m ³ /s)			
T = 50	10.7	86.1	186.2
T = 100	14.6	110.5	230.1
T = 1000	81.4	293.5	477.0
Συνολικός όγκος υδρογραφήματος (hm ³)			
T = 50	0.392	1.419	2.655
T = 100	0.549	1.773	3.231
T = 1000	0.980	3.037	5.671



Εικόνα 2-8 Χάρτης περιοχής μελέτης, όπου απεικονίζεται η σχηματοποίηση των κόμβων και κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών για το ρέμα Ξηροπόταμου (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)



Εικόνα 2-9 Υδρογράφημα σχεδιασμού στην έξοδο της λεκάνης ρέματος Ξηροπόταμου για μέσες συνθήκες (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)

Με βάση τα ανωτέρω (Πίνακας 2-3) διαπιστώνεται πως η μέγιστη πλημμυρική παροχή του ρέματος Ξηροπόταμου για μέσες υδρολογικές συνθήκες και για διάρκεια βροχόπτωσης ίση με $t_{med}=12h$ ανέρχεται για $T=50$ έτη ίση με $86,1m^3/sec$, για $T=100$ ίση με $110,5m^3/sec$ και για $T=1000$ ίση με $293,5m^3/sec$.

2.3.5.2 Ρέμα Λάκκας

Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης της λεκάνης απορροής του ρέματος Λάκκας περιλαμβάνει 4 υπολεκάνες, 3 κόμβους και 2 κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Η σχηματοποίηση του υδρολογικού συστήματος απεικονίζεται στον χάρτη της Εικόνα 2-10, ενώ στην Εικόνα 2-11 δίνονται τα πλημμυρικά υδρογραφήματα στην έξοδο της λεκάνης του ρέματος.

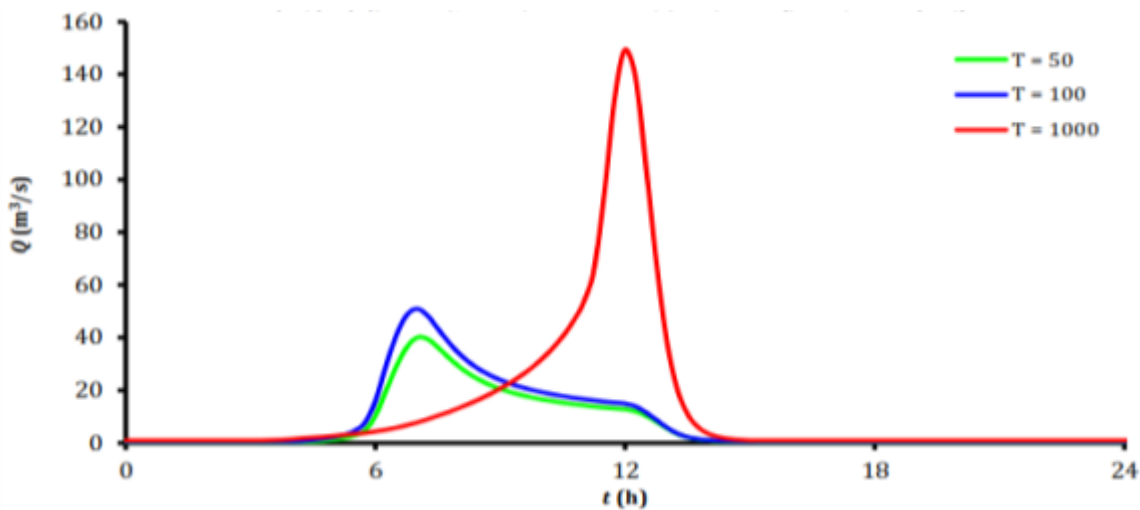
Πίνακας 2-4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υδρολογικής προσομοίωσης Ρέματος Λάκκας (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)

Χαρακτηριστικά μεγέθη λεκάνης απορροής Ξεροπόταμου			
Έκταση (km ²)	18.12	Υψόμετρο εξόδου (m)	0.0
Αδιαπέρατη επιφάνεια (%)	0.00	Χρόνος συγκέντρωσης (h)	1.75
Μέγιστο μήκος ροής (km)	6.35	Διάρκεια βροχόπτωσης σχεδιασμού (h)	12.00
Μέσο υψόμετρο (m)	358.8	Χρονικό βήμα (h)	0.25
Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υδρολογικής προσομοίωσης λεκάνης			
	Ευμενείς συνθήκες	Μέσες συνθήκες	Δυσμενείς συνθήκες
Ολικό ύψος επιφανειακής βροχής (mm)			
T = 50	102.2	116.8	129.6
T = 100	107.4	127.5	146.5
T = 1000	120.8	166.4	223.2
Ολικό ύψος πλημμυρικής απορροής (mm)			
T = 50	2.2	29.4	71.9
T = 100	3.1	35.8	86.6
T = 1000	6.3	62.1	156.7
Συντελεστής απορροής			
T = 50	0.022	0.252	0.554
T = 100	0.029	0.281	0.591
T = 1000	0.052	0.373	0.702
Πλημμυρική παροχή αιχμής (m ³ /s)			
T = 50	2.1	39.7	112.2
T = 100	2.7	50.4	139.1
T = 1000	21.2	148.5	302.4
Πλημμυρικός όγκος (hm ³)			
T = 50	0.041	0.533	1.302
T = 100	0.057	0.649	1.569
T = 1000	0.114	1.125	2.839
Συνολική παροχή αιχμής (m ³ /s)			
T = 50	2.4	40.0	112.6
T = 100	3.2	50.9	139.6
T = 1000	22.1	149.4	303.3
Συνολικός όγκος υδρογραφήματος (hm ³)			
T = 50	0.151	0.643	1.412
T = 100	0.222	0.814	1.734
T = 1000	0.389	1.400	3.114

Με βάση τα ανωτέρω (Πίνακας 2-4) διαπιστώνεται πως η μέγιστη πλημμυρική παροχή του ρέματος Λάκκας για μέσες υδρολογικές συνθήκες και για διάρκεια βροχόπτωσης ίση με $d=12h$ ανέρχεται για $T=50$ έτη ίση με $40,0m^3/sec$, για $T=100$ ίση με $50,9m^3/sec$ και για $T=1000$ ίση με $149,4m^3/sec$.



Εικόνα 2-10 Χάρτης περιοχής μελέτης, όπου απεικονίζεται η σχηματοποίηση των κόμβων και κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκάνών για το ρέμα Λάκκας (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)



Εικόνα 2-11 Υδρογράφημα σχεδιασμού στην έξοδο της λεκάνης ρέματος Λάκκας για μέσες συνθήκες (πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)

2.4 Κύρια υδατορέματα του αστικού χώρου

Η περιοχή μελέτης αποτελείται από την ευρύτερη υδρολογική λεκάνη της Ηγουμενίτσας της ΠΕ Θεσπρωτίας, έχει έκταση περίπου 70,00km², και περιλαμβάνει τα υδρογραφικά δίκτυα των ρεμάτων Ξηροπόταμος, Λάκκος και Τσιμπουρίκι και Νέας Σελεύκειας-Μαυρουδίου, όπως φαίνεται στον χάρτη που ακολουθεί. Αναλυτικά τα διαθέσιμα στοιχεία για τα υδατορέματα είναι:

A) Το ρέμα Νέας Σελεύκειας-Μαυρουδίου που διέρχεται πλευρικά της Ε.Ο. Ηγουμενίτσας-Ιωαννίνων και εκβάλλει νότια της Ν. Σελεύκειας. Η υδρολογική λεκάνη έχει έκταση 9,40km² και είναι IV τάξης κατά Strahler.

- a. Για το ρέμα έχει εκπονηθεί υδρολογική μελέτη (Αθηναϊκή ΤΕΜ, 2005) και έχει οριοθετηθεί τμήμα του μήκους 910μ.
- b. Το ρέμα είναι ιδιαίτερης σημασίας στην περιοχή και επηρεάζεται από την πολεοδόμηση της περιοχής του οικισμού Εθνική Αντίσταση και του οικισμού Νέας Σελεύκειας.
- c. Στη λεκάνη απορροής του ρέματος Ν. Σελεύκειας-Μαυρουδίου, παρουσιάστηκαν οι μεγαλύτερες καταστροφές στις πρόσφατες πλημμύρες (2016-17).

B) το ρέμα Τιμπουρίκι με υδρολογική λεκάνη έκτασης 4,55km² και διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΒΑ. Πηγάζει από την ομώνυμη κορυφή Τιμπουρί και το ύψωμα με κορυφή Αυγό και εκβάλλει μεταξύ Ηγουμενίτσας και Ν. Σελεύκειας. Είναι III τάξης κατά Strahler.

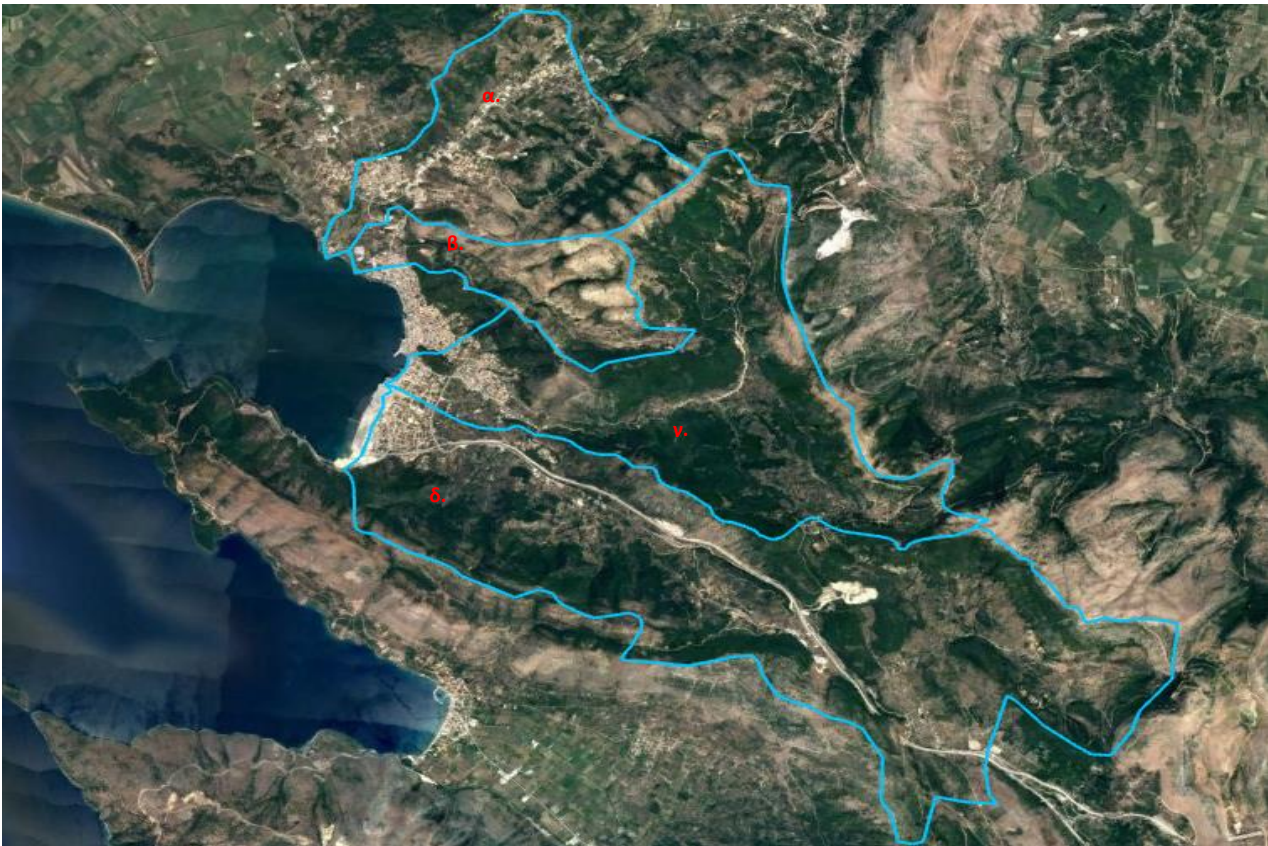
- a. Για το ρέμα έχει εκπονηθεί υδρολογική μελέτη (Αθηναϊκή ΤΕΜ, 2005) για την οριοθέτηση τμήματός του οποίο διέρχεται εντός του αστικού ιστού της περιοχής της Ηγουμενίτσας χωρίς να έχει γίνει οριοθέτησή του.
- b. Για το ρέμα εκβάλλει βόρεια της πόλης της Ηγουμενίτσας και διέρχεται εντός περιοχών οι οποίες εμφανίζουν αστικό χαρακτήρα ή πρόκειται να πολεοδομηθούν.

Γ) το ρέμα της Λάκκας που πηγάζει από τις κορυφές Βαστάνη, Μαυροβούνι, Ασπροβούνι και Βάραθρο, διατρέχει το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης με διεύθυνση Α-Δ και εκβάλλει λίγο βορειότερα από τον Ξηροπόταμο. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι IV τάξης κατά Strahler και παρουσιάζει χαρακτηριστικά χειμάρρου, ενώ η υδρολογική λεκάνη έχει έκταση 17,68km²

- a. Για το ρέμα έχει εγκριθεί οριοθέτηση τμήματός του εντός του αστικού χώρου. Στη μελέτη αυτή (Ροϊκός, 2009) το ρέμα διαχωρίζεται σε δύο κλάδους, τον κύριο κάδο και τον παραποτάμιο κλάδο.
- b. Το ρέμα εμφανίζεται δυναμικό και στις πρόσφατες πλημμύρες του 2016-2018 λόγω του ότι δεν είχε καθαριστεί εμφανίστηκαν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα ιδιαίτερα στην περιοχή του Νέου Λιμένα Ηγουμενίτσας.

Δ) το ρέμα του Ξηροπόταμου με έκταση λεκάνης 28,21km², που εκτείνεται από το Ψηλό Βουνό και το όρος Σιγγάνη, νοτιοανατολικά της υδρολογικής λεκάνης και εκβάλλει στο νέο λιμάνι της Ηγουμενίτσας. Είναι III τάξης κατά Strahler

- a. Για το ρέμα έχει εγκριθεί οριοθέτηση τμήματός του εντός του αστικού χώρου. Έχει μελετηθεί μαζί με το ρέμα Λάκκας (Ροϊκός 2009).
- b. Το ρέμα εμφανίζεται δυναμικό και στις πρόσφατες πλημμύρες του 2015-2018 λόγω του ότι δεν είχε καθαριστεί εμφανίστηκαν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα στην περιοχή του Νέου Λιμένα Ηγουμενίτσας.



Εικόνα 2-12 Τα υδατορέματα της περιοχής έρευνας α. Ρέμα Ν.Σελεύκειας, β. Ρέμα Τσιμπουρίκι, γ. Ρέμα Λάκκας, δ. Ρέμα Ξηροπόταμος

2.4.1 Γεωμορφολογικά στοιχεία

Για την αξιολόγηση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των υδρολογικών λεκανών των ανωτέρω ρεμάτων χρησιμοποιήθηκαν οι ορθοφωτοχάρτες και τα ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου της Κτηματολόγιο Α.Ε. από τους οποίους προσδιορίστηκαν τα διάφορα γεωμορφολογικά στοιχεία για τα υδατορέματα. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την υδρολογική ανάλυση των ρεμάτων και δίνονται στον Πίνακα 2-5.

Κατά την ψηφιοποίηση των υδατορεμάτων της περιοχής πραγματοποιήθηκε διακριτοποίηση των λεκανών απορροής για κάθε υδατόρεμα σε επιμέρους υπολεκάνες, με γνώμονα την αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου κύρια στο αστικό και περαστικό χώρο της περιοχής.

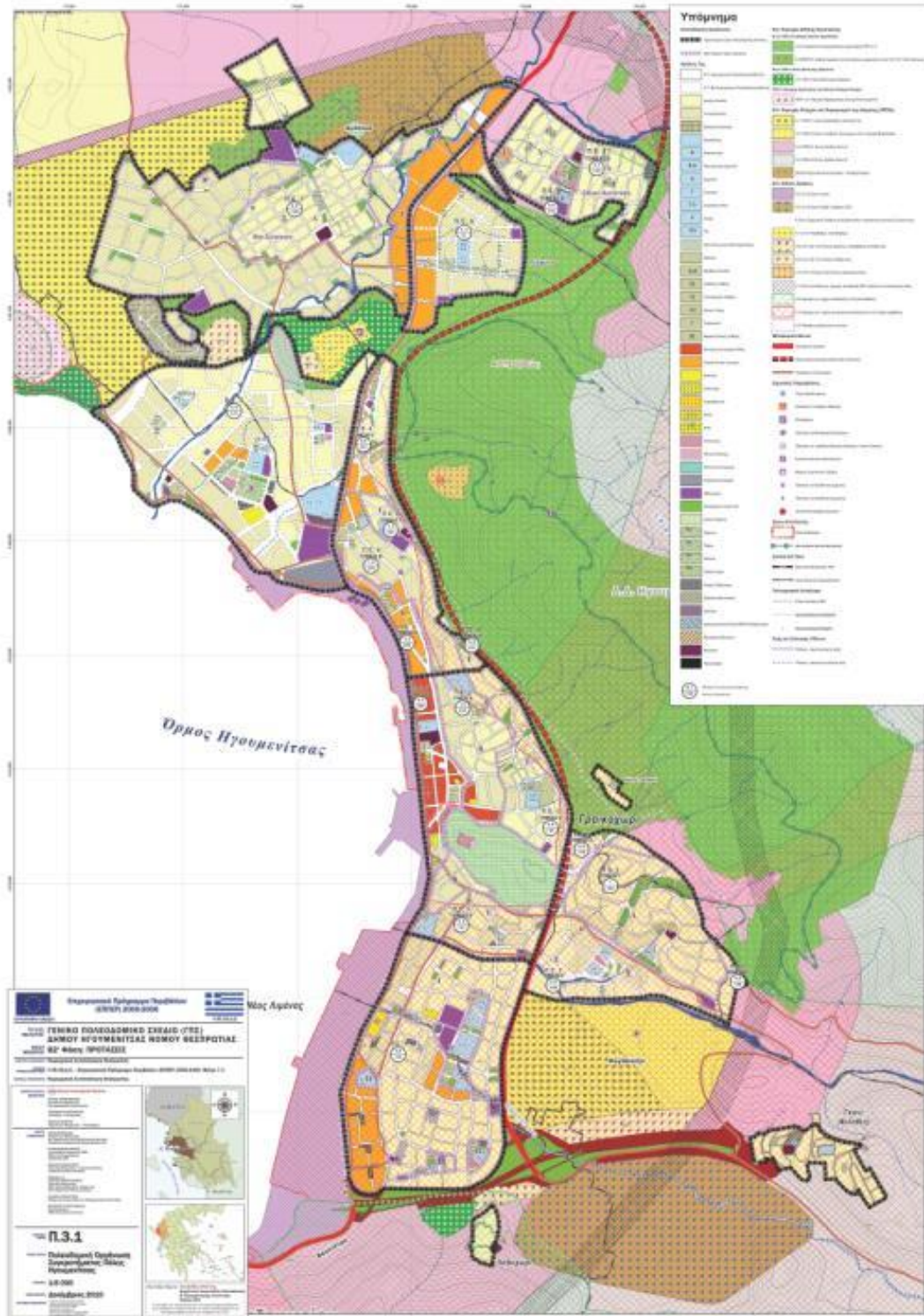
Πίνακας 2-5 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά υδρολογικών λεκανών

	Παράμετρος			Σύνολο της λεκάνης
Ρέμα Νέας Σελεύκειας-Μαυρουδίου	Έκταση	A	(km ²)	9.40
	Μέγιστο υψόμετρο	H _{max}	m	657.27
	Ελάχιστο υψόμετρο	H _{min}	m	0.00
	Μέσο υψόμετρο	H _m	m	168.93
	Μήκος κύριου ρέματος	L	km	7.48
	Μήκος κύριου υδατορέματος από κέντρο βάρους	L _c	km	3.35
	Μέγιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	H _{lmax}	m	594.71
	Ελάχιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	H _{lmin}	m	0.00
	Μέση κλίση του ρέματος	J _{med}	-	0.079

	Χρόνος συρροής κατά Giantotti	T_{Gian}	hr	2.26
	Χρόνος συρροής κατά Kirpich	T_{kir}	hr	1.79
	Παράμετρος			Σύνολο της λεκάνης
Ρέμα Τσιμπουρίκι	Έκταση	A	(km ²)	4.55
	Μέγιστο υψόμετρο	Hmax	m	641.56
	Ελάχιστο υψόμετρο	Hmin	m	0.00
	Μέσο υψόμετρο	Hm	m	276.29
	Μήκος κύριου ρέματος	L	km	5.17
	Μήκος κύριου υδατορέματος από κέντρο βάρους	Lc	km	2.81
	Μέγιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	Hlmax	m	339.48
	Ελάχιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	Hlmin	m	0.00
	Μέση κλίση του ρέματος	J_{med}	-	0.066
	Χρόνος συρροής κατά Giantotti	T_{Gian}	hr	1.23
	Χρόνος συρροής κατά Kirpich	T_{kir}	hr	1.26
		Παράμετρος		
Ρέμα Λάκκας	Έκταση	A	(km ²)	17.68
	Μέγιστο υψόμετρο	Hmax	m	843.11
	Ελάχιστο υψόμετρο	Hmin	m	0.00
	Μέσο υψόμετρο	Hm	m	352.73
	Μήκος κύριου ρέματος	L	km	13.62
	Μήκος κύριου υδατορέματος από κέντρο βάρους	Lc	km	13.62
	Μέγιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	Hlmax	m	619.80
	Ελάχιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	Hlmin	m	0.00
	Μέση κλίση του ρέματος	J_{med}	-	0.046
	Χρόνος συρροής κατά Giantotti	T_{Gian}	hr	2.48
	Χρόνος συρροής κατά Kirpich	T_{kir}	hr	4.44
		Παράμετρος		
Ρέμα Ξηροπόταμος	Έκταση	A	(km ²)	28.21
	Μέγιστο υψόμετρο	Hmax	m	896.51
	Ελάχιστο υψόμετρο	Hmin	m	0.00
	Μέσο υψόμετρο	Hm	m	336.81
	Μήκος κύριου ρέματος	L	km	16.74
	Μήκος κύριου υδατορέματος από κέντρο βάρους	Lc	km	6.85
	Μέγιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	Hlmax	m	620.33
	Ελάχιστο υψόμετρο κύριου ρέματος	Hlmin	m	0.00
	Μέση κλίση του ρέματος	J_{med}	-	0.037
	Χρόνος συρροής κατά Giantotti	T_{Gian}	hr	3.16
	Χρόνος συρροής κατά Kirpich	T_{kir}	hr	6.09

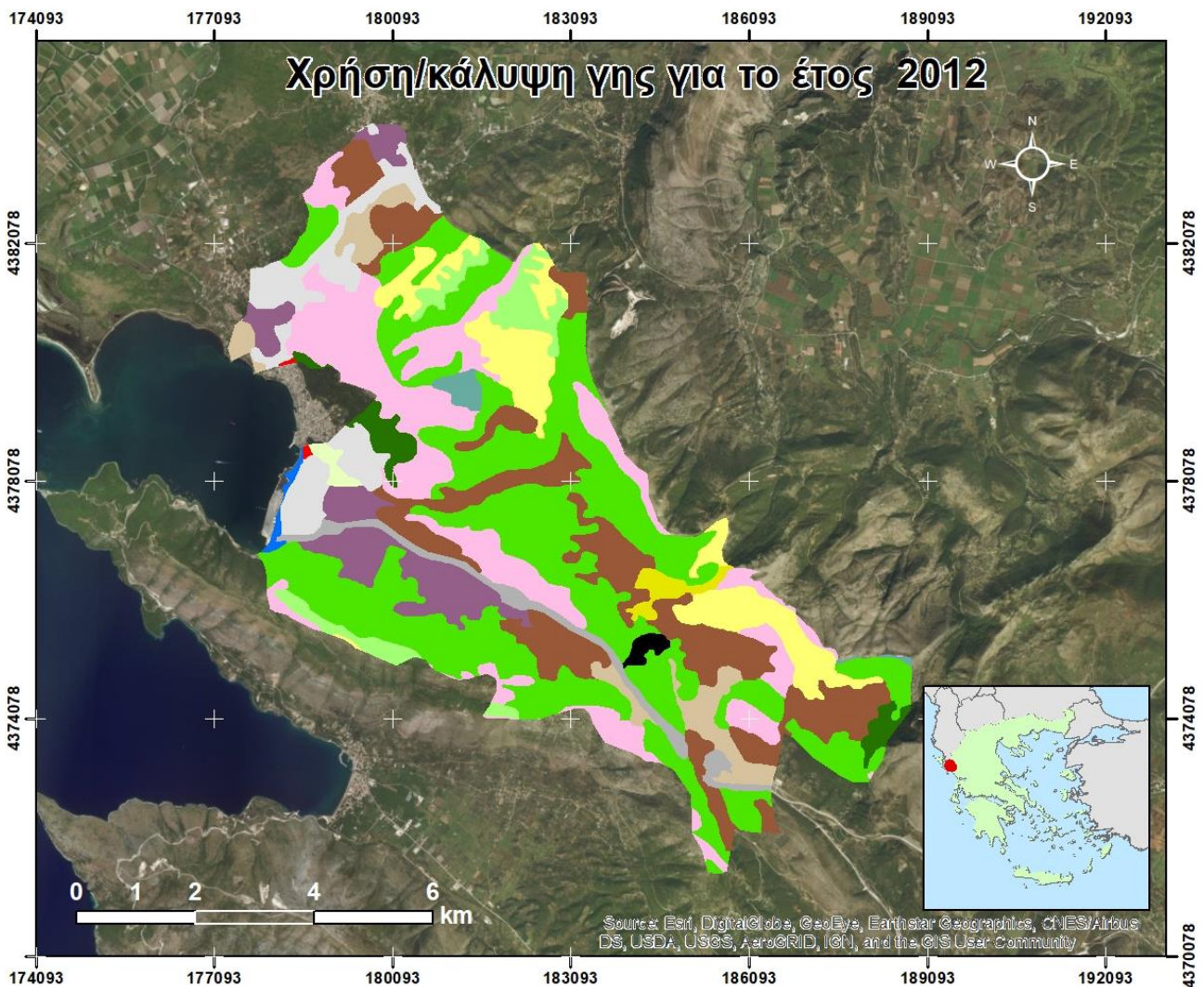
2.4.2 Στοιχεία χρήσεων γης

Αναφορικά με το καθεστώς των χρήσεων γης στην περιοχή έρευνας, με την υπ. αριθμ. 73578/4964/17-12-2010 απόφαση της ΓΓ της περιφέρειας Ηπείρου(ΦΕΚ 575/ΑΑΠΘ/31-12-2010) έχει εγκριθεί για την περιοχή το Γενικό Πολεοδομικό σχέδιο του Δήμου Ηγουμενίτσας (Σχήμα 2-13). Από το Σχήμα διαπιστώνεται ο αστικός χαρακτήρας της περιοχής στο παράκτιο τμήμα της, ενώ κινούμενοι προς τα βόρεια και ανατολικά η περιοχή χαρακτηρίζεται από αγροτικές και δασικές εκτάσεις.





















Εικόνα 2-13 Αποψη του ΓΠΣ του Δήμου Ηγουμενίτσας και των χρήσεων γης

Συγχρόνως σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης CORINE η ευρύτερη περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση, από αστικές δραστηριότητες και χρήσεις, και από δασική βλάστηση και σκληροφυλλική βλάστηση (Εικόνα 2-14).



Κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης

- | | | | |
|---|---|---|-------------------------------|
|  | Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση |  | Κωνοφόρα δάση |
|  | Αστικοί χώροι πρασίνου |  | Λιμάνια |
|  | Ασυνεχής αστικές κατασκευές |  | Μικτά δάση |
|  | Βοσκοτόπια |  | Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι |
|  | Δάση πλατυφύλλων |  | Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας |
|  | Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές και οι σχετικές εκτάσεις |  | Σκληρόφυλλα βλάστηση |
|  | Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση |  | Συνεχής αστικές κατασκευές |
|  | Ελαιώνες |  | Φυσικά χορτολίβαδα |
|  | Εργοτάξια |  | Χώροι εξόρυξης μεταλλευμάτων |

Εικόνα 2-14 Αποψη των χρήσεων γης στην περιοχή έρευνας σύμφωνα με το σύστημα CORINE

2.5 Μετεωρολογικά δεδομένα στην περιοχή

2.5.1 Μηνιαία δεδομένα

Ο διαθέσιμος μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή έρευνας όπως έχει αναφερθεί είναι ο σταθμός της Ηγουμενίτσας, τον οποίο διαχειρίζεται η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Τα στοιχεία του σταθμού δίνονται στο Πίνακας 2-6. Στον Πίνακας 2-7 που ακολουθεί δίνεται η

μηνιαία βροχόπτωση για τα έτη 2006-2017, ενώ στους Πίνακες 2-8 και 2-9 δίνεται η μέγιστη και η ελάχιστη παρατηρούμενη θερμοκρασία.

Πίνακας 2-6 Χαρακτηριστικά Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας

NAME: MavroudiCITY: IgoumenitsaSTATE: Thesprotia
ELEV:77 mLAT:39° 32' 30" NLONG:20° 16' 47" E

Πίνακας 2-7 Μηνιαίες βροχοπτώσεις του Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας (πηγή: EMY)

Μήνας /Ετος	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ι		98.4	74.2	209.6	128.8	111.4	120.8	307.6	151.6	218.2	167.8	161.2
Φ		223.8	57.6	61.2	226.6	89.4	229.0	314.4	93.4	207.4	140.4	74.6
Μ		122.4	141.2	233.0	109.2	86.0	50.4	188.6	150.3	116.2	169.8	79.2
Α		48.6	100.0	90.0	28.8	27.8	184.3	33.0	99.0	24.6	106.6	47.6
Μ		39.8	32.2	23.6	71.0	53.4	150.1	77.8	70.2	11.2	148.2	41.2
Ι		9.6	40.0	58.2	41.6	9.6	69.2	22.8	15.8	22.0	56.4	8.2
Ι		0.0	2.6	0.0	2.4	0.6	0.0	0.0	61.0	6.6	5.4	0.2
Α		0.8	0.0	9.8	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	15.0	24.4	1.2
Σ		71.6	88.0	26.4	179.7	98.4	128.4	49.2	100.4	179.4	193.4	23.6
Ο		141.8	74.8	301.8	400.4	187.2	244.2	127.0	151.2	120.4	256.3	69.8
Ν	42.4	243.1	120.6	331.0	272.6	49.2	92.4	377.6	194.2	218.5	163.8	376.2
Δ	2.6	133.4	187.4	252.0	151.2	208.2	290.6	51.6	302.2	6.4	3	285.4
Σύνολο	45.0	1133.3	918.6	1596.6	1612.3	921.2	1562.2	1549.6	1389.3	1145.9	1435.5	1168.4

	Σταθμός εκτός λειτουργίας
	Μερική έλλειψη δεδομένων

Πίνακας 2-8 Ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας (πηγή: EMY)

Μήνας /Ετος	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ι		0.1	-1.6	2.9	0.4	-1.0	-2.7	-0.4	2.5	-2.4	5.5	2.9
Φ		0.3	-2.2	-1.4	-1.4	1.3	-0.9	1.8	4.1	-0.8	8.8	6.8
Μ		4.7	4.7	-0.2	2.4	-0.5	2.1	0.4	5.1	3.1	7.6	7.3
Α		5.7	6.6	8.1	5.8	5.8	5.6	7.3	5.0	4.6	10.9	8.5
Μ		11.2	7.6	7.8	9.6	8.3	9.2	10.8	9.3	10.3	12.2	12.9
Ι		11.8	13.9	13.4	11.9	14.5	12.7	11.9	11.1	13.8	17.5	17.8
Ι		15.8	14.7	16.1	16.3	15.0	18.8	15.2	15.9	16.6	20.3	19.6
Α		15.6	18.1	18.6	16.6	16.9	17.4	17.6	16.4	17.7	20.3	21.3

Σ		9.7	10.4	14.0	12.7	13.4	11.9	13.3	11.3	14.8	16.7	15.9
Ο		8.7	7.8	7.2	8.4	5.4	8.4	10.4	8.4	9.5	13.6	11.4
Ν	-0.7	3.2	4.1	5.8	8.6	3.6	6.8	3.3	5.1	3.4	9.4	9.1
Δ	0.6	-0.7	-0.6	3.2	-0.9	1.3	-0.1	1.3	1.4	1.7	3.7	5.9

	Σταθμός εκτός λειτουργίας
	Μερική έλλειψη δεδομένων

Πίνακας 2-9 Μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες Μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας (πηγή: ΕΜΥ)

Μήνας /Ετος	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ι		20.1	16.3	18.6	20.1	17.4	14.7	18.3	18.8	18.8	14.1	10.2
Φ		18.0	17.9	16.1	21.5	19.4	17.7	19.8	24.2	20.6	17.5	15.5
Μ		19.9	23.6	24.7	20.2	23.2	22.3	25.7	23.2	20.4	15.9	18.6
Α		25.5	29.1	25.9	26.1	23.1	30.2	29.3	29.3	23.6	21.8	19.9
Μ		29.2	32.6	31.8	28.3	31.2	29.8	31.3	29.2	30.1	22.5	24.2
Ι		38.1	35.4	33.4	35.6	33.9	37.8	36.4	33.6	32.3	29.2	30.2
Ι		42.2	35.0	40.3	36.0	36.9	38.2	35.2	34.5	39.4	32.2	33
Α		40.1	36.4	36.7	37.5	40.2	39.5	36.1	34.7	36.4	32.1	33.8
Σ		33.3	34.1	31.1	29.7	34.7	33.2	31.9	30.1	33.9	26.9	27.5
Ο		28.7	26.2	27.2	25.4	28.4	32.2	27.6	26.9	27.3	22.7	22.8
Ν	20.1	22.8	27.9	24.2	25.3	22.2	23.2	25.4	23.2	24.4	18	17.8
Δ	14.0	16.2	23.5	20.2	22.8	18.7	16.9	22.1	21.4	19.4	13.8	14.1

	Σταθμός εκτός λειτουργίας
	Μερική έλλειψη δεδομένων

2.5.2 Όμβριες καμπύλες

2.5.2.1 Γενικά

Ο διεθνής όρος για τις «όμβριες καμπύλες» είναι «καμπύλες έντασης – διάρκειας – περιόδου επαναφοράς βροχόπτωσης (Intensity – Duration – Frequency curves / IDF curves) και είναι ένα εργαλείο της στατιστικής υδρολογίας το οποίο μπορεί να δώσει τα απαραίτητα μεγέθη για τον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων. Οι όμβριες καμπύλες είναι αναλυτικές ή γραφικές εκφράσεις της μέγιστης έντασης βροχόπτωσης i συναρτήσει της διάρκειας του επεισοδίου βροχόπτωσης d και της περιόδου επαναφοράς T . Η κατάρτιση των όμβριων καμπυλών από τις μετρήσεις των βροχοπτώσεων (από τους βροχογράφους κυρίως) μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται κατάρτιση χρονοσειρών ετησίων μεγίστων μέσω εντάσεων για μία γκάμα διαρκειών συνάθροισης όπως $d_j = \{5\text{min}, 10\text{min}, 30\text{min}, 1\text{h}, 2\text{h}, 6\text{h}, 12\text{h}, 24\text{h}, 48\text{h}\}$ από τα δεδομένα της χρονοσειράς μέτρησης της βροχόπτωσης. Στο δεύτερο στάδιο χρησιμοποιούνται τα δείγματα που παρήχθησαν για να καταρτιστούν οι τελικές όμβριες καμπύλες.

Η παραγωγή των σειρών μηνιαίων ή ετησίων μεγίστων μέσω εντάσεων, είναι μία απλή

υπολογιστική διαδικασία συνάθροισης και εύρεσης κάποιας μέγιστης τιμής. Η παραγωγή ξεκινάει από κάποια χρονοσειρά μέτρησης της βροχόπτωσης η οποία έχει μικρό χρονικό βήμα (π.χ. πεντάλεπτο, δεκάλεπτο, ωριαίο και κάποιες φορές και ημερήσιο).

Η γενική πιθανοτική μεθοδολογία που ακολουθείται, η οποία εν τέλει οδηγεί στην κατάρτιση σχέσεων έντασης – διάρκειας - περιόδου επαναφοράς της βροχής, ή αλλιώς των όμβριων καμπυλών, βασίζεται πρωτίστως στην προσαρμογή μιας κατάλληλης συνάρτησης κατανομής στα δεδομένα. Οι όμβριες καμπύλες είναι μαθηματικές σχέσεις της μορφής

$$i(d,T) = a \frac{T^{\kappa}}{(d + \theta)^{\eta}} \quad (2-1)$$

όπου $\kappa \neq 0$, $\theta \geq 0$ και $0 < \eta < 1$.

Συνήθως διαπιστώνεται η ικανοποιητικά καλή προσαρμογή της κατανομής Gumbel ειδικότερα στην περιοχή των χαμηλών πιθανοτήτων υπέρβασης. Η συνάρτηση κατανομής της Gumbel μεγίστων με παραμέτρους κλίμακας λ και θέσης ψ δίνεται από την σχέση:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x}{\lambda} + \psi}} \quad (2-2)$$

Οι παράμετροι της κατανομής με τη μέθοδο των ροπών (method of moments) προκύπτουν από τις σχέσεις:

$$\lambda = 0.78\sigma_x \text{ και } \psi = \frac{\mu_x}{\lambda} - 0.5772 \quad (2-3)$$

2.5.2.2 Στοιχεία από υφιστάμενες μελέτες

Διάφοροι τύποι εντάσεων για την περιοχή, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την εκπόνηση υδρολογικών μελετών για την αδειοδότηση αντιπλημμυρικών έργων, με χρήση κύρια του βροχόμετρου της Ηγουμενίτσας. Το βροχόμετρο της Ηγουμενίτσας βρίσκεται εντός της περιοχής έρευνας ωστόσο η αξιοπιστία του είναι μικρή καθώς οι ενδείξεις που αναφέρονται στα φύλλα παρατηρήσεων είναι συχνά εσφαλμένες, ιδίως στις περιπτώσεις νυχτερινών βροχοπτώσεων.

Επίσης πολλές φορές η διάρκεια της βροχής έστω και αν είναι ακριβής δεν μπορεί να δώσει πληροφορίες για τις μέγιστες εντάσεις βροχής που εμφανίσθηκαν σε μικρότερα διαστήματα και μπορεί να είναι πολλαπλάσιες της μέσης έντασης.

Οι διάφοροι τύποι εντάσεων βροχόπτωσης οι οποίες έχουν εφαρμοσθεί για την περιοχή είναι οι κάτωθι:

1. Ο τύπος που προσδιορίζει την ένταση από την Μελέτη της Αποχέτευσης Ηγουμενίτσας από τους Γόντικα -Ρηγίδη – Καλανταρίδη - ΥΔΡΟ ΣΕΚΑ και είναι:

$$i = \frac{12.20xT^{0.25}}{t^{0.50}} \quad (2-4)$$

όπου T η περίοδος επαναφοράς και t ο χρόνος συγκέντρωσης.

2. Η επέκταση του ως άνω τύπου δια συμπληρώσεως και άλλων ετών παρατηρήσεων ήτοι:

$$i = \frac{14.10xT^{0.28}}{t^{0.50}} \quad (2-5)$$

Ο τύπος αυτός έχει χρησιμοποιηθεί από την Εγνανία Α.Ε. για τα έργα της.

3. Ο τύπος της έντασης που χρησιμοποιήθηκε από την ΝΑΜΑ Α.Ε. για την μελέτη του λιμένα της Ηγουμενίτσας και ελήφθη από την “ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ – ΠΡΕΒΕΖΑΣ” τμήμα από ΑΚ ΛΙΜΕΝΑ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ – ΠΛΑΤΑΡΙΑ, και ο οποίος προσδιορίζει για T=5 χρόνια:

$$i = \frac{31.10}{[(0.16 + 0.0167xt)^{0.81}]} \quad (2-6)$$

δια του τύπου δε του FULLER είναι δυνατόν να επεκταθεί και σε διάφορες άλλες περιόδους ως:

$$i_1 = i_2 x \frac{(1 + 0.80x \log T_1)}{(1 + 0.80x \log T_2)} \quad (2-7)$$

οπότε για T=10 χρόνια προκύπτει

$$i = \frac{35.904}{[(0.16 + 0.0167xt)^{0.81}]} \quad (2-8)$$

4. Από την ΕΥΔΕ-ΜΕΔΕ έχει προταθεί ο τύπος υπολογισμού του ύψους βροχόπτωσης της Κέρκυρας, που προφανώς εξήλθε από τον σταθμό της ΕΜΥ της Κέρκυρας, και χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη “ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΕΡΚΥΡΑΣ” (ΑΔΚ ΑΕ, ΥΔΡΟΤΕΚ ΑΕ, κλπ) και είναι για T=50 χρόνια

$$H = 21.718x(t - 4.56)^{0.293} \quad (2-9)$$

μετατρέπεται δε σε ένταση ως ακολούθως:

$$i = \frac{H}{t} = \frac{21.718x(t - 4.56)^{0.293}}{t} \quad (2-10)$$

Με τον παραπάνω τύπο υπολογίζεται η πλημμυρική παροχή του ρέματος του Ξηροποτάμου από την μελέτη “ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ από την ΑΔΚ ΑΕ. ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΥ Ν. ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ”. Επεκτείνοντας δε τον τύπο:

$$\text{Για } T=5 \text{ χρόνια } i = 863.67x \frac{(t - 4.56)^{0.293}}{t} \text{ όπου } t \text{ σε λεπτά} \quad (2-11)$$

$$\text{Για } T=10 \text{ χρόνια } i = 997.05x \frac{(t - 4.56)^{0.293}}{t} \text{ όπου } t \text{ σε λεπτά} \quad (2-12)$$

$$\text{Για } T=20 \text{ χρόνια } i = 1130.05x \frac{(t - 4.56)^{0.293}}{t} \text{ όπου } t \text{ σε λεπτά} \quad (2-13)$$

$$\text{Για } T=50 \text{ χρόνια } i = 1306.80x \frac{(t - 4.56)^{0.293}}{t} \text{ όπου } t \text{ σε λεπτά} \quad (2-14)$$

5. Για την περιοχή της Πρεβέζης έχει προσφάτως εξαχθεί η καμπύλη

$$i = 332.89x \frac{T^{0.162}}{t^{0.622}} \quad (2-15)$$

από την μελέτη των έργων υποδομής της ΒΙΠΕ Πρεβέζης και από την ΥΠΟΔΟΜΗ ΕΠΕ

6. Στο πλαίσιο υδρολογικής μελέτης της ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΓΡΑΙΚΟΧΩΡΙΟΥ – ΛΑΔΟΧΩΡΙΟΥ υπολογίστηκαν όμβριες καμπύλες από τους σταθμούς Κέρκυρας – Ιωαννίνων – Πρεβέζης που είναι οι ακόλουθες:

$$\alpha) \text{ από την Κέρκυρα } i = 399.14x \frac{T^{0.216}}{t^{0.67}} \quad (2-16)$$

$$\beta) \text{ από τα Ιωάννινα } i = 286.65x \frac{T^{0.225}}{t^{0.67}} \quad (2-17)$$

$$\gamma) \text{ από το Άκτιο Πρεβέζης } i = 332.18x \frac{T^{0.225}}{t^{0.67}} \quad (2-18)$$

Σημειώνεται ότι η ως άνω υπολογισθείσα όμβρια καμπύλη του Ακτίου που εξήχθη στα πλαίσια της πιο πάνω μελέτης, παρουσιάζει σημαντική ομοιότητα με την καμπύλη της ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΕΠΕ:

$$i = \frac{332.89xT^{0.162}}{t^{0.622}} \quad (2-19)$$

2.5.2.3 Στοιχεία από το Σχέδιο Διαχείρισης Πλημμυρών ΥΔ Ηπείρου

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται εντός του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου, στη λεκάνης Απορροής του Ποταμού Καλαμά. Για το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου έχει εκπονηθεί και εγκριθεί το Σχέδιο Διαχείρισης Κίνδυνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου. Στα πλαίσια του ανωτέρω έργου έχουν καταρτιστεί για όλη την επικράτεια και για το ΥΔ Ηπείρου όμβριες καμπύλες.

Στα πλαίσια εκπόνησης του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του ΥΔ Ηπείρου, αλλά και όλη της χώρας, πραγματοποιήθηκε κατάρτιση όμβριων καμπυλών έγινε σε επίπεδο Υδατικού Διαμερίσματος με κοινή μεθοδολογία για όλα τα ΥΔ. Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές ακολουθήθηκε η μεθοδολογία της μελέτης: Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Μαρκόνης, Α. Κουκουβίνος, Σ.Μ. Παπαλεξίου, Ν. Μαμάσης, και Π. Δημητριάδης, Υδρολογική μελέτη ισχυρών βροχοπτώσεων στη λεκάνη του Κηφισού, Αθήνα, 2010. Το σχετικό κείμενο είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο (<http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/970/>). Στη συνέχεια δίνεται μία συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας.

Σε πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε πλήρης καταγραφή και αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων στοιχείων των σταθμών μέτρησης της βροχόπτωσης από πλευράς πληρότητας, διάρκειας και αξιοπιστίας οργάνων. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα βροχογράφων και βροχομέτρων από όλους τους αρμόδιους φορείς (ΥΠΕΚΑ, ΕΜΥ, ΔΕΗ, ΥΠΑΑΤ, ΕΑΑ), με παράλληλη αξιοποίηση των δεδομένων της βάσης της ΕΤΥΜΠ (www.hydroscope.gr).

Έγινε συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό την δημιουργία χρονοσειρών μέγιστων βροχοπτώσεων για χρονικά βήματα: 5 min, 10 min, 30 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h και 48h. Τα πρωτογενή βροχομετρικά δεδομένα, που συλλέχθηκαν από βροχόμετρα (σε χρονικές κλίμακες ημέρας και δύο ημερών) και βροχογράφους (σε χρονικές κλίμακες από 5 min έως 48 h), αξιολογήθηκαν ως προς την συνέπεια και αξιοπιστία τους, μέσω ποιοτικών και στατιστικών

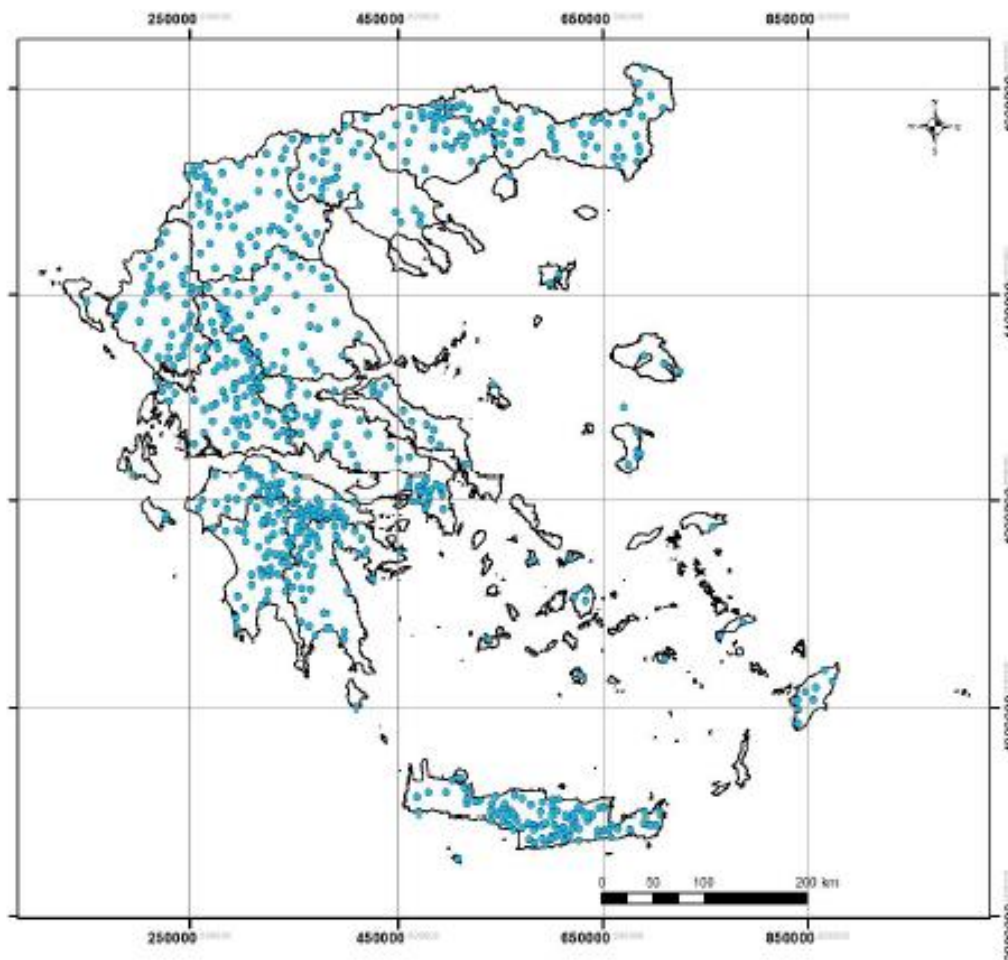
ελέγχων.

Μετά τον προσδιορισμό του τελικού δείγματος των σταθμών (676 σταθμοί σε όλη τη χώρα, Εικόνα 2-15) και των αντίστοιχων χρονοσειρών μέγιστων βροχοπτώσεων, ακολούθησαν επεξεργασίες, στατιστικές και χωρικές, για την εκτίμηση των πέντε παραμέτρων της γενικευμένης έκφρασης των ομβρίων καμπυλών.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, εφαρμόζεται η γενική συναρτησιακή σχέση:

$$i = \frac{a(T)}{b(d)} \quad (2-20)$$

όπου: i (mm/h) η ένταση βροχής διάρκειας d (h) για περίοδο επαναφοράς T (έτη), και $a(T)$ και $b(d)$ οι συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας αντίστοιχα.



Εικόνα 2-15 Θέση βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατάρτιση των όμβριων καμπυλών (πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου)

Η συνάρτηση $a(T)$ προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής της μέγιστης έντασης βροχής. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές σαν συνάρτηση κατανομής έχει οριστεί η Γενική Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ).

Η συνάρτηση $b(d)$ είναι της μορφής:

$$b(d) = (1 + d/\theta)^n \quad (2-21)$$

όπου θ και η παράμετροι προς εκτίμηση, με $\theta \geq 0$ (σε μονάδες χρόνου) και $0 < \eta < 1$.

Η τελική γενική έκφραση των όμβριων καμπυλών είναι:

$$i(d, T) = \frac{\lambda'(T^\kappa - \psi')}{(1 + d/\theta)^n} \quad (2-22)$$

όπου: κ παράμετρος σχήματος, λ' παράμετρος κλίμακας, ψ' παράμετρος θέσης της συνάρτησης κατανομής, και θ, η οι παράμετροι της συνάρτησης διάρκειας.



Εικόνα 2-16 Θέσεις βροχομετρικών σταθμών πλησίον της περιοχής έρευνας (πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου)

Με βάση το ανωτέρω έργο προέκυψαν οι παράμετροι για τον υπολογισμό των όμβριων καμπυλών για τον ΥΔ Ηπείρου. Οι παράμετροι αυτοί για τους πλησιέστερους σταθμούς στην περιοχή έρευνας δίνονται στον Πίνακα 2-10.

Πίνακας 2-10 Πίνακας με τις παραμέτρους των όμβριων καμπυλών για τους πλησιέστερους σταθμούς στην περιοχή έρευνας του ΥΔ Ηπείρου(πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου)

ΥΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	X	Y	Z	κ	λ'	ψ'	θ	η
GR05	229	ΑΚΤΙΟ	218136	4315850	3	0.108	222.5	0.772	0.334	0.627
GR05	236	ΑΡΤΑ	238785	4338755	42	0.108	216.2	0.787	0.334	0.627
GR05	246	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	178755	4378521	21	0.108	121.9	0.642	0.334	0.627
GR05	252	ΚΕΡΚΥΡΑ	149236	4392784	2	0.108	326.1	0.793	0.334	0.627
GR05	263	ΠΑΡΑΜΥΘΙΑ	200116	4373958	290	0.036	375.6	0.858	0.334	0.627
GR05	265	ΠΗΓΑΔΟΥΛΙΑ	182263	4384338	150	0.036	338	0.868	0.334	0.627
GR05	272	ΦΙΛΙΑΤΕΣ	182079	4389506	180	0.036	319.4	0.854	0.334	0.627

Στον Πίνακα 2-11 δίνονται τα αδιαστατοποιημένα όρια εμπιστοσύνης 80% των σημειακών όμβριων καμπυλών, xL και xU, αντίστοιχα, για τις τρεις περιόδους επαναφοράς του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (50, 100, 1000 έτη). Οι τιμές αυτές έχουν εκτιμηθεί ως λόγοι των δύο ορίων προς τις κεντρικές τιμές που εκτιμώνται από την όμβρια καμπύλη, οπότε προφανώς ισχύει $xL < 1$ και $xU > 1$.

Κατ' αντιστοιχία με τις παραμέτρους λ' και ψ' των ομβριων καμπυλών, έτσι και οι τιμές των xL και xU έχουν εκτιμηθεί με βάση τα σημειακά δείγματα των βροχομετρικών σταθμών. Για την εφαρμογή τους στη χωρική κλίμακα της υπολεκάνης, παράγονται αντιπροσωπευτικές τιμές τους, με βάση χάρτες χωρικής παρεμβολής (δύο όρια x τρεις περίοδοι επαναφοράς, από τους οποίους προκύπτουν έξι αρχεία τύπου raster). Οι τιμές αυτές εκτιμώνται ως μέσος όρος όλων των φατνίων της υπολεκάνης. Για την παραγωγή των υετογραφημάτων σχεδιασμού εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία με το μέσο υδρολογικό σενάριο, μόνο που αντί για τις όμβριες καμπύλες χρησιμοποιούνται τα αντιπροσωπευτικά κάθε υπολεκάνης αδιαστατοποιημένα όρια, τα οποία πολλαπλασιάζονται επί την κεντρική τιμή της υπόψη περιόδου επαναφοράς.

Πίνακας 2-11 Πίνακας με τις παραμέτρους των όμβριων καμπυλών και τους συντελεστές των ορίων εμπιστοσύνης για τους πλησιέστερους σταθμούς στην περιοχή έρευνας του ΥΔ Ηπείρου (πηγή: Σχέδιο διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των ΛΑΠ του ΥΔ Ηπείρου)

Σταθμός	Παράμετροι όμβριων καμπυλών					T=50 έτη		T=100 έτη		T=1000 έτη	
	θ	η	κ	λ'	ψ'	xL	xU	xL	xU	xL	xU
ΑΚΤΙΟ	0.334	0.627	0.108	222.477	0.772	0.779	1.177	0.73	1.239	0.573	1.548
ΑΡΤΑ	0.334	0.627	0.108	216.217	0.787	0.773	1.179	0.724	1.242	0.567	1.55
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	0.334	0.627	0.108	121.9	0.642	0.876	1.109	0.843	1.148	0.723	1.33
ΚΕΡΚΥΡΑ	0.334	0.627	0.108	326.138	0.793	0.825	1.15	0.784	1.2	0.646	1.436
ΠΑΡΑΜΥΘΙΑ	0.334	0.627	0.036	375.568	0.858	0.908	1.084	0.883	1.114	0.793	1.258
ΠΗΓΑΔΟΥΛΙΑ	0.334	0.627	0.036	338.006	0.868	0.845	1.13	0.809	1.181	0.684	1.431
ΦΙΛΙΑΤΕΣ	0.334	0.627	0.036	319.427	0.854	0.913	1.078	0.89	1.107	0.803	1.24

Στο πλαίσιο αξιολόγησης του Κινδύνου Πλημμύρας πραγματοποιήθηκε η κατάρτιση όμβριων καμπυλών για το σύνολο των Υδατικών Διαμερισμάτων της Χώρας (ΕΓΥ, 2018). Για κάθε βροχομετρικό σταθμό/και βροχόμετρο καθορίστηκαν οι παράμετροι λ', κ, ψ', θ και η της όμβριας καμπύλης, όπως αυτή δίνεται από την εξίσωση (2-23):

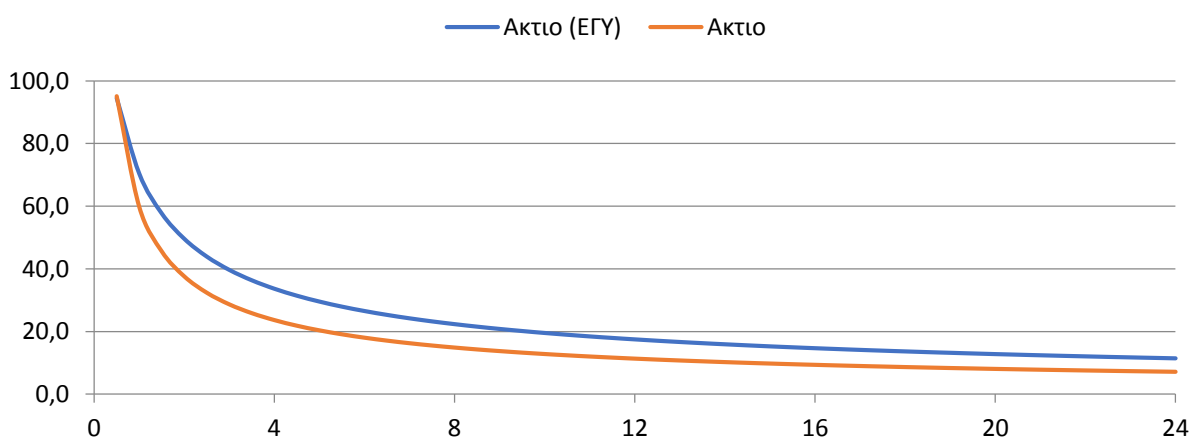
$$i(d, T) = \frac{\lambda'(T^k - \psi')}{(1+d/\theta)^n} \quad (2-23)$$

Σύμφωνα με την εξίσωση (2-23) για τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Ακτίου και της Κέρκυρας, οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί στις διάφορες μελέτες αντιπλημμυρικών έργων στην περιοχή, οι όμβριες καμπύλες δίνονται στις εξισώσεις (2-24) και (2-25) ενώ η καμπύλη που έχει προκύψει για το μετεωρολογικό σταθμό της Ηγουμενίτσας δίνεται στην εξίσωση (2-26).

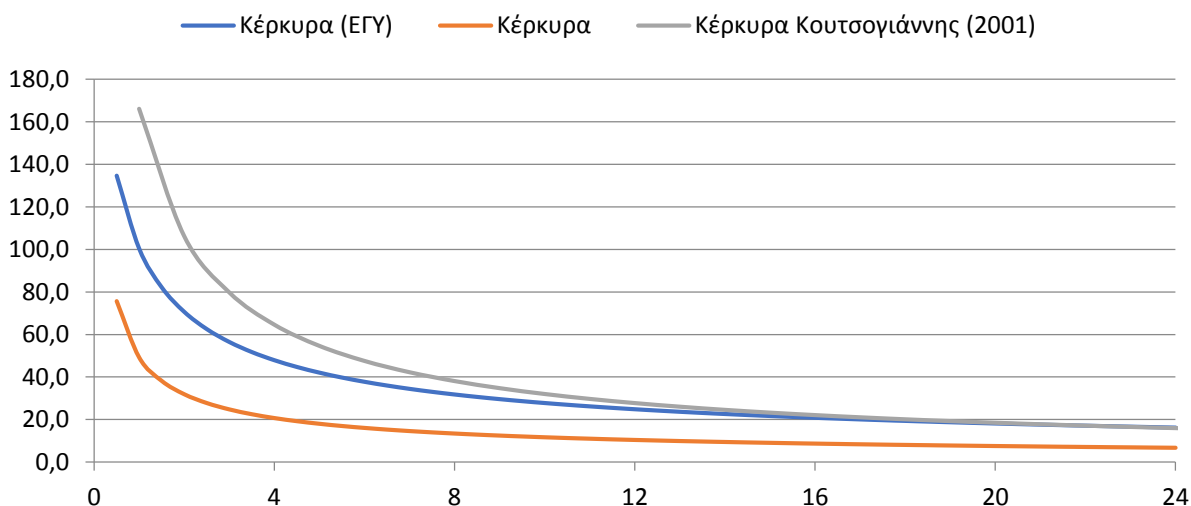
$$i(d, T) = \frac{222,5(T^{0,108} - 0,772)}{(1+d/0,334)^{0,627}} \quad (2-24)$$

$$i(d, T) = \frac{326,1(T^{0,108} - 0,793)}{(1+d/0,334)^{0,627}} \quad (2-25)$$

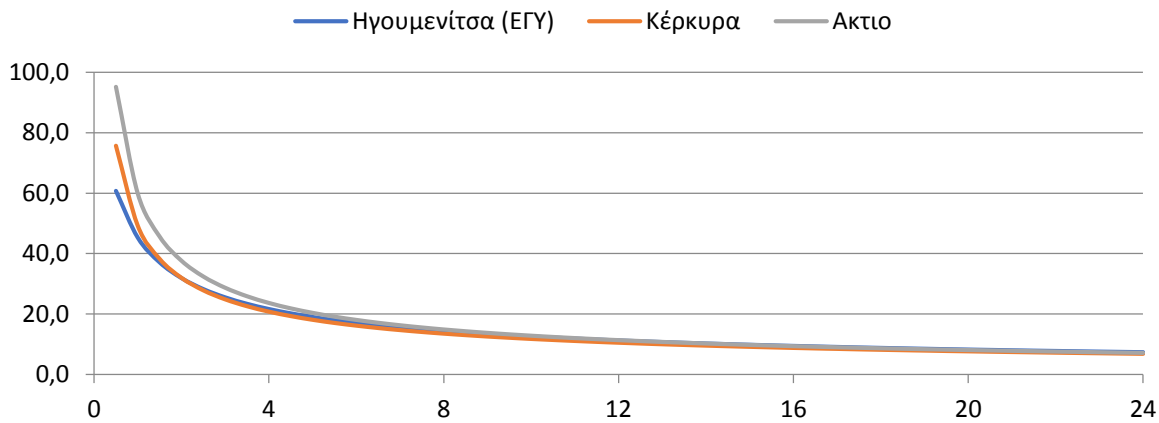
$$i(d, T) = \frac{121,9(T^{0,108} - 0,642)}{(1+d/0,334)^{0,627}} \quad (2-26)$$



Εικόνα 2-17: Όμβριες Καμπύλες σταθμού Ακτίου σύμφωνα με τις υφιστάμενες μελέτες και τη μελέτη της ΕΓΥ (ένταση imm/h) $T=50$ έτη



Εικόνα 2-18: Όμβριες Καμπύλες σταθμού Κέρκυρας σύμφωνα με τις υφιστάμενες μελέτες και τη μελέτη της ΕΓΥ (ένταση imm/h) $T=50$ έτη



Εικόνα 2-19: Όμβριες Καμπύλες σταθμού Ηγουμενίτσας (ΕΓΥ) σε σχέση με τις τιμές των σταθμών Ακτίου και Κέρκυρας των υφιστάμενων μελετών (ένταση imm/h) $T=50$ έτη

Στις Εικόνα 2-17, Εικόνα 2-18 και Εικόνα 2-19 δίνονται οι όμβριες καμπύλες σύμφωνα με τις εξισώσεις (2-21) και (2-22), (2-23), (2-24) και (2-25) των μετεωρολογικών σταθμών Ακτίου και Κέρκυρας και οι όμβριες καμπύλες του μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας σύμφωνα με τη μελέτη της ΕΓΥ (2018). Από τα διαγράμματα διαπιστώνεται πως οι εντάσεις των σταθμών Ακτίου και Κέρκυρας σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΓΥ είναι αυξημένες σε σχέση με αυτές οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για στις υδρολογικές μελέτες της περιοχής. Συγκρίνοντας επίσης την όμβρια καμπύλη για το σταθμό Κέρκυρας σύμφωνα με μελέτη του Κουτσογιάννη (2001), διαπιστώνεται ότι αυτή παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτή της ΕΓΥ.

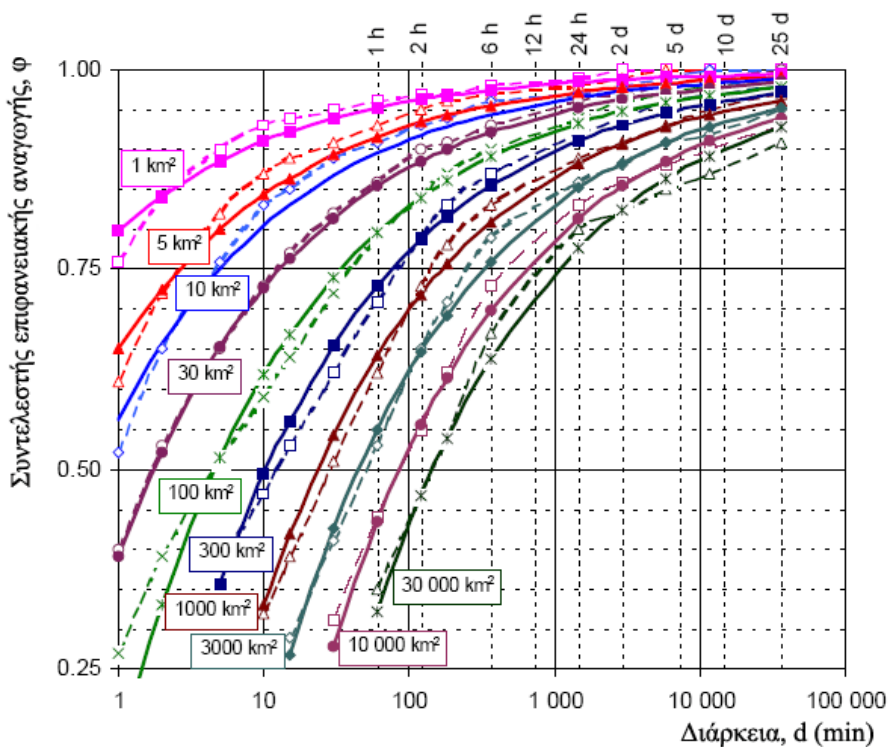
Για μικρές τιμές της διάρκειας της βροχόπτωσης διαπιστώνονται αποκλίσεις της έντασης για το σταθμό Ηγουμενίτσας που προκύπτουν από την ΕΓΥ (2018) σε σχέση με τις τιμές των σταθμών Κέρκυρας και Ακτίου που έχουν χρησιμοποιηθεί στην περιοχή. Για μεγαλύτερες διάρκειες βροχόπτωσης οι τιμές θεωρούνται παρόμοιες (διαφορές 2%). Στη συνέχεια τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας, ο οποίος θεωρείται και ο πιο αντιπροσωπευτικός για την περιοχή έρευνας, χρησιμοποιούνται για την υδρολογική αξιολόγηση των ρεμάτων.

2.5.2.4 Διόρθωση λόγω επιφανειακής αναγωγής

Οι παραπάνω όμβριες καμπύλες είναι σημειακές, δηλαδή αφορούν στη βροχόπτωση στο σημείο του βροχομετρικού σταθμού. Όταν γίνεται εφαρμογή σε μια λεκάνη απορροής σημαντικού μεγέθους, τότε πρέπει να γίνεται η αναγωγή της σημειακής βροχόπτωσης σε επιφανειακή βάσει ενός μειωτικού συντελεστή. Η τιμή αυτή της βροχόπτωσης θα μειωθεί βάσει του Επιφανειακού Μειωτικού Συντελεστή (Areal Reduction Factor, ARF) ο οποίος προκύπτει από νομογραφήματα βάσει της επιφάνειας της λεκάνης απορροής και της διάρκειας της βροχόπτωσης. Οι Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1997 έχουν μεταφέρει τις καμπύλες αυτές σε σχέση της μορφής:

$$\phi = 1 - \frac{0.048A^{0.36-0.01 \ln A}}{d^{0.35}} \quad (2-23)$$

όπου, ϕ ο αδιάστατος συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, A η επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε km^2 , και d η διάρκεια βροχόπτωσης σε ώρες. Στην Εικόνα 2-16 δίνεται η απεικόνιση της εξίσωσης (2-20), σε σύγκριση και με τις πινακοποιημένες τιμές του National Environmental Research Council (1975).



Εικόνα 2-20 Μεταβολή του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής συναρτήσει της έκτασης και της διάρκειας βροχής, σύμφωνα με την εξίσωση (8.24) (συνεχείς γραμμές), σε σύγκριση και με τις πινακοποιημένες τιμές του National Environmental Research Council (1975) (διακεκομμένες γραμμές) (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

2.5.2.5 Κλιματική αλλαγή

Αναφορικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, από την αξιολόγηση του σχεδίου διαχείρισης πλημμυρών διαπιστώνεται πως το αντικείμενο αυτό δεν αξιολογείται και θεωρείται από τους μελετητές πως αυτή είναι δυνατό να προσομοιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τα δυσμενή όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης των όμβριων καμπυλών.

2.6 Ιστορικές πλημμύρες

Στοιχεία για ιστορικές πλημμύρες στην περιοχή δίνονται στο εγκεκριμένο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου καθώς και στη μελέτη του ΙΓΜΕ του 2016.

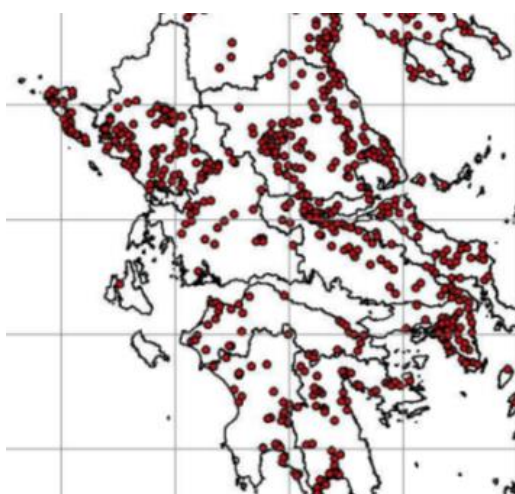
Αναφορικά με το σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας η εικόνα των πλημμυρικών συμβάντων σε περιοχή του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου, με βάση τις ιστορικές πλημμύρες, οι περιοχές που καταγράφονται πλημμύρες είναι:

- ✓ οι πεδινές περιοχές γύρω από τη λίμνη Παμβώτιδα και την τάφρο Λαψίστα
- ✓ η παράκτια περιοχή της Ηγουμενίσσας
- ✓ οι παραποτάμιες πεδινές εκτάσεις του π. Αχέροντα
- ✓ οι χαμηλές περιοχές της κλειστής λεκάνης Μαργαριτίου
- ✓ η πεδιάδα της Άρτας. Η ύπαρξη του φράγματος Πουρναρίου της ΔΕΗ επί του π. Αράχθου ανάντη της πεδιάδας Άρτας περιορίζει σημαντικά τα πλημμυρικά φαινόμενα στον π. Άραχθο δεδομένου ότι η ροή του ποταμού είναι ελεγχόμενη.

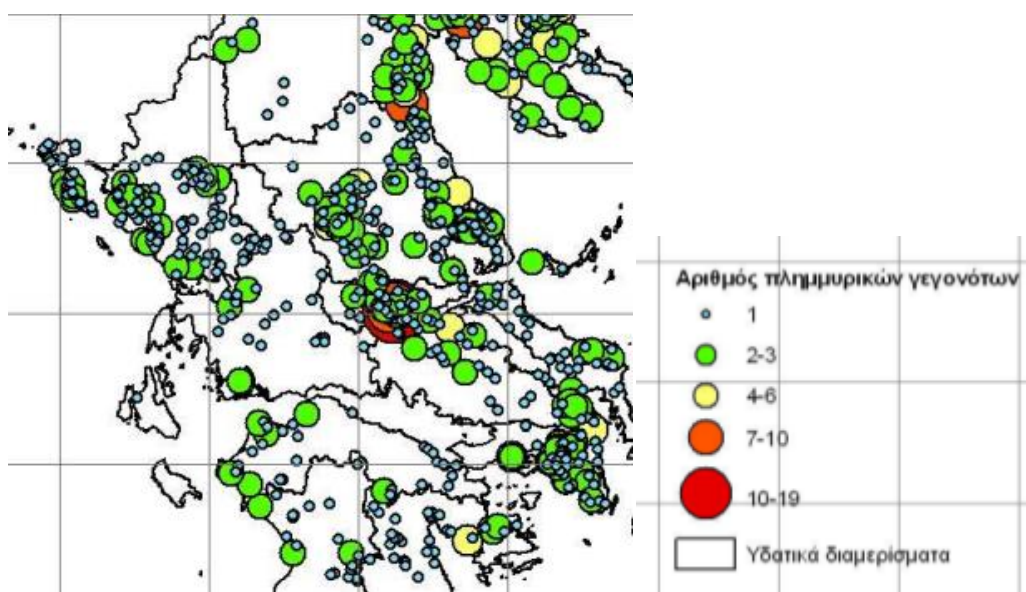
- ✓ οι πεδινές περιοχές της νήσου Κέρκυρας. Κάποιες πλημμύρες που καταγράφονται στα ορεινά των λεκανών (π.χ. λεκάνη π. Αράχθου και λεκάνη π. Καλαμά) αφορούν ζημιές σε οικισμούς, πιθανότατα λόγω αστοχίας τεχνικών έργων, ζημιές από διάβρωση λόγω υψηλής βροχόπτωσης κλπ

Επίσης από τη Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής της Περιφερειακής Ενότητας Θεσπρωτίας αναφέρεται ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα σημειώνονται πλημμύρες κατά μήκος του π. Καλαμά και συγκεκριμένα στον κάμπο Βρυσέλλας – Παραποτάμου - Πηγαδουλίων (Γεροπλάτανος) καθώς επίσης και από λυμνάζοντα νερά από βροχοπτώσεις στην περιοχή Κρυσταλλοπηγής Παραμυθιάς (Χότκοβα).

Στις Εικόνες 2-21 και 2-22 που ακολουθούν δίνονται οι θέσεις ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων και πλημμυρικών γεγονότων για την περιοχή έρευνας, σύμφωνα με τα στοιχεία της έκθεσης προκαταρκτικής αξιολόγησης των πλημμυρών.



Εικόνα 2-21 Θέσεις Ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων (πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)



Εικόνα 2-22 Κατηγορίες ανά Αριθμό πλημμυρικών γεγονότων στις θέσεις ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων (πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ΥΔ Ηπείρου)

Συγχρόνως στην έκθεση του ΙΓΜΕ στα πλαίσια του έργου ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΣΕ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΩΝ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ υποέργο ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ, ΓΕΩΘΕΜΑΤΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ (1:5.000) ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ (ΑΣΤΗΓ) αποδελτιώθηκαν και παρουσιάζονται πλημμυρικά φαινόμενα στην αστική περιοχή της Ηγουμενίτσας.

Πίνακας 2-12 Πλημμυρικά φαινόμενα στην περίοδο 2000-2014 (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)

Πλημμυρικά επεισόδια	Καταστροφές	Πηγή
2003	Προβλήματα σε Ε.Ο. Ηγουμενίτσας-Ιωαννίνων και Ε.Ο. Ηγουμενίτσας-Πρέβεζας, καταστροφές σε τέσσερις κοινότητες του δήμου, στην πόλη της Ηγουμενίτσας (πλημμύρισαν οικίες, οδικά δίκτυα και προβλήματα στο δίκτυο ύδρευσης και στο νέο λιμάνι).	Πυροσβεστική Υπηρεσία Ηγουμενίτσας εφημερίδα «Ριζοσπάστης».
2010	Καταστροφές σε Ν. Σελεύκεια, Λαδοχώρι, Γραικοχώρι και Ηγουμενίτσα.	Πυροσβεστική Υπηρεσία Ηγουμενίτσας.
2012	Επλήγησαν κυρίως περιοχές στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, από τη διασταύρωση της Ν. Σελεύκειας μέχρι το Μαυρούδι, όπου τρία ρέματα υπερχείλισαν. Προβλήματα και στην Ε.Ο. Ηγουμενίτσας-Ιωαννίνων.	Πυροσβεστική Υπηρεσία Ηγουμενίτσας εφημερίδα «Ριζοσπάστης».

Στον Πίνακα 2-12 αναγράφονται τα πλημμυρικά επεισόδια που συλλέχθηκαν από την Πυροσβεστική Υπηρεσία, για ομαδικές κλήσεις όσον αφορά την άντληση υδάτων (που σχετίζονται δηλαδή με έντονες βροχοπτώσεις) την χρονική περίοδο 2000 – 2014 (Εικόνες 2-23 και 2-24), καθώς επίσης από την Υπηρεσία Αποκατάστασης Σεισμοπλήκτων και από αναζήτηση δεδομένων στο διαδίκτυο (π.χ. τοπικές εφημερίδες με διαθέσιμο αρχείο αναζήτησης) (ΙΓΜΕ, 2016). Στην Εικόνα 2-25 δίνεται ο χάρτης με την αποτύπωση των περιοχών που είχαν καταστροφές από πλημμύρες.

Από τα παραπάνω λοιπόν πλημμυρικά συμβάντα αξίζει να αναφερθούμε λεπτομερέστερα στις πλημμύρες (ΙΓΜΕ, 2016):

- ✓ του έτους 2003, όπου η καταστροφή ήταν απροσδόκητη. Στην πόλη της Ηγουμενίτσας είχε μόλις εγκαινιαστεί το νέο λιμάνι και η βροχόπτωση του μήνα Οκτωβρίου, ισοπέδωσε μεγάλα τμήματα της πόλης αλλά και των γύρω περιοχών, εξαιτίας των αστοχιών των έργων. Η θάλασσα μπαζώθηκε σε κάποια σημεία, όπως και κάποια ρέματα του υδρογραφικού δικτύου για την εκτέλεση των έργων και λόγω της μεγάλης οικιστικής ανάπτυξης, ολόκληρα οικοδομικά τετράγωνα κατασκευάζονταν κάτω από το επίπεδο του οδικού άξονα, με αποτέλεσμα στην πρώτη έντονη βροχόπτωση (57mm σε 24h) να δημιουργηθούν ανυπολόγιστες ζημιές. Περισσότερες από 250 κλήσεις δέχθηκε συνολικά η Πυροσβεστική Υπηρεσία και σε διάρκεια τεσσάρων ημερών από τη λήξη του

φαινομένου, για απεγκλωβισμό ανθρώπων και άντληση υδάτων (εφημερίδα «Ριζοσπάστης»)

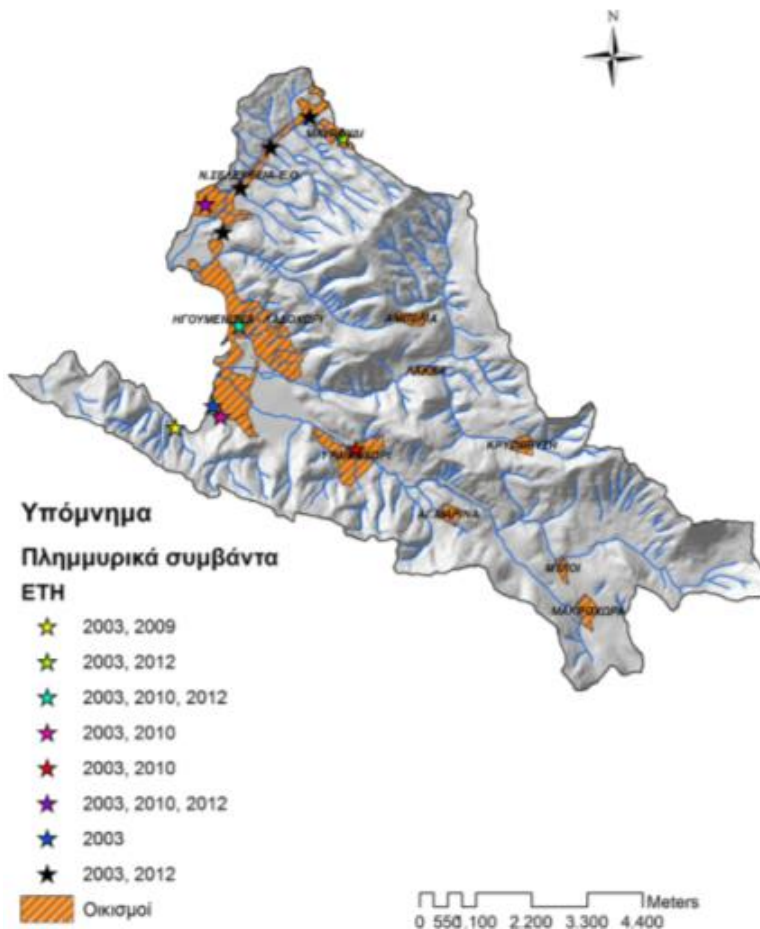
- ✓ του έτους 2012 και μήνα Ιουνίου, όπου η μεγάλη ένταση και μικρής διάρκειας βροχόπτωση (1 ώρα) προκάλεσε χάος στην πόλη της Ηγουμενίτσας. Τα περισσότερα προβλήματα εντοπίστηκαν στους οικισμούς της δυτικής πλευράς της λεκάνης (βλ. πίνακα 1) όπου οικίες και καταστήματα θάφτηκαν κάτω από τόνους λάσπης. Ανθρώπινα θύματα δεν υπήρχαν.



Εικόνα 2-23 Φωτογραφία από τις καταστροφές του 2003 στην πόλης της Ηγουμενίτσας (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)



Εικόνα 2-24 Φερτά υλικά από ρέματα της ευρύτερης περιοχής της Ηγουμενίτσας κατά τη διάρκεια των πλημμυρών του έτους 2012 (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)



Εικόνα 2-25 Χάρτης απεικόνισης πλημμυρικών συμβάντων στην ευρύτερη περιοχή της Ηγουμενίτσας (πηγή: ΙΓΜΕ, 2016)

2.7 Στοιχεία πρόσφατων πλημμυρών

Κατά την περίοδο του έργου έντονα πλημμυρικά φαινόμενα παρατηρήθηκαν κατά τα έτη 2016, 2017 και 2018. Πιο συγκεκριμένα πλημμυρικά φαινόμενα εντοπίστηκαν στο �έμα Νέας Σελεύκειας-Μαυρουδίου, όσο και στα ρέματα Λάκκας και Ξηροπόταμου. Αναλυτικά καταγράφηκαν τα παρακάτω:

α) Πλημμυρικά φαινόμενα πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 5-10/10/2016 στην ευρύτερη περιοχή της ΠΕ Θεσπρωτίας και πόλης της Ηγουμενίτσας και γενικότερα, δημιουργώντας μεγάλες καταστροφές και υλικές ζημιές. Το μέγιστο ύψος της βροχόπτωσης για 24ωρη διάρκεια που καταγράφηκε σύμφωνα με στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας ανέρχεται σε 111,80mm. Συγχρόνως σύμφωνα με την υπ. αριθμ. ΔΑΕΦΚ/452/Α325/09-06-2017 απόφαση του ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ, ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ, Δ/ΝΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ (Δ.Α.Ε.Φ.Κ.), ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΩΝ (Α), από τις πλημμύρες στις 5 έως 10

Οκτωβρίου 2016, οι οποίες ορίζονται ως φυσική καταστροφή, στα διοικητικά όρια των της Δ.Κ. Ηγουμενίτσας και της Τ.Κ. Νέας Σελεύκειας της Περιφερειακής Ενότητας Θεσπρωτίας.



Εικόνα 2-26 Πλημμυρικά φαινόμενα τον Οκτώβριο του έτους 2016

Β) Πλημμυρικά φαινόμενα πραγματοποιήθηκαν την 11-12/11/2017 στην ευρύτερη περιοχή της Ηγουμενίτσα και γενικότερα της ΠΕ Θεσπρωτίας, δημιουργώντας μεγάλες καταστροφές και υλικές ζημιές. Προβλήματα διαπιστώθηκαν κύρια στο ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου, όσο και στα κατάντη των ρεμάτων Λάκκας και Ξηροπόταμου. Το ύψος της βροχόπτωσης για 24ωρη διάρκεια ανέρχεται σε 117,4mm σύμφωνα με στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας.



Εικόνα 2-27 Πλημμυρικά φαινόμενα τον Νοέμβριο του έτους 2017 (περιοχή του λιμένα Ηγουμενίτσας)



Εικόνα 2-28 Πλημμυρικά φαινόμενα τον Νοέμβριο του έτους 2017 (περιοχή του λιμένα Ηγουμενίτσας)

Γ) Πλημμυρικά φαινόμενα πραγματοποιήθηκαν την 04/02/2018 στην κατάντη περιοχή του ρέματος Τσιμπουρίκι με αποτέλεσμα τη καταστροφή γέφυρας η οποία οδηγεί στον Δημοτικό

Κοιμητήριο. Το ύψος της βροχόπτωσης για 24ωρη διάρκεια ανέρχεται σε 68,4mm σύμφωνα με στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Ηγουμενίτσας.



Εικόνα 2-29 Άποψη της υπάρχουσας γέφυρας μετά την πλημμύρα του Φεβρουαρίου του έτους 2018

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 Συνοπτική περιγραφή

Το προτεινόμενο σύστημα το οποίο έχει εγκατασταθεί στην περιοχή για την ανάγκες του έργου αποτελείται από πέντε (5) τηλεμετρικούς σταθμούς μέτρησης ποσοτικών παραμέτρων – παροχόμετρα μόνιμης εγκατάστασης, ένα (1) βροχομετρικό σταθμό, δύο (2) φορητά συστήματα μέτρησης παροχής, δύο (2) αυτογραφικούς σταθμηγράφους καθώς και διαδικτυακό λογισμικό που θα επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο.

Οι τηλεμετρικοί σταθμοί έχουν εγκατασταθεί μόνιμα στις κατάντη περιοχές των ρεμάτων Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου, Τσιμπουρίκι, Λάκκας, και Ξηροπόταμου. Επίσης ένας μόνιμος σταθμός μέτρησης της στάθμης του υπόγειου νερού έχει εγκατασταθεί σε φρεάτιο πλησίον του ρέματος Λάκκας και ένας σταθμός για τη διερεύνηση της διακύμανσης των ομβρίων υδάτων έχει τοποθετηθεί σε υφιστάμενο αγωγό κυκλικής διατομή πλησίον του νέου Λιμένα Ηγουμενίτσας. Ο βροχομετρικός σταθμός έχει εγκατασταθεί στο δημαρχείο του Δήμου Ηγουμενίτσας.

Τα δεδομένα μεταφέρονται σε πραγματικό χρόνο και θα παρακολουθούνται από την διαδικτυακή εφαρμογή MeteoView2. Το προσφερόμενο διαδικτυακό λογισμικό φιλοξενείται σε server και η πρόσβαση στα δεδομένα επιτυγχάνεται απομακρυσμένα μέσω διαδικτύου με χρήση κοινού φυλλομετρητή (π.χ. Internet Explorer, Mozilla, Firefox κτλ) και χωρίς την απαίτηση εγκατάστασης επιπρόσθετου λογισμικού μέσω υπολογιστή smartphone ή tablet. Παράλληλα, το ανωτέρω εξειδικευμένο λογισμικό διαθέτει την δυνατότητα εξαγωγής των αποθηκευμένων μετρήσεων προς χρήση από τις αρμόδιες αρχές. Η ύπαρξη χρονοσειρών αξιόπιστων υδρολογικών μετρήσεων αποτελεί πολύτιμη πληροφορία καθώς εξασφαλίζει την αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα των σχεδιαζόμενων μέτρων αντιμετώπισης των κινδύνων και των επιπτώσεων τους.

Οι σταθμοί μέτρησης έχουν περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης, εξασφαλίζουν τη τηλεμετρική μετάδοση δεδομένων, τη δυνατότητα απομακρυσμένου τεχνικού ελέγχου αλλά και την απευθείας αποστολή συναγερμών σε διαβαθμισμένους χρήστες. Η τροφοδοσία των σταθμών γίνεται με ηλιακή τροφοδοσία (μπαταρία, ηλιακές κυψέλες, ελεγκτής φόρτισης) και η μετάδοση των μετρήσεων μέσω μόντεμ κινητής τηλεφωνίας (GPRS). Οι μετρήσεις γίνονται βάσει προεπιλεγμένου χρονικού βήματος, ενώ παράλληλα είναι δυνατός ο προκαθορισμός ορίων, σύμφωνα με καθορισμένα επίπεδα κινδύνου. Στην περίπτωση υπερβάσεων των παραπάνω προκαθορισμένων ορίων, οι μετρητικοί σταθμοί έχουν τη δυνατότητα μετάδοσης προειδοποιητικών μηνυμάτων μέσω sms σε εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Το εγκαταστημένο σύστημα περιλαμβάνει υπομονάδες και τα χαρακτηριστικά του δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 3-1.

Πίνακας 3-1 Συγκεντρωτικός πίνακας εγκατεστημένου εξοπλισμού για τις ανάγκες του έργου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Τηλεμετρικός Σταθμός Μέτρησης ποσοτικών παραμέτρων-παροχής αποτελούμενος από:		
1	Μονάδα τηλεμετρίας και καταγραφής δεδομένων NETDL 500/1000	5
2	Αισθητήρα ραντάρ μέτρησης στάθμης OTT RLS	5
3	Υδρολογική Σταδία Ott Staff Gauge	5
4	Αισθητήρας μέτρησης επιφανειακής ταχύτητας Geolux RSS-2-300W	5
5	Διαδικτυακό Λογισμικό METEOVIEW2 (άδειες χρήσης για ένα έτος)	5

6	Λογισμικό Βαθμονόμησης & Υπολογισμού παροχής Ott Prodis2	1
7	Μεταλλικό ερμάριο με δομημένη καλωδίωση, κλειδαριά ασφαλείας και αφυγραντικά στοιχεία Rittal GmbH	5
8	Σύστημα Ηλιακής Τροφοδοσίας	5
9	Κάμερα παρακολούθησης D-Link DSC4701E	2
10	Διατάξεις και Υλικά Εγκατάστασης	5
Τηλεμετρικός Βροχομετρικός Σταθμός αποτελούμενος από:		
1	Μονάδα τηλεμετρίας και καταγραφής δεδομένων NETDL 500/1000	1
2	Ζυγιστικός βροχογράφος OTT Pluvio2	1
3	Μεταλλικό ερμάριο με δομημένη καλωδίωση, κλειδαριά ασφαλείας και αφυγραντικά στοιχεία Rittal GmbH	1
4	Σύστημα Ηλιακής Τροφοδοσίας	1
5	Διαδικτυακό Λογισμικό METEOVIEW2 (άδειες χρήσης για ένα έτος)	1
6	Διατάξεις και Υλικά Εγκατάστασης	1
Φορητό σύστημα μέτρησης παροχής αποτελούμενο από:		
1	Φορητό ηλεκτρομαγνητικό ροόμετρο Ott Mfpro	2
2	Στυλαιός στήριξης και χρήσης μήκους 1m με εγχάρακτες ενδείξεις μήκους , με δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης	6/ροόμετρο
3	Καλώδιο σύνδεσης καταγραφικού με αισθητήρα μήκους 12m	1/ροόμετρο
4	Θήκες για την μεταφορά και αποθήκευση του αισθητήρα ,της μονάδας και των στυλαίων	1/ροόμετρο
Αυτογραφικός Σταθμηγράφος		
1	Αυτόνομος Σταθμηγράφος Ott Ecolog500 (καλώδιο 150m)	2
2	Διαδικτυακό Λογισμικό METEOVIEW2 (άδειες χρήσης για ένα έτος)	2

3.2 Αναλυτική περιγραφή

3.2.1 Μονάδα τηλεμετρίας & καταγραφής δεδομένων Ott NetDL 500/1000

Η μονάδα συλλογής, επεξεργασίας και αποστολής δεδομένων NetDL500/1000, οίκου Ott Hydromet GmbH διαθέτει ενσωματωμένο GSM/GPRS modem με δυνατότητα αποστολής συναγεμίων μέσω sms, email, GPRS. Η δυνατότητα σύνδεσης σε κεντρικό server επιτυγχάνεται μέσω SMTP, FTP, HTTP, SNTP. Η καταγραφική μονάδα διαθέτει ενσωματωμένη φωτιζόμενη οθόνη για χρήση από τους παρατηρητές, δυνατότητα σύνδεσης ψηφιακών αισθητήρων SDI-12/RS-485/RS-232/USB και επιπλέον ενσωματωμένη μνήμη τουλάχιστον 4 MB με δυνατότητα 500.000 καταγραφών. Στην οθόνη υπάρχει ρυθμιζόμενος κοχλίας για τις βασικές λειτουργίες στο πεδίο από τους παρατηρητές.

Βασική δυνατότητα της προσφερόμενης μονάδας αποτελεί η δυνατότητα να εισαχθεί / ενσωματωθεί η γεωμετρία της κοίτης για υπολογισμό της παροχής σε πραγματικό χρόνο, βάση των μετρήσεων στάθμης/ ταχύτητας. Η καταγραφική μονάδα Ott NetDL500/1000 συμμορφώνεται πλήρως προς τις εφαρμοστέες κοινοτικές απαιτήσεις (CE marking) και παρέχεται εργοστασιακή εγγύηση καλής λειτουργίας για δύο έτη.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καταγραφική Μονάδας Ott Net DL 500/100

- ✓ Αυτόνομη συσκευή για τη συλλογή, επεξεργασία των δεδομένων & αποστολή alarm
- ✓ Σύνδεση με ψηφιακούς & αναλογικούς αισθητήρες
- ✓ Βήμα μέτρησης και καταγραφής από 5 δευτερόλεπτα έως 24 ώρες
- ✓ Λειτουργία σε θερμοκρασίες από -40 °C έως +70 °C
- ✓ Φωτιζόμενη οθόνη (λυχνία LED) για την απεικόνιση των τιμών
- ✓ Ρυθμιζόμενο κοχλία για τις βασικές λειτουργίες πεδίου, απευθείας διόρθωση μετρήσεων από τον παρατηρητή στο πεδίο
- ✓ Ενσωματωμένο GSM/GPRS modem. Επικοινωνία μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας ή/και Internet κινητής τηλεφωνίας. Δυνατότητα αποστολής sms και email
- ✓ Χρήση Ethernet για άμεση και γρήγορη σύνδεση σε εσωτερικό δίκτυο LAN μέσω PLC και το διαδίκτυο - Internet. Δυνατότητα σύνδεσης SMTP, FTP, HTTP, SNMP
- ✓ Κωδικοποιημένη μετάδοση δεδομένων SSL/TLS (HTTPS)
- ✓ Δυνατότητα απομακρυσμένης σύνδεσης με την καταγραφική μονάδα μέσω ενσωματωμένου δικτυακού εξυπηρετητή
- ✓ Δυνατότητες προγραμματισμού αισθητήρων και μεταφοράς δεδομένων μέσω dial up κλήσης ή/και αποστολής SMS
- ✓ 2 αναλογικές είσοδοι 4-20 mA για σύνδεση αισθητήρων (δυνατότητα επέκτασης κατά δύο ακόμα)
- ✓ Γαλβανική απομόνωση των αναλογικών εξόδων για προστασία από υπερτάσεις
- ✓ Ενσωματωμένη μνήμη 4 MB, ικανή να διατηρήσει 500.000 τιμές σε περίπτωση διακοπής επικοινωνίας με τον server

3.2.2 Αισθητήρας ραντάρ μέτρησης στάθμης Ott RLS

Ο αισθητήρας RLS οίκου Ott Hydromet GmbH, αποτελεί ένα εναέριο όργανο μέτρησης της στάθμης του νερού χωρίς να έρχεται σε επαφή με αυτό. Ο προσφερόμενος αισθητήρας στέλνει ηλεκτρομαγνητικά κύματα συχνότητας 24GHz (κατηγορία παλμικού ραντάρ) προς την επιφάνεια του νερού και μετράει τον χρόνο επιστροφής τους μετατρέποντάς τον σε απόσταση.

Για κάθε καταγραφόμενη μέτρηση πραγματοποιούνται περισσότερες από 300 μετρήσεις σε διάστημα 20 δευτερολέπτων και υπολογίζεται άμεσα ο μέσος όρος, ο οποίος αποστέλλεται στην καταγραφική μονάδα. Η μικρή κατανάλωση ρεύματος που απαιτείται για την λειτουργία του αισθητήρα, επιτρέπει την εγκατάσταση του αισθητήρα σε απομακρυσμένες περιοχές που δεν υπάρχει τροφοδοσία 220V. Επίσης το πρωτόκολλο επικοινωνίας RS485 επιτρέπει την εγκατάσταση του αισθητήρα σε απόσταση έως και 1000 μέτρα από την καταγραφική μονάδα.

Με δείκτη προστασίας IP67 ο αισθητήρας Ott RLS μπορεί να βυθιστεί μέχρι και 1 μέτρο μέσα στο νερό για 48 ώρες χωρίς να υποστεί βλάβη. Ο αισθητήρας λειτουργεί σε περιοχές μεγάλου απόλυτου υψόμετρου.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά αισθητήρα ρανταρ μέτρησης στάθμης Ott RLS

- ✓ Τύπου Radar με συχνότητα λειτουργίας στα 24GHz
- ✓ Δεν απαιτεί συντήρηση, δεν διαθέτει κινητά μέρη, δεν έρχεται σε επαφή με το νερό
- ✓ Κατάλληλος για εφαρμογή σε τοποθεσίες μεγάλου απόλυτου υψόμετρου

- ✓ Εύρος μέτρησης 0.4m έως 35m
- ✓ Ακρίβεια μέτρησης $\pm 3\text{mm}$ στο εύρος 2m έως 30 m
- ✓ Ανάλυση μέτρησης 0.001m / 1mm
- ✓ Δυνατότητα τοποθέτησης/ εγκατάστασης σε μεγάλες αποστάσεις έως και 1000m από το προσφερόμενο σύστημα επικοινωνίας και διαχείρισης δεδομένων
- ✓ Εύρος λειτουργίας θερμοκρασίας -40°C έως $+ 60^{\circ}\text{C}$
- ✓ Πιστοποιητικό CE
- ✓ 2 χρόνια εγγύηση

Ο αισθητήρας ραντάρ στάθμης συνοδεύεται από εγκατεστημένη υδρολογική σταδία σε σημείο από όπου να είναι ορατή από όποιον ρυθμίζει επιτόπου την μονάδα τηλεμετρίας και καταγραφής δεδομένων. Η Υδρολογική σταδία του οίκου Ott Hydromet GmbH, είναι ειδικά σχεδιασμένη για εγκατάσταση στο πεδίο όπως λίμνες, ταμιευτήρες, φράγματα, ρέματα και αποτελεί ιδανική λύση σε εφαρμογές όπου απαιτείται η άμεση οπτική επιβεβαίωση και ανάγνωση τιμών υδάτινης στάθμης.

3.2.3 Αισθητήρας Μέτρησης Επιφανειακής Ταχύτητας RSS-2-300W

Για τη διαρκή παρακολούθηση της επιφανειακής ταχύτητας αλλά και για τον απευθείας υπολογισμό της Υδρολογικής Παροχής μέσω λογισμικού σε ρέματα, χειμάρρους και αγωγούς ομβρίων πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση εναέριου αισθητήρα RSS-2-300W του κατασκευαστικού οίκου Geolux d.o.o. Ο αισθητήρας είναι εναέριος και παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης της επιφανειακής ταχύτητας από γέφυρες, Τεχνικά Έργα ή σταθερές υποδομές. Το προϊόν συμμορφώνεται προς τις εφαρμοστέες κοινοτικές απαιτήσεις (CE marking) και διαθέτει δύο χρόνια εγγύηση καλής λειτουργίας.

Το εύρος μέτρησης του αισθητήρα είναι 0,02 -15 m/sec με δυνατότητα μέτρησης των ταχυτήτων και σε μεγάλες αποστάσεις ταχύτητας έως και 50m καθιστώντας τον αισθητήρα ιδανικό για εγκατάσταση ακόμα και σε γέφυρες. Ο προσφερόμενος αισθητήρας είναι τύπου παλμικού ραντάρ με εκπομπή στα 24GHz, διαθέτει δείκτη στεγανότητας IP68 και διαθέτει εξόδους RS485/RS232 για να είναι εφικτός ο απομακρυσμένος έλεγχος καλής λειτουργίας μέσω της προσφερόμενης καταγραφικής μονάδας Ott NetDL500/1000.

Βασικά Χαρακτηριστικά

- ✓ Εύρος Λειτουργίας: Απόσταση έως και 50 m
- ✓ Εύρος μετρούμενων τιμών: 0,02 m/s to 15 m/s
- ✓ Θερμοκρασιακή Λειτουργία: -40°C έως $+85^{\circ}\text{C}$
- ✓ Τύπος ρανταρ: k-Band 24GHz
- ✓ Ενεργειακή Κατανάλωση: $< 1,35\text{W}$

3.2.4 Ζυγιστικός Βροχογράφος Ott Pluvio2L

Για τη συνολική μέτρηση των κατακρημνισμάτων χρησιμοποιήθηκε ζυγιστικός βροχομετρητής Pluvio2L του κατασκευαστικού οίκου Ott Hydromet GmbH. Ο εξοπλισμός έχει τη δυνατότητα να μετρήσει όλες τις μορφές κατακρημνισμάτων (χιόνι, βροχή, χαλάζι) χωρίς τις απαιτήσεις θέρμανσης του κάδου ή χρήσης αντιψυκτικού υγρού. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην

ζυγιστική μέθοδο, λαμβάνοντας υπόψη την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και την ταχύτητα του ανέμου στον υπολογισμό της μέτρησης των κατακρημνισμάτων και όχι την προσθήκη αντιψυκτικού υγρού. Για την μεταφορά των μετρήσεων υπάρχουν διαθέσιμες σειριακές έξοδοι (SDI-12/RS-485) και ψηφιακοί έξοδοι (impulse/0.1mm & status). Η τεχνολογία υψηλής ακρίβειας σε συνδυασμό με τον στιβαρό σχεδιασμό προσφέρει υψηλή ακρίβεια και πλήρη αξιοπιστία. Ο προσφερόμενος ζυγιστικός βροχομετρητής Ott Pluvio2L δεν απαιτεί συχνή συντήρηση σε σχέση με τους κοινούς βροχομετρητές τεχνολογίας Tipping bucket. Όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι σχεδιασμένα με υψηλά κριτήρια για χρήση σε εξωτερικούς χώρους και είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην ηλιακή ακτινοβολία και την αλλαγή θερμοκρασίας.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά ζυγιστικού βροχομετρητή Ott Pluvio2L

- ✓ Ζυγιστική μέθοδο μέτρησης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του WMO
- ✓ Μέτρηση του συνόλου των κατακρημνισμάτων βροχή, χιόνι, χαλάζι χωρίς απαιτήσεις θέρμανσης του κάδου. Σε περίπτωση προσθήκης αντιψυκτικού υγρού δε θα λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό κατακρημνισμάτων.
- ✓ Επιφάνεια συλλογής τουλάχιστον ίση με 200 cm²
- ✓ Χωρητικότητα κάδου ζύγισης 1500mm
- ✓ Διακριτική ικανότητα 0,01mm και ακρίβεια ±1%
- ✓ Θερμοκρασιακή αντιστάθμιση
- ✓ Δυνατότητα ζυγιστικού τεστ στο πεδίο (τα πρότυπα βάρη βαθμονόμησης περιλαμβάνονται στην προσφορά)
- ✓ Η επικοινωνία με τον εξοπλισμό γίνεται μέσω κατάλληλων πρωτοκόλλων (SDI12/RS485) για τη μετάδοση των δεδομένων βροχόπτωσης, συνολικής ζύγισης κάδου, κατάστασης ορθής λειτουργίας κ.λπ.
- ✓ Δυνατότητα τοποθέτησης/εγκατάστασης σε μεγάλες αποστάσεις έως και 1000m από το προσφερόμενο σύστημα επικοινωνίας και διαχείρισης δεδομένων
- ✓ Εύρος λειτουργίας θερμοκρασίας -40oC έως + 60oC
- ✓ Πιστοποιητικό CE
- ✓ 2χρόνια Εγγύηση

3.2.5 Ερμάριο προστασίας Rittal

Το ερμάριο είναι το μεταλλικό κέλυφος προστασίας του οίκου Rittal και διαθέτει δείκτη προστασίας IP66, μικρές διαστάσεις και βάρος με αποτέλεσμα την εύκολη εγκατάσταση του ακόμα και σε γέφυρες. Κατάλληλο για εφαρμογές πεδίου λόγω της υψηλής στεγανότητας και προστασίας έναντι βανδαλισμών και κλοπών. Το ερμάριο διαθέτει δομημένη καλωδίωση με κανάλια, κλέμμες, ασφάλειες, θήκες και ότι άλλο απαιτείται για την ορθή λειτουργία των σταθμών. Επιπρόσθετα, διαθέτει βάσεις στήριξης όλων των συσκευών, παρελκόμενων, και αφυγραντικά στοιχεία ενώ τέλος θα είναι κατάλληλο για χρήση σε χαμηλής τάσης εφαρμογές κατά IEC 62208 ή DIN EN 62208.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ερμαρίου Rittal Enclosures

- ✓ Δείκτης προστασίας IP66 (εφαρμογές πεδίου – προστασία από βανδαλισμούς)
- ✓ Παροχή κλειδαριάς ασφαλείας
- ✓ Μαχαιρωτή ασφαλειοθήκη
- ✓ Κανάλια καλωδιώσεων

- ✓ Βάσεις παρελκόμενων συσκευών (καταγραφική μονάδα, κεραία, ρυθμιστής φόρτισης, μπαταρία)
- ✓ Ενσωματωμένη κεραία κινητής τηλεφωνίας
- ✓ Αφυγραντικά για προστασία των συσκευών και με δυνατότητα ένδειξης της ικανοποιητικής προστασίας των συσκευών (αλλαγή χρώματος αφυγραντικού)
- ✓ Πιστοποιητικό CE
- ✓ 2 χρόνια εγγύηση

3.2.6 Σύστημα Ηλιακής Τροφοδοσίας

Το σύστημα τροφοδοσίας στεγάζεται στο προαναφερόμενο κατάλληλο μεταλλικό ερμάριο και ενσωματώνει όλες τις απαραίτητες συσκευές για την λειτουργία και την ενεργειακή τροφοδοσία των σταθμών. Το Σύστημα Ηλιακής Προστασίας αποτελείται από:

- ✓ Ρυθμιστή φόρτισης BlueSolar PWM-Light 12/24-10
- ✓ Κατάλληλο φωτοβολταϊκό πάνελ (Ηλιακό συλλέκτη 12V, 20W)
- ✓ Μπαταρία μολύβδου κλειστού τύπου CBS (12V, 17Ah)

Ηλιακός συλλέκτης Victron Energy S

Ο ηλιακός συλλέκτης Victron Energy SPP030201200 είναι ένα πολυκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πάνελ 36 κελιών με απόδοση στα 20W.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά ηλιακού πάνελ

- ✓ Διαστάσεις 48 x 35 x 25 cm
- ✓ Εγγύηση ενός έτους
- ✓ Πιστοποιητικό CE

Μπαταρία Μολύβδου κλειστού τύπου GP12170

Η μπαταρία κλειστού τύπου είναι η GP12170 και χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των μονάδων.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Συσσωρευτή GP 12170 (CSB)

- ✓ Ονομαστική Τάση 12 Volt (6 στοιχείων)
- ✓ Ονομαστική χωρητικότητα 17Ah @ 20Hr-rate
- ✓ Θήκη προστασίας κυψελών από ανθεκτικό πλαστικό ABS
- ✓ Θερμοκρασία λειτουργίας: φόρτιση από -15 οC έως +40 οC

Φωτοβολταϊκός ρυθμιστής φόρτισης μπαταρίας BlueSolar PWM –Light 12/24-10

Ο φ/β ρυθμιστής φόρτισης μπαταρίας (BlueSolar PWM-Light 12/24-10) είναι ικανός να υποστηρίξει φ/β κυψέλες 150Wp.

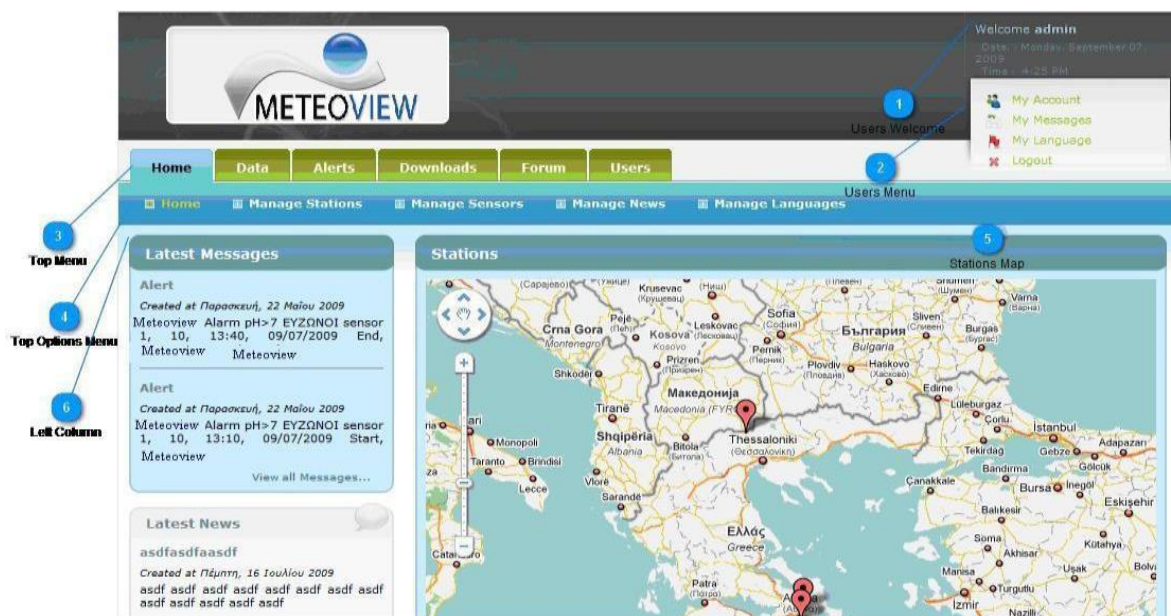
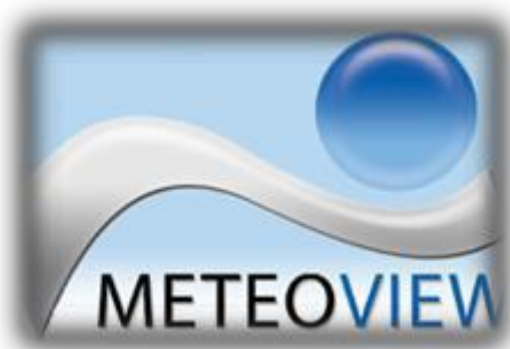
Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού ρυθμιστή φόρτισης μπαταρίας της εταιρείας Victron Energy (BlueSolar PWM-Light 12/24-10)

- ✓ Ψηφιακή οθόνη LED 2 ψηφίων
- ✓ Διαθέτει 3 LED για οπτικό έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος τροφοδοσίας (φ/β πάνελ – μπαταρία – φορτίο)

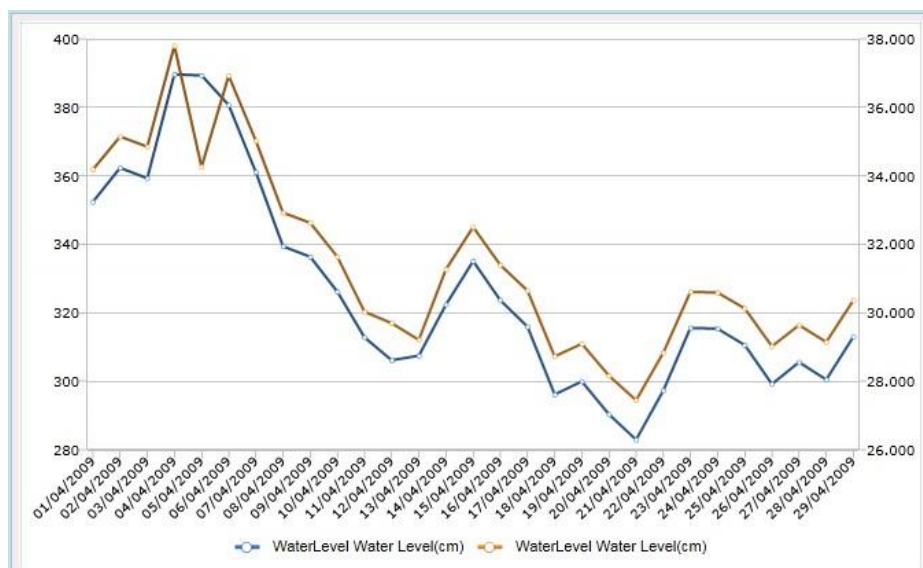
- ✓ Διαθέτει πλήκτρο ON/OFF
- ✓ Η έξοδος του φορτίου διαθέτει προστασία από υπέρταση και βραχυκύκλωμα
- ✓ Διαθέτει προστασίας αντίστροφης πολικότητας στη σύνδεση του φ/β και της μπαταρίας
- ✓ Εγγύηση 2 χρόνια & CE marking

3.2.7 Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων METEVIEW2

Για τη διαχείριση περιβαλλοντικών δεδομένων χρησιμοποιείται το λογισμικό METEVIEW2 που αποτελεί ένα απαραίτητο «εργαλείο» (Εικόνες 3-1, 3-2) . Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα των εγκατεστημένων σταθμών μέσω του διαδικτύου, χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικό υπολογιστή, tablet, iPad ή smart phone. Η παρατήρηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η συλλογή και η προβολή τους από εγκατεστημένα δίκτυα μετεωρολογικών ή/και υδρολογικών σταθμών – οργάνων αποτελούν κάποιες από τις βασικές δυνατότητες του METEVIEW v2. Οι άδειες του λογισμικού είναι απολύτως συμβατές με το σύνολο του εξοπλισμού, και επιτρέπουν την ταυτόχρονη επεξεργασία στοιχείων από χρήστες θα μας υποδείξει η αρμόδια υπηρεσία.



Εικόνα 3-1 Το λογισμικό διαχείρισης περιβαλλοντικών δεδομένων Meteoview2



Εικόνα 3-2 Χρονοσειρά στάθμης νερού από το λογισμικό διαχείρισης περιβαλλοντικών δεδομένων Meteoview2

Βασικές Δυνατότητες του λογισμικού METEVIEW2

- ✓ Δυνατότητα μελλοντικής εγκατάστασης του λογισμικού σε server του χρήστη.
- ✓ Παρακολούθηση με χρήση του δικτύου των real time μετρήσεων από οποιονδήποτε υπολογιστή (Internet Explorer, Mozilla, Chrome, Firefox), tablet ή smartphone εφαρμόζοντας έλεγχο δικαιωμάτων χρήστη (Authentication & Authorization).
- ✓ Αυτόματη καταγραφή των δεδομένων σε κεντρική βάση δεδομένων (Oracle ή SQL server) σε οποιαδήποτε μορφή απαιτείται
- ✓ Προβολή παγκοσμίου χάρτη σε κεντρική οθόνη του συστήματος ο οποίος περιλαμβάνει τους διαθέσιμους σταθμούς του χρήστη. Δυνατότητα προβολής των τελευταίων μετρήσεων καθώς και πληροφοριών του σταθμού (φωτογραφίες, τόπος εγκατάστασης) σε αντίστοιχα παράθυρα πληροφοριών που αναδύονται ανά σταθμό πάνω στον χάρτη.
- ✓ Δυνατότητα ταυτόχρονης δημιουργίας πολλαπλών γραφικών παραστάσεων σε καρτεσιανό σύστημα αξόνων με τα δεδομένα των διαθέσιμων αισθητήρων από όλους τους σταθμούς. Πολλαπλές επιλογές είναι διαθέσιμες στη γραφική παράσταση, όπως
- ✓ μεγέθυνση (zoom) ως προς τον άξονα x, προβολή επιλεγμένων γραφικών παραστάσεων από τις ήδη παραγόμενες κ.α.
- ✓ Προβολή/εξαγωγή όλων των μετρήσεων του κάθε σταθμού
- ✓ Αυτόματη δημιουργία γραφημάτων μίας ή περισσότερων κατ' επιλογή μετρήσεων, ανά σταθμό μέτρησης και ανά χρονικό διάστημα, με βάση τις εκάστοτε παραμέτρους που θα ορίσει ο χρήστης.
- ✓ Δυνατότητα απευθείας λήψης και καταχώρησης των μετρήσεων μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας (GPRS) από τους σταθμούς μέτρησης στη βάση δεδομένων του server των χρηστών.
- ✓ Δυνατότητα εξαγωγής δεδομένων ανά σταθμό και ανά αισθητήρα σε μορφή MIS, EXCEL και ASCII.
- ✓ Αυτόματη επεξεργασία ιστορικών τιμών (μέση τιμή, ελάχιστο, μέγιστο) σε ωριαία, ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση. Ταυτόχρονη παρακολούθηση των μετρήσεων από διαφορετικούς χρήστες.
- ✓ Δυνατότητα ταυτόχρονης παρακολούθησης των μετρήσεων από διαφορετικούς χρήστες

- ✓ Δυνατότητα ορισμού πολλαπλών ειδοποιήσεων για κάθε αισθητήρα προς επιλεγμένους χρήστες με δυνατότητα καταγραφής της διάρκειας της ειδοποίησης. Η ειδοποίηση γίνεται μέσω e-mail (εφόσον ο server του εκάστοτε ΑΗΣ διαθέτει πρόσβαση στο διαδίκτυο).
- ✓ Δυνατότητα προβολής των ορίων των ειδοποιήσεων στις γραφικές παραστάσεις των εκάστοτε παραμέτρων
- ✓ Δυνατότητα ορισμού ειδοποιήσεων και προβολής τους στις γραφικές παραστάσεις με την εμπλοκή πολλαπλών παραμέτρων
- ✓ Υποστήριξη διαβαθμισμένης πρόσβασης σε ρόλους γενικού διαχειριστή, διαχειριστή ομάδας και απλού χρήστη.
- ✓ Δυνατότητα προσδιορισμού δικαιωμάτων ανά ομάδα ή ανά χρήστη για κάθε σταθμό.
- ✓ Δυνατότητα ειδοποίησης με email των Γενικών Διαχειριστών για σφάλματα στη διαδικασία συλλογής των δεδομένων.
- ✓ Δυνατότητα αποστολής των τελευταίων μετρήσεων με SMS κατόπιν εντολής με SMS
- ✓ Δυνατότητα προσθήκης αρχείων π.χ. εγχειρίδια, φωτογραφίες, βίντεο, προγράμματα κ.α.
- ✓ Υποστήριξη ελληνικής και αγγλικής γλώσσας
- ✓ Δυνατότητα προσθήκης νέας γλώσσας, χωρίς ανάγκη τροποποίησης της υλοποίησης της εφαρμογής, μέσω της γενικής μετάφρασης του συστήματος.
- ✓ Δυνατότητα παραμετροποίησης μεταβλητών του πυρήνα του συστήματος όπως π.χ. μέγιστος χρόνος (σε λεπτά) αδράνειας του συστήματος, μέγιστος αριθμός λανθασμένων προσπαθειών εισαγωγής στο σύστημα, μέγιστο επιτρεπτό εύρος χρονικού διαστήματος (σε μήνες) για την προβολή και εξαγωγή δεδομένων αισθητήρων κ.α.
- ✓ Ασφαλής επικοινωνία με τον server μέσω υψηλής αξιοπιστίας TLS διασύνδεσης.
- ✓ Δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών τύπων σταθμών.
- ✓ Δυνατότητα προβολής στον κεντρικό χάρτη της τρέχουσας κατάστασης ενός σταθμού με διαφορετική χρωματική απεικόνιση
- ✓ Δυνατότητα ορισμού μέγιστης και ελάχιστης τιμής στον άξονα των Y για τον κάθε αισθητήρα ξεχωριστά
- ✓ Δυνατότητα παραμετροποίησης της εμφάνισης της αρχικής οθόνης για τον κάθε χρήστη(δημιουργία γραφημάτων, εμφάνιση συγκεκριμένων τιμών, κτλ).

3.2.8 Λογισμικό Βαθμονόμησης και Υπολογισμού Παροχής Ott Prodis2

Για τη βαθμονόμηση των μόνιμων παροχομέτρων αλλά και τον απευθείας υπολογισμό της υδρολογικής παροχής, απαιτείται η γεωμετρική αποτύπωση πυθμένα και εισαγωγή αυτού στην προσφερόμενη καταγραφική μονάδα. Η βαθμονόμηση του σταθερού παροχομέτρου πραγματοποιείται με χρήση κατάλληλου λογισμικού βαθμονόμησης. Το λογισμικό είναι το Ott Prodis2 του κατασκευαστικού οίκου Ott Hydromet GmbH και είναι σε απόλυτη συμβατότητα με την καταγραφική μονάδα NetDL500/1000.

Το λογισμικό Ott Prodis2 επιτρέπει τον απευθείας υπολογισμό της θεωρητικής κατανομής των ταχυτήτων και της υδρολογικής παροχής με ακρίβεια. Η γεωμετρική αποτύπωση του ρέματος σε συνδυασμό με τη μέτρηση ταχύτητας και στάθμης εξασφαλίζει τον υπολογισμό της παροχής στην καταγραφική μονάδα. Η αποτύπωση πυθμένα και βαθμονόμηση των μόνιμων παροχομέτρων γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα και με χρήση φορητού πιστοποιημένου εξοπλισμού. Το λογισμικό Ott Prodis2, εκτός των θεωρητικών μοντέλων, επιτρέπει την περεταίρω βαθμονόμηση με χρήση δεδομένων πρότυπων υδρομετρήσεων από το προσφερόμενο φορητό εξοπλισμό Ott Mfpro.

3.2.9 Φορητό σύστημα μέτρησης παροχής Ott MfPro

Για την ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης λύσης για τη μέτρηση της υδρολογικής παροχής αλλά και τη βαθμονόμηση των μόνιμων σταθμών χρησιμοποιείται ο φορητός μιλίσκος MfPro του κατασκευαστικού οίκου Ott Hydromet GmbH. Ο ηλεκτρομαγνητικός μιλίσκος δε διαθέτει κινητά μέρη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της παροχής κατά το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN ISO 748, με δυνατότητα επιλογής μεθόδου mean ή mid-section. Επιπρόσθετα, ο μιλίσκος Ott Mfpro διαθέτει ενσωματωμένο λογισμικό για τον απευθείας υπολογισμό της υδρολογικής παροχής σε βαρυτικούς αγωγούς ή κανάλια, με δυνατότητα εισαγωγής της μετρούμενης επιφάνειας και εμβαδού.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ott Mfpro

- ✓ Απευθείας υπολογισμός της παροχής
- ✓ Μέτρηση ταχυτήτων με εύρος μέτρησης 0...6m/s
- ✓ Μέτρηση στάθμης υγρού με εύρος 0...3,05m
- ✓ Δυνατότητα μεταφοράς των δεδομένων σε pc για επεξεργασία και αρχειοθέτηση
- ✓ Υπολογισμός παροχής σύμφωνα με το πρότυπο ISO EN 748
- ✓ Δυνατότητα μέτρησης παροχής σε διατομές, κανάλια αλλά κ αγωγούς
- ✓ Δυνατότητα μέτρησης και με φερτά υλικά (χρήση ακόμα και σε λύματα)

3.2.10 Αυτογραφικός Σταθμηγράφος Ott Ecolog 500

Για τη συνεχή μέτρηση, καταγραφή και αποστολή δεδομένων θερμοκρασίας και στάθμης για υπόγεια και επιφανειακά ύδατα χρησιμοποιείται ο αυτογραφικός σταθμηγράφος Ott Ecolog 500 με ενσωματωμένο modem & datalogger. Ο Σταθμηγράφος κατασκευάζεται από τον οίκο Ott Hydromet GmbH.

Σε αντίθεση με άλλους αισθητήρες, ο Ecolog 500 ενσωματώνει τα απαραίτητα εξαρτήματα που του επιτρέπουν να έχει αυτονομία στην αποθήκευση και αποστολή δεδομένων (δυνατότητα μέτρησης και αποστολής των δεδομένων έως 10 χρόνια με μέτρηση ανά ώρα και αποστολή των δεδομένων εβδομαδιαία). Ο έξυπνος σχεδιασμός του, η ποιότητα των υλικών, η μεγάλη διάρκεια μπαταρία και η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων που καταγράφει στην ενσωματωμένη μονάδα αποθήκευσης που διαθέτει, τον καθιστούν ιδιαίτερα ευέλικτο και αξιόπιστο για κάθε είδους εφαρμογή. Η χρήση του ενδείκνυται σε περιπτώσεις που δεν θέλουμε το όργανο να είναι εμφανές για την αποφυγή κλοπής και βανδαλισμού.

Βασικά χαρακτηριστικά

- ✓ Μέτρηση στάθμης, θερμοκρασίας
- ✓ Ενσωματωμένο μόντεμ για αποστολή των συναγερμών και δεδομένων
- ✓ Αποστολή δεδομένων μέσω gsm, gprs, sms, dial up
- ✓ Ενσωματωμένη μνήμη 4MB, 500.000 τιμές
- ✓ Ακρίβεια στάθμης 0.05% FS του εύρους μέτρησης
- ✓ Βαρομετρική & θερμοκρασιακή αντιστάθμιση
- ✓ Αισθητήρας στάθμης με κεραμική κεφαλή
- ✓ Μεγάλη ενεργειακή αυτονομία ανάλογα με τον επιλεγμένο τύπο μπαταρίας

Πλεονεκτήματα του OTT Ecolog 500

- ✓ Αυτόνομη μετάδοση δεδομένων μέσω GSM/GPRS – μειώνει δραστικά τα κόστη επισκέψεων στο πεδίο για εξαγωγή των στοιχείων.
- ✓ Δυνατότητα αποστολής συναγερμών – εγγυάται την έγκαιρη παρέμβαση όταν σημειώνεται υπέρβαση των οριακών τιμών.
- ✓ Χαμηλή κατανάλωση & μεγάλη ενεργειακή αυτονομία.
- ✓ Μειώνει δραστικά τις απαιτήσεις συντήρησης και επισκεψιμότητας και επιτρέπει τη διατήρηση ολόκληρων χρονοσειρών.
- ✓ Τοποθετείται εξ' ολόκληρου (με το μόντεμ) μέσα σε διαμορφωμένο σωλήνα μικρής διαμέτρου και δεν είναι ορατό ούτε εύκολα προσβάσιμο.
- ✓ Επικοινωνεί μέσω ενσωματωμένου μόντεμ και υπέρυθρες (IrDA) για αποφυγή προβλημάτων λόγω υγρασίας.
- ✓ Διαθέτει κεραμική κεφαλή για ανθεκτικότητα & εύκολο καθαρισμό.
- ✓ Δεν επηρεάζεται η ακρίβεια του αισθητήρα και δεν καταστρέφεται σε περίπτωση παραμονής του εκτός νερού όπως συμβαίνει με τους περισσότερους αντίστοιχους αισθητήρες.

3.2.11 Κάμερα παρακολούθησης

Για την προστασία και παρακολούθηση των θέσεων μόνιμης εγκατάστασης σταθμών χρησιμοποιούνται κάμερες υψηλής ευαισθησίας. Η κάμερα διαθέτει σύστημα μείωσης θορύβου 3D, εξασφαλίζοντας έτσι την καταγραφή βίντεο με λιγότερα παράσιτα σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Η κάμερα D-Link **DCS 4701E** είναι ιδανική για χρήση αναγνώρισης προσώπων και αντικειμένων.

Βασικά χαρακτηριστικά

- ✓ Υποστηρίζεται η τοποθέτηση: Indoor & outdoor
- ✓ Τύπος μορφής: Bullet
- ✓ Protection features: Αντίσταση στους βανδαλισμούς
- ✓ Μέγιστη ανάλυση: 1280 x 720 pixels
- ✓ Τύπος Αρχείων: H.264, M-JPEG
- ✓ Υποστηριζόμενες αναλύσεις γραφικών: 960 x 720, 1280 x 720 (HD 720)
- ✓ Ελάχιστος φωτισμός: 0 lx
- ✓ Γωνία θέασης, οριζόντια: 96°
- ✓ Γωνία θέασης, κατακόρυφη: 54°
- ✓ Τύπος αισθητήρα: CMOS
- ✓ Μέγεθος αισθητήρα CCD: 25,4 / 3 mm (1 / 3")

3.3 Εγκατάσταση Σταθμών

Η μεθοδολογία εγκατάστασης και η αντίστοιχη χρήση δομικών υλικών των τηλεμετρικών σταθμών επιτευχθεί με επιμελημένο τρόπο ώστε να πληρείται η μηχανική απόκριση των κατασκευών σε φορτίσεις και επιδράσεις όπως:

- ✓ Ιδία βάρη εξοπλισμών
- ✓ Ανεμοπιέσεις και πιθανά φορτία χιονιού

- ✓ Θερμικές τάσεις
- ✓ Άλλες ατμοσφαιρικές και διαβρωτικές επιρροές (υπεριώδη ακτινοβολία)
- ✓ Εδαφικά και Υδροστατικά φορτία
- ✓ Σεισμικές τάσεις

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ανά σταθμό κυμαίνονται από γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα έως ανοξείδωτο ατσάλι στις περιπτώσεις των βάσεων, μηχανισμών, σκελετών και συρματόσχοινων που αφορούν τους υδρολογικούς σταθμούς σύμφωνα με τα πρότυπα DIN17100 & DIN2444. Παράλληλα, οι όποιες καλωδιώσεις τοποθετούνται εντός προστατευτικών σωλήνων, για προστασία από διαβρωτικές δράσεις. Τέλος, ειδικά εξαρτήματα στήριξης από πλαστικό είναι από υλικό υψηλής αντοχής PVC 16atm. Οι σταθμοί φέρουν ηλεκτρολογική προστασία με τοποθέτηση κατάλληλων ακίδων γειώσεως ιστών και ερμαρίων. Προστασία παρέχεται και απέναντι σε ανθρωπογενείς δράσεις (κακόβουλες ή μη), ή πιθανές δράσεις από την τοπική πανίδα (για παράδειγμα πτηνά).

Οι συνολικές εγκαταστάσεις σταθμών και αισθητήρων επιτρέπουν την άμεση απόσυρση και επανατοποθέτηση τους, με απώτερο στόχο τον καθαρισμό, την συντήρηση, αλλά και την βαθμονόμηση των αισθητήρων, κάτω από όλες τις πιθανές καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή των Σταθμών και ανεξάρτητα της στάθμης.

Η ενεργειακή τροφοδότηση των σταθμών πραγματοποιείται ως επί τω πλείστο από φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία θα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για ενεργειακή κάλυψη του συνολικού μετρητικού εξοπλισμού που είναι εγκατεστημένος στο πεδίο. Η διατήρηση του αδιάλειπτου χαρακτήρα τροφοδότησης πραγματοποιείται με παράλληλη χρήση ηλιακού φορτιστή και συσσωρευτή.

3.4 Θέσεις σταθμών

Στον παρακάτω Πίνακα 3-2 δίνονται οι θέσεις των τηλεμετρικών σταθμών μέτρησης ποσοτικών παραμέτρων, για τα τέσσερα υδατορέματα, τον αγωγό ομβρίων, το υδροσημείο για την καταγραφή των υπογείων υδάτων της περιοχής καθώς και του βροχομετρικού σταθμού ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες του έργου.

Πίνακας 3-2 Θέσεις τηλεμετρικών σταθμών μέτρησης και βροχομετρικού σταθμού (σύστημα ΕΓΣΑ87)

α/α	Περιγραφή	X	Y
1	Μετρητικός σταθμός ρέματος Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου	177561	4380462
2	Μετρητικός σταθμός ρέματος Τσιμπουρίκι	177948	4380130
3	Μετρητικός σταθμός ρέματος Λάκκας	178486	4378285
4	Μετρητικός σταθμός Ρέματος Ξηροπόταμου	178345	4377958
5	Μετρητικός σταθμός αγωγού ομβρίων	178259	4377566
6	Μετρητικός σταθμός αξιολόγησης των υπογείων υδάτων Θέση 1	178829	4378292
7	Μετρητικός σταθμός αξιολόγησης των υπογείων υδάτων Θέση 2	178502	4377656
8	Βροχομετρικός σταθμός	178692	4378941

4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ - ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

4.1 Εισαγωγή

Ως υδρολογία πλημμυρών (flood hydrology) νοείται ο κλάδος της τεχνικής (engineering) υδρολογίας που εστιάζει στις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα από την έναρξη μιας ισχυρής καταιγίδας μέχρι το πέρας της απορροής που οφείλεται στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχής (Ευστρατιάδης κ.α, 2012).

Η θεμελιώδης διαφορά σε σχέση με το ευρύτερο πεδίο έρευνας της υδρολογίας αφορά στη χρονική κλίμακα μελέτης, η οποία ταυτίζεται με τη διάρκεια εξέλιξης του επεισοδίου. Ανάλογα με το μέγεθος της λεκάνης απορροής, η διάρκεια αυτή μπορεί να κυμαίνεται από λίγα λεπτά έως μερικές ημέρες. Στην κλίμακα αυτή, δεν ενδιαφέρουν βασικές διεργασίες του υδρολογικού κύκλου, όπως η εξατμοδιαπνοή και οι διεργασίες της κορεσμένης ζώνης του εδάφους (υδροφορέας), καθώς οι ταχύτητες ροής του υπόγειου νερού και οι σχετικές μεταβολές όγκου είναι πολύ μικρές σε σχέση με τις επιφανειακές ροές.

Στην υδρολογία πλημμυρών, η έμφαση δίνεται στην επιφανειακή απορροή, η οποία έχει ως συνέπεια την απότομη και, κατά κανόνα, εντυπωσιακή αύξηση της διερχόμενης παροχής. Σε σύγκριση με τη συνήθη παροχή ενός ποταμού που οφείλεται κυρίως στην εκφόρτιση των υπόγειων νερών (βασική απορροή), η πλημμυρική παροχή, ιδιαίτερα στην αιχμή της, μπορεί να είναι δύο ως τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη (Ευστρατιάδης κ.α, 2012).

4.2 Υδρολογική ανάλυση

Η υδρολογική προσομοίωση αποτελεί μια διαδικασία αναπαράστασης των υδρολογικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής με σκοπό τον υπολογισμό του πλημμυρογράφηματος της λεκάνης απορροής για συγκεκριμένα επεισόδια βροχής αλλά και για ολόκληρες υδρολογικές περιόδους. Για τις ανάγκες του έργου η αναπαράσταση θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση του λογισμικού πακέτου HEC-HMS. Το λογισμικό αυτό θα χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση και την προσομοίωση του πλημμυρικού φαινομένου λαμβάνοντας υπόψη τα γεωμορφολογικά, και υδρολογικά στοιχεία της περιοχής, όσο και το καθεστώς των χρεώσεων γης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη μοντελοποίηση και την διερεύνηση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής και του βαθμού επιρροής στην εμφάνιση των πλημμυρικών φαινομένων. Βασικές αρχές του λογισμικού παρουσιάζονται στη συνέχεια.

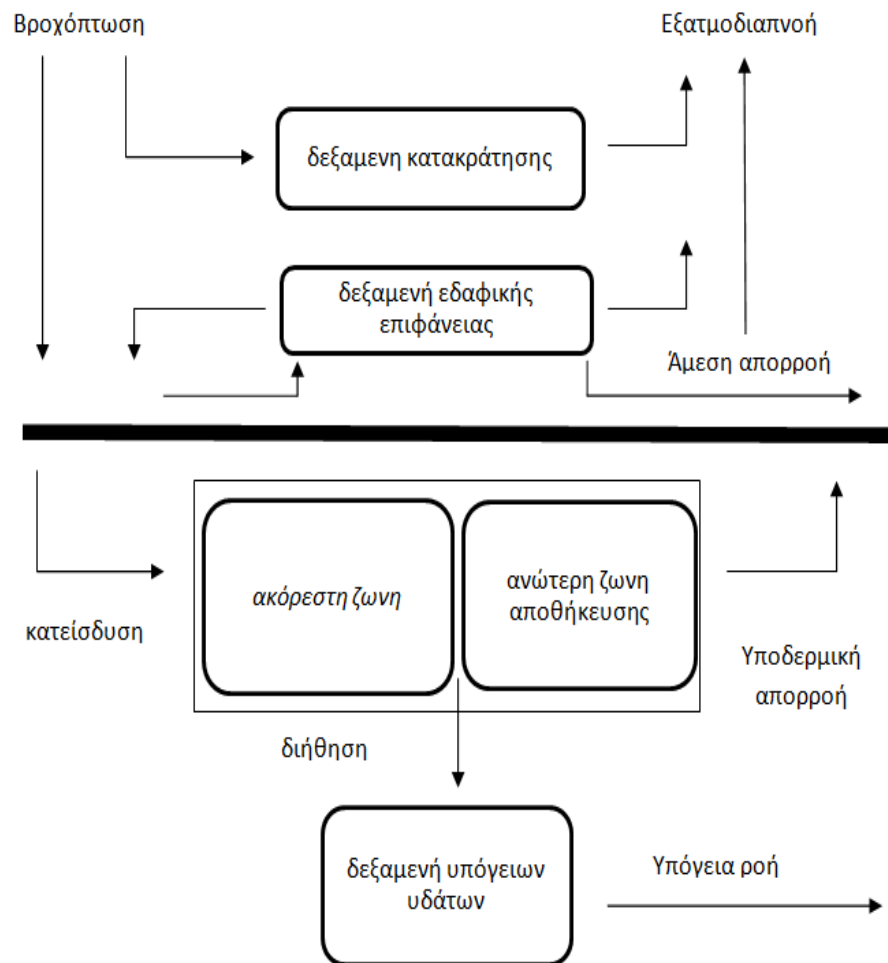
4.3 Λογισμικό προσομοίωσης HEC-HMS

Το λογισμικό HEC-HMS δημιουργήθηκε από το τμήμα μηχανικού του Αμερικάνικου στρατού (www.hec.usace.army.mil) και είναι ουσιαστικά μια «υδρολογική πλατφόρμα» που δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να διαμορφώσει μόνος του το υδρολογικό μοντέλο που επιθυμεί. Το μοντέλο δημιουργήθηκε και χρησιμοποιείται κυρίως για να προσομοιώνει μεμονωμένα επεισόδια βροχής, αλλά δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να πραγματοποιήσει και συνεχή προσομοίωση. Τα αποτελέσματα και των δύο διαδικασιών θα αναπτυχθούν σε επόμενη ενότητα παρακάτω.

Το υδρολογικό αυτό πρόγραμμα, είναι ένα εννοιολογικό μοντέλο το οποίο σχεδιάστηκε για να προσομοιώνει την διαδικασία βροχής – απορροής σε λεκάνη δενδρικού τύπου και εφαρμόζεται τόσο σε μεγάλες λεκάνες όσο και σε μικρές αστικές και ημιαστικές. Το παραγόμενο αποτέλεσμα του μοντέλου, δηλαδή το υδρογράφημα της λεκάνης, χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές που σχετίζονται με το νερό όπως σε μελέτες διαχείρισης υδατικών πόρων, πρόγνωσης πλημμυρών

διευθέτησης περιοχής κατάκλισης πλημμύρας, σχεδιασμού υπερχειλιστών, κ.α. (William 2010). Για την υδρολογική προσομοίωση χρησιμοποιούνται δύο διακριτά μοντέλα σύμφωνα με το λογισμικό HEC – HMS το μοντέλο λεκάνης απορροής και το μετεωρολογικό μοντέλο τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια (Εικόνα 4-1). Τα μαθηματικά πρότυπα που διατίθενται στο HEC-HMS κατ’ αντιστοιχία με τις διαδικασίες που περιγράφει χωρίζονται σε:

- Πρότυπα εκτίμησης απωλειών βροχής
- Πρότυπα υπολογισμού βασικής απορροής
- Πρότυπα υπολογισμού άμεσης απορροής
- Πρότυπα διόδευσης πλημμυρογραφήματος



Εικόνα 4-1 Σχηματική απεικόνιση παραμετρικής δομής υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης με HEC-HMS

Η μεθοδολογία της υδρολογικής προσομοίωσης περιλαμβάνει τη συνεχή προσομοίωση για ένα χρονική διάστημα, ή /και τη προσομοίωση μεμονωμένων πλημμυρικών γεγονότων, ώστε να διαπιστωθεί η ακρίβεια των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Σε δεύτερο στάδιο προτείνεται η ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων των βαθμονομούμενων υδρολογικών μοντέλων με σκοπό την αξιολόγηση της μεταβολής τους. Παρακάτω θα γίνει εκτενής περιγραφή των επιλογών για κάθε κατηγορία προσομοίωσης.

4.3.1 Μοντέλο λεκάνης απορροής

Στο στάδιο αυτό ουσιαστικά γίνεται η παραμετροποίηση της λεκάνης απορροής, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση. Κατά τη δόμηση του μοντέλου της λεκάνης απορροής, επόμενη ενέργεια, είναι να επιλεγθούν τα κατάλληλα πρότυπα υπολογισμού δεξαμενής κατακράτησης, δεξαμενής εδαφικής υγρασίας, απωλειών βροχής, άμεσης απορροής, και βασικής ροής για κάθε μία από τις υπολεκάνες, και διόδευσης πλημμύρας για κάθε τμήμα του υπό έρευνα ρέματος. Ο αριθμός των παραμέτρων του μοντέλου σχετίζεται άμεσα αρχικά από την επιλογή η μη προτύπων και έπειτα από την επιλογή της μεθόδου για κάθε πρότυπο.

4.3.2 Πρότυπο υπολογισμού απωλειών βροχής

Ο τρόπος έκφρασης των απωλειών βροχής στον υδρολογικό κύκλο έχει να κάνει με τη χρονική κλίμακα στην οποία εξετάζονται. Όταν εξετάζεται κλίμακα έτους ή και μεγαλύτερη, οι απώλειες βροχής (διαφορά όγκου κατακρημνισμάτων και όγκου απορροής) οφείλονται στην εξατμισοδιαπνοή των φυτών. Σε μικρότερη όμως κλίμακα, και ειδικά στην περίπτωση ενός μεμονωμένου γεγονότος βροχόπτωσης, οι απώλειες αυτές θεωρούνται αμελητέες σε σύγκριση με τον όγκο απορροής (Ντοανίδης 2007). Στις περιπτώσεις αυτές ως απώλειες λαμβάνεται ο όγκος του νερού που κατακρατείται σε κοιλάτητες του εδάφους και ο όγκος που διηθείται. Τα μαθηματικά πρότυπα, που έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό της διήθησης είναι εμπειρικά ή ημιεμπειρικά αφού αδυνατούν να κάνουν ακριβή θεώρηση των φυσικών μηχανισμών.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό για τον υπολογισμό των απωλειών της βροχής είναι οι κάτωθι:

- ✓ Deficit and Constant
- ✓ Green and Ampt
- ✓ Initial and Constant
- ✓ SCS Curve Number
- ✓ Soil Moisture Accounting
- ✓ Gridded Deficit Constant
- ✓ Gridded SCS Curve Number
- ✓ Gridded Soil Moisture Accounting
- ✓ Exponential

Από τις ανωτέρω μεθόδους ευρεία χρήση έχει η μέθοδος της SCS. Η μέθοδος της SCS αποτελεί ένα ρεαλιστικό πρότυπο για τον υπολογισμό των απωλειών της βροχόπτωσης. Η ευρεία εφαρμογή του οφείλεται κύρια στην ανάγκη καθορισμού μόνο μιας παραμέτρου - του αριθμού CN, ο οποίος είναι συνάρτηση του τύπου εδάφους, της χρήσης γης και της περατότητας του εδάφους.

Η Υπηρεσία Διατήρησης Εδαφών (Soil Conservation Service) του Υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ανέπτυξε το 1972 την αναφερόμενη ως, μέθοδο SCS για τη συνολική εκτίμηση των υδρολογικών απωλειών χρησιμοποιώντας, στην τελική της μορφή, μία μόνο παράμετρο. Η παράμετρος αυτή σχετίζεται με τον τύπο του εδάφους, τις χρήσεις γης και τις υπάρχουσες συνθήκες εδαφικής υγρασίας και μπορεί να εκτιμηθεί είτε με χρήση δεδομένων

βροχόπτωσης και απορροής, είτε μέσω πινάκων που έχουν καταρτιστεί για το σκοπό αυτό. Η μέθοδος SCS στηρίζεται στις εξής παραδοχές:

- ✓ Σε ένα αρχικό χρονικό διάστημα t_0 , όλη η πραγματική βροχόπτωση ύψους h_0 , μετατρέπεται σε έλλειμμα, χωρίς να δίνει καθόλου ενεργή βροχόπτωση. Μετά το χρονικό διάστημα t_0 το μέγιστο ενεργό ύψος βροχόπτωσης h_e δεν μπορεί να υπερβεί το δυνητικό μέγεθος ($y = h - h_0$), όπου h το ολικό ακαθάριστο ύψος βροχής.
- ✓ Το επιπλέον, πέρα του αρχικού h_0 , ελλειμματικό ύψος που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μία βροχόπτωση με μεγάλο ολικό ύψος h , δεν μπορεί να ξεπεράσει μια μέγιστη τιμή S , γνωστή ως δυνητικά μέγιστη κατακράτηση.

Τελικά, η μέθοδος υπολογίζει το ενεργό ύψος βροχής με την ακόλουθη σχέση (4.1), στην περίπτωση που υπάρχουν μετρήσεις απορροής (Μιμίκου και Μπαλτάς, 2003):

$$P_e = \begin{cases} \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} & \text{για } P > 0,2 S \\ 0 & \text{για } P \leq 0,2 S \end{cases} \quad (4-1)$$

Σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τα παραπάνω, δηλαδή δεν υπάρχουν δεδομένα για την απορροή, ακολουθείται μια εμπειρική μεθοδολογία εκτίμησης του S . Συγκεκριμένα, η παράμετρος S συνδέεται με μια άλλη χαρακτηριστική παράμετρο τη CN, οποία είναι γνωστή ως αριθμός καμπύλης απορροής. Οι δύο αυτές παράμετροι συνδέονται με την παρακάτω σχέση (4.2):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (mm)} \quad (4-2)$$

Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 έως 100 και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους και χρήσεις γης της λεκάνης απορροής, καθώς και τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας. Η μέθοδος SCS κατατάσσει τα εδάφη ανάλογα με τη διαπερατότητά τους στις ακόλουθες ομάδες (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999):

Πίνακας 4-1 Κατάταξη εδαφών ανάλογα με τη διαπερατότητά τους σύμφωνα με SCS

Ομάδα Α	Εδάφη με μεγάλους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδη και χαλικώδη με πολύ μικρό ποσοστό ιλύος και αργίλου.
Ομάδα Β	Εδάφη με μέσους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδης πηλός.
Ομάδα C	Εδάφη με μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη από αργυροπηλό, εδάφη φτωχά σε οργανικό υλικό, εδάφη με σημαντικό ποσοστό αργίλου.
Ομάδα D	Εδάφη με πολύ μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη που διογκώνονται σημαντικά όταν διαβρεχτούν, πλαστικές άργιλοι.

Επίσης, ορίζει τρεις τύπους προηγούμενων συνθηκών υγρασίας. Παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

Πίνακας 4-2 Συνθήκες υγρασίας μεθόδου SCS

Τύπος I	Ξηρές συνθήκες (εδάφη ξηρά αλλά πάνω από το σημείο μαρασμού*). Αντιστοιχούν στην περίπτωση που η βροχή των προηγούμενων 5 ημερών είναι μικρότερη από 13 mm (ή 35 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).
Τύπος II	Μέσες συνθήκες. Αντιστοιχούν στην περίπτωση που η βροχή των προηγούμενων 5 ημερών είναι μεταξύ 13 mm και 38 mm (ή 53 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).
Τύπος III	Υγρές συνθήκες (εδάφη σχεδόν κορεσμένα). Αντιστοιχούν στην περίπτωση που η βροχή των προηγούμενων 5 ημερών είναι μεγαλύτερη από 38 mm (ή μεγαλύτερη από 53 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Για συνθήκες υγρασίας τύπου II, η μέθοδος SCS δίνει πίνακα με τις τιμές του CN για κάθε ομάδα εδαφών και για διάφορες χρήσεις γης.

Πίνακας 4-3 Τυπικές τιμές του CN για προηγηθείσες συνθήκες υγρασίας τύπου II. (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999)

Περιγραφή χρήση γης	Υδρολογικός τύπος εδάφους				
	A	B	C	D	
Καλλιεργημένες εκτάσεις	62 - 72	71 - 81	78 - 88	81 - 91	
Λιβάδια, βοσκότοποι	30 - 68	58 - 79	71 - 86	78 - 89	
Δάση	25 - 45	55 - 66	70 - 77	77 - 83	
Ανοιχτοί χώροι, πάρκα, νεκροταφεία κτλ.					
Με κάλυψη από πράσινο > 75%	39	61	74	80	
Με κάλυψη από πράσινο 50 – 75 %	49	69	79	84	
Εμπορικές περιοχές	89	92	94	95	
Βιομηχανικές περιοχές (72 % αδιαπέρατες)	81	88	91	93	
Οικιστικές περιοχές					
Μέσο μέγεθος οικοπέδου (στρ)			Ποσοστό διαπερατής επιφάνειας %		
≤ 0,5	65	77	85	90	92
1	38	61	75	83	87
1.5	30	57	72	81	86
2	25	54	70	80	85
4	20	51	68	79	84
Δρόμοι					
Με οδόστρωμα και δίκτυο ομβρίων	98	98	98	98	
Χαλικόστρωμα	76	85	89	91	

Χωματόδρομοι	72	82	87	89
---------------------	----	----	----	----

Πίνακας 4-4 Ελάχιστος ρυθμός διήθησης εδαφικών τύπων κατά SCS (Παπαμιχαήλ, 2004)

Τύπος	Περιγραφή	Ελάχιστος ρυθμός διήθησης (cm/hr)
A	Εδάφη με μεγάλη τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Βαθιά αμμώδη, βαθιά πηλώδη, συσσωματούμενα ιλυώδη.	0,76-1,14
B	Εδάφη με μέτρια τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Ρηχά πηλώδη, πηλοαμμώδη.	0,38-0,76
C	Εδάφη με μικρή τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Αργιλοπηλώδη, ρηχά αμμοπηλώδη, εδάφη πλούσια σε άργιλο κλπ.	0,13-0,38
D	Εδάφη με πολύ μικρή τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Εδάφη που περιέχουν μοντοριλονιτική άργιλο τα οποία διογκώνονται όταν υγραίνονται, αλλατούχα εδάφη κλπ.	0,00-0,13

Πίνακας 4-5 Τιμές του CN για διάφορες χρήσεις γης (Miliiani et al., 2011)

CORINECLC2000	Υδρολογικοί τύποι εδαφών			
	A	B	C	D
1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός	89	92	94	95
1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός	77	85	90	92
1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	81	88	91	93
1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	98	98	98	98
1.2.3 Ζώνες λιμένων	81	88	91	93
1.2.4 Αεροδρόμια	72	82	87	89
1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών	72	82	87	89
1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων	72	82	87	89
1.3.3 Χώροι οικοδόμησης	72	82	87	89
1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου	68	79	86	89
1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	49	69	79	84
2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	49	69	79	84
2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη	49	69	79	84
2.1.3 Ορυζώνες	59	70	78	81
2.2.1 Αμπελώνες	67	77	83	87
2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	65	75	82	86
2.2.3 Ελαιώνες	65	75	82	86
2.3.1 Λιβάδια	49	69	79	84

2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες	62	71	78	81
2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες	67	78	85	89
2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί	67	78	85	89
2.4.4 Αγρο-δασικές περιοχές	45	66	77	83
3.1.1 Δάσοςπλατύφυλλων	60	65	70	77
3.1.2 Δάσοςκωνοφόρων	60	65	70	77
3.1.3 Μικτό δάσος	60	65	70	77
3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι	60	65	74	80
3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι	60	65	74	80
3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση	60	65	74	80
3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	60	65	74	80
3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	25	55	70	77
3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι	68	79	86	89
3.3.3 Εκτάσεις με αραιήβλάστηση	68	79	86	89
3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις	68	79	86	89
3.3.5 Παγετώνες και αέναο χιόνι	79	79	79	79
4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα	98	98	98	98
5.1.1 Υδατορεύματα	99	99	99	99
5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	99	99	99	99
5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες	99	99	99	99

Στον Πίνακα 4-5 δίνεται η συσχέτιση του αριθμού CN της μεθόδου SCS σε σχέση με τις χρήσεις της του συστήματος CORINE 2000 και της κατάστασης του υδρολογικού τύπου των εδαφών όπως αυτή προτάθηκε από τους Milaniet. al., 2011.

4.3.3 Πρότυπο υπολογισμού άμεσης απορροής

Η άμεση απορροή και συγκεκριμένα η πλημμυρική αιχμή είναι το ζητούμενο κατά την υδρολογική προσομοίωση του έργου. Η άμεση απορροή προκύπτει ως φυσική συνέπεια από την ενεργό βροχόπτωση η οποία είναι ίση με τη συνολική βροχή μείον τις απώλειες. Ενώ μπορεί πολύ εύκολα να υπολογιστεί ο όγκος της απορροής, σημασία μεγάλη έχει και η χρονική κατανομή του φαινομένου η οποία κάνει τα πράγματα σχετικά πολύπλοκα. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε πλήθος μαθηματικών προτύπων κατά το παρελθόν που επιδιώκουν να προσδιορίσουν τη χρονική εξέλιξη της άμεσης απορροής και το μέγεθος της παροχής αιχμής. Η μέθοδος του Μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι ένα από τα μαθηματικά πρότυπα αυτά.

Ως υδρογράφημα θεωρείται γενικά η γραφική παράσταση της απορροής σε μία διατομή ενός υδατορεύματος ως συνάρτηση του χρόνου. Ως μοναδιαίο υδρογράφημα θεωρείται το

υδρογράφημα της άμεσης απορροής σε μία λεκάνη που προκαλείται από περίσσειμα βροχής ύψους 1cm και ορισμένης διάρκειας, με ομοιόμορφη κατανομή και ένταση σε όλη την επιφάνεια της λεκάνης, καθ'όλη τη διάρκεια της βροχής. Ως συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα θεωρείται το υδρογράφημα το οποίο για να κατασκευαστεί χρειάζεται γεωμετρικά και άλλα στοιχεία της λεκάνης, εφόσον κατά κανόνα το μοναδιαίο υδρογράφημα προϋποθέτει την ύπαρξη ταυτόχρονων μετρήσεων κατακρημνισμάτων και απορροής (Κωτούλας 2001). Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό λοιπόν πως τα συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν μετρήσεις και ο υπολογισμός της διάρκειας, της χρονικής εξέλιξης και της αιχμής της απορροής βασίζεται σε εμπειρικές σχέσεις. Βασικές αρχές του μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι η αρχή της αναλογίας και η αρχή της επαλληλίας (Τσακίρης 1995). Παρακάτω αναλύονται τα κυριότερα συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα:

- ✓ Η μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος Clark
- ✓ Η μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος Snyder
- ✓ Η μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS

Η μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος Clark

Η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος Clark χρησιμοποιεί την ενεργό βροχόπτωση και τις ισόχρονες καμπύλες της λεκάνης απορροής για να κατασκευάσει το ζητούμενο υδρογράφημα. Ισόχρονες καμπύλες ονομάζονται οι καμπύλες εκείνες πάνω στη λεκάνη που κάθε μία ανταποκρίνεται στο γεωμετρικό τόπο των σημείων από τα οποία τα επιφανειακώς απορρέοντα ύδατα φθάνουν ταυτόχρονα στην έξοδο (Σούλιος 1996). Στην ουσία το υδρογράφημα που προκύπτει από αυτή τη μέθοδο είναι ο μετασχηματισμός του ιστογράμματος της επιφάνειας που απορρέει στην έξοδο της λεκάνης απορροής ανά συγκεκριμένο και σταθερό για κάθε περίπτωση διάστημα.

Βασική αρχή του μοντέλου μεταξύ πολλών, όπως και των μοναδιαίων υδρογραφημάτων, είναι πως η βροχή έχει ομοιόμορφη κατανομή σε όλη την έκταση της λεκάνης.

Η μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος SNYDER

Η συνθετική αυτή μέθοδος προέκυψε από τον Snyder ύστερα από αρκετές μελέτες σε λεκάνες που κυμαινόταν από 25 έως 25.000 (km²). Από τις μελέτες αυτές, βρήκε κάποιες εμπειρικές σχέσεις (4.3) που συνδέουν τα στοιχεία του υδρογραφήματος με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της λεκάνης. Πιο συγκεκριμένα, οι σχέσεις αυτές είναι (Παπαμιχαήλ, 2004):

$$t_L = 0,756 \cdot C_t \cdot (L \cdot \bar{L})^{0,3}$$

$$Q_p = 7,08 \frac{C_p \cdot A}{t_L}$$

$$t_b = 24 + 3 \cdot t_L$$

$$t_o = \frac{t_L}{5,5}$$

(4-3)

Όπου:

t_L = Ο χρόνος καθυστέρησης που μεσολαβεί μεταξύ κέντρου μάζας αποροϊκής βροχής και αιχμής της αποροής(hrs)

L = Το μήκος του κύριου υδατορεύματος (km)

\bar{L} = Η απόσταση από την έξοδο του υδατορεύματος μέχρι το σημείο πάνω σε αυτό που βρίσκεται πλησιέστερα στο κέντρο βάρους της λεκάνης.(km)

C_t = Συντελεστής που κυμαίνεται από 1.80 έως 2.20. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της λεκάνης τόσο μικρότερος είναι ο συντελεστής αυτός.

Q_p = Η τιμή της αιχμής του υδρογραφήματος (m^3/sec)

A = Η έκταση της λεκάνης απορροής (km^2)

C_p = Συντελεστής που κυμαίνεται από 0.56 έως 0.69. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της λεκάνης τόσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής αυτός.

t_b = Η χρονική βάση του υδρογραφήματος (hrs)

t_o = Η διάρκεια ενεργού βροχόπτωσης (hrs)

Η μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS

Η NRCS υπηρεσία συντήρησης φυσικών πόρων του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (πρώην SCS), ανέπτυξε μια μέθοδο υπολογισμού μοναδιαίου υδρογραφήματος. Αρχικά το υδρογράφημα είχε τριγωνική μορφή, αλλά στην πορεία κατασκεύασε ένα αδιάστατο υδρογράφημα που είναι πιο αντιπροσωπευτικό της πραγματικής κατάστασης (Παπαμιχαήλ, 2004, Κωτούλας 2001). Το αδιάστατο υδρογράφημα βασίζεται στις εξής σχέσεις (Παπαμιχαήλ, 2004):

$$Q_d = \frac{Q}{Q_p}$$

$$t_d = \frac{t}{t_p} \quad (4-4)$$

Όπου :

Q_d = Η αδιάστατη παροχή

Q_p = Η παροχή αιχμής (m^3/sec)

Q = Η παροχή του μοναδιαίου υδρογραφήματος για χρόνο t

t_d = Ο αδιάστατος χρόνος

t_p = Ο χρόνος αιχμής (hrs)

t = Ο χρόνος στο μοναδιαίο υδρογράφημα (hrs)

Η NRCS μετά από αρκετές μελέτες σε λεκάνες κατέληξε στο ότι ο χρόνος αποχώρησης t_r και ο χρόνος αιχμής t_p , συνδέονται με την προσεγγιστική σχέση

$$t_r = 1,67 \cdot t_p \quad (4-5)$$

Βασιζόμενοι σε αυτή τη σχέση, η αιχμή του υδρογραφήματος Q_p και ο χρόνος αιχμής t_p , που αποτελούν στοιχεία του αρχικού τριγωνικού υδρογραφήματος μπορούν να υπολογιστούν από τους εξής τύπους (Παπαμιχαήλ 2004):

$$Q_p = 0,75 \cdot \frac{A \cdot P_e}{3600 \cdot t_p}$$

$$t_p = t_L + 0,5 \cdot t_0 \quad (4-6)$$

Όπου :

A = Η έκταση της λεκάνης (hect.)

Pe = Η απορροϊκή βροχή (mm)

t_0 = Η διάρκεια της ενεργού βροχόπτωσης (hrs)

t_L = Ο χρόνος καθυστέρησης που μπορεί να υπολογιστεί με τη σχέση (Ε.3.11) σε (hrs)

Σύμφωνα με την NRCS, το t_L μπορεί επίσης να υπολογιστεί ως $0.6 \cdot T_c$, χρησιμοποιώντας την εξίσωση του χρόνου συγκέντρωσης κατά Kirpich.

4.3.4 Πρότυπο διόδευσης πλημμύρας

Διόδευση καλείται η χρονική εξέλιξη μιας πλημμύρας από μία θέση ανάντη σε μία θέση κατόντη του υδατορεύματος. Το HEC-HMS περιέχει διάφορα πρότυπα διόδευσης πλημμύρας (None, Lag, Modified Plus, Muskingum, Muskingum – Cunge, Straddle Stagger). Το πρότυπο που χρησιμοποιείται συνηθέστερα είναι το Muskingum – Cunge (Cunge, 1969). Το πρότυπο αυτό αποτελεί μία επέκταση του προτύπου Muskingum, του οποίου ο συντελεστής αποθήκευσης K και ο σταθμικός παράγοντας X είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν, εφόσον δεν έχουν άμεση σχέση με τις φυσικές ιδιότητες της περιοχής διόδευσης και έτσι υπάρχει ο κίνδυνος μεγάλου σφάλματος. Όμως, η μέθοδος Muskingum – Cunge ξεπερνά το πρόβλημα αυτό, συνδέοντας τις παραμέτρους K και X με συντελεστές που καθορίζονται από τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του φυσικού υδατορεύματος (κλίση όχθων, συντελεστής Manning κλπ.) που είναι σχετικά εύκολο να ποσοτικοποιηθούν (Ponce 1996). Ένα ακόμη μεγάλο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι πως σε αντίθεση με τα υπόλοιπα πρότυπα, εξετάζει τη ροή υπό μορφή δικτύου ορθογωνικών βρόγχων, προσφέροντας μεγαλύτερη ανάλυση και ακρίβεια στα αποτελέσματα (Παπαμιχαήλ, 2004). Ανήκει στις υδραυλικές μεθόδους διόδευσης πλημμυρικών κυμάτων και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν μετρημένες τιμές παροχών, δίνοντας εύλογα αποτελέσματα.

4.3.5 Πρότυπο βασικής ροής

Το σχήμα ενός υδρογραφήματος που προκαλείται από μια βροχή με σχετικά μικρή διάρκεια και καλύπτει όλη την υδρολογική λεκάνη έχει κατά κανόνα μία πρότυπη μορφή. Η μορφή αυτή είναι κωδωνοειδούς σχήματος (Μιμίκου και Μπαλτάς, 2003) εμφανίζει στην αρχή έναν ανοδικό κλάδο, που σημαίνει ότι κατά τη διάρκειά του η παροχή του υδατορεύματος συνεχώς αυξάνει μέχρι μια μέγιστη τιμή και κατόπιν ακολουθεί ένας καθοδικός κλάδος όπου η παροχή μειώνεται συνεχώς και μπορεί να φτάσει και στο μηδέν, εξαρτώμενη από την ύπαρξη ή όχι βασικής ροής. Η μέγιστη

αιχμή, που προκαλείται από μια βροχή δεδομένης διάρκειας και εντάσεως, εμφανίζεται όταν όλα τα τμήματα της υδρολογικής λεκάνης συνεισφέρουν νερό, όταν δηλαδή το μέρος της λεκάνης που βρίσκεται πιο κοντά στην έξοδο της εξακολουθεί να συνεισφέρει νερό όταν και το νερό από το πιο απομακρυσμένο σημείο της έχει φθάσει στην έξοδο. Το HEC-HMS χρησιμοποιεί διάφορα πρότυπα για τον υπολογισμό της βασικής ροής, με το πιο δημοφιλές να είναι αυτό της εκθετικής μείωσης. Για την περίπτωση μας δεν χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο πρότυπο.

4.3.6 Μοντέλο μετεωρολογικής πληροφορίας

Η κατάρτιση του μετεωρολογικού μοντέλου αφορά στην εισαγωγή των στοιχείων της μετεωρολογικής πληροφορίας, που ενσωματώνει τις απαραίτητες οριακές συνθήκες για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Η μετεωρολογική αυτή πληροφορία εισάγεται είτε μέσω παρατηρημένων βροχογραφήματων είτε μέσω καθορισμού υποθετικών επεισοδίων βροχής με συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς. Στην ιδανική περίπτωση διεξάγεται υδρολογική μελέτη στην περιοχή, καταρτίζονται όμβριες καμπύλες και εκτελείται υδρολογική προσομοίωση της λεκάνης με ρύθμιση (calibration) με βάση τα παρατηρημένα βροχογραφήματα.

Στο μετεωρολογικό μοντέλο προσδιορίζονται οι βροχομετρικοί σταθμοί που θα ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης για κάθε υπολεκάνη και η μέθοδος με την οποία θα γίνει ο υπολογισμός της βροχόπτωσης.

Στην περίπτωση της προσομοίωσης επεισοδίων ορίζονται σε κάθε υπολεκάνη/λεκάνη η χρονοσειρά βροχόπτωσης σε ωριαίο βήμα που αντιστοιχεί στην κάθε μία έπειτα από την εφαρμογή των αναγωγών. Λόγω του ότι τα επεισόδια διαρκούν μόνο λίγες μέρες η εξατμοδιαπνοή συνήθως αγνοείται όπως και το λιώσιμο του χιονιού.

4.4 Υδραυλική Προσομοίωση

Η υδραυλική προσομοίωση λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα της υδρολογικής ανάλυσης και προσομοίωσης για την εξαγωγή διαφόρων υδραυλικών παραμέτρων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικές και τα λογισμικά που θα χρησιμοποιηθούν για τις ανάγκες του έργου σχετικά με την υδραυλική προσομοίωση της επιφανειακής ροής σε ρέματα και αγωγούς της περιοχής έρευνας

4.4.1 Γενικά

Τα υδραυλικά μοντέλα ανάλογα με τη διάσταση των διανυσμάτων των υπολογιζόμενων υδραυλικών χαρακτηριστικών διακρίνονται γενικά σε μονοδιάστατης, διδιάστατης και τριδιάστατης ανάλυσης (Μόσχου, 2014). Τα μονοδιάστατα μοντέλα υδραυλικής προσομοίωσης διόδευσης πλημμύρας υπολογίζουν το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας κατά περίπτωση για συνθήκες μόνιμης ομοιόμορφης, μόνιμης ανομοιόμορφης, ή μη μόνιμης – απότομα ή βαθμιαία - μεταβαλλόμενης ροής.

Τα μοντέλα αυτά συνήθως χρησιμοποιούν την εξίσωση Manning και η επίλυση του μοντέλου αφορά τον υπολογισμό του μέσου βάθους ροής και της μέσης ταχύτητας κάθετα στην διατομή του ποταμού, η οποία κατανέμεται ομοιόμορφα στη διατομή (ή σε τμήματα αυτής) με κοινό συντελεστή τραχύτητας. Με βάση την τοπογραφία της περιοχής παράγεται ο πλημμυρικός χάρτης, με πλημμυρικές περιοχές εκείνες με χαμηλότερο υψόμετρο από εκείνο της υπολογισμένης ελεύθερης επιφάνειας του νερού.

Τα διδιάστατα μοντέλα επιχειρούν την προσομοίωση των πλημμυρικών φαινομένων στις διαστάσεις μήκους και πλάτους. Γίνεται εκτίμηση του βάθους ροής σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης αλλά και ο υπολογισμός της κατανομής της ταχύτητας ροής στις δύο διαστάσεις, κατά την ροή του ποταμού και εγκάρσια αυτού.

Τα τριδιάστατα μοντέλα, χρησιμοποιούνται σε πιο σύνθετες υδραυλικές εφαρμογές, όπως σε περιπτώσεις όπου η κατακόρυφη ταχύτητα είναι σημαντική –αναλύσεις υδραυλικών αλμάτων, σχεδιασμό υπερχειλιστών κ.α.. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιώντας σύνθετες υπολογιστικές σχέσεις επιτυγχάνοντας τον ακριβέστερο υπολογισμό της ροής.

4.4.2 Το λογισμικό HEC-RAS

Για τις ανάγκες του έργου προτάθηκε η χρήση του λογισμικού HEC-RAS του Κέντρου Υδρολογικής Μηχανικής (Hydrologic Engineering Center - HEC) του Σώματος Πολιτικών Έργων Έρευνας Υδρολογικής Μηχανικής και Διαμόρφωσης Προγράμματος (Corps Civil Hydrologic Engineering Research and Development Program) των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Το λογισμικό δημιουργήθηκε σαν τμήμα της «Νέας Γενιάς» (NexGen) λογισμικών της υδραυλικής μηχανικής. Το πρόγραμμα «Νέας Γενιάς» περιλαμβάνει διάφορα θέματα υδραυλικής μηχανικής, συμπεριλαμβανομένου: ανάλυση βροχόπτωσης – απορροής (HEC-HMS), υδραυλική ποταμών (HEC-RAS), προσομοίωση συστήματος ταμιευτήρων (HEC-ResSim), ανάλυση ζημιών πλημμύρας (HEC-FDA και HEC-FIA), και πρόβλεψη ποταμών σε πραγματικό χρόνο για τη λειτουργία ταμιευτήρων (CWMS). Το HEC-RAS είναι ένα αναβαθμισμένο σύστημα λογισμικού υδραυλικής ανάλυσης, στο οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα μέσω ενός γραφικού που προσομοιώνει το υπό μελέτη υδατόρευμα. Το πρόγραμμα μπορεί να εκτελέσει ταυτόχρονα τους κατάλληλους υπολογισμούς, ώστε να προκύψει το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας του νερού υπό συνθήκες μόνιμης ή μη μόνιμης μονοδιάστατης βαθμιαίας μεταβαλλόμενης ροής, για περιπτώσεις υποκρίσιμης, υπερκρίσιμης ή μικτής ροής (Brunne, 2016).

Το πρόγραμμα θεωρεί ότι η ροή είναι μονοδιάστατη (π.χ. οι συνιστώσες της ταχύτητας σε διευθύνσεις διαφορετικές από αυτές της ροής δεν υπολογίζονται). Η θεώρηση αυτή γίνεται γιατί η εξίσωση ολικής ενέργειας υποθέτει ότι η τελική ενέργεια είναι ίδια για όλα τα σημεία της διατομής. Οι κλίσεις της κοίτης πρέπει να είναι μικρές (μικρότερες του 1:10). Στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα απότομη αλλαγή της ροής (π.χ. ύπαρξη τεχνικού έργου) η υπόθεση ότι η ροή μεταβάλλεται βαθμιαία δεν ισχύει. Η έκδοση που χρησιμοποιείται είναι η 5.0 και έχει επιπλέον τη δυνατότητα υπολογισμού μεταφοράς φερτών υλών και ανάλυση ποιότητας νερού. Στην ορολογία του HEC-RAS, ένα έργο (project) είναι ένα σύνολο αρχείων πληροφοριών που συνδέεται με ένα συγκεκριμένο σύστημα ποταμών. Επίσης στην έκδοση αυτή είναι δυνατή η προσομοίωση της ροής και ως δισδιάστατη.

Τα αρχεία πληροφοριών για ένα έργο είναι τα εξής:

- Στοιχεία έργου
- Γεωμετρικά στοιχεία
- Στοιχεία μόνιμης ροής
- Στοιχεία μη μόνιμης ροής
- Στοιχεία υδραυλικών κατασκευών (γέφυρες, οχετοί, υπερχειλιστές, κ.τ.λ.)

4.4.3 Φιλοσοφία και δυνατότητες προγράμματος

4.4.3.1 Γενικά

Η υπολογιστική διαδικασία στηρίζεται στην επίλυση της εξίσωσης ενέργειας, με την ευρύτατα διαδεδομένη, προσεγγιστική μέθοδο του σταθερού βήματος (standard step method) σε συνδυασμό με την εξίσωση Manning για την εκτίμηση της κλίσης της γραμμής ενέργειας (απώλειες λόγω τριβής). Η μέθοδος του σταθερού βήματος επιλύει την διαφορική μορφή της εξίσωσης ενέργειας με την χρήση πεπερασμένων διαφορών, όπως αυτές καταγράφονται μεταξύ διαδοχικών φυσικών διατομών του αγωγού. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες που δημιουργούνται από διάφορα εμπόδια στην ροή, όπως γέφυρες, οχετούς και γενικά από διαστολές και συστολές της κινούμενης υδάτινης μάζας, λόγω διευρύνσεων και στενώσεων κατά μήκος του αγωγού. Το πρόγραμμα θεωρεί ότι έχουμε στένωση όταν το φορτίο της κινητικής ενέργειας κατάντη είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο στα ανάντη. Αντίστοιχα, όταν το φορτίο της κινητικής ενέργειας ανάντη είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κατάντη τότε το πρόγραμμα θεωρεί ότι έχουμε διεύρυνση.

4.4.3.2 Εξίσωση ενέργειας

Η εξίσωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας ισχύει για το τμήμα μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών. Το HEC-RAS, όπως και άλλα παρόμοια προγράμματα, κάνει υπολογισμούς για διάφορες ταχύτητες κατά πλάτος της διατομής. Η τελική εξίσωση διατήρησης της ενέργειας είναι (Εικόνα4-2):

$$WS_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_f + h_o \quad (4-7)$$

όπου:

WS η ανωτάτη στάθμη ύδατος σε σχέση με το επίπεδο αναφοράς

V η μέση ταχύτητα ροής

g η επιτάχυνση της βαρύτητας

h_f απώλειες λόγω τριβής

h_o απώλειες λόγω στενώσεων και διευρύνσεων

α_1, α_2 σταθμικοί συντελεστές της ταχύτητας

Η δυναμική και κινητική ενέργεια στην παραπάνω εξίσωση ισούται με την επιφάνεια του νερού και την αρχική ταχύτητα. Η ενέργεια που χάνεται, λόγω τριβής, στο τμήμα μεταξύ των διατομών είναι ανάλογη των απωλειών ενέργειας προς το μήκος του τμήματος. Μια απλή προσέγγιση αυτών των απωλειών δίνεται από την σχέση (4-8):

$$h_f = L \cdot \bar{S}_f \quad (4-8)$$

όπου:

L το ανοιγμένο μήκος της κοίτης μεταξύ των διατομών

\bar{S}_f η μέση κλίση της γραμμής ενέργειας

Μια απότομη αλλαγή στην γεωμετρία της ροής, λόγω διεύρυνσης ή στένωσης της κοίτης και της περιοχής κατάκλυσης, προκαλεί τοπικές απώλειες ενέργειας ως αποτέλεσμα της αύξησης της

ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί ομοιόμορφα κατανομημένη. Η τεχνική που χρησιμοποιείται από το HEC-RAS είναι η υποδιαίρεση της διατομής στην κεντρική κοίτη και στις πλευρικές ζώνες μέσω της αλλαγής του συντελεστή τραχύτητας του Manning (Εικόνα 4-3). Η συνολική παροχτετευτικότητα είναι το άθροισμα των επιμέρους παροχτετευτικοτήτων των επιμέρους τμημάτων των διατομών. Η εξίσωση Manning είναι:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S_f^{1/2} \quad (4-11)$$

όπου: n ο συντελεστής τραχύτητας Manning

Q η παροχή

A η υδάτινη επιφάνεια

R η υδραυλική ακτίνα

S_f η κλίση απωλειών τριβής

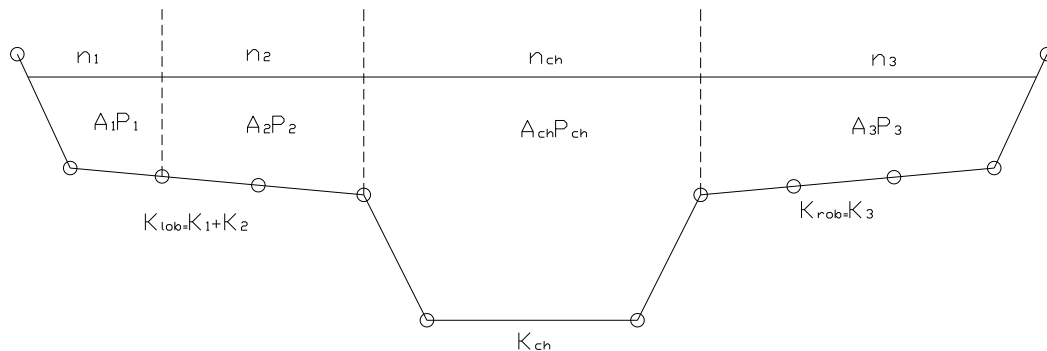
Η εξίσωση του Manning σε συνδυασμό με την εξίσωση συνέχειας:

$$Q = V_1 * A_1 = V_2 * A_2 \quad (4-12)$$

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ρυθμού των απωλειών ενέργειας λόγω τριβής, μεταξύ διαδοχικών διατομών.

Με μετασχηματισμό της εξίσωσης (5.5), η κλίση απωλειών τριβής σε μια διατομή μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση:

$$S_f = \left(\frac{nQ}{AR^{2/3}} \right)^2 \quad (4-13)$$



Εικόνα 4-3 Υποδιαίρεση της διατομής με το συντελεστή τραχύτητας Manning

Σε περίπτωση που στα διάφορα τμήματα της διατομής (Εικόνα 4-3) έχουμε διαφορετικές τιμές του συντελεστή τραχύτητας τότε χρησιμοποιείται ένας ισοδύναμος συντελεστής τραχύτητας, ο οποίος δίνεται από την ακόλουθη σχέση (4-14):

Πίνακας 4-6 Τυπικές τιμές του συντελεστή Manning για διάφορα έργα (πηγή: ΟΜΟΕ)

Έργο	Ιδιότητες τοιχωμάτων	Συντελεστής n (m ^{-1/3} · s)
Ταπεινωμένη τάφος νησίδας	α. Γαιώδη (χωρίς φυτική κάλυψη)	0,040
	β. Γαιώδη (με φυτική κάλυψη)	0,050
	γ. Χαλικόστρωτα	0,055
Επενδεδυμένες τάφροι (αποχέτευσης, συνέχειας, οφρύος, κτλ.), έγχυτοι ορθογωνικοί αγωγοί	Παλιό σκυρόδεμα με καθαρές επιφάνειες	0,016
"Αβαθείς Πλευρικές τάφροι" επενδεδυμένες (τριγωνικές, τραπεζοειδείς), ρείθρα οδών	Παλιό σκυρόδεμα, ασφαλτικό οδόστρωμα (επιφάνειες με κατακάθιση φερτών)	0,018
Αγωγοί με διαμόρφωση πυθμένα με κολυμβητούς λίθους σε σκυρόδεμα	Χονδρή λιθοδομή	0,020
Οχετοί υπεραστικών οδών και συλλεκτήρες αποχέτευσης ομβρίων αστικών περιοχών	Επιφάνεια σκυροδέματος :	0,018
	Για έλεγχο πληρότητας (ανώτατη στάθμη νερού)	
	Για έλεγχο μέγιστης ταχύτητας	0,012
Τσιμεντοσωλήνες	Επιφάνεια παλαιού σκυροδέματος, καθαρές επιφάνειες	0,016
Ανεπένδυτοι τάφροι σε έδαφος Γαιοημιβραχώδες	Γαιοημιβραχώδης πυθμένας με αποθέσεις	0,025
	Ανώμαλος βραχώδης πυθμένας	0,030
Ανεπένδυτοι τάφροι σε βραχώδες έδαφος		
Επενδεδυμένες τάφροι με συρματοκιβώτια ή με λιθορριπή (Rip-Rap)	Λίθοι με ομαλές επιφάνειες	0,025
Σωληνωτοί αγωγοί ακαθάρτων (για ροή λυμάτων με βαρύτητα)	α. Πλαστικοί	0,014
	β. Αμιαντοτσιμεντοσωλήνες	0,015
	γ. Τσιμεντοσωλήνες	0,016
Χαλυβδοσωλήνες Ελατός Χάλυβας	Γαλβανισμένες επιφάνειες	0,013-0,017
	Μαύρες επιφάνειες	0,012-0,015
Ελατοί Χυτοσιδηροί αγωγοί	Επενδεδυμένες επιφάνειες	0,011-0,014
	Ανεπένδυτες επιφάνειες	0,012-0,016
Κύρια κοίτη χειμάρρων-ρεμάτων	Χόρτα- χαμηλή βλάστηση	0,025-0,060
Κοίτη πλημμύρας χειμάρρων	Βλάστηση και δένδρα	0,050-0,150

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i)^{1.5}}{P} \right]^{2/3} \quad (4-14)$$

όπου:

n_c ο ισοδύναμος συντελεστής τραχύτητας

P η βρεχόμενη περίμετρος της διατομής

P_i η βρεχόμενη περίμετρος του τμήματος i της διατομής

n_i ο συντελεστής τραχύτητας του τμήματος i της διατομής

4.4.3.4 Εφαρμογή εξίσωσης διατήρησης ορμής

Η εξίσωση ενέργειας, στις περιπτώσεις στις οποίες η ελεύθερη επιφάνεια του νερού περνάει από το κρίσιμο βάθος, δεν είναι εφαρμόσιμη αφού η εξίσωση ενέργειας προϋποθέτει συνθήκες βαθμιαίας μεταβαλλόμενης ροής, και η μετάβαση από υποκρίσιμη σε υπερκρίσιμη, ή από υπερκρίσιμη σε υποκρίσιμη ροή αποτελεί κατάσταση απότομα μεταβαλλόμενης ροής.

Τέτοιες περιπτώσεις απότομα μεταβαλλόμενης ροής μπορούν να εμφανιστούν σε πλήθος περιπτώσεων, όπως σε στενώσεις γεφυρών, σε έντονες τοπικές κατά μήκος κλίσεις, σε αναβαθμούς, σε συμβολές ρευμάτων κτλ. Σε ορισμένες από τις παραπάνω περιπτώσεις (πχ. σε περιπτώσεις αναβαθμών) μπορούν να χρησιμοποιηθούν εμπειρικές εξισώσεις, ενώ σε άλλες πρέπει να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση διατήρησης της ορμής.

Στο πρόγραμμα η εξίσωση διατήρησης της ορμής μπορεί να εφαρμοστεί για τις εξής ακόλουθες περιπτώσεις:

- Σε εμφάνιση υδραυλικού άλματος
- Σε περιπτώσεις ροής σε θέσεις γεφυρών
- Σε συμβολές υδατορευμάτων

Η εξίσωση διατήρησης της ορμής είναι αποτέλεσμα του δεύτερου νόμου του Newton: Δύναμη=μάζα*επιτάχυνση ή $\Sigma F_x = m \cdot a$

Εφαρμόζοντας το δεύτερο νόμο της κίνησης του Newton σε έναν όγκο νερού μεταξύ 2 διατομών 1 και 2, η μεταβολή της ορμής στη μοναδά του χρόνου δίνεται από τη σχέση (4-15):

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x \quad (4-15)$$

όπου:

P η υδροστατική πίεση στις θέσεις 1 και 2

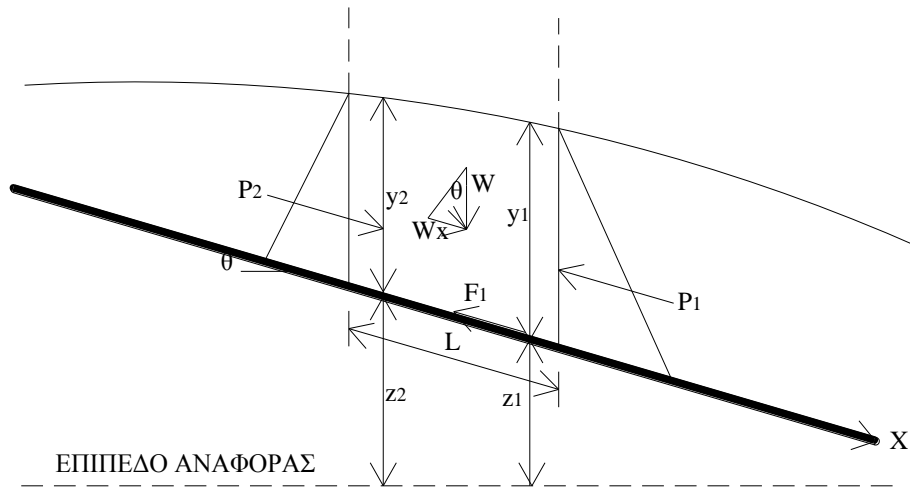
W_x η δύναμη από το βάρος του νερού στη διεύθυνση x

F_f η δύναμη τριβής μεταξύ των θέσεων 1 και 2

Q η παροχή

ρ η πυκνότητα του νερού

ΔV_x η μεταβολή ταχύτητας μεταξύ των θέσεων 1 και 2 κατά τη διεύθυνση x



Εικόνα 4-4 Εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ορμής

Κάνοντας κατάλληλους μετασχηματισμούς η εξίσωση 4-15 παίρνει τελικά τη μορφή (4-16):

$$\frac{Q_2^2 B_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \frac{A_1 + A_2}{2} L S_o - \frac{A_1 + A_2}{2} L S_f = \frac{Q_1^2 B_2}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 \quad (4-16)$$

όπου:

Q η παροχή

A το εμβαδόν υγρής διατομής

Y το βάθος μετρούμενο από την ελεύθερη επιφάνεια μέχρι το κέντρο βάρους της διατομής

L το μήκος μεταξύ των θέσεων 1 και 2 στην διεύθυνση x

S_o η κλίση του πυθμένα

B συντελεστής ορμής λόγω μεταβολής της ταχύτητας

S_f η κλίση της γραμμής ενέργειας

4.4.3.5 Υπολογισμός κρίσιμου βάθους

Ο προσδιορισμός του κρίσιμου βάθους γίνεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Έχει προδιαγραφεί κατάσταση υπερκρίσιμης ροής
- Ο υπολογισμός του έχει ζητηθεί για έλεγχο των αποτελεσμάτων (αποτελεί οριακή συνθήκη ελέγχου και πρέπει να ελεγχθεί εάν οι οριακές συνθήκες ανταποκρίνονται στην κατάσταση ροής).
- Ο έλεγχος με τον αριθμό Froude για υποκρίσιμη ροή δείχνει ότι πρέπει να προσδιοριστεί το κρίσιμο βάθος για να επιβεβαιωθεί το καθεστώς ροής που επικρατεί με τις στάθμες που έχουν υπολογιστεί.
- Το πρόγραμμα δε μπορεί να επιλύσει την εξίσωση ενέργειας στα προκαθορισμένα όρια χωρίς να υπερβεί το μέγιστο αριθμό επαναλήψεων.

Το ολικό ύψος ενέργειας σε μια διατομή δίνεται από τη σχέση (4-17):

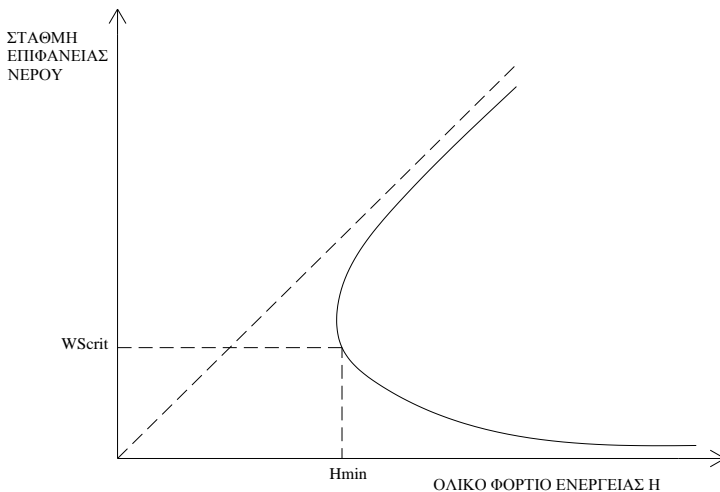
$$H = WS + \frac{aV^2}{2g} \quad (4-17)$$

όπου:

H το ολικό φορτίο ενέργειας

WS η στάθμη της επιφάνειας του νερού

$\frac{aV^2}{2g}$ το φορτίο κινητικής ενέργειας



Εικόνα 4-5 Διάγραμμα μεταβολής της ενέργειας σε συνάρτηση με τη στάθμη του νερού

Η κρίσιμη στάθμη της επιφάνειας του νερού είναι η στάθμη για την οποία το συνολικό φορτίο ενέργειας είναι ελάχιστο. Η κρίσιμη στάθμη προσδιορίζεται με μια επαναληπτική διαδικασία όπου θεωρούνται τιμές της στάθμης και προσδιορίζονται αντίστοιχες τιμές του H από την Εξίσωση 4-17, έως ότου επιτευχθεί μια ελάχιστη τιμή για το H .

Το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα προσδιορισμού του κρίσιμου βάρους με δύο μεθόδους. Η πρώτη είναι η μέθοδος της τέμνουσας καμπύλης και η δεύτερη η παραβολική μέθοδος. Η παραβολική μέθοδος, η οποία είναι και η πιο γρήγορη έχει τον περιορισμό του προσδιορισμού μιας μόνο ελάχιστης τιμής στην καμπύλη ενέργειας.

4.4.3.6 Συντελεστές απωλειών

Μετά τον καθορισμό των διατομών και της μεθόδου επίλυσης, πρέπει να επιλεγούν οι κατάλληλοι συντελεστές απωλειών. Για την εκτίμηση των απωλειών τριβής χρησιμοποιούνται οι τιμές του συντελεστή Manning (Πίνακας 4-7).

Οι απώλειες λόγω διευρύνσεων και στενώσεων που οφείλονται σε γέφυρες, εκτιμώνται με την χρήση των συντελεστών διαστολής και συστολής.

Οι παραπάνω συντελεστές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας, οι οποίες συνδέονται με αλλαγές στο σχήμα των διατομών του αγωγού. Οι απώλειες λόγω διαστολής της ροής, είναι συνήθως μεγαλύτερες από τις απώλειες λόγω συστολής και οι

απώλειες από απότομες συναρμογές, είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες λόγω βαθμιαίων συναρμογών. Οι τυπικές τιμές των συντελεστών δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 5.2. Η μέγιστη τιμή για τον συντελεστή διαστολής είναι 1.0.

Πίνακας 4-7 Συντελεστές Συστολής και διαστολής

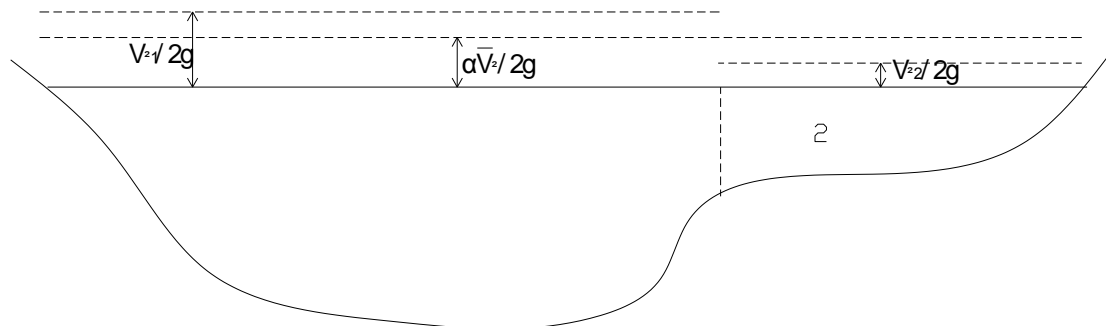
	Συστολή	Διαστολή
Χωρίς απώλειες συναρμογής	0.0	0.0
Βαθμιαίες συναρμογές	0.1	0.3
Διατομές γεφυρών	0.3	0.5
Απότομες συναρμογές	0.6	0.8

4.4.3.7 Υπολογισμός του μέσου φορτίου κινητικής ενέργειας

Σε κάθε διατομή υπολογίζεται μόνο μία στάθμη ελεύθερης επιφάνειας και ένα μέσο ύψος κινητικής ενέργειας λόγω της μονοδιάστατης ροής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα για δεδομένη στάθμη νερού το μέσο φορτίο της ενέργειας να προκύπτει ως μέσος όρος των φορτίων ενέργειας των διαφόρων τμημάτων της διατομής (Εικόνα 4-6). Για τον υπολογισμό του μέσου ύψους κινητικής ενέργειας υπολογίζεται ο συντελεστής a από τη σχέση (4-18):

$$a \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \quad (4-18)$$

όπου: \bar{V} η μέση ταχύτητα



Εικόνα 4-6 Υπολογισμός μέσης γραμμής ενέργειας

$$a = \frac{2g \left[Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g} \right]}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \quad (4-19)$$

$$a = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \quad (4-20)$$

Σε γενική μορφή η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$a = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2} \quad (4-21)$$

Ο συντελεστής της ταχύτητας a υπολογίζεται με βάση την παροχετευτικότητα στα τρία τμήματα της διατομής: την κεντρική κοίτη και τις δύο πλημμυρικές ζώνες. Μπορεί, επίσης, να εκφραστεί με βάση την παροχετευτικότητα και την υγρή επιφάνεια με την ακόλουθη σχέση:

$$a = \frac{A_t^2 \left(\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right)}{K_t^3} \quad (4-22)$$

όπου:

A_t η ολική υγρή επιφάνεια της διατομής

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} οι επιμέρους υγρές επιφάνειες των τριών τμημάτων της διατομής

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} η παροχετευτικότητα των τριών τμημάτων της διατομής

K_t η ολική παροχετευτικότητα

4.4.3.8 Υπολογισμός κλίσης γραμμής ενέργειας

Οι απώλειες τριβής υπολογίζονται από το πρόγραμμα ως το γινόμενο της κλίσης της γραμμής ενέργειας \bar{S}_f και του εξεταζόμενου τμήματος L , όπως αυτά ορίζονται στην εξίσωση (4-8). Η κλίση της γραμμής ενέργειας υπολογίζεται σε κάθε διατομή από τον τύπο του Manning ως εξής:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (4-23)$$

Στο πρόγραμμα υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης και άλλων εκφράσεων της κλίσεως της γραμμής ενέργειας. Η πιο συνηθισμένη είναι η ακόλουθη:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1}{K_1} + \frac{Q_2}{K_2} \right)^2 \quad (4-24)$$

Άλλες εκφράσεις της κλίσης της γραμμής ενέργειας είναι οι εξής:

$$\text{Η εξίσωση της μέσης κλίσης: } \bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad (4-25)$$

$$\text{Η εξίσωση της γεωμετρικής μέσης κλίσης: } \bar{S}_f = \sqrt{S_{f1}} + \sqrt{S_{f2}} \quad (4-26)$$

$$\text{Η εξίσωση αρμονικής μέσης κλίσης: } \bar{S}_f = \frac{2 \cdot S_{f1} \cdot S_{f2}}{S_{f1} + S_{f2}} \quad (4-27)$$

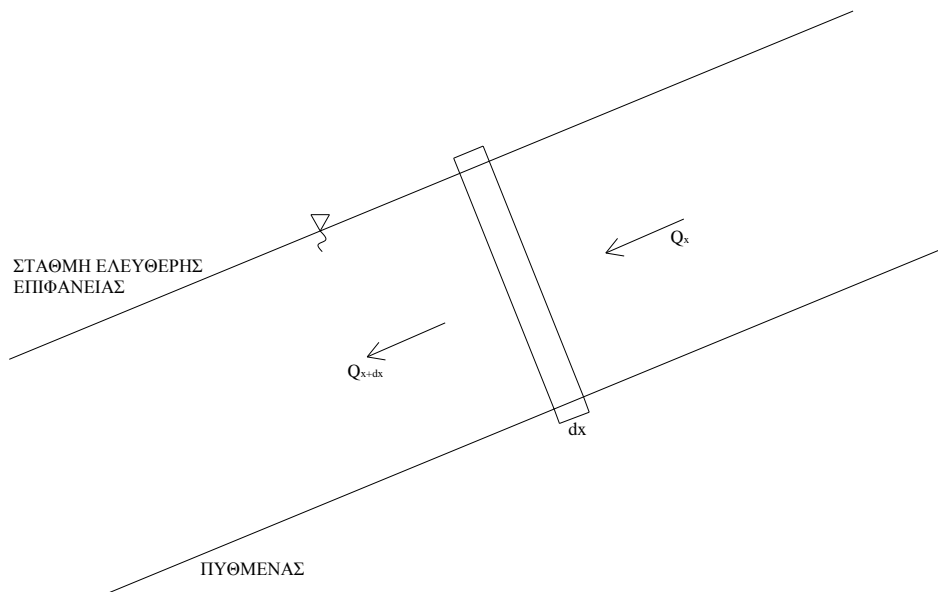
4.4.3.9 Βασικές εξισώσεις μη μόνιμης ροής

Οι διαφορές στον υπολογισμό μεταξύ μόνιμης και μη μόνιμης ροής μπορούν να εκφραστούν ως εξής:

- Στη κατάσταση μόνιμης ροής οι παροχές καθορίζονται από τον χρήστη και το μοντέλο υπολογίζει τις στάθμες του νερού σε κάθε διατομή χωριστά. Υπάρχει υποχρεωτικά μία άγνωστη μεταβλητή (βάθος) και επομένως απαιτείται μία εξίσωση (εξίσωση ενέργειας 5.1) για τον υπολογισμό της.
- Στη κατάσταση μη μόνιμης ροής υπολογίζονται δύο μεταβλητές (βάθος και παροχή), για αυτό απαιτούνται δύο εξισώσεις για τον υπολογισμό τους. Στη μη μόνιμη ροή είναι σημαντικό και το πώς μεταβάλλονται αυτές οι παράμετροι με το χρόνο και την απόσταση.

Επομένως, οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται στη μόνιμη ροή διαφοροποιούνται μερικώς σε σχέση με τη μη μόνιμη ροή. Οι βασικές εξισώσεις στις οποίες βασίζεται η επίλυση μη μόνιμης ροής είναι γνωστές ως εξισώσεις του St. Venant.

Οι απαιτούμενες εξισώσεις προκύπτουν θεωρώντας ένα μικρό τμήμα του ποταμού (μήκος dx) για ένα μικρό χρονικό διάστημα (dt δευτερόλεπτα). Αυτό είναι γνωστό ως έλεγχος του όγκου και φαίνεται στην Εικόνα 4-7.



Εικόνα 4-7 Ο έλεγχος όγκου και η εξίσωση συνέχειας

Η πρώτη εξίσωση είναι η εξίσωση συνέχειας, η οποία στην περίπτωση της μη μόνιμης ροής εκφράζεται ως εξής:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(uA)}{\partial x} = q \quad (4-28)$$

Όπου:

A το εμβαδό υγρής διατομής (m^2)

t ο χρόνος (sec)

u η ταχύτητα (m/s)

x η απόσταση κατά μήκος του ποταμού (m)

q η εισροή ανά μονάδα μήκους του ποταμού (m³/s/m)

Η δεύτερη απαιτούμενη εξίσωση είναι η εξίσωση ορμής, η οποία εκφράζεται ως εξής:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(s_o - s_f) = 0 \quad (4-29)$$

Όπου:

y το υδραυλικό βάθος (m)

g επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s²)

s_o η κλίση του πυθμένα (m/m)

s_f η κλίση της τριβής (m/m)

4.4.4 Δυνατότητες προγράμματος

Οι δυνατότητες του προγράμματος επιτρέπουν στο χρήστη να προσδιορίσει τυχόν ζώνες πλημμυρισμού, περιοχές που κινδυνεύουν από πλημμύρες και να εκτιμήσει απώλειες σε υδραυλικές κατασκευές, όπως εκχειλιστές, οχετούς, γέφυρες. Τέλος, του δίνει τη δυνατότητα να βελτιστοποιήσει την κοίτη του ποταμού.

Ενεργός ροή

Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να περιορίσει τη ροή στην ενεργό επιφάνεια μιας διατομής. Έτσι, είναι δυνατή η προσομοίωση εναπόθεσης φερτών υλών, ο περιορισμός της ροής στην κοίτη του ποταμού, καθώς και η ανάλυση και ο σχεδιασμός αναχωμάτων για αντιπλημμυρική προστασία.

Βελτιστοποίηση κοίτης

Για την ανάλυση μεταβολών της κοίτης του ποταμού λόγω εκσκαφής μπορούν τα δεδομένα μιας διατομής να τροποποιηθούν ταυτόχρονα. Η τροποποίηση αυτή μπορεί να γίνει για τη νέα διατομή με βάση δεδομένα, όπως τη θέση του κεντρικού άξονα της διατομής, τη στάθμη και το πλάτος του νέου πυθμένα, τη νέα τιμή του συντελεστή Manning, την κλίση της δεξιάς όχθης, κ.α.

Απώλειες σε γέφυρες

Οι απώλειες ενέργειας λόγω κατασκευής υδραυλικών έργων, όπως γέφυρες και οχετοί, υπολογίζονται από το πρόγραμμα σε δύο επίπεδα. Αρχικά, υπολογίζονται οι απώλειες της αύξησης ή της μείωσης της διατομής στην ανάντη και κατάντη πλευρά της γέφυρας. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι απώλειες στην κατασκευή με δύο μεθόδους, την μέθοδο «normalbridge» ή τη μέθοδο «specialbridge».

Στη μέθοδο «normalbridge» η διατομή της γέφυρας θεωρείται σαν μια τυπική διατομή με τη διαφορά ότι η επιφάνεια της γέφυρας κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια αφαιρείται από την συνολική επιφάνεια και η βρεχόμενη περίμετρος αυξάνεται όταν η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας υπερβεί το κάτω μέρος της γέφυρας. Η μέθοδος αυτή προτιμάται για γέφυρες χωρίς βάθρα, γέφυρες με υψηλό βύθισμα και με μικρή παροχή και για κυκλικούς ή τοξοτούς οχετούς.

Στην μέθοδο «specialbridge» η διατομή της γέφυρας θεωρείται μια τυπική διατομή με τη διαφορά ότι η επιφάνεια της γέφυρας κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια αφαιρείται από τη συνολική επιφάνεια, ενώ η βρεχόμενη περίμετρος αυξάνεται όταν η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας υπερβεί το κάτω μέρος της γέφυρας. Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε είδους γέφυρα, αλλά συνήθως, χρησιμοποιείται για ροή σε γέφυρες με βάθρα, για ροή υπό πίεση και σε περιπτώσεις όπου έχουμε κρίσιμο βάθος ροής σε γέφυρα. Η μέθοδος υπολογίζει τη στάθμη μέσω της κατασκευής για χαμηλή παροχή, ροή υπό πίεση και για ροή «εκχειλιστή» ή τέλος για κάθε συνδυασμό των παραπάνω.

Σχεδιασμός αναχωμάτων

Για την πραγματοποίηση μελετών αντιπλημμυρικής προστασίας χρησιμοποιούνται έξι μέθοδοι σχεδιασμού αναχωμάτων:

- Με την πρώτη μέθοδο ορίζονται οι σταθμοί και τα υψόμετρα αριστερού και δεξιού αναχώματος για κάθε διατομή στην οποία είναι απαραίτητη η κατασκευή αναχώματος.
- Με τη δεύτερη μέθοδο ορίζεται ένα σταθερό ή ένα μεταβλητό πλάτος πλημμυρικής κοίτης για όλες τις διατομές. Το αριστερό και το δεξιό ανάχωμα κατασκευάζονται σε ίση απόσταση από τον κεντρικό άξονα του ποταμού που βρίσκονται, μεταξύ της αριστερής και της δεξιάς όχθης του ποταμού.
- Τα αναχώματα μπορούν να ορισθούν σε εκατοστιαία αναλογία, με την τρίτη μέθοδο σχεδιασμού, η οποία δείχνει την επιθυμούμενη αναλογική μείωση της παροχетеυτικότητας σε κάθε διατομή.
- Στην τέταρτη μέθοδο προσδιορίζονται τα αναχώματα με τρόπο ώστε κάθε τροποποιημένη διατομή να έχει την ίδια, αλλά με υψηλότερη στάθμη, παροχетеυτικότητα με την αρχική διατομή. Η υψηλότερη στάθμη ορίζεται σαν μία σταθερή ποσότητα πάνω από την αρχική στάθμη. Ο ορισμός των αναχωμάτων γίνεται έτσι ώστε η ίδια μείωση παροχής να εμφανίζεται σε κάθε πλημμυρική ζώνη του ποταμού.
- Η πέμπτη μέθοδος βελτιστοποιεί τη διαφορά στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας μεταξύ της φυσικής και της νέας κοίτης. Είναι, δηλαδή, μια βελτιστοποίηση της τέταρτης μεθόδου.
- Τέλος, η έκτη μέθοδος είναι μία βελτιστοποίηση της πέμπτης μεθόδου, αλλά η βελτιστοποίηση εδώ βασίζεται στις διαφορές της παλαιάς και της νέας κλίσης της γραμμής ενέργειας.

4.4.5 Μειονεκτήματα του μοντέλου

Παρόλα τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το πρόγραμμα προσομοίωσης HEC-RAS, όπως η ευκολία που παρέχει ως εργαλείο στον χρήστη για τον υπολογισμό της στάθμης του νερού και την μελέτη αντιπλημμυρικής προστασίας υδατορευμάτων, εμφανίζει και κάποιες αδυναμίες, όπως κάθε υπολογιστικό πακέτο.

Παρακάτω, παρατίθενται οι αδυναμίες του προγράμματος που επισημάνθηκαν κατά τη διάρκεια εκπόνηση της παρούσας εργασίας:

- Δεν παρέχεται η δυνατότητα εμφάνισης ελληνικών χαρακτήρων.
- Έλλειψη δυνατότητας επικοινωνίας με σχεδιαστικά προγράμματα για περαιτέρω επεξεργασία των γραφικών αποτελεσμάτων του προγράμματος από τον χρήστη.

- Δεν είναι δυνατή η εκτύπωση υπό κλίμακα της μηκοτομής που εξάγει το πρόγραμμα. Επομένως, δεν παρέχεται η δυνατότητα μιας εποπτικής επισκόπησης της διαδικασίας μέσω της μηκοτομής.

4.4.6 Βασικές απαιτήσεις δεδομένων του μοντέλου

Οι παρακάτω κατηγορίες δεδομένων είναι αναγκαίες για τον υπολογισμό της στάθμης του νερού σε κάθε διατομή.

Γεωμετρία διατομής (x-y συντεταγμένες)

Διατομές σε αντιπροσωπευτικές θέσεις κατά μήκος του υπό μελέτη τμήματος είναι αναγκαίες. Τέτοιες θέσεις είναι εκεί όπου εμφανίζονται μεταβολές στην κλίση, παροχή, εμβαδόν διατομής ή τραχύτητα. Επίσης, θέσεις όπου μια πλημμύρα είναι πιθανόν να εμφανιστεί και φυσικά θέσεις γεφυρών ή τεχνικών.

Μήκος μεταξύ διατομών

Η απόσταση μεταξύ δύο διατομών που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό. Θα πρέπει να δοθούν οι αποστάσεις για την αριστερή ζώνη πλημμυρισμού, την κοίτη και την δεξιά ζώνη πλημμυρισμού αντίστοιχα.

Παροχή

Η αρχική παροχή δίνεται όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μια τιμή για την παροχή, ενώ για περισσότερες τιμές παροχών στις ίδιες διατομές μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας πίνακας παροχών. Επίσης, η παροχή μπορεί να μεταβληθεί σε μια διατομή όπου για παράδειγμα υπάρχει συμβολή με κάποιο άλλο ποτάμι.

Κατάσταση ροής

Τα προφίλ μπορούν να υπολογιστούν για υποκρίσιμη ή υπερκρίσιμη ροή. Σε περιπτώσεις που η ροή μετατρέπεται από υποκρίσιμη σε υπερκρίσιμη ή το αντίθετο, είναι αναγκαίο να υπολογιστεί το προφίλ δύο φορές υποθέτοντας υποκρίσιμη και υπερκρίσιμη ροή.

Συντελεστές απωλειών

Στο πρόγραμμα χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι συντελεστών φορτίου όπως: συντελεστές Manning για απώλειες λόγω τριβής, συντελεστές στένωση και αύξησης της διατομής για δευτερεύουσες απώλειες, συντελεστές απωλειών σε γέφυρες για τον υπολογισμό απωλειών που σχετίζονται με εκχειλιστές, βάθρα γεφυρών και ροή υπό πίεση.

Αρχική στάθμη

Η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας για την αρχική διατομή μπορεί να ορισθεί είτε σαν κρίσιμο βάθος, είτε σα γνωστό ή με την μέθοδο κλίσης – εμβαδού.

5 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

5.1 Εισαγωγή

Στο παρών κεφάλαιο αναλύονται τα κυριότερα κλιματικά μοντέλα για την ευρύτερη περιοχή έρευνας σε σχέση με την τυχόν μεταβολή των μέγιστων τιμών της βροχόπτωσης. Στόχος αποτελεί η αξιολόγηση της κλιματικής αλλαγής σε σχέση με την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων και η παραγωγή χρονοσειρών που σχετίζονται με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή.

5.2 Δεδομένα

5.2.1 Μετεωρολογικές Μετρήσεις

Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα ημερήσιας βροχόπτωσης ($\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$) και θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του επίγειου σταθμού στην Κέρκυρα για την περίοδο 1971-2000. Αν και ο σταθμός στην πόλη της Κέρκυρας βρίσκεται 36km από την Ηγουμενίτσα και την περιοχή εξέτασης, αποτελεί τον πλησιέστερο χαμηλού υψομέτρου σταθμό που παρομοιάζει καλύτερα τις κλιματικές συνθήκες στην περιοχή εξέτασης. Επίσης ο σταθμός της Κέρκυρας κατέχει μια μεγάλη και αξιόπιστη χρονοσειρά μετεωρολογικών δεδομένων που ξεκινά από το 1950 έως και εκτείνεται έως και σήμερα (Εικόνα 5-1).

5.2.2 Μετεωρολογικές Μετρήσεις σε σημεία πλέγματος (E-OBS)

Οι μετεωρολογικές μετρήσεις E-OBS αποτελούν τις ημερήσιες μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών που έχουν προσαρμοστεί σε σημεία πλέγματος για την περιοχή της Ευρώπης (www.ecad.eu). Χρησιμοποιήθηκαν οι μεταβλητές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης σε χωρική ανάλυση 0.22° για την περίοδο 1971-2000. Το σημείο πλέγματος που επιλέχτηκε καλύπτει πλήρως χωρικά την περιοχή εξέτασης (Εικόνα 2). Οι συντεταγμένες στο κέντρο του σημείου πλέγματος που επιλέχτηκε είναι $\lambda=20.31387^{\circ}$ και $\phi=39.50154^{\circ}$.

5.2.3 Κλιματικές Προσομοιώσεις Περιοχής

Χρησιμοποιήθηκαν κλιματικές προσομοιώσεις περιοχής από το πρόγραμμα CORDEX (COordinated Regional Downscaling Experiment; <http://www.cordex.org>). Οι προσομοιώσεις αποτελούνται από προσομοιώσεις διάφορων κλιματικών μοντέλων περιοχής (RCM) τα οποία οδηγούνται από διάφορα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα (GCM). Ο Πίνακας 5-1 απεικονίζει τις κλιματικές προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη οι οποίες καλύπτουν χωρικά την Ευρώπη (EURO-cordex domain), έχουν υψηλή χωρική ανάλυση (0.11°) και καλύπτουν την περίοδο 1950-2100. Η ιστορική περίοδος για κάθε κλιματικό πείραμα ορίζεται ως το χρονικό διάστημα 1950-2005, ενώ η μελλοντική ως το χρονικό διάστημα 2006-2100. Οι μελλοντικές κλιματικές προβολές οδηγούνται από σενάρια εκπομπών αερίων που ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (RCPs: Representative Concentration Pathways).

Κάθε ένα σενάριο περιγράφει την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το έτος 2100 και την επίδραση τους στο ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο. Δύο κλιματικά σενάρια χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη, το RCP4.5 και το RCP8.5. Το RCP4.5 θέτει σαν στόχο την σταθεροποίηση του παγκόσμιου κλιματικού εξαναγκασμού (RF: Radiative Forcing) στην τιμή $4.5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση 650ppm CO_2 , χωρίς να ξεπεραστεί ποτέ αυτή η τιμή έως το 2100. Στο σενάριο αυτό οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου αυξάνουν έως το έτος 2040 και από εκεί και πέρα

ξεκινά η μείωση τους. Έχει σχεδιαστεί ώστε οι κλιματικοί στόχοι να μπορούν να επιτευχθούν με οικονομικά μέσα, υποθέτει πως τεχνολογικές εξελίξεις στην παραγωγή ενέργειας με βιοκαύσιμα και σε τεχνολογίες απορρόφησης του CO₂ από την ατμόσφαιρα (Thomson et al., 2011). Το σενάριο RCP8.5 υποθέτει πως στο μέλλον ο συνεχόμενα αυξανόμενος πληθυσμός, η έλλειψη περιβαλλοντικών νομοθεσιών σε σχέση με την κλιματική αλλαγή και η σχετικά χαμηλή οικονομική ανάπτυξη σε συνδυασμό με τον μέτριο βαθμό ανάπτυξης νέων τεχνολογιών θα οδηγήσουν σε μια μεγάλη αύξηση των εκπομπών και των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κλιματικού εξαναγκασμού στην τιμή 8.5W·m⁻² σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο (Riahi et al., 2011).

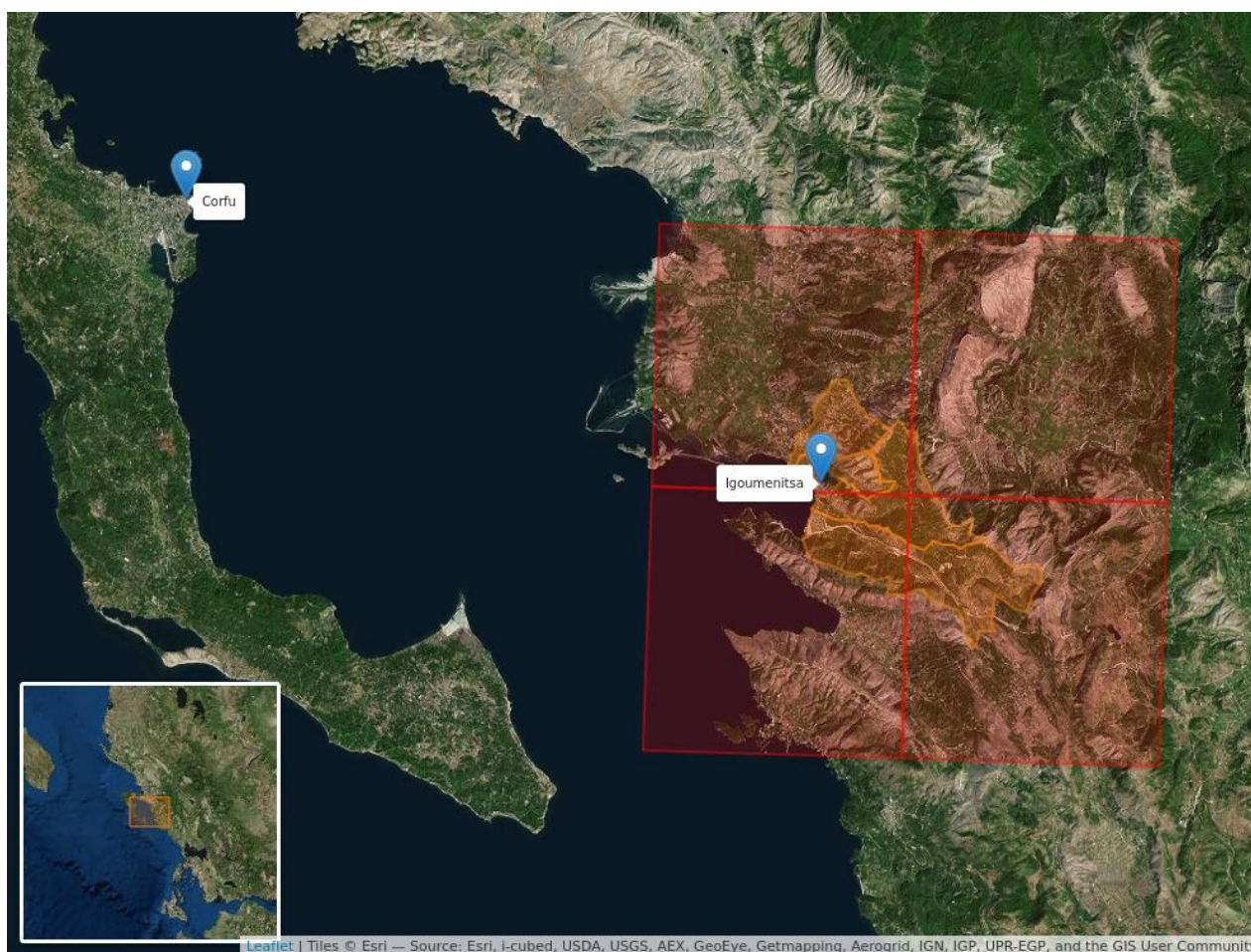


Εικόνα 5-1: Η περιοχή έρευνας η οποία οριοθετείται με τα κίτρινα πολύγωνα και η περιοχή που οριοθετεί το σημείο πλέγματος του EOBS που επιλέχτηκε.

Η ιστορική περίοδος που χρησιμοποιήθηκε εκτείνεται από το 1971 έως το 2000 ενώ επιλέχτηκαν δύο μελλοντικά χρονικά διαστήματα (2021-2050 και 2071-2100) ώστε να εξεταστεί η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ακραία βροχόπτωση και της όμβριες καμπύλες (IDF: Intensity-Duration-Frequency curves) της περιοχής. Για την χωρική κάλυψη της περιοχής μελέτης και της περιοχής που καλύπτει η βάση δεδομένων E-OBS, χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα κελιά πλέγματος από τα μοντέλα (Εικόνα 5-2). Οι χρονοσειρές αυτών των τεσσάρων κελιών πλέγματος μεσοποιήθηκαν ώστε να δημιουργηθεί μια χρονοσειρά που να περιγράφει αντιπροσωπευτικά όλη την περιοχή.

Πίνακας 5-1 Τα κλιματικά μοντέλα περιοχή που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν έργο

ID	Κλιματικό Μοντέλο Περιοχής	Παγκόσμιο Κλιματικό Μοντέλο	Περίοδος
M1	CLMcom-CCLM4-8-17	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	1950 Jan – 2100 Dec
M2	CNRM-ALADIN53	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	1950 Jan – 2100 Dec
M3	SMHI-RCA4	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	1970 Jan – 2100 Dec
M4	KNMI-RACMO22E	ICHEC-EC-EARTH	1950 Jan – 2100 Dec
M5	IPSL-INNERIS-WRF331F	IPSL-IPSL-CM5A-MR	1951 Jan – 2100 Dec
M6	SMHI-RCA4	IPSL-IPSL-CM5A-MR	1970 Jan – 2100 Dec
M7	CLMcom-CCLM4-8-17	MOHC-HadGEM2-ES	1949 Dec – 2099 Nov
M8	SMHI-RCA4	MOHC-HadGEM2-ES	1970 Jan – 2099 Nov
M9	CLMcom-CCLM4-8-17	MPI-M-MPI-ESM-LR	1949 Dec – 2100 Dec
M10	MPI-CSC-REMO2009	MPI-M-MPI-ESM-LR	1950 Jan – 2100 Dec



Εικόνα 5-2: Η περιοχή έρευνας η οποία οριοθετείτε με τα κίτρινα πολύγωνα και η περιοχή που οριοθετούν τα τέσσερα σημεία πλέγματος που επιλέχτηκαν από τις κλιματικές προσομοιώσεις.

5.3 Μέθοδοι

5.3.1 Μέγιστη Ετήσια Βροχόπτωση

Για την δημιουργία των όμβριων καμπύλων απαιτείται ο υπολογισμός της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης. Αφού έγινε προετοιμασία, ποιοτική αξιολόγηση και διόρθωση των ημερήσιων δεδομένων βροχόπτωσης, ακολούθησε ο υπολογισμός της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης με την βοήθεια του λογισμού R (<https://www.r-project.org>) για διάφορες διάρκειες βροχόπτωσης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, ο υπολογισμός της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης γίνεται βάση του υδρολογικού και όχι του ημερολογιακού έτους, όπου κάθε καινούργιο έτος ξεκινά την 1η Οκτωβρίου.

Οι τιμές των βροχομέτρων με διάρκεια 24 και 48 ώρες πολλαπλασιάστηκαν με τους τυπικούς συντελεστές αναγωγής της βιβλιογραφίας, 1.13 και 1.04 αντίστοιχα (Linsley et al., 1975). Οι συντελεστές αυτοί χρησιμοποιούνται ως διόρθωση του σφάλματος διακριτοποίησης, το οποίο οφείλεται στην αθροιστική μέτρηση της ημερήσιας βροχόπτωσης από βροχόμετρο.

5.3.2 Όμβριες Καμπύλες (Intensity – Duration – Frequency curves)

Οι όμβριες καμπύλες υπολογίστηκαν με την χρήση του λογισμικού Hydrognomon (<http://hydrognomon.org>). Ως δεδομένα εισαγωγής χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης (mm·day⁻¹), για πέντε διάρκειες (24h, 48h, 72h, 96h, 120h), που υπολογίστηκαν από τις ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης. Για κάθε διάρκεια, το υψηλότερο 50% των ετήσιων εντάσεων βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των όμβριων καμπυλών με την μέθοδο στατιστικής κατανομής GEV-Max (kappa specified – L Moments).

Η μέθοδος στατιστικής κατανομής GEV-Max (kappa specified – L Moments) είναι συνυφασμένη με πέντε παραμέτρους που καθορίζουν το σχήμα (κ), το μέγεθος (λ), την τοποθεσία (ψ), την καμπυλότητα (θ) και την κλίση (η) των όμβριων καμπυλών, για συγκεκριμένη διάρκεια βροχόπτωσης (D) σε ώρες και περιόδους επαναφοράς (F) σε χρόνια.

$$I_{(d,T)} = \frac{\lambda \cdot \psi + \frac{\lambda}{\kappa} \left[\left(-\ln \left(1 - \frac{1}{F} \right) \right)^{-\kappa} - 1 \right]}{(D + \theta)^\eta} \quad (\text{mm} \cdot \text{hour}^{-1}) \quad (5-1)$$

Η παραπάνω εξίσωση ορισμένες φορές αναγράφεται με ελαφρώς διαφορετικό τρόπο αντιπροσωπεύοντας τις μεταβλητές λ και ψ με τις ανοιγμένες μεταβλητές λ' και ψ' που εξαρτώνται από την μεταβλητή κ .

$$\lambda' = \lambda \cdot \kappa^{-1} \quad \psi' = 1 - \kappa \cdot \psi \quad (5-2)$$

Τονίζεται πως η μεταβλητή καμπυλότητας (θ) είναι αρκετά ευαίσθητη, ιδιαίτερα στις μικρές τιμές διάρκειας βροχόπτωσης (<1 ώρα). Επομένως για τον ορθό υπολογισμό αυτής της παραμέτρου πρέπει να χρησιμοποιούνται δεδομένα έντασης βροχόπτωσης από βροχογράφο με χρονική ανάλυση λεπτών (5, 10, 15 λεπτά). Τα δεδομένα στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούν δεδομένα από βροχόμετρα ή από με κλιματικά μοντέλα που δίνουν την ένταση βροχόπτωσης σε ημερήσια χρονική ανάλυση. Για αυτό το λόγο οι τιμές των όμβριων καμπυλών μικρότερη των ~12 ωρών δεν εξετάζεται λόγω μεγάλου σφάλματος.

5.3.3 Συνδυασμός των κλιματικών μοντέλων (ENS και BENS)

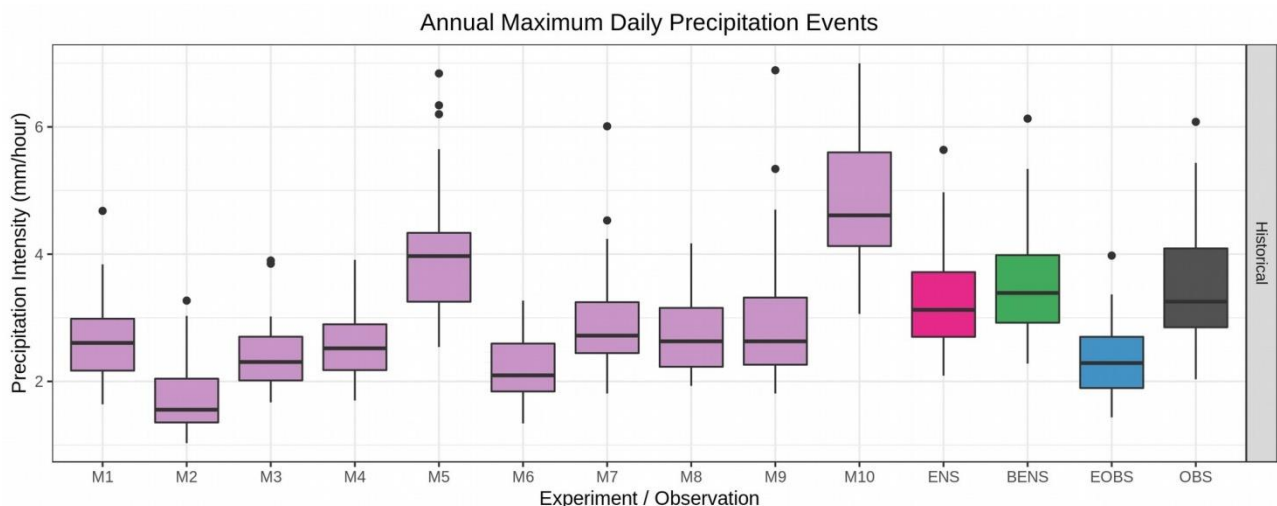
Οι όμβριες καμπύλες εξαρτώνται από την κατανομή της ετήσιας μέγιστης βροχόπτωσης (30 τιμές για κάθε περίοδο στην συγκεκριμένη μελέτη) και όχι στις χαμηλές/μέτριες τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης.

Οι μετρήσεις βροχόπτωσης από τον σταθμό της Κέρκυρας (OBS) χρησιμοποιήθηκαν ως σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση των κλιματικών μοντέλων. Αν και η βάση δεδομένων E-OBS (EOBS) έχει παρόμοια χωρική κατανομή με τις κλιματικές προσομοιώσεις, δεν χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά καθώς οι τιμές της δεν θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για την ακραία βροχόπτωση της περιοχής μελέτης.

Οι όμβριες καμπύλες δεν επηρεάζονται από τις αλλαγές της ετήσιας βροχόπτωσης από χρόνο σε χρόνο. Για αυτό και το Ensemble (ENS) του μοντέλου, το οποίο αποτελεί την μέση τιμή όλων των κλιματικών μοντέλων, δημιουργήθηκε εφόσον οι χρονοσειρές της ετήσιας βροχόπτωσης για κάθε μοντέλο ταξινομήθηκαν σε αύξουσα σειρά. Ο συνδυασμός όλων των μοντέλων (ENS) συνδυάζει όλη την διαθέσιμη πληροφορία από τα κλιματικά μοντέλα ανεξάρτητα με το πόσο αντιπροσωπευτικό είναι το τελικό αποτέλεσμα σε σχέση με τις διαθέσιμες παρατηρήσεις.

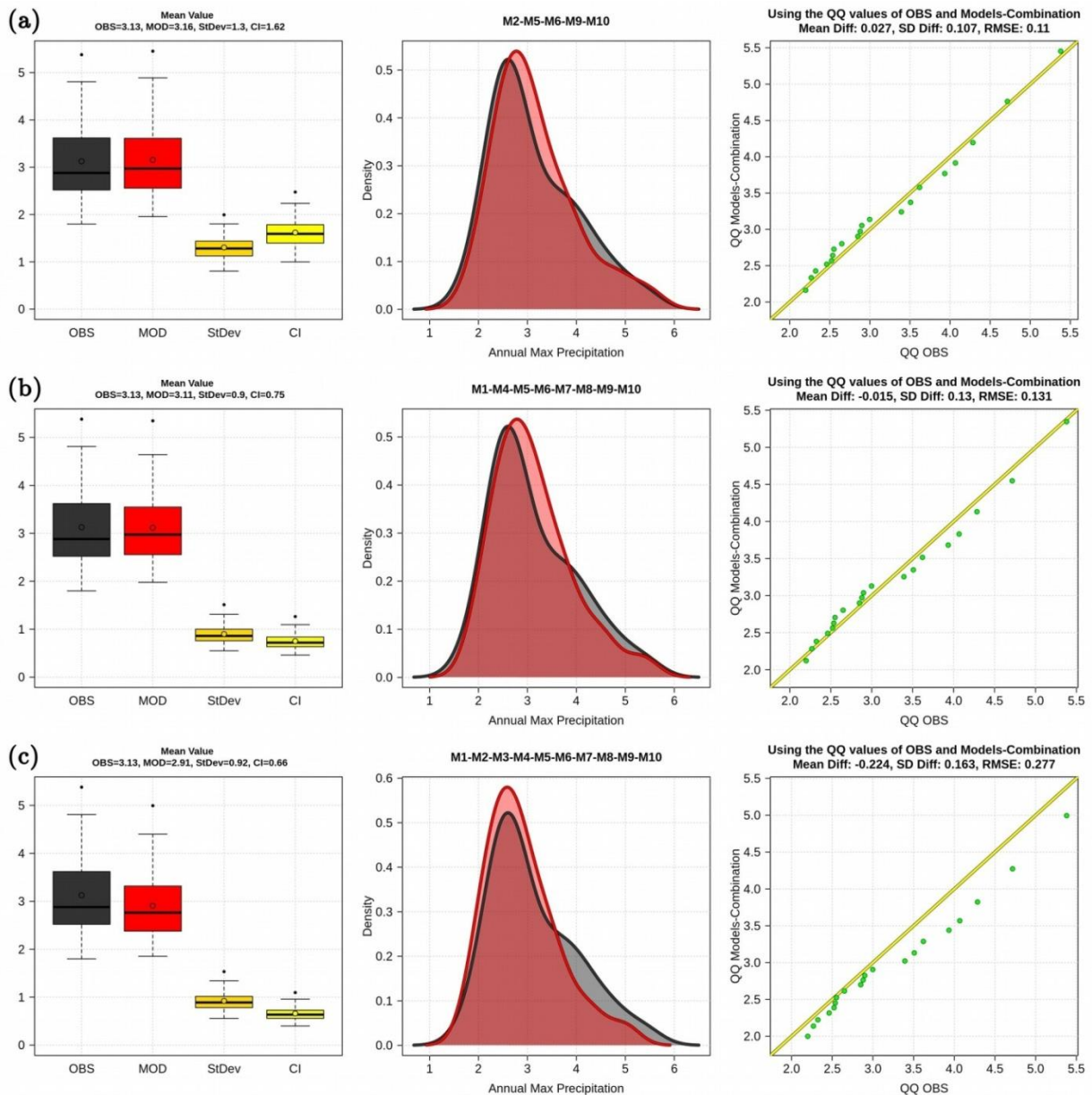
Ένας βέλτιστος συνδυασμός (Best Ensemble; BENS), μεταξύ ορισμένων μοντέλων μπορεί να δώσει χρονοσειρές οι οποίες να είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικές σε σχέση με τα διαθέσιμα δεδομένα παρατηρήσεων (OBS). Για αυτό τον λόγο όλη οι διαθέσιμοι συνδυασμοί, 1013 στο σύνολο, μεταξύ των δέκα κλιματικών προσομοιώσεων υπολογίστηκαν. Σε κάθε περίπτωση οι συνδυασμοί χρησιμοποιούν από δύο έως δέκα μοντέλα. Κάθε ένας συνδυασμός δημιουργήθηκε υπολογίζοντας την μέση τιμή της μέγιστης βροχόπτωσης αφού η χρονοσειρά κάθε κλιματικού μοντέλου ταξινομήθηκε σε αύξουσα σειρά.

Η Εικόνα 5-3 απεικονίζει της κατανομή των ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των όμβριων καμπυλών για τα δέκα κλιματικά μοντέλα, τους συνδυασμούς τους και τα δεδομένα από τους βροχομετρικούς σταθμούς.



Εικόνα 5-3: Η ετήσια μέγιστη ένταση βροχόπτωσης (mm·hour⁻¹) με διάρκεια 24 ωρες για τα δέκα κλιματικά μοντέλα περιοχής (M1 έως M10), την Ensemble μέση τιμή τους (ENS), την βέλτιστη Ensemble μέση τιμή τους ως προς τις παρατηρήσεις του σταθμού της Κέρκυρας (BENS), τα δεδομένα από E-OBS (EOBS) και τα δεδομένα από τον σταθμό της Κέρκυρας (OBS) για την περίοδο 1971-2000.

Ο τύπος του Root Mean Square Error (RMSE) χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογηθούν όλοι οι συνδυασμοί των μοντέλων και να επιλεγεί το BENS. Το RMSE περιγράφει την τυπική απόκλιση αν η διαφορά της μέσης τιμής των δύο χρονοσειρών που συγκρίνουμε ήταν μηδέν. Είναι μια εξίσωση που λαμβάνει υπόψιν το σφάλμα και την απόκλιση του σφάλματος. Μαθηματικά το RMSE εκφράζεται ως η μέση τιμή (mdiff) και η τυπική απόκλιση (sddiff) των διαφορών των δύο χρονοσειρών.



Εικόνα 5-4: Ετήσια μέγιστη βροχόπτωση (a) για το καλύτερο (χαμηλότερο) RMSE, (b) για το καλύτερο συνδυασμό των μοντέλων (BENS) με βάση το RMSE, StDev και CI και (c) για τον συνδυασμό όλων των μοντέλων (ENS) σε σύγκριση με τα δεδομένα παρατηρήσεων του σταθμού της Κέρκυρας αναφορικά με την περίοδο 1971-2000.

$$m_{diff} = mean \left(\sum_{i=1}^n mod_i - obs_i \right)$$

$$sd_{diff} = sd\left(\sum_{i=1}^n mod_i - obs_i\right)$$

$$RMSE = \sqrt{m_{diff}^2 + sd_{diff}^2} \quad (5-3)$$

όπου mod η χρονοσειρά της ακραίας ετήσιας βροχόπτωσης του εκάστοτε συνδυασμός των κλιματικών μοντέλων, obs η χρονοσειρά της ακραίας ετήσιας βροχόπτωσης OBS και n το μήκος της χρονοσειράς (30 χρόνια).

Υπολογίστηκε επίσης η τυπική απόκλιση (StDev) και τα όρια βεβαιότητας στο 95% της μέσης τιμής (CI) που προκύπτει από τον συνδυασμό των μοντέλων για κάθε έτος. Η μέση τιμή αυτών των ποσοτήτων για όλα τα έτη, υποδεικνύει το εύρος των τιμών που έχουν τα κλιματικά μοντέλα που συνδυάζονται και λήφθηκε υπόψιν για την επιλογή του BENS.

Ο συνδυασμός των μοντέλων έδειξε πως το μικρότερο RMSE (0.11), το έχει ο συνδυασμός πέντε μοντέλων (Εικόνα 5-4a). Όμως η τυπική απόκλιση και η αβεβαιότητα της μέσης τιμής που προέκυπε από τον συνδυασμό αυτών των πέντε μοντέλων ήταν σχετικά μεγάλη (1.3, 1.62). Για αυτό το λόγο, ως BENS επιλέχτηκε ο συνδυασμός οχτώ μοντέλων (Εικόνα 5-4b) με αρκετά χαμηλό RMSE (0.131) και μικρές τιμές τυπικής απόκλισης και αβεβαιότητας της μέσης τιμής (0.9, 0.75). Σαν σύγκριση αναφέρεται το ENS έχει αρκετά μεγαλύτερο RMSE (0.277) και υποεκτιμά ιδιαίτερα τις μέγιστες τιμές της ακραίας ετήσιας βροχόπτωσης (Εικόνα 5-4c).

5.4 Αποτελέσματα

5.4.1 Ιστορική Περίοδος (1971-2000)

Τα αποτελέσματα και οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των όμβριων καμπυλών φαίνονται στους Πίνακες 5-2 και 5-3. Οι μεταβλητές η και θ του Πίνακα 5-3 έχουν παρθεί από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) για την Κέρκυρα και την Ηγουμενίτσα αντίστοιχα ενώ οι ίδιες μεταβλητές για τον Πίνακα 5-4 υπολογίστηκαν από τις χρονοσειρές της ετήσιας ακραίας βροχόπτωσης.

Πίνακας 5-2: Δεδομένα σχετικά με τις όμβριες καμπύλες. Οι στήλες κ,λ,ψ,η,θ αφορούν τις μεταβλητές των όμβριων καμπυλών για κάθε βάση δεδομένων. Η πέντε τελευταίες στήλες αναφέρουν την ένταση της βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 50 ετών και διάρκεια 12,18,24,32 και 48 ωρών. Τα ποσοστά στα πειράματα BENS RCP4.5 και RCP8.5 των μελλοντικών περιόδων (2021-2050, 2071-2100) αφορούν την ποσοστιαία αύξηση (%) της έντασης της βροχόπτωσης όπως προέκυψε από τις όμβριες καμπύλες σε σχέση με το πείραμα BENS της ιστορικής περιόδου (1971-2000).

Δεδομένα	Περίοδος	Περιοχή	κ	λ	ψ	η	θ	F50-D12	F50-D18	F50-D24	F50-D32	F50-D48
Bibliography1	1961-2010	Corfu	0.108	35.223	1.917	0.627	0.334	24.8	19.4	16.2	13.6	10.6
Bibliography2	1951-1996 2010-2012	Igoumenitsa	0.108	13.167	3.311	0.627	0.334	11.2	8.7	7.3	6.1	4.7
OBS	1971-2000	Corfu	0.108	5.370	4.370	0.627	0.334	10.2	8.0	6.7	5.6	4.4
EOBS	1971-2000	Igoumenitsa	0.108	3.190	5.100	0.627	0.334	6.6	5.1	4.3	3.6	2.8
BENS	1971-2000	Corfu	0.108	4.800	5.290	0.627	0.334	10.1	7.9	6.6	5.5	4.3
ENS	1971-2000	Corfu	0.108	4.510	5.170	0.627	0.334	9.4	7.3	6.1	5.1	4.0

BENS RCP4.5	2021-2050	Corfu	0.108	6.480	4.030	0.627	0.334	11.9 (18%)	9.3 (18%)	7.8 (18%)	6.5 (18%)	5.1 (18%)
BENS RCP8.5	2021-2050	Corfu	0.108	7.210	3.860	0.627	0.334	13.0 (29%)	10.1 (28%)	8.5 (29%)	7.1 (29%)	5.5 (28%)
BENS RCP4.5	2071-2100	Corfu	0.108	6.940	4.250	0.627	0.334	13.1 (29%)	10.2 (29%)	8.5 (29%)	7.1 (30%)	5.6 (29%)
BENS RCP8.5	2071-2100	Corfu	0.108	7.880	3.700	0.627	0.334	13.9 (38%)	10.9 (38%)	9.1 (38%)	7.6 (39%)	5.9 (38%)

Πίνακας 5-3: Οι παράμετροι κ, λ, ψ, η και θ των ανώτερων και κατώτερων ορίων των όμβριων καμπυλών σύμφωνα με την μέση τυπική απόκλιση της μέσης τιμής των οχτώ μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του BENS για την ιστορική και τις δύο μελλοντικές περιόδους.

Δεδομένα	Low					High				
	κ	λ	ψ	η	θ	κ	λ	ψ	η	θ
BENS	0.108	3.440	5.210	0.627	0.334	0.108	6.200	5.300	0.627	0.334
BENS RCP4.5	0.108	3.600	5.000	0.627	0.334	0.108	9.420	3.630	0.627	0.334
BENS RCP4.5	0.108	4.710	3.740	0.627	0.334	0.108	9.740	3.890	0.627	0.334
BENS RCP8.5	0.108	4.400	4.730	0.627	0.334	0.108	9.640	3.960	0.627	0.334
BENS RCP8.5	0.108	7.350	2.530	0.627	0.334	0.108	12.730	3.860	0.627	0.334

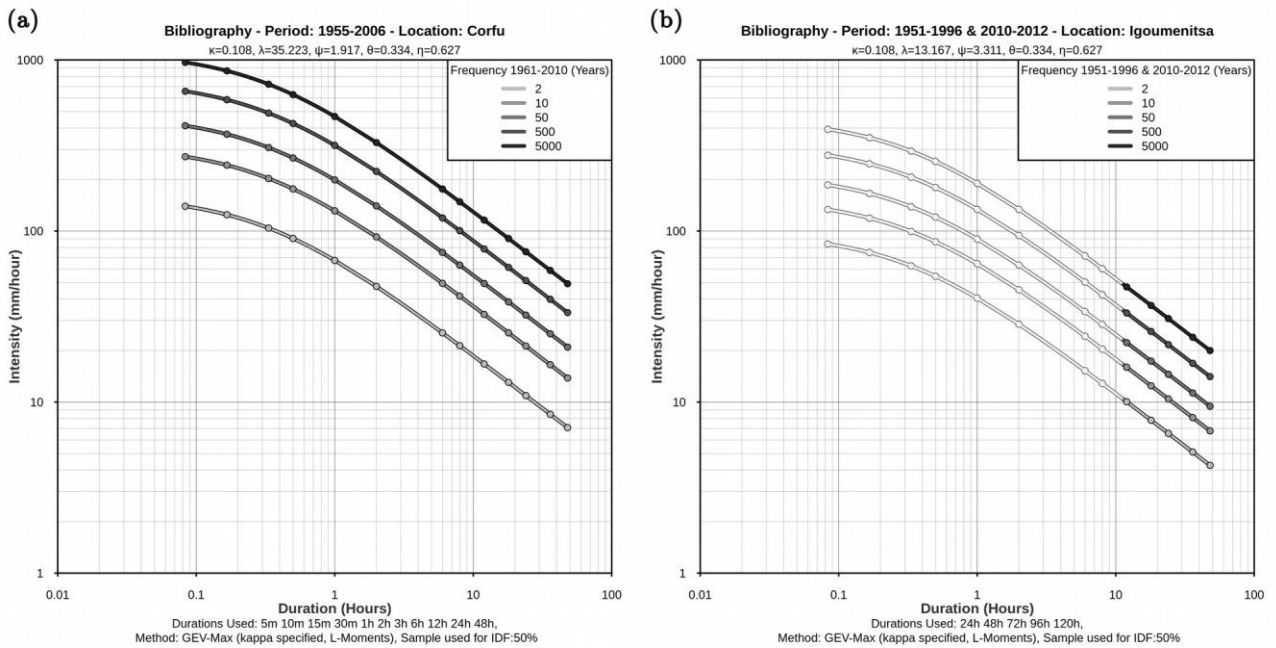
Πίνακας 5-4: Παρόμοιος πίνακας με τον Πίνακα 2 με την διαφορά πως οι τιμές των παραμέτρων κ, η και θ υπολογίστηκαν από τις χρονοσειρές της ετήσιας ακραίας βροχόπτωσης και δεν πάρθηκαν ως σταθερές από την βιβλιογραφία.

Δεδομένα	Περίοδος	Περιοχή	κ	λ	ψ	η	θ	F50-D12	F50-D18	F50-D24	F50-D32	F50-D48
Bibliography1	1961-2010	Corfu	0.108	35.223	1.917	0.627	0.334	24.8	19.4	16.2	13.6	10.6
Bibliography2	1951-1996 2010-2012	Igoumenitsa	0.108	13.167	3.311	0.627	0.334	11.2	8.7	7.3	6.1	4.7
OBS	1971-2000	Corfu	0.108	10.240	4.530	0.822	0.001	12.5	8.9	7.0	5.6	4.0
EOBS	1971-2000	Igoumenitsa	0.108	5.570	5.270	0.789	0.936	7.5	5.5	4.5	3.6	2.6
ENS	1971-2000	Corfu	0.108	6.090	5.310	0.691	0.968	10.5	8.1	6.7	5.5	4.2
BENS	1971-2000	Corfu	0.108	5.550	5.210	0.689	0.001	10.1	7.6	6.3	5.1	3.9
BENS RCP4.5	2021-2050	Corfu	0.108	9.080	4.060	0.727	0.001	13.3 (27%)	9.9 (22%)	8.0 (20%)	6.5 (18%)	4.9 (16%)
BENS RCP4.5	2021-2050	Corfu	0.108	11.220	3.900	0.752	0.807	14.4 (37%)	10.8 (33%)	8.8 (31%)	7.1 (29%)	5.3 (26%)
BENS RCP8.5	2071-2100	Corfu	0.108	9.670	4.300	0.726	0.001	14.6 (39%)	10.9 (34%)	8.8 (31%)	7.1 (30%)	5.3 (27%)
BENS RCP8.5	2071-2100	Corfu	0.108	7.130	3.700	0.597	0.786	13.3 (27%)	10.6 (31%)	9 (34%)	7.6 (38%)	6.0 (43%)

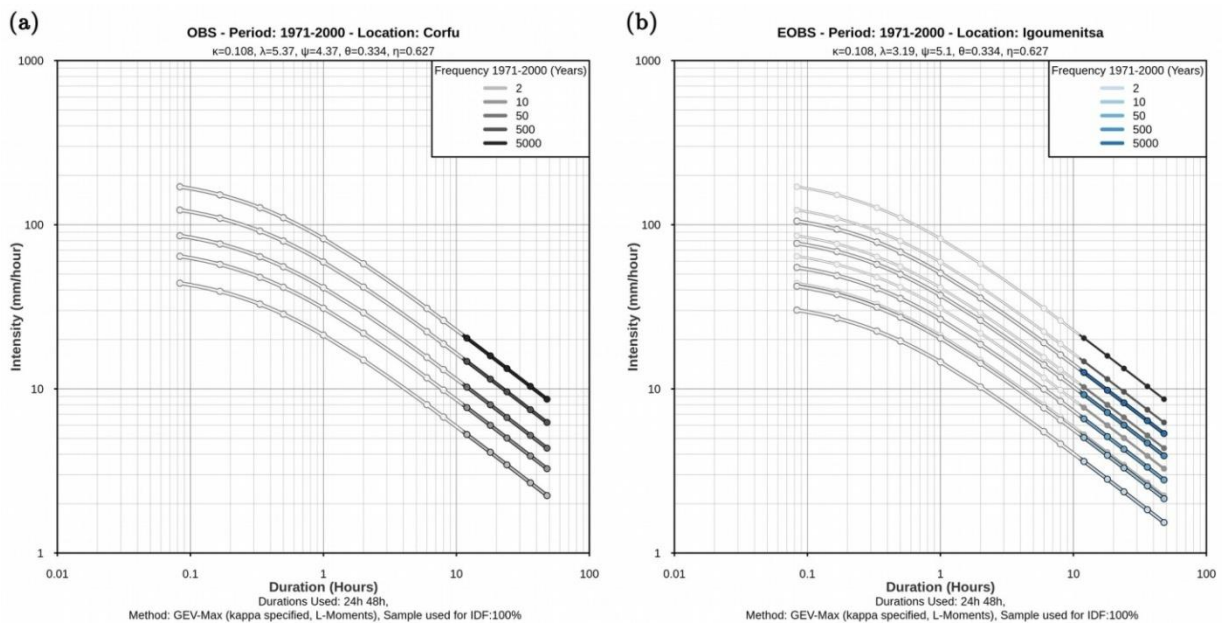
Η όμβρια καμπύλη της Κέρκυρας για την περίοδο 1955-2006 όπως υπολογίστηκε από δεδομένα του βροχογράφου με χρονική ανάλυση δεδομένων που ξεκινά από τα 5 λεπτά (Εικόνα 5-5a). Για να δημιουργηθούν οι όμβριες καμπύλες για αυτή την περίπτωση οι μεταβλητές κ, λ, ψ, η, θ πάρθηκαν από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) του Πίνακα 2-1. Αντίστοιχα, η όμβρια καμπύλη της Ηγουμενίτσα για την περίοδο 1951-1996 και 2010-2012 από ημερήσια δεδομένα βροχομέτρου απεικονίζεται στην (Εικόνα 5-5b). Ο υπολογισμός των παραμέτρων λ και ψ με βάση το δείγμα μέγιστων εντάσεων βροχόπτωσης από κάθε σταθμό, ενώ ο υπολογισμός των παραμέτρων η, θ

και κ έγινε βάση των μέγιστων εντάσεων βροχόπτωσης από 41 βροχογράφους του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου.

Οι όμβριες καμπύλες στην Εικόνα 5-5 χρησιμοποιούν ίδιες τιμές στις μεταβλητές σχήματος (κ), καμπυλότητας (θ) και κλίσης (η). Άρα οι διαφορές τους προκύπτουν από τις μεταβλητές μεγέθους (λ) και τοποθεσίας (ψ). Φαίνεται πως οι όμβριες καμπύλες της Κέρκυρας έχουν πολύ μεγαλύτερες τιμές από τις τιμές της Ηγουμενίτσας. Αυτό πολύ πιθανόν να οφείλεται σε συγκεκριμένα επεισόδια βροχόπτωσης στην Κέρκυρα για την περίοδο 1955-2006 όπου έδωσαν πολύ μεγάλα ποσά βροχόπτωσης.



Εικόνα 5-5. Όμβριες καμπύλες για την Κέρκυρα και την Ηγουμενίτσας με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια. (α) Απεικονίζεται η όμβρια καμπύλη της Κέρκυρας για την περίοδο 1955-2006 υπολογισμένη από μετρήσεις βροχογράφου με χρονική ανάλυση 5 λεπτά. Οι παράμετροι κ , λ , ψ , θ , η των όμβριων καμπυλών έχουν παρθεί από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05). (β) Απεικονίζεται η όμβρια καμπύλη για την περίοδο 1951-1996 & 2010-2012 υπολογισμένη από ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του σταθμού της Ηγουμενίτσας.

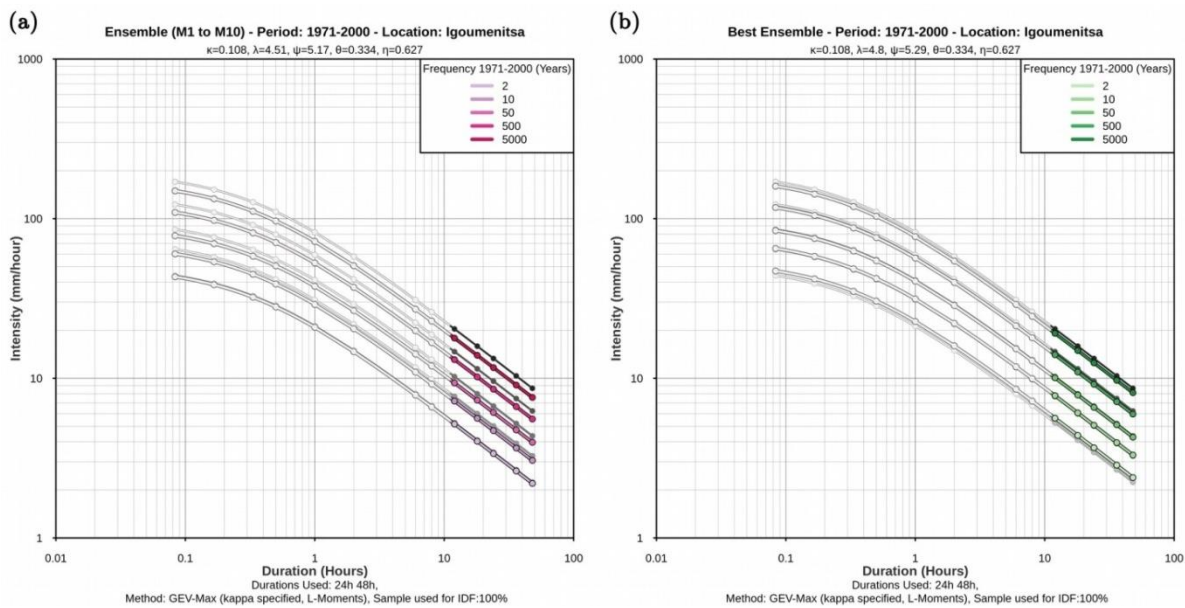


Εικόνα 5-6: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 1971-2000 (α) του σταθμού της Κέρκυρας από ημερήσιες μετρήσεις βροχομέτρου και (β) την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του E-OBS. Στην (β) περίπτωση φαίνονται ελαφρώς και οι όμβριες καμπύλες του σχήματος (α) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.

Ο ακριβής υπολογισμός των μεταβλητών η , θ και κ απαιτεί ένα μεγάλο αριθμό δεδομένων από πολλούς σταθμούς χρησιμοποιώντας μετρήσεις βροχογράφων ώστε να είναι διαθέσιμη η πληροφορία σε μικρά χρονικά διαστήματα (5 λεπτά). Για αυτό τον λόγο κατά των υπολογισμών των όμβριων καμπυλών στο λογισμικό Hydrognomon, χρησιμοποιήθηκαν σταθερές (explicit) τιμές για τις μεταβλητές η (0.667) και θ (0.334) και κ (0.108) από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05).

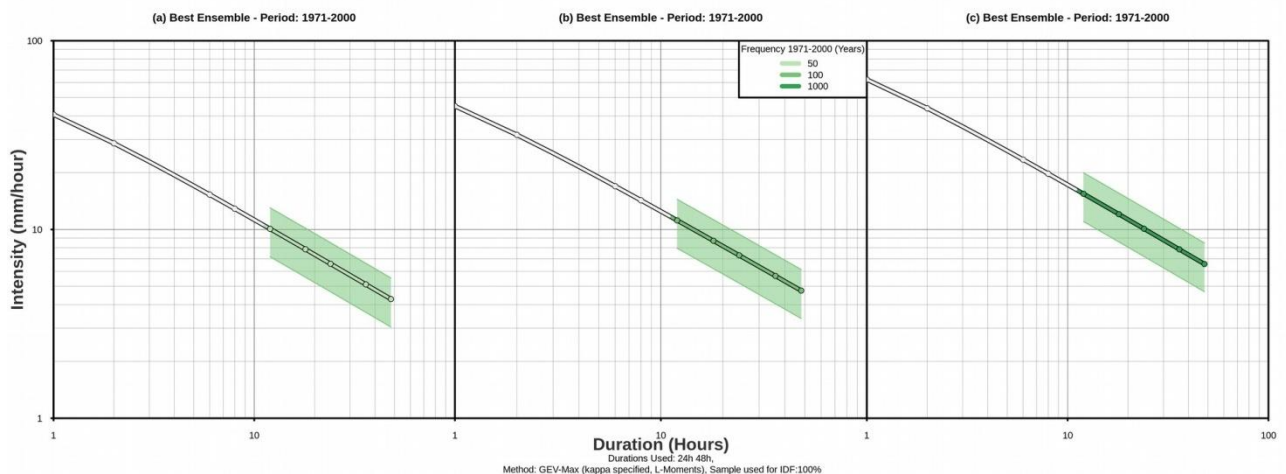
Οι όμβριες καμπύλες που προέκυψαν από την επεξεργασία των ημερήσιων μετρήσεων του βροχομέτρου στον σταθμό της Κέρκυρας και τον δεδομένων E-OBS για την περίοδο 1971-2000 απεικονίζονται στην Εικόνα 5-6α και Εικόνα 5-6β αντίστοιχα. Οι τιμές διαφέρουν σε σχέση με τις τιμές των όμβριων καμπυλών στην Εικόνα 5-5 καθώς αναφέρονται σε διαφορετική περίοδο. Τα δεδομένα από τα E-OBS τείνουν να υποεκτιμούν τις ακραίες τιμές βροχόπτωσης στην περιοχή, για αυτό και οι όμβριες καμπύλες είναι μετατοπισμένες προς χαμηλότερες τιμές έντασης βροχόπτωσης.

Οι όμβριες καμπύλες του ENS (Εικόνα 5-7α), που χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα κλιματικά μοντέλα (10 στο σύνολο), αν και είναι πολύ κοντά σε αυτές των παρατηρήσεων (OBS), παρουσιάζουν μια ελαφριά υποεκτίμηση. Για να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις όμβριες καμπύλες ακολουθήθηκε η διαδικασία υπολογισμού του BENS στο υπό-κεφάλαιο 5.3.3 Συνδυασμός των κλιματικών μοντέλων (ENS και BENS). Οι όμβριες καμπύλες στην περίπτωση του BENS (Εικόνα 5-7β) σχεδόν συμπίπτουν με αυτές των παρατηρήσεων (OBS) το οποίο ενισχύει την εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής στις μελλοντικές περιόδους.



Εικόνα 5-7: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 1971-2000 για (a) την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του ENS των κλιματικών μοντέλων και (b) του BENS των κλιματικών μοντέλων. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του OBS (Εικόνα 7a) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.

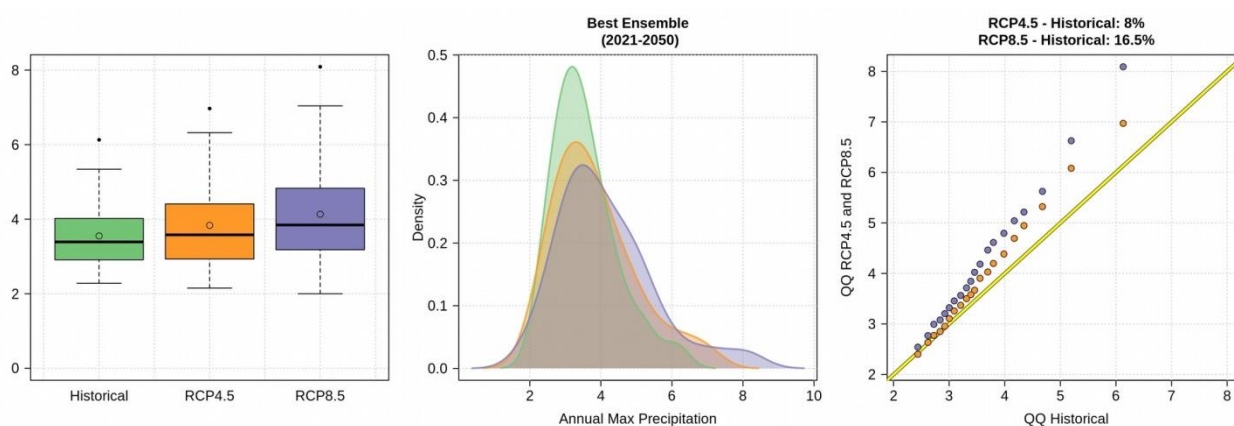
Ο υπολογισμός του BENS που προκύπτει από την μέση τιμή οχτώ διαφορετικών κλιματικών μοντέλων για κάθε έτος, περιέχει ένα εύρος το οποίο απεικονίζεται στην Εικόνα 5-8 ως προς την μέση τιμή της τυπική απόκλιση για όλα τα χρόνια της περιόδου 1971-2000. Το εύρος αυτών των τιμών εκτιμάται σε $\pm 29\%$ από την μέση τιμή του BENS. Για παράδειγμα ένα επεισόδιο βροχόπτωσης διάρκειας 24 ωρών και περίοδο επαναφοράς 100 χρόνια έχει ένταση βροχόπτωσης $7.3\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$ με εύρος από $5.2\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$ έως $9.4\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$.



Εικόνα 5-8: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 1971-2000 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων. Τα όρια του RCP4.5 (πράσινη σκιά) προέκυψαν από την μέση τιμή της τυπικής απόκλισης των οχτώ μοντέλων που συνδυάστηκαν για να δημιουργηθεί το BENS. Οι όμβριες καμπύλες που περιγράφουν αυτά τα ανώτερα/κατώτερα όρια φαίνονται στον Πίνακα 3.

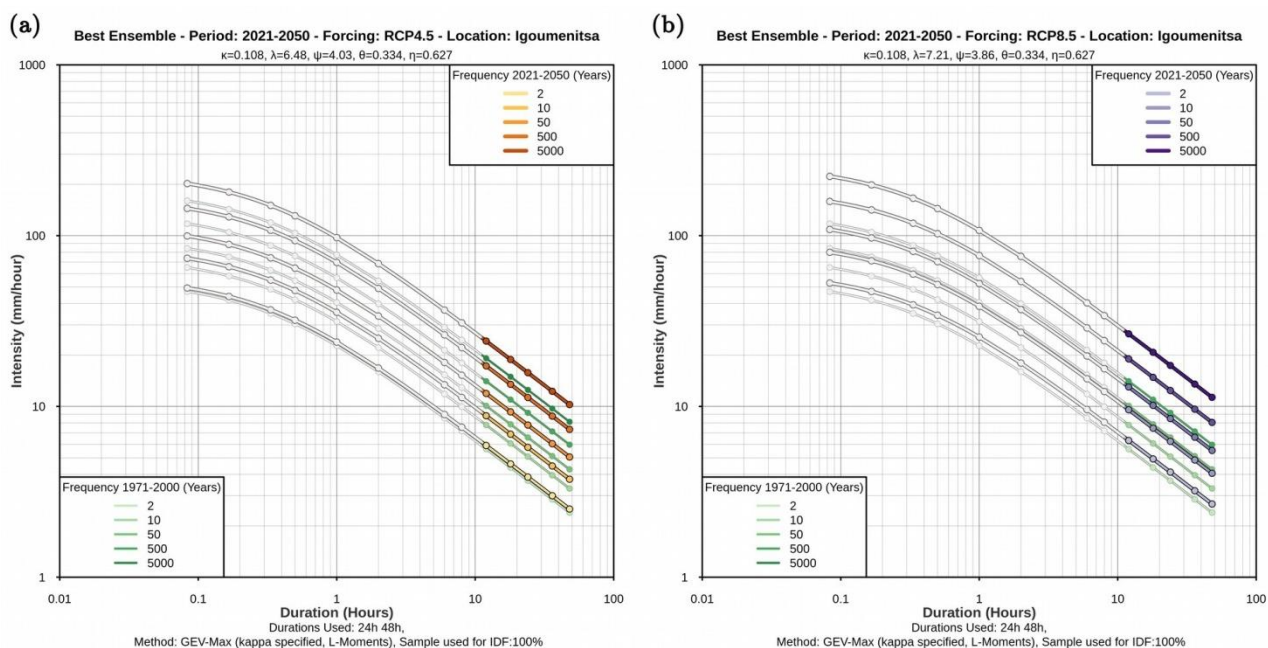
5.4.2 Πρώτη Μελλοντική Περίοδος (2021-2050)

Η πρώτη μελλοντική περίοδος εξετάζει τις αλλαγές τις ακραίας βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με τα σενάρια RCP4.5 και RCP8.5. Σαν μέση τιμή, η αύξηση των ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων εκτιμάται σε 8% και 16.5% για τα σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 αντίστοιχα. Όπως φαίνεται και από την Εικόνα 5-9, η αύξηση της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης αυξάνεται σχεδόν γραμμικά όσο μεγαλώνουν οι τιμές.



Εικόνα 5-9: Ετήσια μέγιστη βροχόπτωση για το BENS της ιστορικής περιόδου (1971-2000; πράσινο) και τα σενάρια του BENS RCP4.5 (πορτοκαλί) και RCP8.5 (μόβ) για την πρώτη μελλοντική περίοδο (2021-2050).

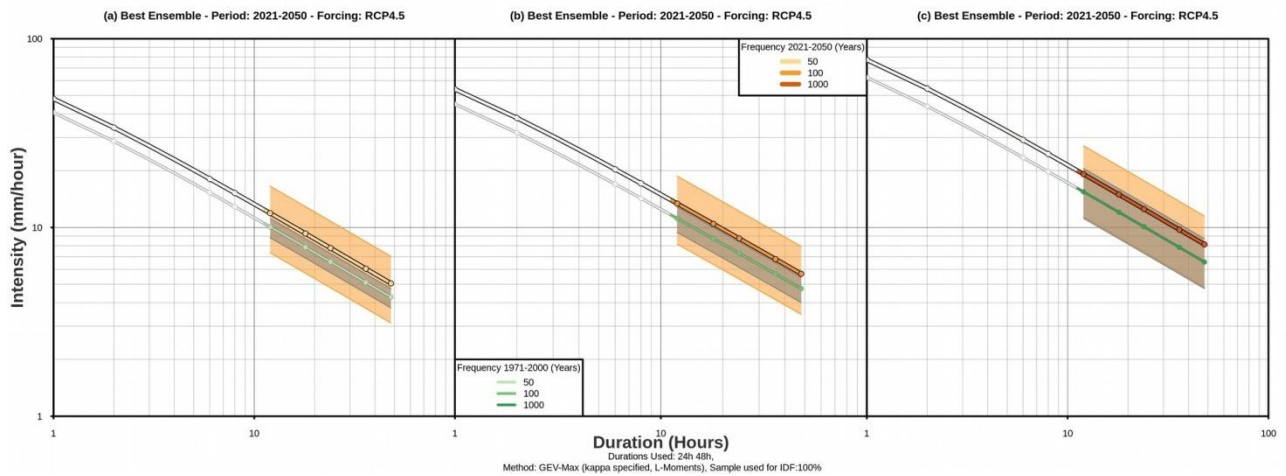
Οι ελάχιστες τιμές της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης παρουσιάζουν μικρή έως και μηδενική αύξηση, λόγω κλιματικής αλλαγής, ενώ περισσότερο αυξάνονται οι ακραίες τιμές της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης. Εφόσον η μέγιστη ετήσια βροχόπτωση αυξάνεται και στα δύο σενάρια σε σχέση με την ιστορική περίοδο, αντίστοιχα αυξάνεται και η ένταση της βροχόπτωσης των όμβριων καμπυλών (Εικόνα 5-10). Ένα ακραίο φαινόμενο βροχόπτωσης με διάρκεια μιας ημέρας και περίοδο επαναφοράς 50 έτη την περίοδο 1971-2000 εκτιμάται να έχει ένταση βροχόπτωσης $6.6\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$ ενώ την περίοδο 2021-2050 εκτιμάται να έχει $7.8\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$ (+18%) και $8.5\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$ (+29%) για το σενάριο RCP4.5 και RCP.5 αντίστοιχα, λόγω της κλιματικής αλλαγής.



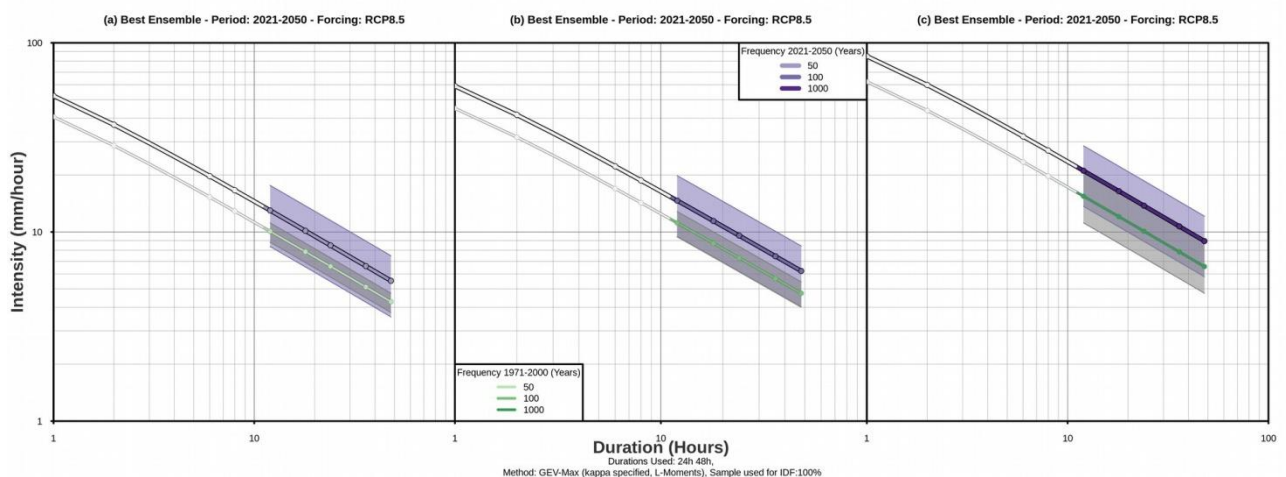
Εικόνα 5-10: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2021-2050 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και τα σενάρια (a) RCP4.5 και (b) RCP8.5. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 8b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.

Κατά την διάρκεια του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) έγινε εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής σύμφωνα με τα αδιαστατοποιημένα, ως προς την κεντρική τιμή της όμβριας καμπύλης, όρια εμπιστοσύνης 80% για τις τρεις χαρακτηριστικές περιόδους επαναφοράς της μελέτης (50, 100, 1000 έτη) για τον σταθμό της Ηγουμενίτσας. Τα όρια αυτά απεικονίζονται με την γκρί περιοχή στην Εικόνα 5-11 και θα αναφέρονται ως αβεβαιότητα βιβλιογραφίας. Στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκε επίσης η τυπική απόκλιση των 8 μοντέλων που συνδυάστηκαν για την δημιουργία της χρονοσειράς BENS για κάθε έτος. Η μέση τιμή της τυπικής απόκλισης για όλα τα έτη προστέθηκε και αφαιρέθηκε από την χρονοσειρά BENS. Βάση αυτών των τιμών υπολογίστηκαν οι όμβριες καμπύλες με το λογισμικό Hydrognopt, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τα ανώτερα και τα κατώτερα όρια αβεβαιότητας των κλιματικά μοντέλα (πορτοκαλί περιοχή στην Εικόνα 5-11).

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως για τα δύο κλιματικά σενάρια και για τις τρεις εξεταζόμενες περιόδους επαναφοράς το όριο αβεβαιότητας βιβλιογραφίας βρίσκεται εντός των ορίων αβεβαιότητας των κλιματικών μοντέλων (Εικόνα 5-12 και Εικόνα 5-13). **Τονίζεται πως το ανώτερο όριο της βιβλιογραφίας συμπίπτει ή είναι μικρότερο από την τιμή που δίνει η όμβρια καμπύλη της χρονοσειράς BENS.** Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως η αβεβαιότητα της βιβλιογραφίας δεν λαμβάνει υπόψη ένα εύρος μεγαλύτερων τιμών ακραίας βροχόπτωσης που μπορεί να προκύψουν λόγω της κλιματικής αλλαγής για την περίοδο 2021-2050.



Εικόνα 5-11: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2021-2050 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και το σενάριο RCP4.5. Φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 8b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση. Τα όρια του RCP4.5 (πορτοκαλί σκιά) προέκυψαν από την μέση τιμή της τυπικής απόκλισης των οχτώ μοντέλων που συνδυάστηκαν για να δημιουργηθεί το BENS. Οι όμβριες καμπύλες που περιγράφουν αυτά τα ανώτερα/κατώτερα όρια φαίνονται στον Πίνακα 5-3. Τα όρια της ιστορικής περιόδου (γκρί σκιά) προέκυψαν από τον πολλαπλασιασμό των τιμών της έντασης βροχόπτωσης των όμβριων καμπυλών με τις τιμές χ_1 και χ_u που δίνονται στον Πίνακα 2.1 του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) για τον σταθμό της Ηγουμενίτσας. Τα όρια για περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια είναι 0.876, 0.843 και 0.723 για το κατώτερο όριο και 1.109, 1.148 και 1.330 για το ανώτερο όριο.

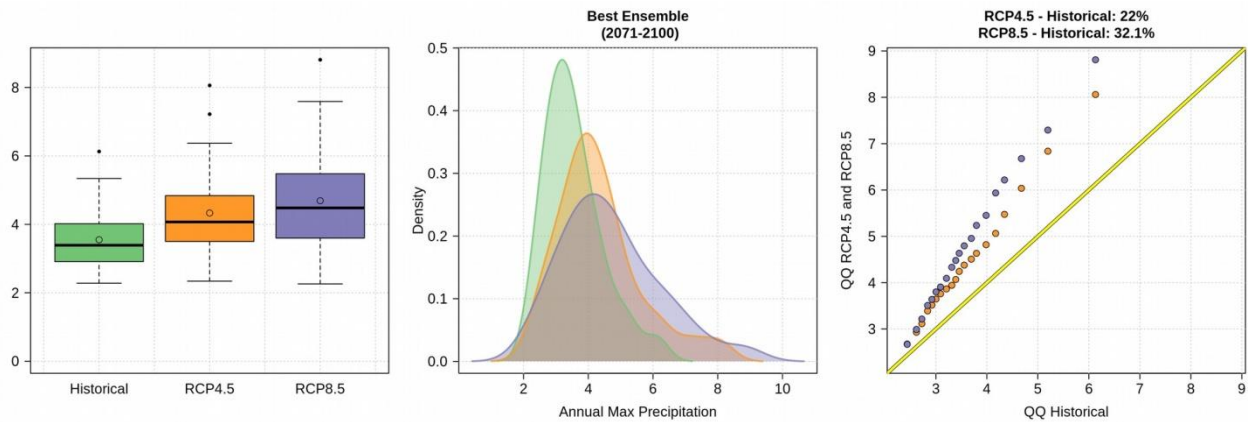


Εικόνα 5-12: Παρόμοιο γράφημα με την Εικόνα 5-11 αλλά για το σενάριο RCP8.5.

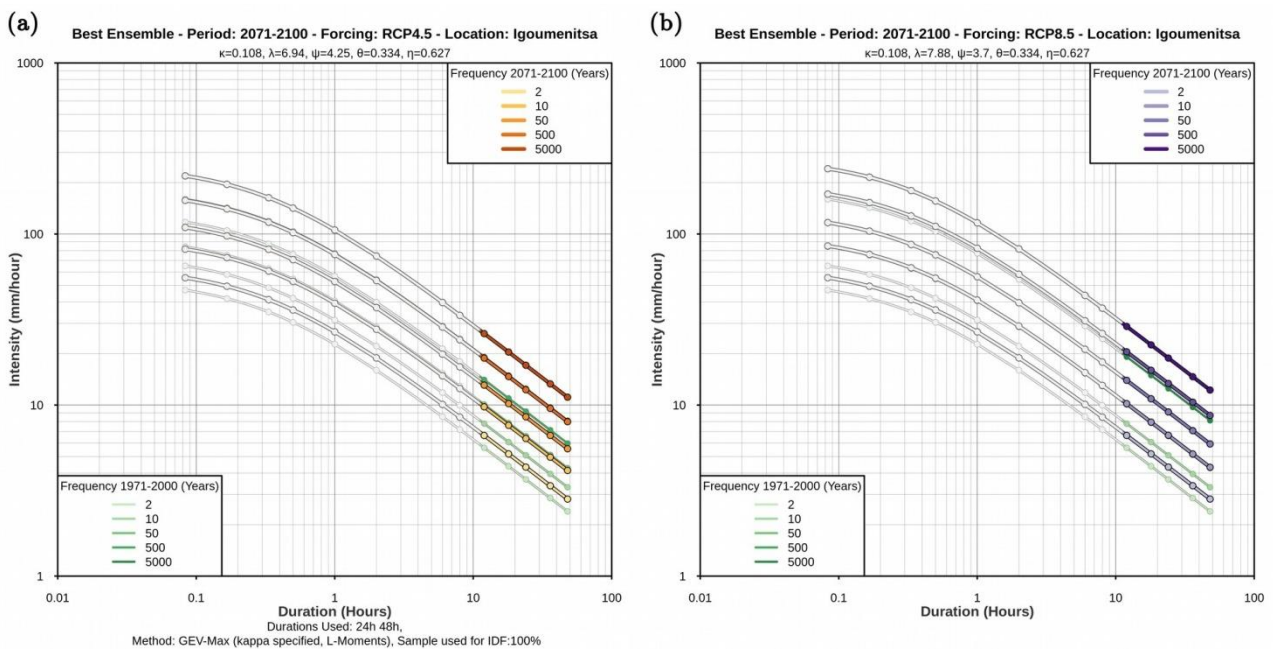
5.4.3 Δεύτερη Μελλοντική Περίοδος (2071-2100)

Στην δεύτερη μελλοντική περίοδο (2071-2100) η ένταση της ετήσιας μέγιστης βροχόπτωσης αυξάνεται ακόμα περισσότερο λόγω της κλιματικής αλλαγής για τα σενάρια RCP4.5 (22%) και RCP8.5 (32.1%) (Εικόνα 5-13). Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στο σενάριο RCP8.5 όπου ο κλιματικός εξαναγκασμός συνεχίζει να αυξάνεται μέχρι και το έτος 2100 φτάνοντας την τιμή $8.5W \cdot m^{-2}$ σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο. Αξιοσημείωτο είναι πως αν και στο σενάριο

RCP4.5 οι εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου περιορίστηκαν από το έτος 2040 και ο κλιματικός εξαναγκασμός περιορίστηκε στην τιμή $4.5\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, η ένταση της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης συνέχισε να αυξάνεται.

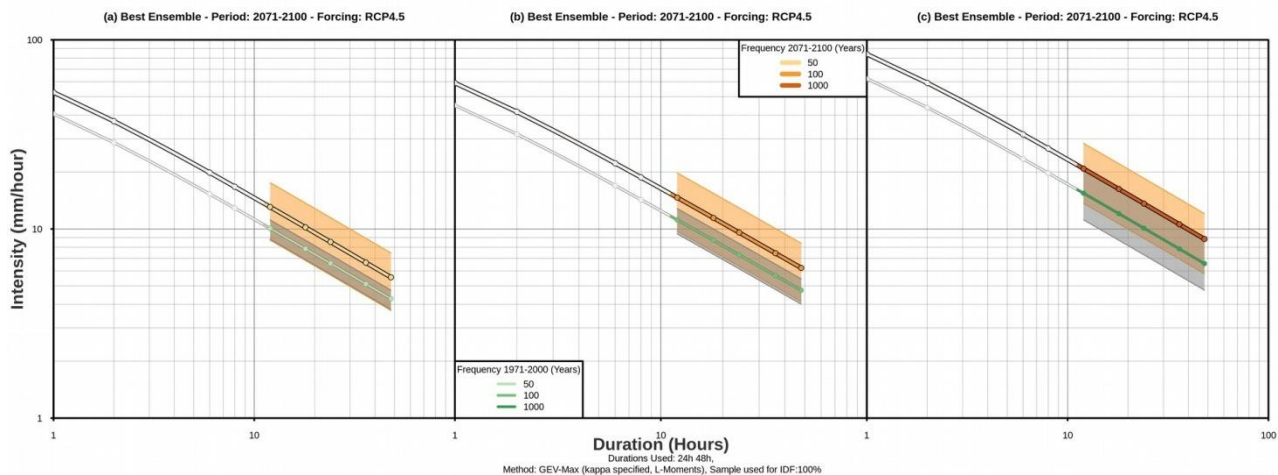


Εικόνα 5-13: Ετήσια μέγιστη βροχόπτωση για το BENS της ιστορικής περιόδου (1971-2000; πράσινο) και τα σενάρια του BENS RCP4.5 (πορτοκαλί) και RCP8.5 (μόβ) για την δεύτερη μελλοντική περίοδο (2071-2100).

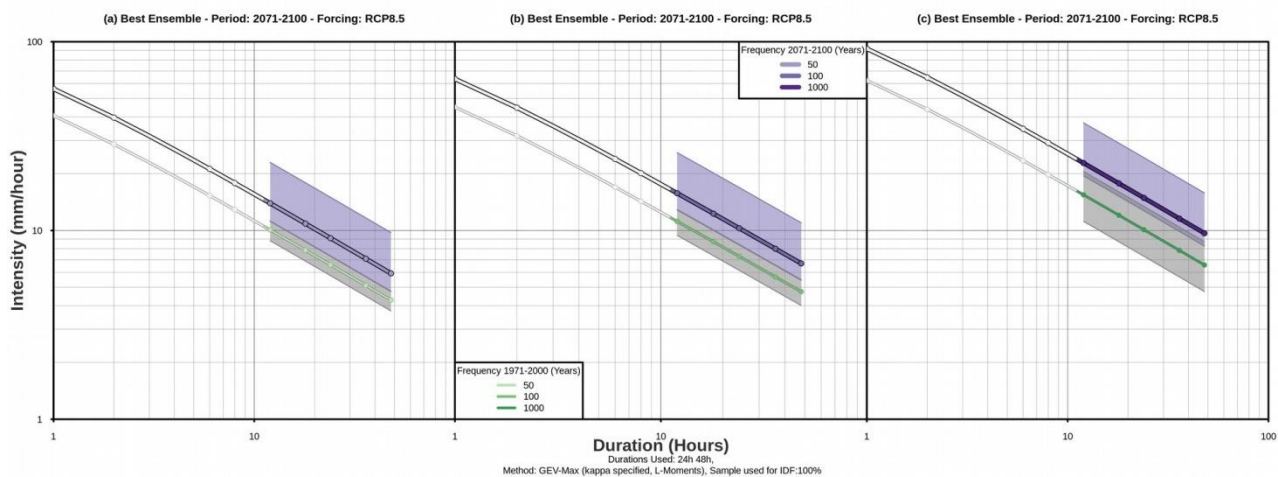


Εικόνα 5-14: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 2, 5, 50, 500 και 5000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2071-2100 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και τα σενάρια (a) RCP4.5 και (b) RCP8.5. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 8b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.

Εφόσον η μέγιστη ετήσια βροχόπτωση αυξάνεται, αυξάνονται και οι τιμές των όμβριων καμπυλών κατά 29% και 38% για το σενάριο RCP4.5 και RCP8.5 αντίστοιχα. Για παράδειγμα ένα επεισόδιο βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 50 έτη και διάρκεια 24 ωρών την περίοδο 1971-2000 έχει ένταση βροχόπτωσης 6.6 ενώ την περίοδο 2071-2100 έχει 8.5 για το σενάριο RCP4.5 και 9.1 για το σενάριο RCP8.5.



Εικόνα 5-15: Όμβριες καμπύλες με περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια αναφορικά της περιόδου 2071-2100 για την ευρεία περιοχή της Ηγουμενίτσας από τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης του BENS των κλιματικών μοντέλων και το σενάριο RCP4.5. Φαίνονται ελαφρώς οι όμβριες καμπύλες του BENS της ιστορικής περιόδου (Εικόνα 5-7b) για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση. Τα όρια του RCP4.5 (πορτοκαλί σκιά) προέκυψαν από την μέση τιμή της τυπικής απόκλισης των οχτώ μοντέλων που συνδυάστηκαν για να δημιουργηθεί το BENS. Οι όμβριες καμπύλες που περιγράφουν αυτά τα ανώτερα/κατώτερα όρια φαίνονται στον Πίνακα 3. Τα όρια της ιστορικής περιόδου (γκρί σκιά) προέκυψαν από τον πολλαπλασιασμό των τιμών της έντασης βροχόπτωσης των όμβριων καμπυλών με τις τιμές χ^2 και χ_{ν} που δίνονται στον Πίνακα 2.1 του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) για τον σταθμό της Ηγουμενίτσας. Τα όρια για περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια είναι 0.876, 0.843 και 0.723 για το κατώτερο όριο και 1.109, 1.148 και 1.330 για το ανώτερο όριο.



Εικόνα 5-16: Παρόμοιο γράφημα με την Εικόνα 16 αλλά για το σενάριο RCP8.5.

Τα όρια αβεβαιότητας βιβλιογραφίας και των κλιματικών μοντέλων για το σενάριο RCP4.5 και την περίοδο 2071-2100 (Εικόνα 5-15) φαίνεται να παρουσιάζουν την ίδια εικόνα με αυτήν της περιόδου 2021-2050. Αντίθετα στο σενάριο RCP8.5 φαίνεται πως τα όρια αβεβαιότητας της βιβλιογραφίας είναι εκτός των ορίων και κάτω από τα όρια της αβεβαιότητας των κλιματικών μοντέλων (Εικόνα 5-16). Σε αυτή την περίπτωση η εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής από τα όρια της βιβλιογραφίας δεν είναι ικανή να καλύψει το εύρος των τιμών που δίνουν τα

κλιματικά μοντέλα και πιθανόν υποεκτιμούν τις αλλαγές της ετήσιας μέγιστης βροχόπτωσης που πρόκειται να συμβούν σε αυτό το σενάριο έως το 2100. Για αυτό το λόγω οποιοδήποτε τεχνικό έργο στην περιοχή μελέτης, που χρησιμοποιεί τις όμβριες καμπύλες για τον σχεδιασμό αντοχής τους, θα πρέπει να λάβει υπόψιν μεγαλύτερες τιμές από αυτές που προβλέπονται από τα ανώτερα όρια της βιβλιογραφίας.

5.5 Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη έχει σαν στόχο να δώσει μια πιο εμπειριστατωμένη προσέγγιση στην μεταβολή της ακραίας βροχόπτωσης και των όμβριων καμπυλών λόγω της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή της Ηγουμενίτσας χρησιμοποιώντας κλιματικά μοντέλα περιοχής από το πρόγραμμα CORDEX. Τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση αναφέρονται παρακάτω.

Στην πρώτη μελλοντική περίοδο (2021-2050) η αύξηση της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης σε σχέση με την ιστορική περίοδο (1971-2000) εκτιμήθηκε σε 8% και 16.5% για το σενάριο RCP4.5 και RCP8.5 αντίστοιχα. Η αύξηση αυτή ενίσχυσε την ένταση της βροχόπτωσης των όμβριων καμπυλών κατά 18% για το σενάριο RCP4.5 και 29% για το σενάριο RCP8.5.

Στην δεύτερη μελλοντική περίοδο (2071-2100) η αύξηση της μέγιστης ετήσιας βροχόπτωσης σε σχέση με την ιστορική περίοδο (1971-2000) εκτιμήθηκε σε 22% και 32.1% για το σενάριο RCP4.5 και RCP8.5 αντίστοιχα. Η αύξηση αυτή ενίσχυσε την ένταση της βροχόπτωσης των όμβριων καμπυλών κατά 29% για το σενάριο RCP4.5 και 38% για το σενάριο RCP8.5.

Η αβεβαιότητα λόγω κλιματικής αλλαγής που προτείνεται από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05) (αβεβαιότητα βιβλιογραφίας) καλύπτει ένα περιορισμένο εύρος με χαμηλές έντασης βροχόπτωσης σε σχέση με τα όρια αβεβαιότητας που υπολογίστηκαν από τα κλιματικά μοντέλα της παρούσας μελέτης (αβεβαιότητα κλιματικών μοντέλων).

Επίσης το ανώτερο όριο της βιβλιογραφίας συμπίπτει ή είναι μικρότερο από την τιμή που δίνει η όμβρια καμπύλη της χρονοσειράς BENS. **Μάλιστα την περίοδο 2071-2100 και το σενάριο RCP8.5 το ανώτερο όριο αβεβαιότητας βιβλιογραφίας είναι εκτός ακόμα και του κατώτερου ορίου αβεβαιότητας των κλιματικών μοντέλων.**

Στον παρακάτω Πίνακα 5-5 δίνονται συνοπτικά για διάρκεια βροχόπτωσης ίση με 12d (η οποία και θεωρείται αντιπροσωπευτική για τις λεκάνες απορροής των ρεμάτων της περιοχής έρευνας) και για περιόδους επαναφοράς 50 ετών και 100 ετών, τα ποσοστά αύξησης του μεγέθους των μέγιστων εντάσεων της βροχόπτωσης τα οποία αναμένεται να εμφανισθούν στην περιοχή για τις περιόδους αξιολόγησης 2021-2050 και 2071-2100, λαμβάνοντας υπόψη τα κλιματικά σενάρια RCP4.5 και RCP8.5. Η σύγκριση πραγματοποιείται σε σχέση με το βέλτιστο συνδυασμό των κλιματικών μοντέλων της περιοχής (BENS). Τα ανωτέρω ποσοστά χρησιμοποιούνται για την υδρολογική προσομοίωση των ρεμάτων της περιοχής, μεταβάλλοντας τις όμβριες καμπύλες του σταθμού της Ηγουμενίτσας σύμφωνα με το αναλογούν ποσοστό. Τα αποτελέσματα στη συνέχεια αξιολογούνται σε σχέση με τα στοιχεία τα οποία δίνονται στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου.

Πίνακας 5-5: Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις μέγιστες εντάσεις σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 και τις περιόδους 2021-2050 και 2071-2100 για την περιοχή έρευνας.

Κλιματικά μοντέλα	Περίοδος	κ	λ	ψ	η	θ	T=50	T=100	Μεταβολή %	
									T=50	T=100
BENS	1971-2000	0.108	4.8	5.29	0.627	0.334	10.1	11.2	-	-
BENS RCP4.5	2021-2050	0.108	6.48	4.03	0.627	0.334	11.9	13.4	+18%	+20%
BENS RCP8.5	2021-2050	0.108	7.21	3.86	0.627	0.334	13.0	14.7	+29%	+31%
BENS RCP4.5	2071-2100	0.108	6.94	4.25	0.627	0.334	13.1	14.7	+30%	+31%
BENS RCP8.5	2071-2100	0.108	7.88	3.7	0.627	0.334	14.0	15.8	+38%	+41%

Για την ποσοτικοποίηση του φαινομένου της Κλιματικής Αλλαγής στην περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη την ποσοστιαία μεταβολή της μέγιστης βροχόπτωσης που προέκυψε από την μέση τιμή των κλιματικών μοντέλων (Πίνακα 5-5), πραγματοποιήθηκαν υδρολογικές προσομοιώσεις για τρία κλιματικά σενάρια και πιο συγκεκριμένα για τα παρακάτω:

- ✓ αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης κατά 20%
- ✓ αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης κατά 30%
- ✓ αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης κατά 40%

6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Αξιολόγηση του συστήματος

Η αξιολόγηση του συστήματος καταγραφής υδρολογικών παραμέτρων επιλεγμένων υδατορεμάτων και αγωγών του δικτύου ομβρίων στο Δήμο Ηγουμενίτσας πραγματοποιείται σε τρία στάδια σύμφωνα τα παρακάτω:

- Στάδιο 1: Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται έλεγχος και βαθμονόμηση των αισθητήρων του προτεινόμενου συστήματος με τη χρήση των διαθέσιμων φορητών μιλίσκων καθώς επίσης και με τη χρήση των βαθμονομημένων σταδίων οι οποίες τοποθετήθηκαν στις θέσεις των υπό μελέτη ρεμάτων και αγωγού ομβρίων. Στο ίδιο στάδιο γίνεται έλεγχος του συστήματος προειδοποιήσεων ώστε να ανταποκρίνεται με τις μετρήσεις υπαίθρου.
- Στάδιο 2: Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται υδρολογική προσομοίωση στα υπό έρευνα ρέματα, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των κλιματικών μοντέλων σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα τα οποία δίνονται από το εγκεκριμένο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αξιολόγηση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.
- Στάδιο 3: Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται διάφορα σενάρια σχετικά με την επίδραση της μεταβολής των χρήσεων γης και της κλιματικής αλλαγής στην εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων στην περιοχή έρευνας.

Τα αποτελέσματα των Σταδίων 2 και 3 αφορούν των προσδιορισμό πλημμυρογραφημάτων στα υπό μελέτη ρέματα, τα οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για την κατάρτιση χαρτών Πλημμυρικού Κινδύνου στην περιοχή έρευνας.

6.2 Αξιολόγηση στάδιο 1^ο

Κατά την εγκατάσταση του συστήματος πραγματοποιήθηκε έλεγχος των αισθητήρων και των αποτελεσμάτων που αυτά εξάγονται σχετικά με την ταχύτητα, την παροχή και την στάθμη των επιφανειακών υδάτων για τα ρέματα και των ομβρίων υδάτων πλησίον του λιμανιού της Ηγουμενίτσας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν και δίνονται μέσω του συστήματος MeteoView.

Η διαδικασία βαθμονόμησης συνέκρινε τα δεδομένα καταγραφών από τους αισθητήρες των τηλεμετρικών σταθμών με τα δεδομένα που προέκυπταν από insitu μετρήσεις με τη χρήση των φορητών μιλίσκων. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί πως η βαθμονόμηση του συστήματος είναι μια δυναμική διαδικασία και απαιτεί πολλά επεισόδια βροχοπτώσεων ή πλημμυρών, ωστόσο τα στοιχεία από τους αισθητήρες διορθώθηκαν με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τους φορητούς μιλίσκους.

Με βάση την παραπάνω αξιολόγηση καθορίσθηκαν «σημεία-ορόσημα», πάνω από τα οποία το σύστημα στέλνει προειδοποιητικά στοιχεία προς το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανικής & Διαχείρισης Φυσικών Πόρων, το Δήμο Ηγουμενίτσας, τη ΠΕ Θεσπρωτίας και την Πυροσβεστική Υπηρεσία Θεσπρωτίας, με σκοπό την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής.

Από την παραπάνω διαδικασία διαπιστώνεται η αξιοπιστία του συστήματος στην καταγραφή και την ποσοτική προσομοίωση του συστήματος αναφορικά με την εκτίμηση της παροχής και της στάθμης των υδάτων ως ένα σύστημα λειτουργικό για την προστασία της περιοχής μελέτης.

6.3 Αξιολόγηση στάδιο 2^ο

Στο στάδιο αυτό όπως αναφέρθηκε πραγματοποιείται υδρολογική προσομοίωση των ρεμάτων της περιοχής, με σκοπό την εξαγωγή κρίσιμων υδρολογικών παραμέτρων για την κατάρτιση χαρτών πλημμυρικού κινδύνου για την περιοχή. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιγράφεται στα προηγούμενα κεφάλαια και συνοπτικά είναι η ακόλουθη:

- ✓ Διακριτοποίηση των λεκανών απορροής των ρεμάτων ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι θέσεις των τηλεμετρικών σταθμών παρακολούθησης
- ✓ Προσδιορισμός της πλημμυρικής παροχής σε επιλεγμένες θέσεις για διάρκεια βροχόπτωσης, 12h λαμβάνοντας υπόψη τις όμβριες καμπύλες της περιοχής
- ✓ Εφαρμογή της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στις όμβριες καμπύλες της περιοχής
- ✓ Προσδιορισμός των απωλειών της βροχόπτωσης με τη χρήση της μεθόδου SCS σύμφωνα με τις υπάρχουσες χρήσης γης και υδρολογικές συνθήκες.
- ✓ Εφαρμογή υδρολογικών μοντέλων μετασχηματισμού της βροχόπτωσης σε απορροής (μέθοδος SCS, μέθοδος Snyder, μέθοδος Clark).
- ✓ Προσδιορισμός της πλημμυρικής παροχής και του όγκου της πλημμυρικής απορροής για τα υπό έρευνα ρέματα λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση της κλιματικής αλλαγής.

Το γενικό πλαίσιο της υδρολογικής ανάλυσης των ρεμάτων περιελάμβανε τους κάτωθι συνδυασμούς υδρολογικών παραμέτρων:

Πίνακας 6-1 Συνδυασμοί υδρολογικής προσομοίωσης για τα ρέματα της περιοχής έρευνας

Σενάριο πλημμύρας	Περίοδος Επαναφοράς	Συνθήκες	Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου	Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα	CN	Υδρολογικό μοντέλο
Υψηλή πιθανότητα υπέρβασης	T=50	Μέσες	✓	✓	Πλέον πιθανή τιμή (CNII)	SCS Clark Snyder
		Δυσμενείς	✓		Υψηλή αρχική υγρασία (CN-III)	SCS Clark Snyder
Μέση πιθανότητα υπέρβασης	T=100	Μέσες	✓	✓	Πλέον πιθανή τιμή (CNII)	SCS Clark Snyder
		Δυσμενείς	✓		Υψηλή αρχική υγρασία (CN-III)	SCS Clark Snyder

Αναφορικά με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής για την περιοχή έρευνας, το Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας θεωρεί πως αυτή περιγράφεται χρησιμοποιώντας τα δυσμενή χαρακτηριστικά ή τα ευμενή χαρακτηριστικά των υδρολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής (σχετίζονται με το χαρακτήρα του υδρολογικού σύμπλοκου για την περιοχή), χρησιμοποιώντας τα κατώτατα ή ανώτατα όρια των όμβριων καμπυλών.

Στους παρακάτω Πίνακες 6-2, 6-3, 6-4 και 6-5 δίνονται τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης για τα ρέματα Νέας Σελεύκειας, Τσιμπουρίκι, Λάκκα και Ξηροπόταμος. Στους πίνακες δίνονται τα αποτελέσματα σύμφωνα με την πρόταση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του ΥΔ Ηπείρου χρησιμοποιώντας τα ανώτατα όρια των όμβριων καμπυλών. Επίσης δίνονται τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης λαμβάνοντας υπόψη και τη μεταβολή των όμβριων καμπυλών σύμφωνα με τα κλιματικά μοντέλα της περιοχής.

Πίνακας 6-2 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου

Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες	SCS	43.2	525.7
	Μέσες	Clark	34.8	525.7
	Μέσες	Snyder	28	525.7
	Δυσμενείς	SCS	76.4	938.5
	Δυσμενείς	Clark	62.9	938.5
	Δυσμενείς	Snyder	51.0	938.5
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	58.2	706.9
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	66.3	805.7
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	74.5	906.7
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες	SCS	53.4	643.2
	Μέσες	Clark	43.9	643.2
	Μέσες	Snyder	34.7	643.2
	Δυσμενείς	SCS	95.7	1158.9
	Δυσμενείς	Clark	79.9	1158.9
	Δυσμενείς	Snyder	63.1	1158.9

Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	71.3	867.1
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	80.7	983.2
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	90.2	1101.3

Πίνακας 6-3 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Τσιμπουρίκι

Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες	SCS	24.6	237.9
	Μέσες	Clark	17.4	237.9
	Μέσες	Snyder	9.6	237.9
	Δυσμενείς	SCS	47.4	447.7
	Δυσμενείς	Clark	34.6	447.7
	Δυσμενείς	Snyder	18.3	447.7
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	34.4	328.4
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	39.6	375.7
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	44.8	424.2
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες	SCS	31.7	297.7
	Μέσες	Clark	22.7	297.7
	Μέσες	Snyder	12.1	297.7
	Δυσμενείς	SCS	59	554.9
	Δυσμενείς	Clark	44.1	554.9
	Δυσμενείς	Snyder	22.7	554.9
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				

Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	42.7	405.2
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	48.7	461
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	54.8	517.9

Πίνακας 6-4 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Λάκκας

Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες	SCS	83.3	1012.1
	Μέσες	Clark	63.1	1012.1
	Μέσες	Snyder	44.1	1012.1
	Δυσμενείς	SCS	142.0	1784.7
	Δυσμενείς	Clark	111.8	1784.7
	Δυσμενείς	Snyder	77.5	1784.7
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	112.4	1372.6
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	127.3	1559.9
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	142.4	1750.9
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες	SCS	151.3	1837.8
	Μέσες	Clark	119.3	1837.8
	Μέσες	Snyder	80.4	1837.8
	Δυσμενείς	SCS	182.3	2197.5
	Δυσμενείς	Clark	142.1	2197.5
	Δυσμενείς	Snyder	95.8	2197.5
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				

Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	136.5	1676
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	153.8	1895.2
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	171.1	2118.3

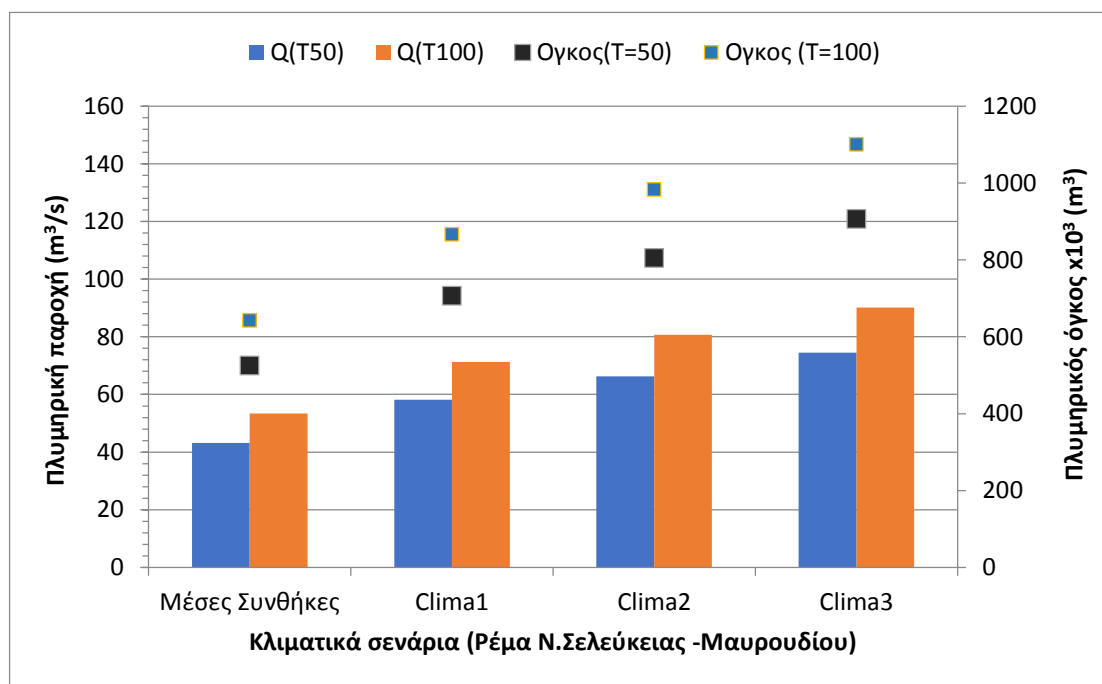
Πίνακας 6-5 Υδρολογική προσομοίωση για το ρέμα Ξηροπόταμος

Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες	SCS	90.9	1416.6
	Μέσες	Clark	74.4	1416.6
	Μέσες	Snyder	49.4	1416.6
	Δυσμενείς	SCS	171.8	2678.7
	Δυσμενείς	Clark	143.9	2678.7
	Δυσμενείς	Snyder	93.3	2678.7
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	126.5	1957.4
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	145.0	2240.7
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	163.8	2530.7
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με ΣΧΚΠ ΥΔ Ηπείρου				
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες	SCS	106.9	1251.8
	Μέσες	Clark	97.4	1251.8
	Μέσες	Snyder	62.5	1251.8
	Δυσμενείς	SCS	219.1	3322.0
	Δυσμενείς	Clark	183.6	3322.0
	Δυσμενείς	Snyder	116.7	3322.0
Όμβριες καμπύλες σύμφωνα με κλιματικά μοντέλα				

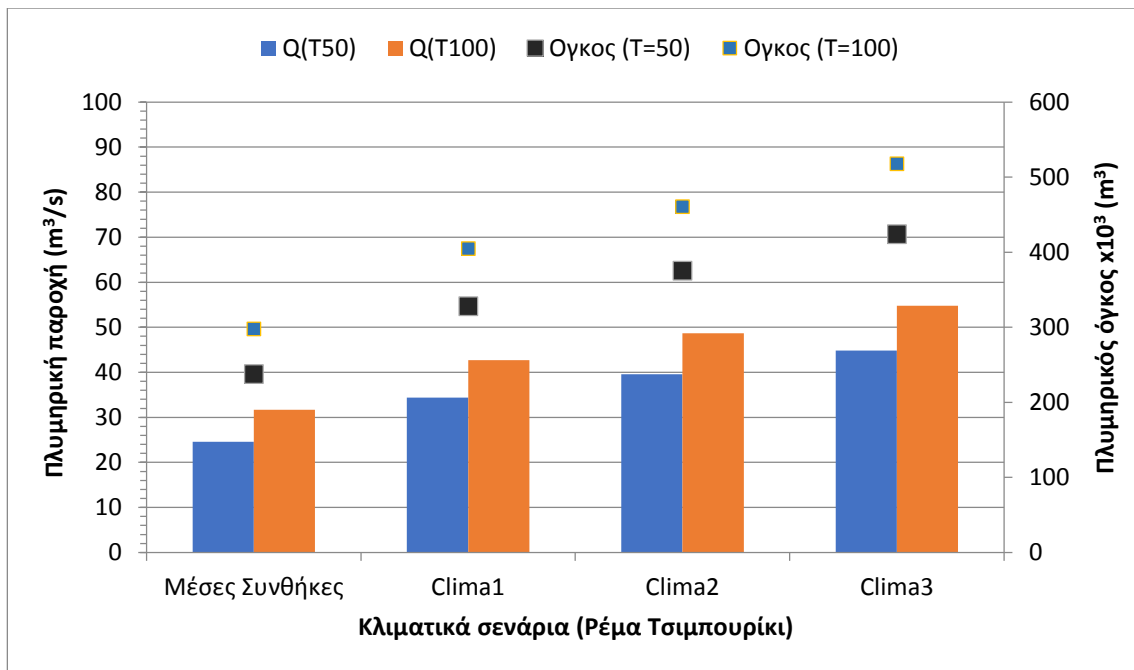
Περίοδος	Συνθήκες	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=100	Μέσες - 1ο κλιματικό σενάριο	SCS	156.4	2417
	Μέσες - 2ο κλιματικό σενάριο	SCS	177.9	2750.7
	Μέσες - 3ο κλιματικό σενάριο	SCS	199.8	3091.3

Αρχικά, από τους Πίνακες 6-2 έως Πίνακας 6-5 διαπιστώνεται πως η επιλογή του μοντέλου μετασχηματισμού της βροχόπτωσης (μέθοδος SCS, Clark, Snyder) αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την αξιοπιστία των παραγόμενων παραμέτρων. Γενικότερα διαπιστώνεται έντονη ανομοιομορφία των μεθόδων. Ως υδρολογική μέθοδος μετασχηματισμού της βροχόπτωσης θεωρήθηκε αυτή της SCS, λόγω της ευρείας εφαρμογής της στην Ελλαδικό χώρο. Στις παρακάτω Εικόνα 6-1 έως Εικόνα 6-4 δίνονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων τα οποία σχετίζονται με τη κλιματική αλλαγή τα οποία προέκυψαν από την αξιολόγηση των κλιματικών μοντέλων της περιοχής. Τα μοντέλα τα οποία αξιολογούνται είναι τα παρακάτω:

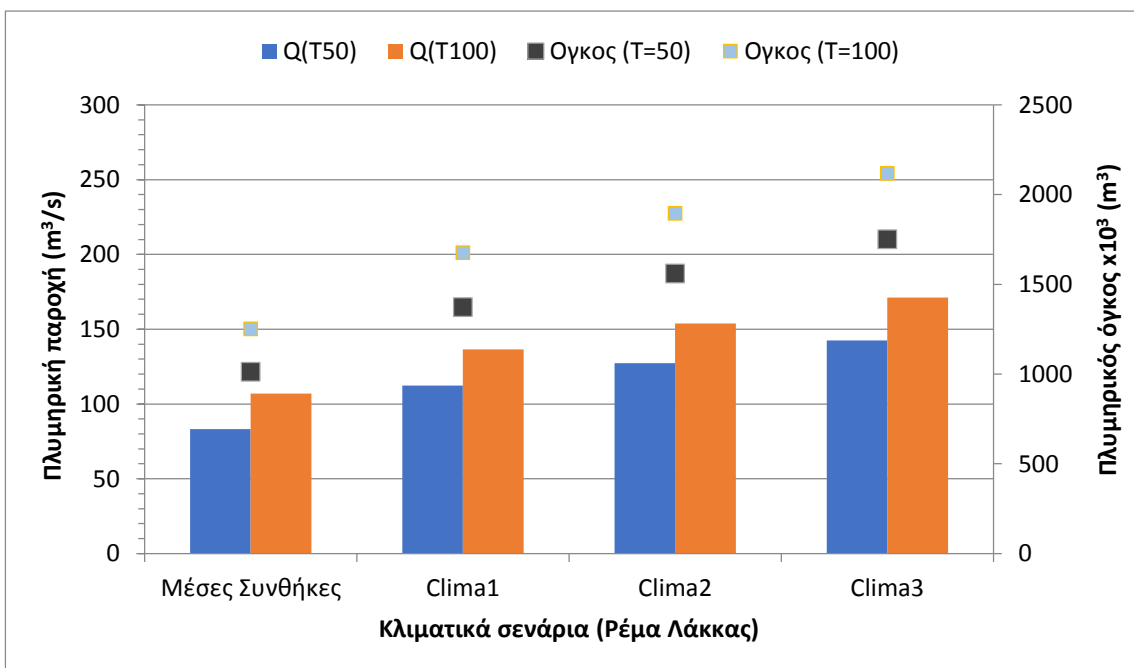
- ✓ Μέσες συνθήκες υδρολογικής κατάστασης (σύνηθες κατάσταση)
- ✓ αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης κατά 20%(Clima1)
- ✓ αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης κατά 30% (Clima2)
- ✓ αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης κατά 40% (Clima3)



Εικόνα 6-1 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου

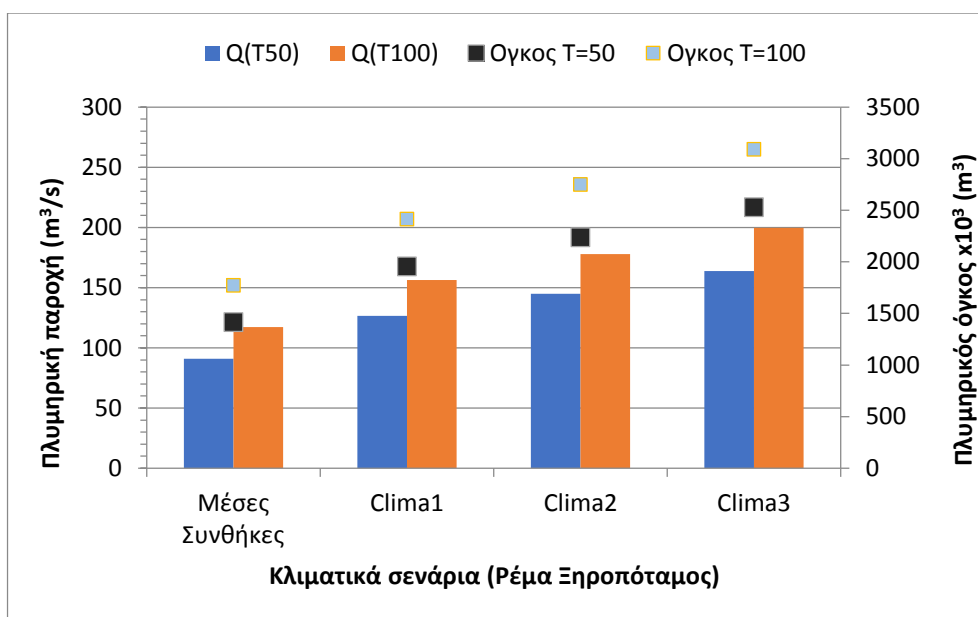


Εικόνα 6-2 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Τσιμπουρίκι



Εικόνα 6-3 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Λάκκας

Από τις ανωτέρω Εικόνες διαπιστώνεται, συγκρίνοντας με τις μέσες υδρολογικές συνθήκες που θεωρούνται για την περιοχή, πως αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης οδηγεί σε αύξηση των πλημμυρικών παραμέτρων, τόσο της παροχής, όσο και του όγκου. Οι μεγαλύτερες τιμές του όγκου διαπιστώνονται στο σενάριο αύξησης των εντάσεων κατά 40%.



Εικόνα 6-4 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια για το Ρέμα Ξηροπόταμος

6.4 Αξιολόγηση στάδιο 3^ο

Στα πλαίσια διερεύνησης των μεταβολών των χρήσεων γης σε σχέση με το πλημμυρικό καθεστώς των χρήσεων γης στην περιοχή πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω σενάρια εκτίμησης της πλημμυρικής παροχής επί των υδρολογικών μοντέλων. Τα σενάρια αξιολογήθηκαν στα πλαίσια του Παραδοτέου 2.3.3 «Αναφορά σύνδεσης περιαστικής πράσινης υποδομής και πλημμυρικών φαινομένων - Χάρτες πλημμυρικού κινδύνου της περιαστικής-αστικής περιοχής και προτάσεις για βέλτιστες θέσεις σταθμών μέτρησης». Τα σενάρια που επιλέχθηκαν για περιόδους επαναφοράς 50 ετών και 100 ετών ήταν τα ακόλουθα και αφορούσαν μεταβολή του συντελεστή απορροής για μέσες συνθήκες υδρολογικής κατάστασης:

- ✓ Αύξηση του συντελεστή CN κατά 10%
- ✓ Αύξηση το συντελεστή CN κατά 20%
- ✓ Μείωση του συντελεστή CN κατά 10%
- ✓ Μείωση του συντελεστή CN κατά 20%

Στους παρακάτω Πίνακες 6-6, 6-7, 6-8 και 6-9 δίνονται τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης για τα ρέματα Νέας Σελεύκειας, Τσιμπουρίκι, Λάκκα και Ξηροπόταμος σύμφωνα με τα ανωτέρω σενάρια. Συγχρόνως στον Πίνακα 6-10, πραγματοποιείται συνδυασμένη χρήση κλιματικών μοντέλων και μοντέλων μεταβολών χρήσεων γης. Πιο συγκεκριμένα δίνεται η πλημμυρική παροχή και ο πλημμυρικός όγκος που αναφέρεται σε αύξηση του συντελεστή απορροής κατά 10% και 20% σε συνδυασμό με αύξηση των μέγιστων βροχοπτώσεων σε ποσοστό 20%, 30% και 40% για το σύνολο των ρεμάτων.

Πίνακας 6-6 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	+10%	SCS	55.4	672.4

	+20%	SCS	67.5	833.7
T=50	-10%	SCS	31.4	393.2
	-20%	SCS	20.8	275.1
T=100	+10%	SCS	67.1	802.9
	+20%	SCS	80.4	974.6
T=100	-10%	SCS	40.7	495.3
	-20%	SCS	28.4	360.1

Πίνακας 6-7 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Τσιμπουρίκι

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	+10%	SCS	32.2	305.3
	+20%	SCS	40.0	379.4
T=50	-10%	SCS	17.2	176.8
	-20%	SCS	10.6	122.6
T=100	+10%	SCS	40.0	372.4
	+20%	SCS	48.1	452.3
T=100	-10%	SCS	23.5	228.8
	-20%	SCS	15.6	165.5

Πίνακας 6-8 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Λάκκας

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	+10%	SCS	105.9	1296.2
	+20%	SCS	127	1610.5
T=50	-10%	SCS	61.1	756.4
	-20%	SCS	40.2	529.6
T=100	+10%	SCS	132.7	1561.8
	+20%	SCS	156.2	1895.7
T=100	-10%	SCS	80.8	965.3
	-20%	SCS	56.4	703.9

Πίνακας 6-9 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Ξεροπόταμου

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
----------	---------------	--------------------	-------------------	-------------------

T=50	+10%	SCS	118	1828.8
	+20%	SCS	145.2	2283.9
T=50	-10%	SCS	65.0	1046.5
	-20%	SCS	42.4	719.4
T=100	+10%	SCS	147.7	2230.7
	+20%	SCS	177.4	2720.8
T=100	-10%	SCS	87.5	1355.8
	-20%	SCS	60.8	974

Πίνακας 6-10 Υδρολογική προσομοίωση για συνδυασμό σεναρίων μείωσης του συντελεστή απορροής κατά των σεναρίων της κλιματικής αλλαγής για τα υπο έρευνα ρέματα

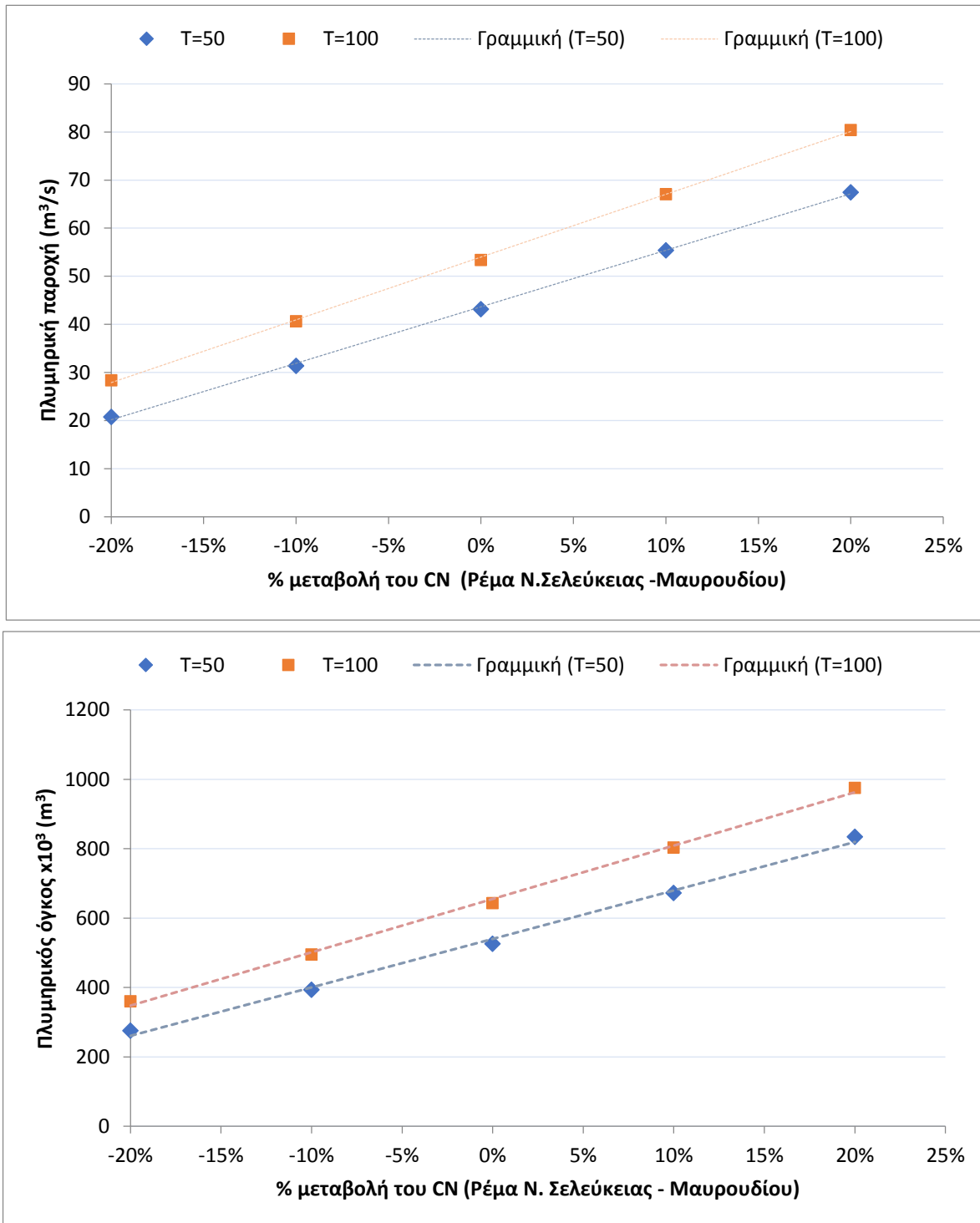
Ρέμα	Σενάριο	Παράμετρος	T=50	T=100
Ρέμα Ν. Σελεύκειας - Μαυρουδίου	1ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	71.5	85.2
		V x10 ³ (m ³)	872.9	1047.2
	1ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	84.4	98.8
		V x10 ³ (m ³)	1049.5	1234.3
	2ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	80.0	95.0
		V x10 ³ (m ³)	980.7	1172.0
	2ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	93.3	108.9
		V x10 ³ (m ³)	1164.0	1365.6
	3ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	88.5	105.1
		V x10 ³ (m ³)	1089.9	1298.2
	3ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	102.3	119.0
		V x10 ³ (m ³)	1279.3	1497.6
Ρέμα Τσιμπουρίκι	1ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	43.0	51.8
		V x10 ³ (m ³)	406.1	489.9
	1ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	51.2	60.3
		V x10 ³ (m ³)	488.4	577.8
	2ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	48.5	58.1
		V x10 ³ (m ³)	457.9	550.2
	2ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	56.8	66.6
		V x10 ³ (m ³)	543.7	641.4
	3ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	54.0	64.4
		V x10 ³ (m ³)	510.5	611.1

	3ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	62.4	73.0
		V x10 ³ (m ³)	599.6	705.5
Ρέμα Λάκκας	1ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	136.6	161.6
		V x10 ³ (m ³)	1694.1	2023.0
	1ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	158.2	183.5
		V x10 ³ (m ³)	2036.6	2384.0
	2ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	152.1	179.2
		V x10 ³ (m ³)	1897.6	2258.1
	2ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	173.9	201.4
		V x10 ³ (m ³)	2252.0	2630.4
	3ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	167.7	196.9
		V x10 ³ (m ³)	2103.5	2495.6
	3ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	189.7	219.2
		V x10 ³ (m ³)	2468.6	2878.2
Ρέμα Ξηροπόταμος	1ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	156.6	188.3
		V x10 ³ (m ³)	2432.1	2935.1
	1ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	185.4	217.9
		V x10 ³ (m ³)	2937.7	3474.4
	2ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	176.2	210.9
		V x10 ³ (m ³)	2743.0	3296.1
	2ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	205.6	240.8
		V x10 ³ (m ³)	3270.1	3856.2
	3ο κλιματικό σενάριο +10%	Q(m ³ /s)	196.0	233.5
		V x10 ³ (m ³)	3058.4	3661.8
	3ο κλιματικό σενάριο +20%	Q(m ³ /s)	225.8	263.7
		V x10 ³ (m ³)	3605.1	4240.7

Στις Εικόνα 6-5 έως Εικόνα 6-8 που ακολουθούν δίνονται διαγράμματα μεταβολής του πλημμυρικού όγκου και της πλημμυρικής παροχής σε σχέση με τη μεταβολή του συντελεστή CN. Όπως έχει αναφερθεί ο συντελεστής σχετίζεται με το καθεστώς των χρήσεων γης στην περιοχή, καθώς επίσης και με το υδρολογικό καθεστώς της περιοχής. Η μεταβολή αναφέρεται στο μέσο συντελεστή. Από τα διαγράμματα διαπιστώνεται η αύξηση του συντελεστή, (αύξηση των αδιαπέρατων στρωμάτων και υποβάθρων) οδηγεί σε αύξηση των πλημμυρικών μεγεθών.

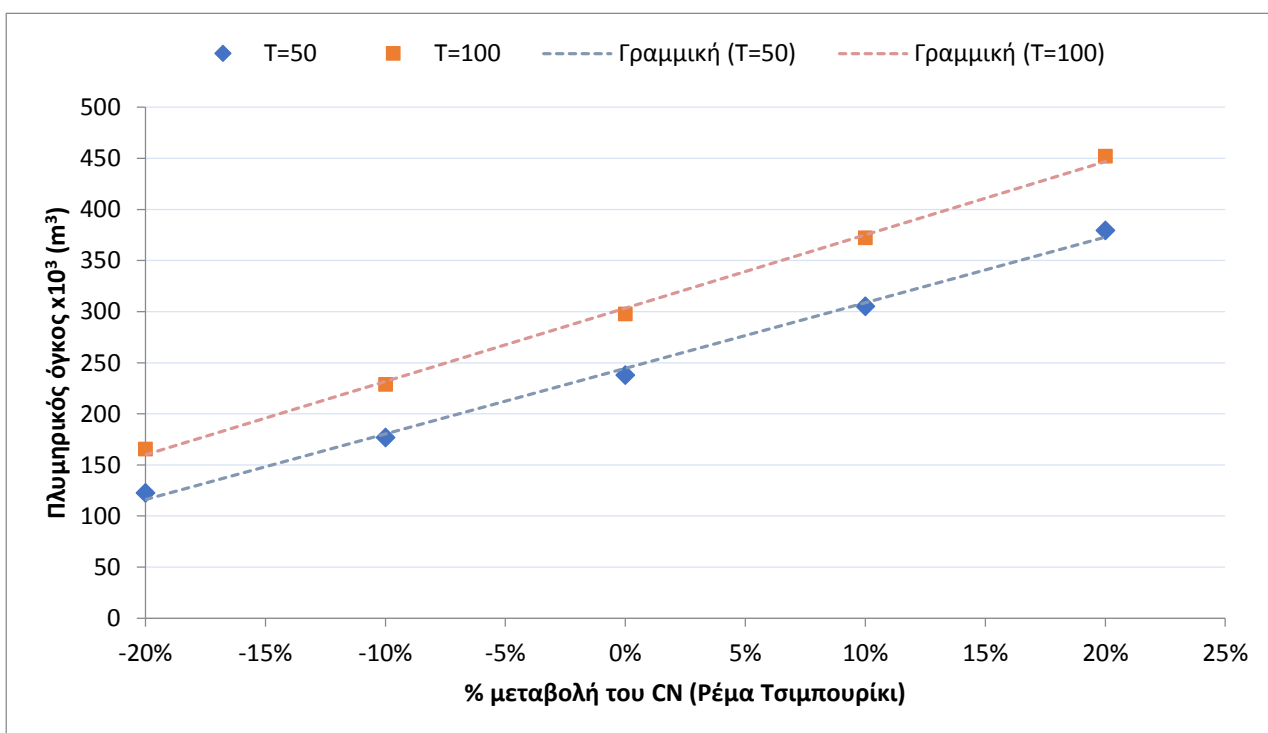
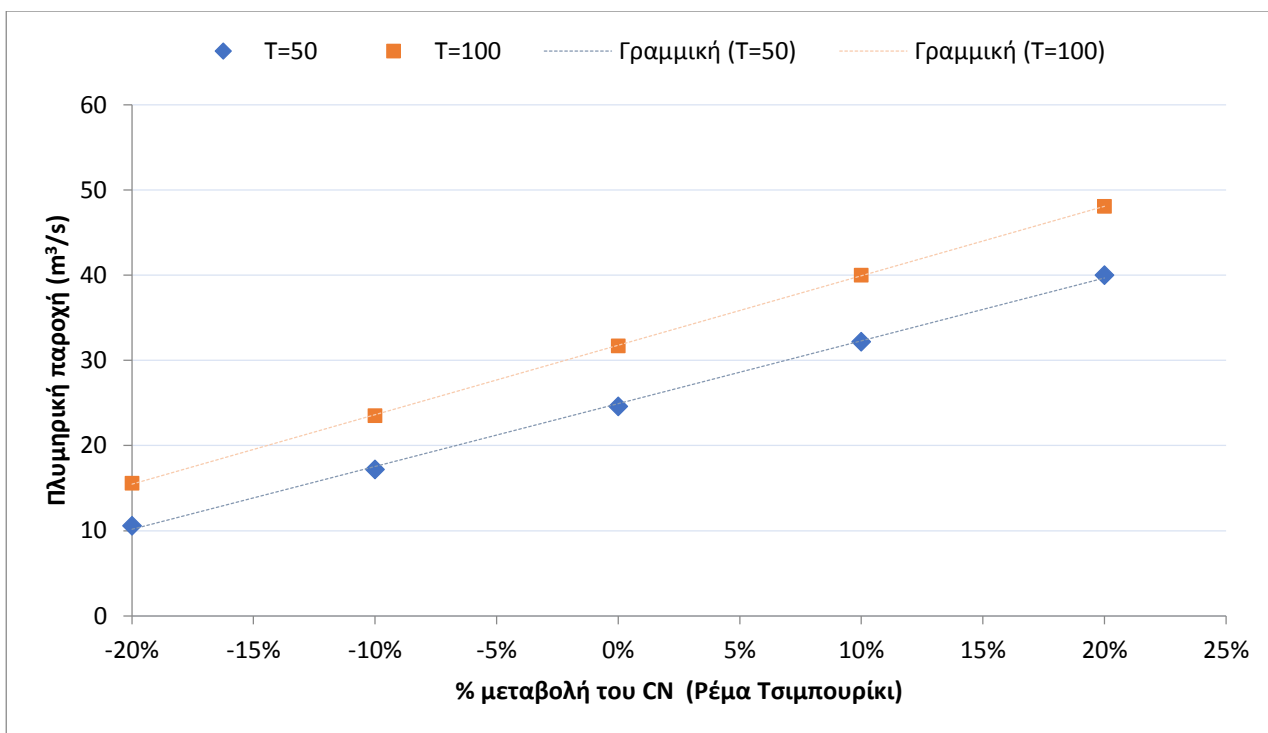
Οι τιμές του συντελεστή CN επηρεάζουν τα πλημμυρικά μεγέθη σε μεγάλο βαθμό, και διαπιστώνεται πως η μέθοδος απωλειών της βροχόπτωσης SCS είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις μεταβολές του δείκτη. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην αξιολόγηση των

υδρολογικών μεθόδων, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των πλημμυρικών μεγεθών (παροχή, όγκος, κ.α.). Γενικότερα αύξηση του συντελεστή CN κατά 10% οδηγεί σε αυξημένες πλημμυρικές απορροές σε ποσοστό που φτάνει κοντά στο 20% ενώ αύξηση κατά 20% οδηγεί σε αυξημένες πλημμυρικές απορροές σε ποσοστό που φτάνει κοντά στο 30-40%. Παρόμοια ποσοστά διαπιστώνονται και για τους πλημμυρικούς όγκους. Να αναφερθεί εδώ πως η αύξηση του συντελεστή CN και 20% δίνει παρόμοια αποτελέσματα με αυτά που προκύπτουν με την υιοθέτηση δυσμενών υδρολογικών συνθηκών.

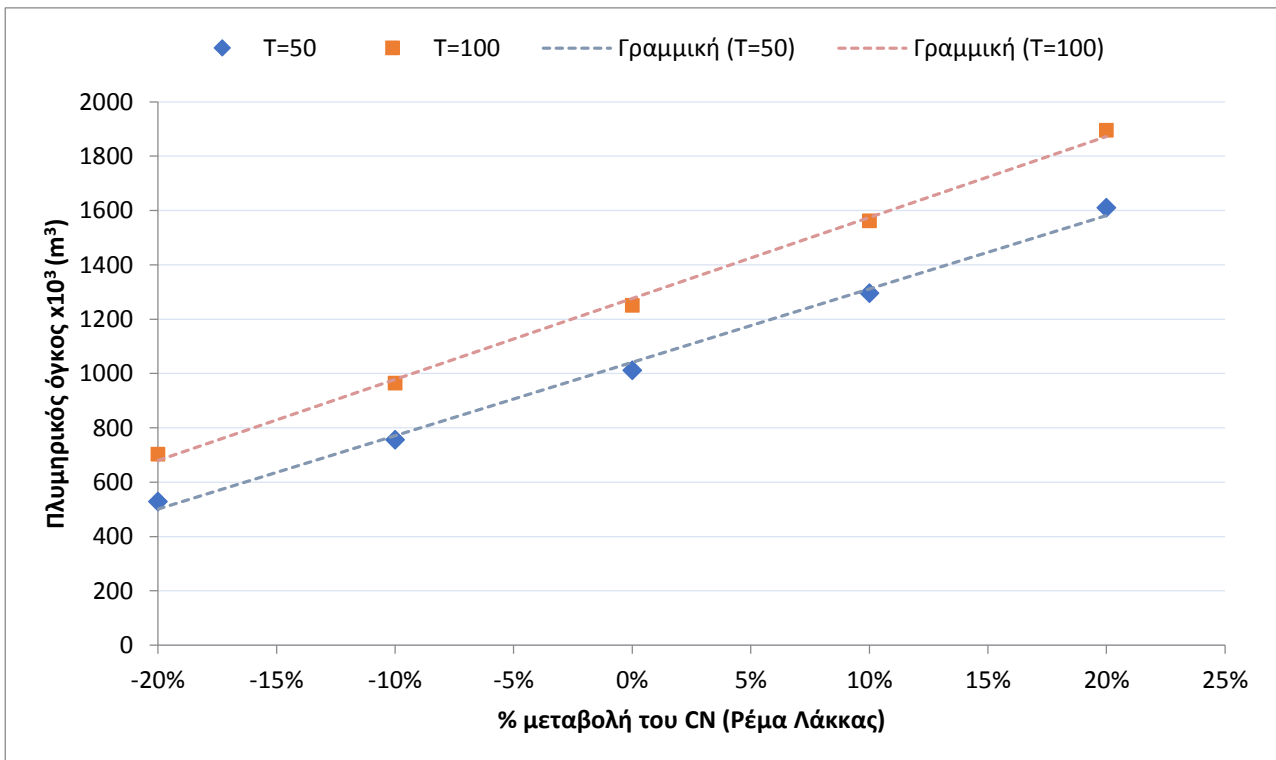
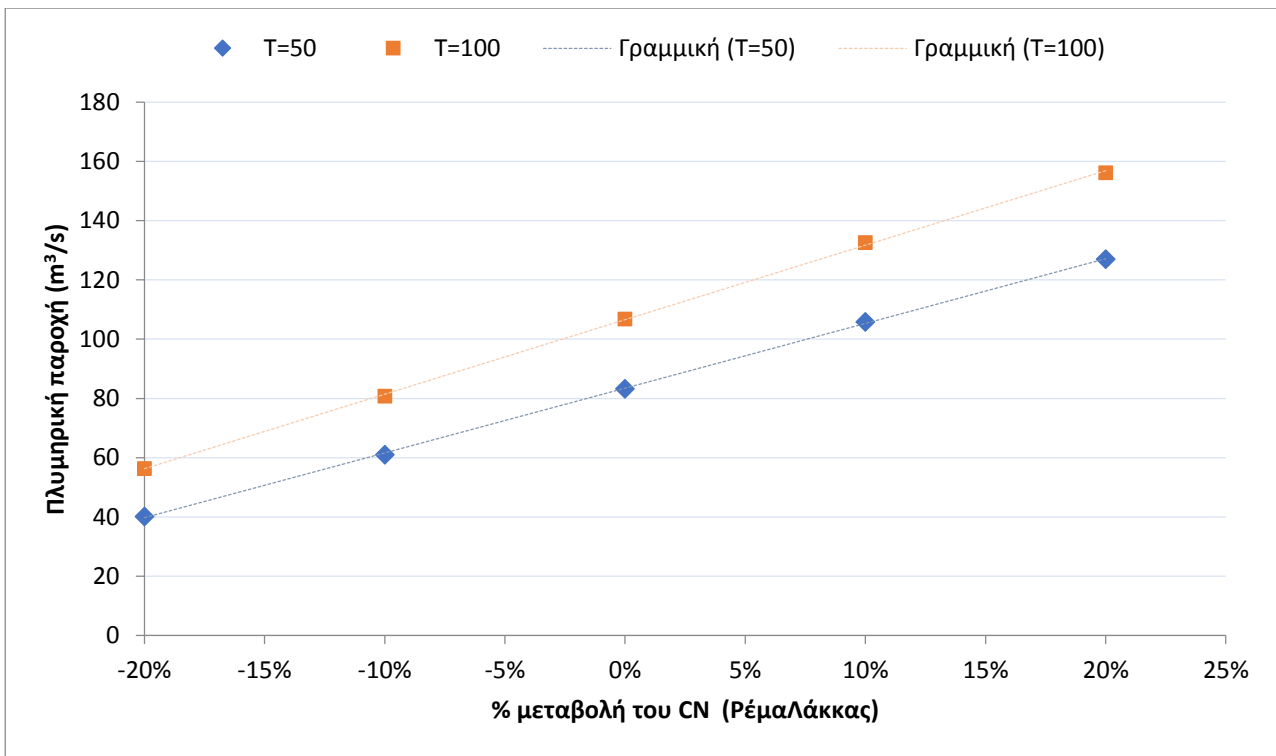


Εικόνα 6-5 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των

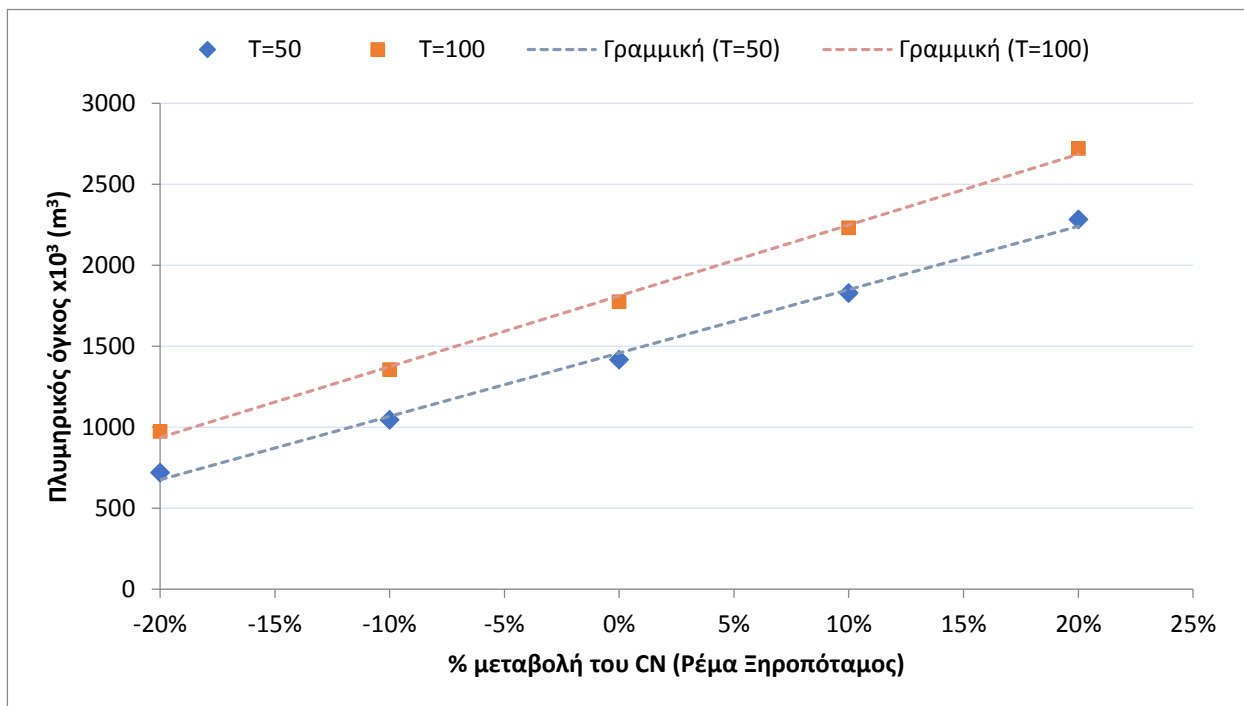
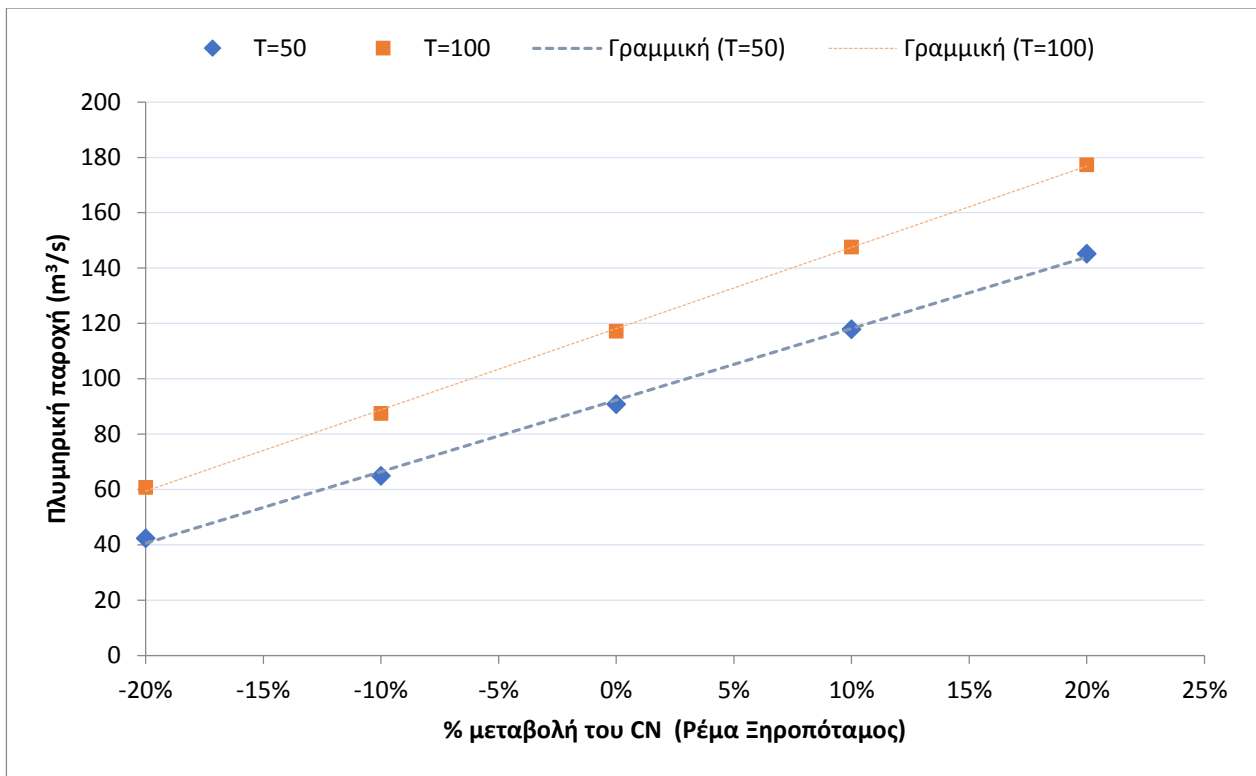
χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας - Μαυρουδίου



Εικόνα 6-6 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Τσιμπουρίκι



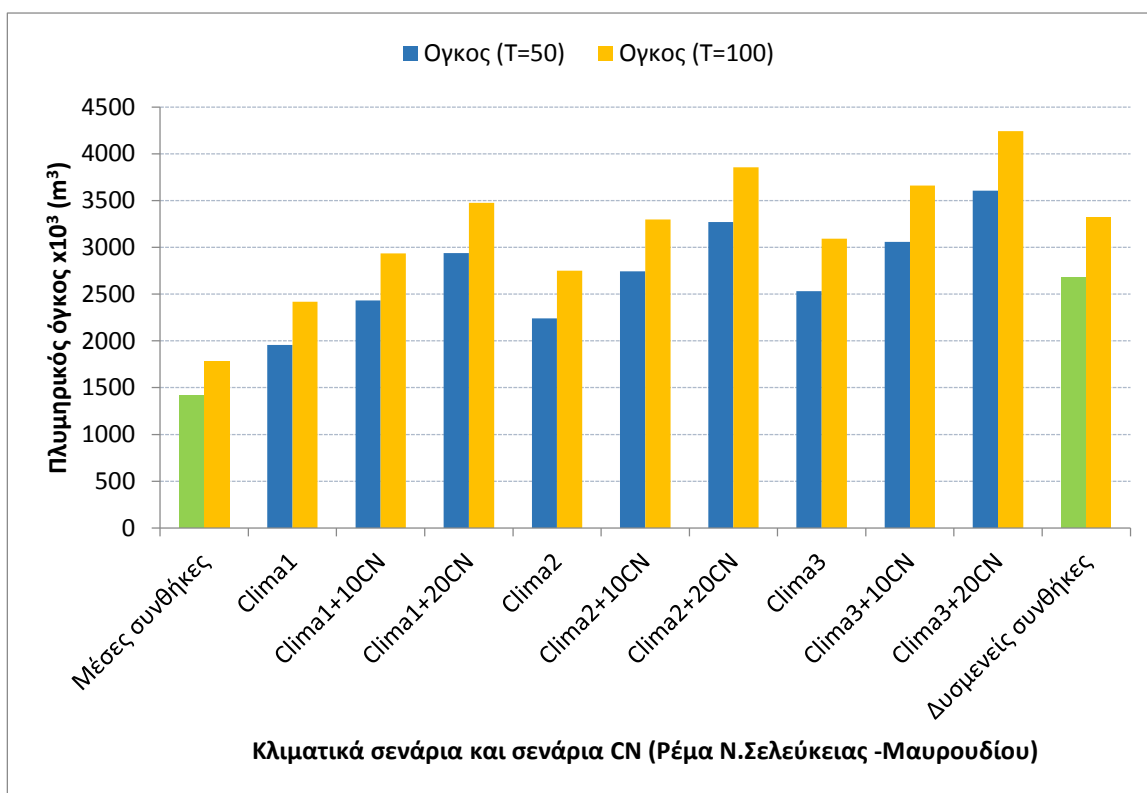
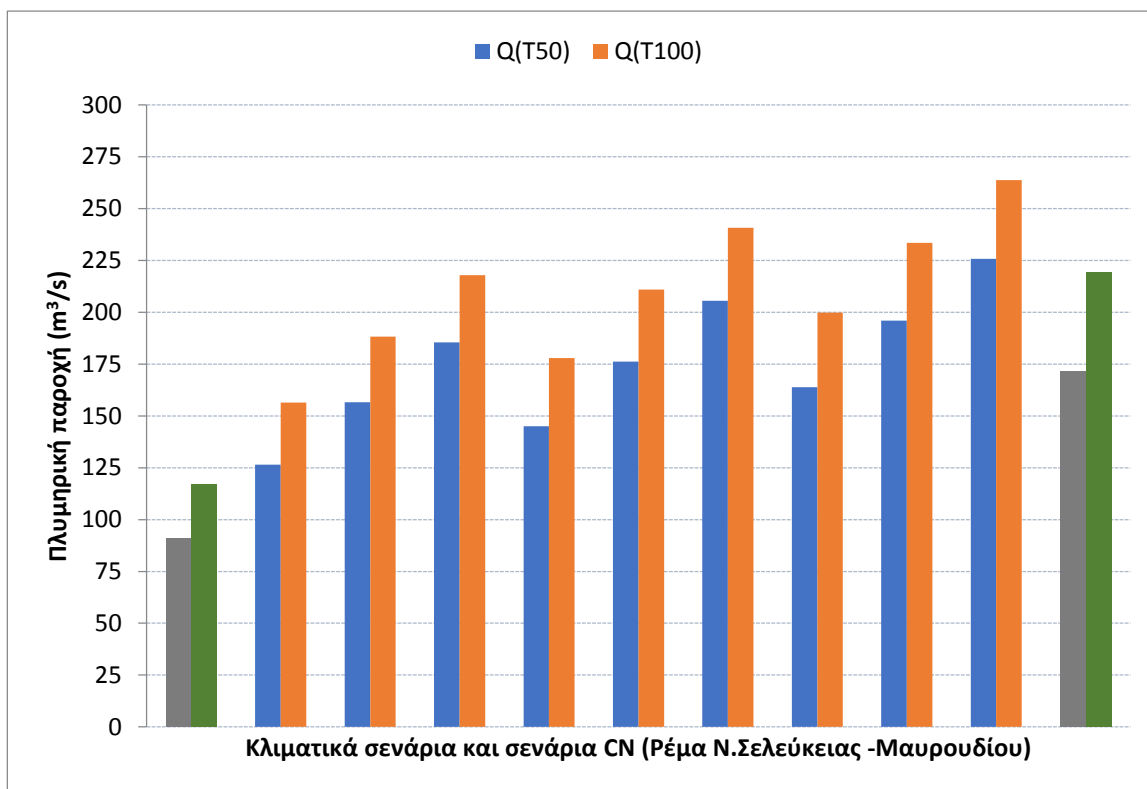
Εικόνα 6-7 Μεταβολή της πλυμμετρικής παροχής και του πλυμμετρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Λάκκας



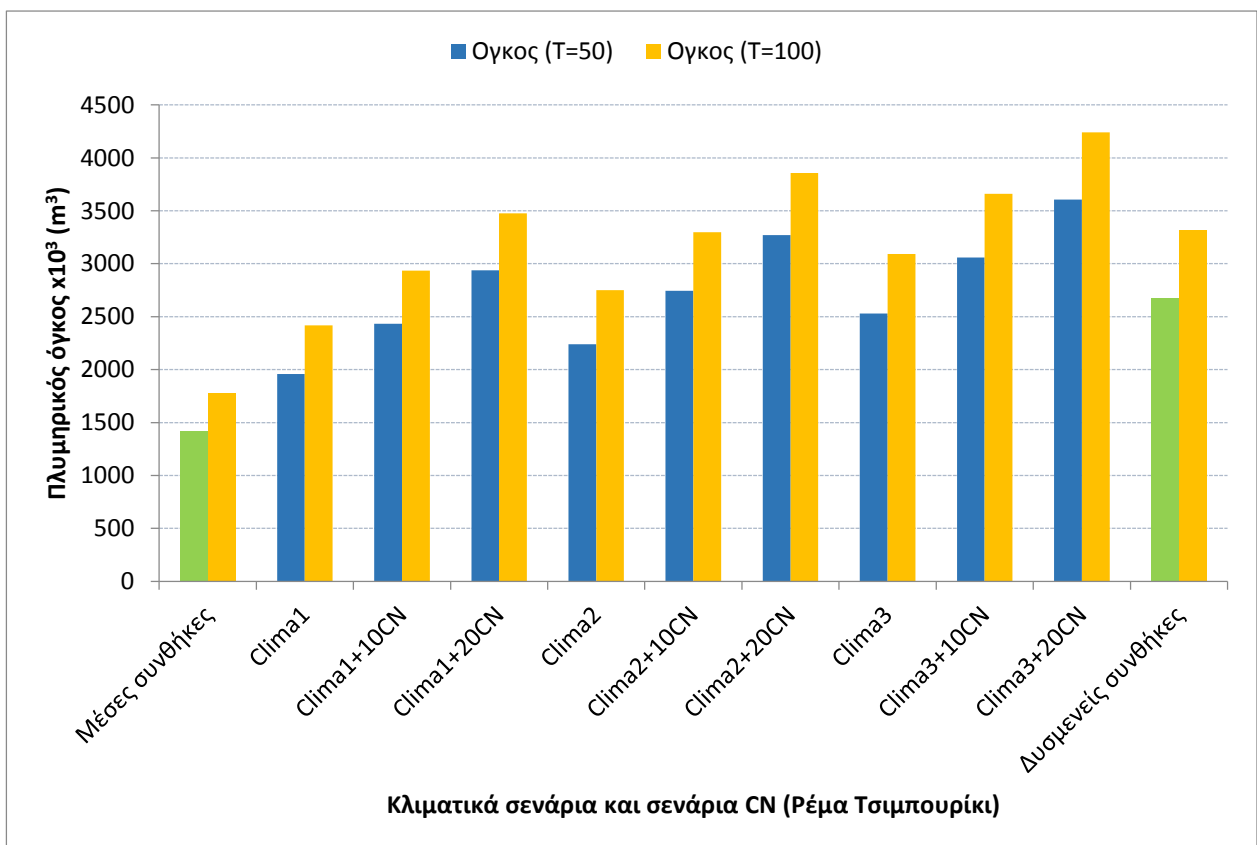
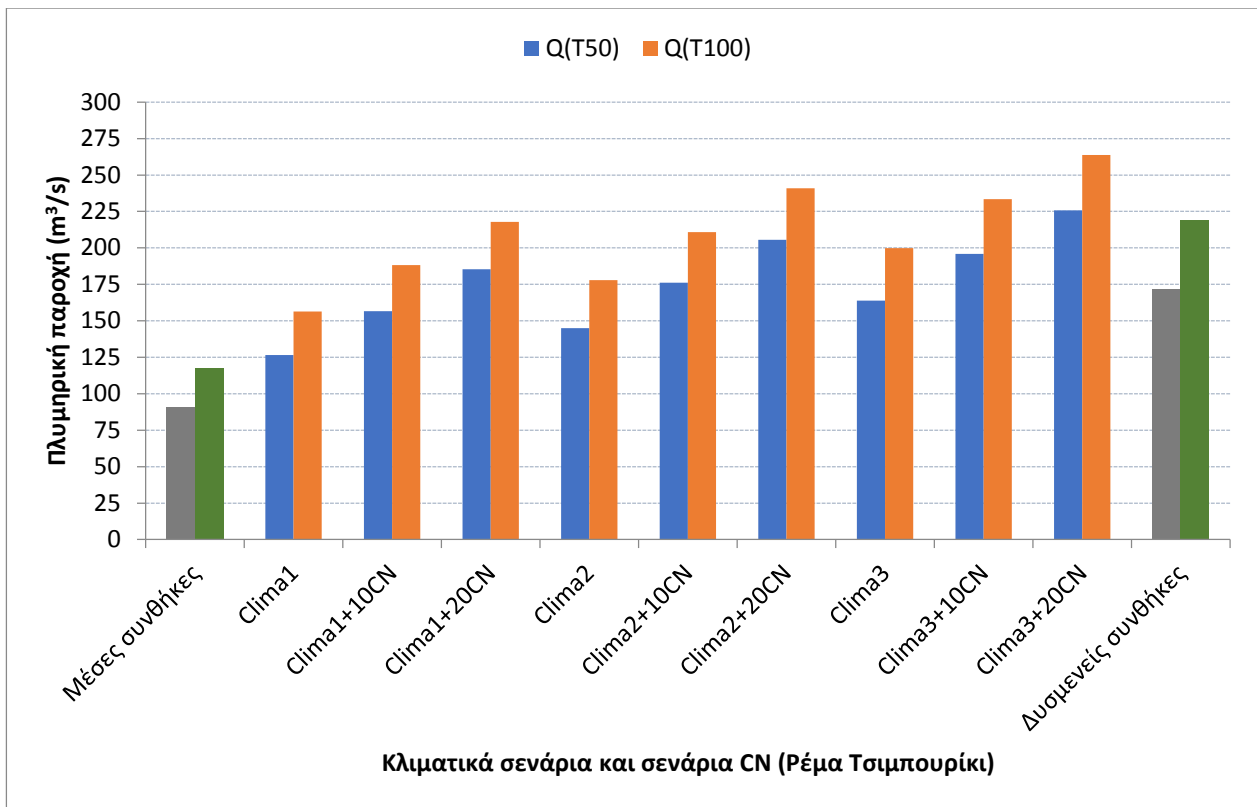
Εικόνα 6-8 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Ξηροπόταμος

Ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η διερεύνηση της συνδυασμένης μεταβολής των χρήσεων στην περιοχή, η οποία μπορεί να αποδοθεί με τη μεταβολή του συντελεστή CN της μεθόδου απωλειών της βροχόπτωσης SCS σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια της περιοχής. Τα αποτελέσματα

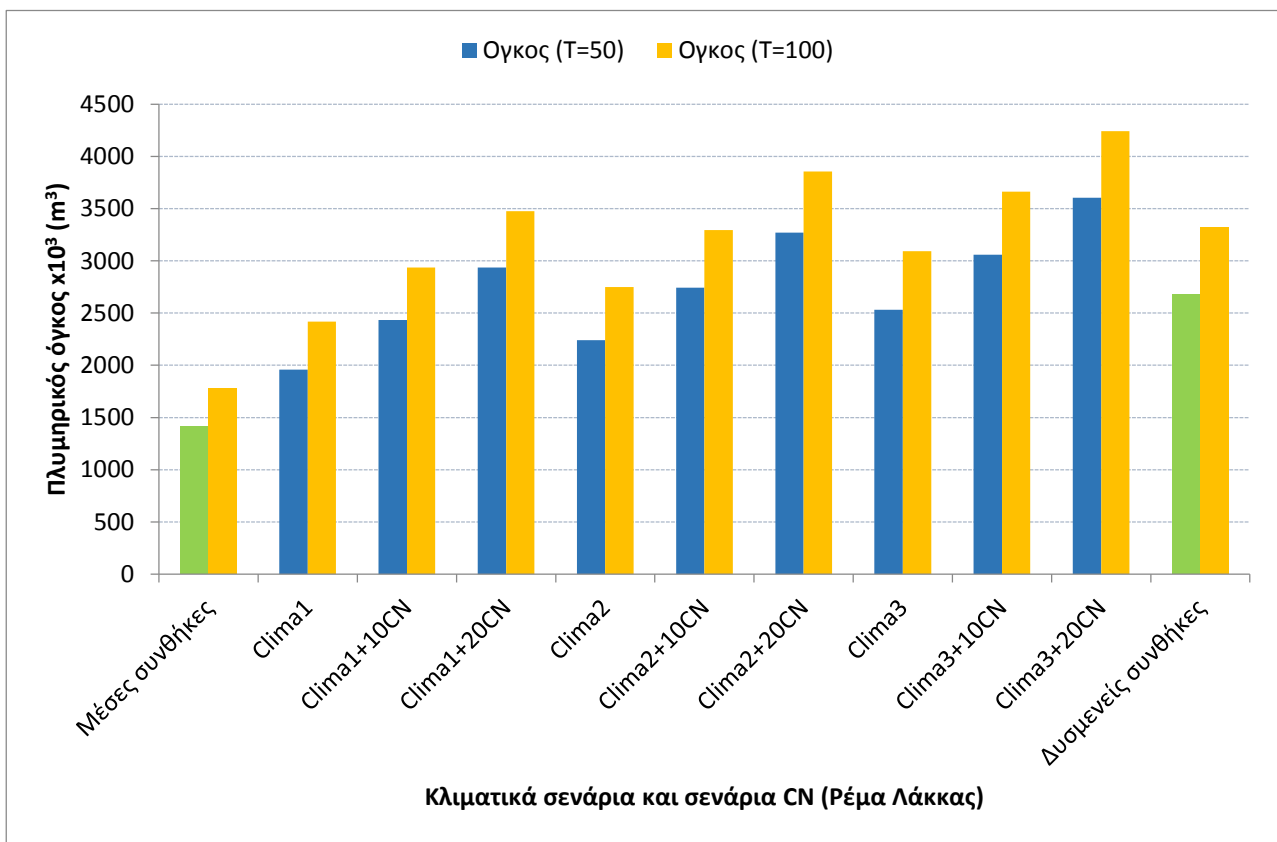
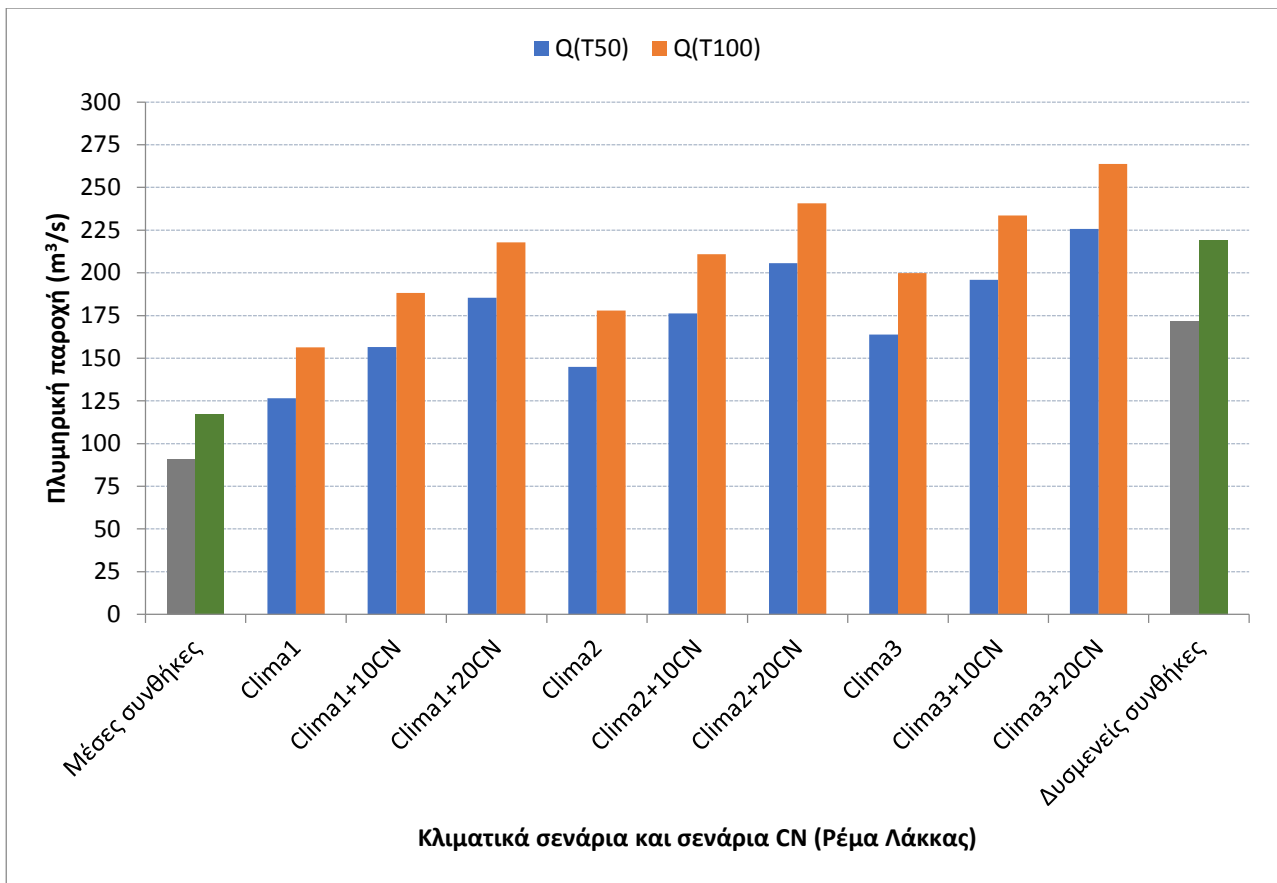
αξιολογούνται σε σχέση με την πρόταση η οποία δίνεται στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του ΥΔ Ηπείρου αναφορικά με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής.



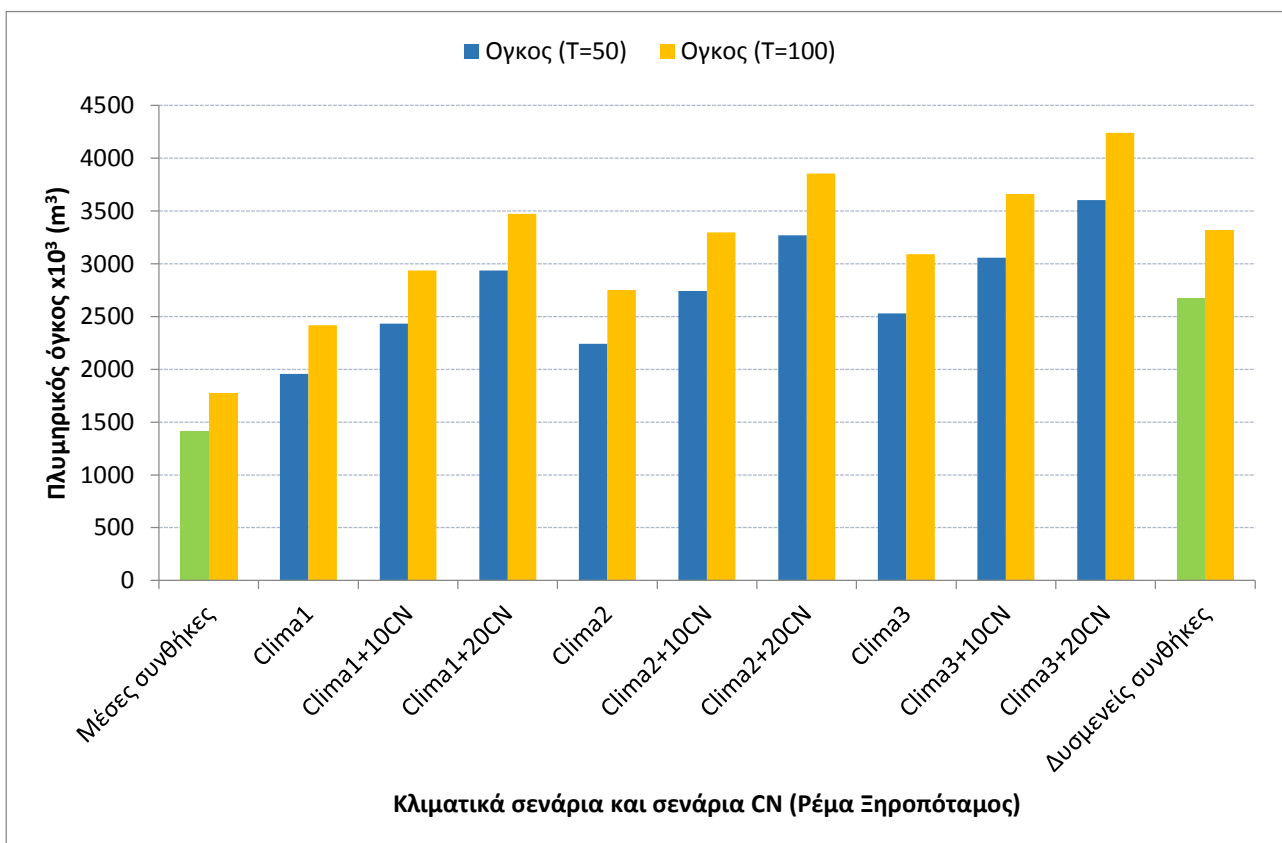
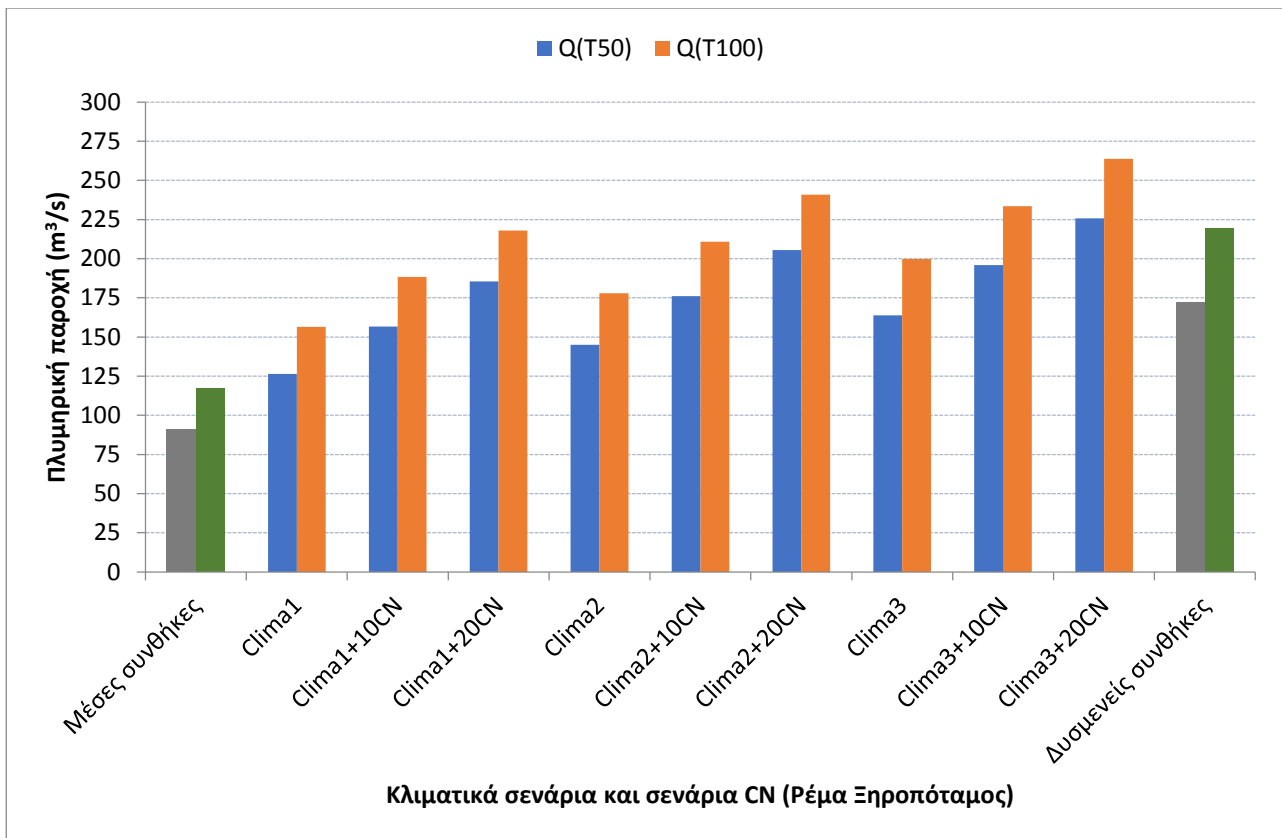
Εικόνα 6-9 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας - Μαυρουδίου



Εικόνα 6-10 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Τσιμπουρίκι



Εικόνα 6-11 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Λάκκας



Εικόνα 6-12 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τα κλιματικά σενάρια και τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Ξηροπόταμος

Πιο συγκεκριμένα η επίδραση αξιολογείται θεωρώντας δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες και λαμβάνοντας υπόψη (για το φαινόμενο της πλημμύρας) τα ανώτατα όρια εμπιστοσύνης των ομβρίων καμπυλών για την περιοχή.

Στα ανωτέρω διαγράμματα (Εικόνα 6-9 έως Εικόνα 6-12) δίνονται ως ακραία τμήματα οι μέσες και οι δυσμενείς συνθήκες που αναφέρονται σε κάθε ρέμα. Ενδιάμεσα δίνονται τα κλιματικά σενάρια και οι συνδυασμοί αυτών σε σχέση με τη μεταβολή του συντελεστή CN. Από τα διαγράμματα συμπεραίνονται τα παρακάτω:

- ✓ Τα κλιματικά σενάρια παρουσιάζουν πλημμυρικά μεγέθη μεγαλύτερα των μέσων υδρολογικών συνθηκών γεγονός το οποίο έχει αναφερθεί
- ✓ Από τα κλιματικά σενάρια τα δύο πρώτα (Clima1 και Clima2) παρουσιάζουν πλημμυρικά μεγέθη μικρότερα των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών
- ✓ **Το κλιματικό σενάριο Clima3 παρουσιάζει πλημμυρικά μεγέθη παρόμοια των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών**
- ✓ Το κλιματικό σενάριο **Clima1** για αύξηση του CN κατά 10% παρουσιάζει πλημμυρικά μεγέθη μικρότερα των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών, ενώ για **αύξηση του CN κατά 20% παρουσιάζει πλημμυρικά μεγέθη μεγαλύτερα των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών**
- ✓ Το κλιματικό σενάριο **Clima2** για αύξηση του CN κατά 10% παρουσιάζει πλημμυρικά μεγέθη παρόμοια των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών, ενώ για **αύξηση του CN κατά 20% παρουσιάζει πλημμυρικά μεγέθη μεγαλύτερα των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών**
- ✓ Το κλιματικό σενάριο **Clima3** για **αύξηση του CN κατά 10% ή κατά 20%** παρουσιάζει **πλημμυρικά μεγέθη πολύ μεγαλύτερα των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών. Το στοιχείο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για την κατάρτιση των χαρτών πλημμυρικού κινδύνου για την περιοχή.**
- ✓ Η θεώρηση των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών ως παράγοντας ο οποίος λαμβάνει υπόψη την επίδραση της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζει αβεβαιότητες, οι οποίες σε συνδυασμό με την επίδραση των χρήσεων γης ή/και των υδρολογικών συνθηκών υποεκτιμούν τα πλημμυρικά μεγέθη.

6.5 Επιλογή σεναρίων

Από την παραπάνω ανάλυση αρχικά διαπιστώνεται η αξιοπιστία του συστήματος στην καταγραφή και την ποσοτική προσομοίωση του συστήματος αναφορικά με την εκτίμηση της παροχής και της στάθμης των υδάτων ως ένα σύστημα λειτουργικό για την προστασία της περιοχής μελέτης.

Επίσης από την αξιολόγηση των κλιματικών μοντέλων και των σεναρίων μεταβολών των χρήσεων γης διαπιστώνεται πως η θεώρηση των δυσμενών υδρολογικών συνθηκών ως παράγοντας ο οποίος λαμβάνει υπόψη την επίδραση της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζει αβεβαιότητες, οι οποίες σε συνδυασμό με την επίδραση των χρήσεων γης ή/και των υδρολογικών συνθηκών υποεκτιμούν τα πλημμυρικά μεγέθη.

Για την κατάρτιση των χαρτών κινδύνων πλημμύρας για την περιοχή προτείνεται η σύνταξη χαρτών για τα κλιματικά μοντέλα Clima1, Clima2, Clima3 και για το ακραίο σενάριο Clima3+20CN% (κλιματικό σενάριο αύξησης των μεγίστων βροχοπτώσεων κατά 40% και αύξησης του συντελεστή CN κατά 20%).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bank of Greece, 2011. The environmental, economic and social impacts of climate change in Greece. Climate Change Impacts Study Committee
- Brunne, W. G., 2016, HEC –RAS Hydraulic reference, US Army Corps of Engineers, pp. 538.
- Chow V.T, Maidment D.R. and Mays L.W. (1988), Applied Hydrology. McGraw-Hill Publishing Company Climate Change Impacts Study Committee
- Cunge, J.A. 1969. On the subject of a flood propagation method (Muskingum method). J. Hydraulics Res. 7(2):205-230
- EFAS, 2017. European Flood Alerting System. Διαθέσιμο στο (περιγραφή):<https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/floods>, <https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/flood-forecasts-european-flood-alerting-system> και στο (εφαρμογή): <http://www.efas.eu/>
- Galiouna, E., Efstratiadis, A., Mamassis, N., and Aristeidou, K.: Investigation of extreme flows in Cyprus: empirical formulas and regionalization approaches for peak flow estimation, EGU General Assembly 2011, Geophys. Res. Abstr., 13, 2077, <http://itia.ntua.gr/1117/>, Vienna, 2011.
- HEC-GeoHMS User's Manual, 2010, US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineer Center.
- Koutsoyiannis, D., (1994) Astochastic disaggregation method for desing storm and flood synthesis, Journal Hdydrol., 156, 193-225
- Linsley, R.K., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulhus, Hydrology for Engineers, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1975.
- Miliani, F., Ravazzani, G., Mancini, M., 2011. Adaption of precipitation index for the estimation of antecedent moisture condition in large mountainous basins. Journal of hydrologic engineering © 2011 American Society of Civil Engineers, 221
- Ponce, V. M., and R. H. Hawkins. 1996. Runoff curve number: Has it reached maturity? J. Hydrol. Eng. 1(1): 11-19.
- Stylios C., Groumpos P.P. (Eds), 2009. SFINX - Integrated information system for natural disaster management: Methodologies, approaches, case studies, good practices. PatrasSciencePark. Έκδοση στο πλαίσιο του έργου Ενιαίο Πληροφοριακό σύστημα για την Αποτελεσματική Ανίχνευση , Εκτίμηση, Πρόληψη Και Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών (ΣΦΙΝΞ) - ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑ INTERREGIIIIC ΕΛΛΑΔΑ-ΙΤΑΛΙΑ (2000-2006)
- Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., Rafaj, P. (2011). RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. Climatic Change, 109(1–2), 33–57. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0149-y>
- Sutcliffe, J. V. 1978 Methods of flood estimation: a guide to the Flood Studies Report. Wallingford, Institute of Hydrology, 50pp. (IH Report No.49)
- Thomson, A. M., Calvin, K. V., Smith, S. J., Kyle, G. P., Volke, A., Patel, P., Edmonds, J. A. (2011). RCP4.5: A pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. Climatic Change, 109(1), 77–94. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0151-4>
- William, A., Fleming, M., Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual, 2010.
- Zarris, D., Koutsoyiannis, D. & Karavokiros, G. (1998) A simple stochastic rainfall disaggregation scheme for urban drainage modelling. In: Proc. Fourth Int. Conf. on Developments in Urban Drainage Modelling (ed. by D. Butler & C. Maksimovic), 85–92. IAWQ/UNESCO/ImperialCollege, London.
- A. Ευστρατιάδης, Δ. Κουτσογιάννης, Ν. Μαμάσης, Π. Δημητριάδης, και Α. Μαχαίρας, Βιβλιογραφική επισκόπηση υδρολογίας πλημμυρών και συναφών εργαλείων, ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής

μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων, Ανάδοχοι: ΕΤΜΕ: Πέππας & Συν/τες Ε.Ε., Γραφείο Μαχαίρα, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 115 pages, Οκτώβριος 2012.

Αθηναϊκή ΤΕΜ, 2005. Υδρολογική Μελέτη ρεμάτων 4ης και 5ης πολεοδομικής ενότητας σχεδίου πόλης Ηγουμενίτσας».

Γιαννακόπουλος Χ., 2015. Κλιματική αλλαγή και επιπτώσεις στη γεωργία στον ελλαδικό χώρο. Παρουσίαση της εφαρμογής <http://www.meteo.noa.gr/oikoskorio/tou> Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Σεμινάριο έργου ETCP GR-IT 2007-2013 IRMA.

Ε. Μόσχου, Διερεύνηση πλημμυρικής κατάκλυσης σε συνθήκες μη μόνιμης ροής με τη χρήση λογισμικών υδραυλικής προσομοίωσης. Εφαρμογή στον Πηνειό Θεσσαλίας, MSc thesis, 119 pages, Οκτώβριος 2014.

ΕΓΥ (Ειδική Γραμματεία Υδάτων), 2013. Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05). Διαθέσιμο στο: http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=113&Itemid=19

ΕΓΥ, 2018. Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (EL05) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, (ΦΕΚ 2684/Β/2018)

ΕΕ - ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων. Διαθέσιμη στο: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

ΕΕ, 2007. ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23ης Οκτωβρίου 2007 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Διαθέσιμη στο: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=VWgl%2B6AhMdU%3D&tabid=252>

Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας - Υδροσκόπιο, 2017. Δεδομένα. Διαθέσιμα στο: <http://hydroscope.gr/>, προσπελάστηκε: 1/3/2017

ΕΜΥ, 2017. Κλιματικός Άτλαντας Ελλάδας. Διαθέσιμος στο: <http://climatlas.hnms.gr/>, προσπελάστηκε: 1/3/2017

Ινστιτούτο Γεωλογιών & Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2016. Εκτίμηση πλημμυρικού κίνδυνου με τη χρήση Γ.Σ.Π. στην ευρύτερη υδρολογική λεκάνη της Ηγουμενίτσας. Ομάδα εργασίας: Μπαρσάκη Β., Γαλανάκης Δ., και Γεωργίου Χαρ.

Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος, Θ., 1997. Τεχνική Υδρολογία. Έκδοση 3, ΕΜΠ. Αθήνα, 152.

Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος, Θ., 1999. Τεχνική Υδρολογία. Έκδοση 3, ΕΜΠ. Αθήνα, 152.

Κουτσογιάννης, Δ., 2001. Υδρολογική Μελέτη Πλημμυρών, Μελέτη δίαιτας π. Ποταμού Κέρκυρας, Ανάθεση: Αναπτυξιακή Επιχείρηση Δήμου Κερκυραίων, Ανάδοχος: Μ. Παπακώστα, 46 pages, Αθήνα.

Κωτούλας, Δ., 2001. Υδρολογία και υδραυλική φυσικού περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη, 8-11, 35-36, 90-92, 208-209.

Μιμίκου, Μ. και Μπαλάς, Ε., Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 297 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003.

Ντοανίδης, Λ., Συγκριτική εφαρμογή του υδρολογικού ομοιώματος HEC-HMS σε ενιαία και ημικαταμεμημένη μορφή στη λεκάνη του ποταμού Καλαμά, Μεταπτυχιακή εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007.

ΟΜΟΕ- ΑΣΥΕΟ, (2002) Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων Αποχέτευση - Στράγγιση – Υδραυλικά Έργα Οδών, ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΓΔΕ, σελ.

Παπαμηχαήλ, Δ., 2004. Τεχνική υδρολογία επιφανειακών υδάτων. Θεσσαλονίκη, 181-189, 192-193, 285-287, 287-293.

Ροίκος, 2009. Μελέτη έργων αντιπλημμυρικής προστασίας Δ.Δ. Γραικοχωρίου και Λαδοχωρίου, Μελέτη οριοθέτησης ρέματος Λάκκας, Μελέτη οριοθέτησης ρέματος Ξηροπόταμου.

Σούλιος, Γ., 1996. Γενική υδρογεωλογία, Πρώτος τόμος. Θεσσαλονίκη, 22-23, 74.

Σύμφωνο των Δημάρχων για το Κλίμα και την Ενέργεια, 2017. Adaption to climate change. Διαθέσιμο στο: <http://www.eumayors.eu/Adaptation-to-climate-change,2388.html>

ΤΕΙ Ηπείρου, URBAN: Ολοκληρωμένο Πλαίσιο Βέλτιστης Διαχείρισης, Προστασίας και Αξιοποίησης του Αστικού και Περιαστικού Πράσινου. Έργο ΠΕΠ Ηπείρου 2007-2013 ΝΕΑ ΓΝΩΣΗ. Διαθέσιμο στο: <http://urbantreemanagement.teiep.gr/>. Προσπελάστηκε: 1/2/2017.

Τσακίρης, Γ., 1995. Υδατικοί πόροι. Ι. Τεχνική υδρολογία. Αθήνα, 301-306, 393,397, 148, 483-491, 409-410.

ΥΠΕΚΑ 2017α. Διαδικτυακός τόπος Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων. Διαθέσιμος στο: <http://floods.ypeka.gr/index.php>. Προσπελάστηκε: 1/2/2017.

ΥΠΕΚΑ 2017β, ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Αριθ. οικ.: 11258 Εξειδίκευση περιεχομένου Περιφερειακών Σχεδίων για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ), σύμφωνα με το άρθρο 43 τουν. 4414/2016 (Α'149). ΦΕΚ 873 Β 16/3/2017

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πλημμυρικά υδρογραφήματα στην έξοδο των ρεμάτων Ξηροπόταμος, Λάκκα, Νέα Σελεύκεια – Μαουρουδίου και Τσιμπουρίκι, για περίοδο επαναφοράς $T=50$ και $T=100$, για διάρκεια βροχόπτωσης $d=12h$

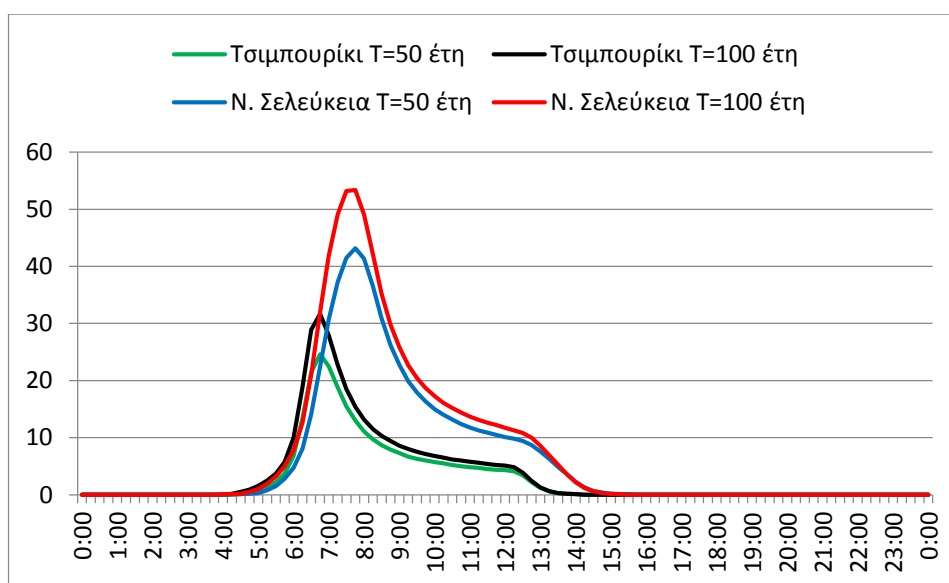
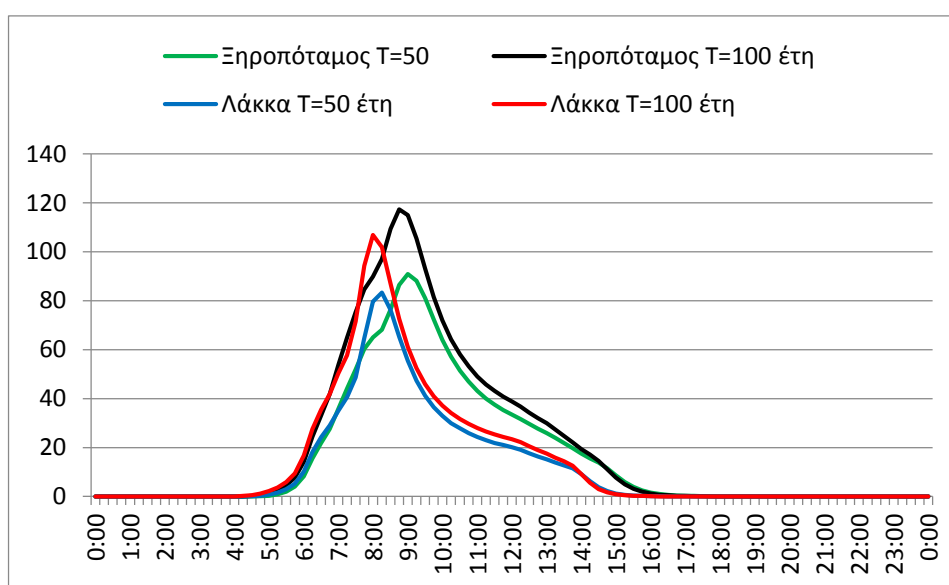
- A. Μέσες υδρολογικές συνθήκες (διάρκεια βροχόπτωσης $d=12h$)
- B. Δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες (διάρκεια βροχόπτωσης $d=12h$)
- Γ. Clima1 (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 20%, διάρκεια βροχόπτωσης $d=12h$)
- Δ. Clima2 (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 30%, διάρκεια βροχόπτωσης $d=12h$)
- Ε. Clima3 (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 40%, διάρκεια βροχόπτωσης $d=12h$)
- Z. Clima3+20%CN (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 40%, και αύξηση του συντελεστή CN κατά 20%, διάρκεια βροχόπτωσης $d=12h$)

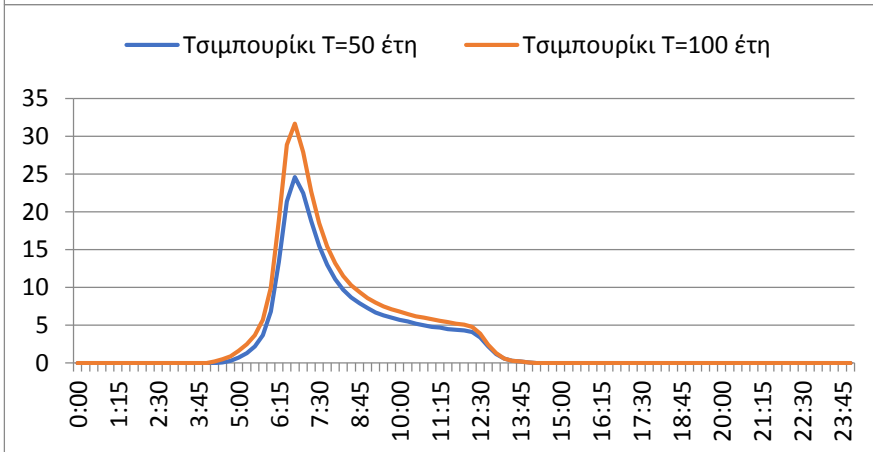
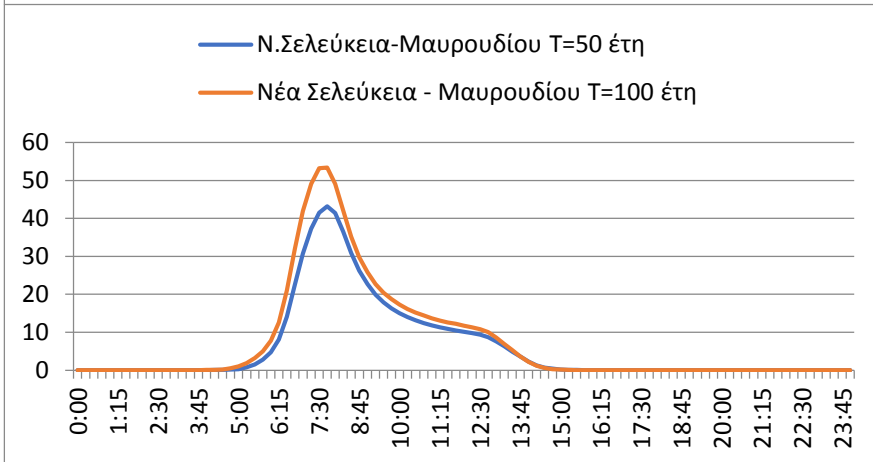
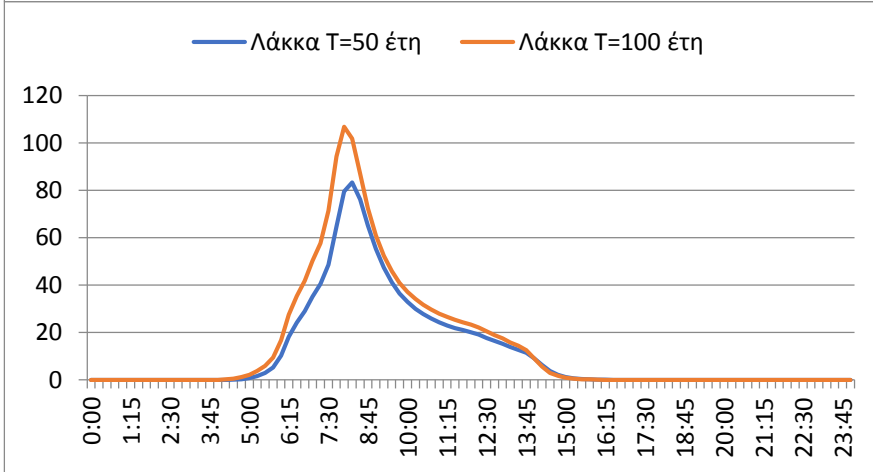
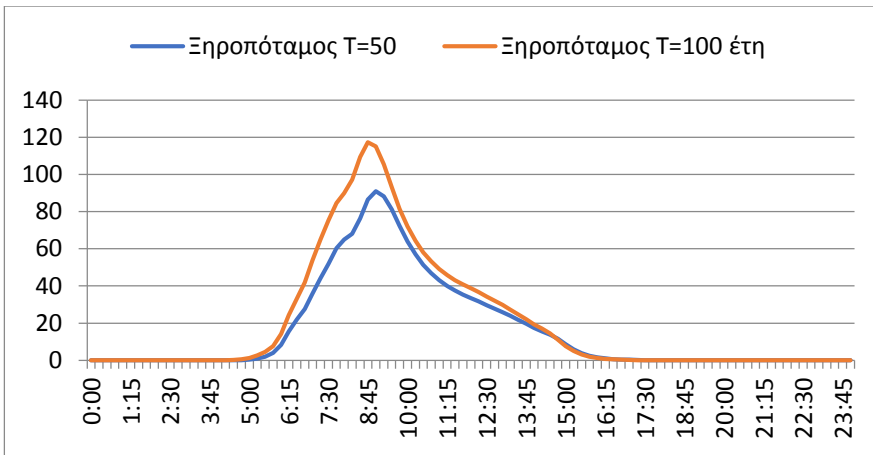
Α. Μέσες υδρολογικές συνθήκες (διάρκεια βροχόπτωσης d=12h)

Χρόνος	T=50 έτη				T=100έτη			
	Ξηροπόταμος	Λάκκα	N. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι	Ξηροπόταμος	Λάκκα	N. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0.1	0
4:15	0	0	0.1	0	0	0.2	0.1	0.2
4:30	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	0.5
4:45	0.1	0.3	0.2	0.3	0.5	1.2	0.5	0.9
5:00	0.3	0.8	0.3	0.7	1.3	2.2	1	1.6
5:15	0.9	1.6	0.8	1.3	2.6	3.7	1.9	2.5
5:30	2	3	1.5	2.2	4.6	5.9	3.2	3.7
5:45	4	5.2	2.8	3.7	7.7	9.4	5	5.7
6:00	8.3	10.2	4.7	6.8	14.1	16.7	7.8	10
6:15	15.6	18.2	8.1	13.4	24.4	27.6	12.6	18.9
6:30	21.9	24.2	14.1	21.4	33.1	35.4	21	28.9
6:45	27.6	29	22.5	24.6	41.8	41.9	32	31.7
7:00	35.9	35.1	30.7	22.5	53.8	50.3	41.9	27.9
7:15	44.1	40.5	37.3	18.8	64.9	57.7	49.1	22.7
7:30	51.9	48.6	41.5	15.5	75.3	71.5	53.2	18.5
7:45	60.3	64.7	43.2	13	84.6	94.3	53.4	15.4
8:00	65	79.6	41.4	11.1	89.9	106.9	49.1	13.2
8:15	68.1	83.3	36.5	9.7	97.1	101.9	42.1	11.5
8:30	76.4	76.2	30.9	8.7	109.4	87	35.2	10.3
8:45	86.4	65.3	26.2	7.9	117.3	72.6	29.8	9.4
9:00	90.9	55.4	22.7	7.3	115	61.1	25.8	8.6
9:15	88.2	47.4	19.9	6.7	105.4	52.4	22.7	8
9:30	81.1	41.2	17.9	6.3	93.1	45.9	20.4	7.5
9:45	72.3	36.5	16.3	6	81.5	40.9	18.7	7.1

10:00	64	32.9	15	5.7	72	37.1	17.3	6.8
10:15	57.1	30	14	5.5	64.2	34.1	16.1	6.5
10:30	51.4	27.8	13.2	5.2	58.1	31.7	15.2	6.2
10:45	46.9	25.9	12.4	5	53.2	29.7	14.4	6
11:00	43.1	24.3	11.8	4.8	49.1	28	13.7	5.8
11:15	40	23	11.3	4.7	45.8	26.6	13.1	5.6
11:30	37.5	21.9	10.9	4.5	43.1	25.4	12.6	5.4
11:45	35.3	21	10.5	4.4	40.8	24.3	12.2	5.2
12:00	33.5	20.1	10.1	4.3	38.8	23.4	11.7	5.1
12:15	31.7	19.1	9.8	4.1	36.7	22.2	11.3	4.8
12:30	29.7	17.7	9.4	3.4	34.3	20.5	10.8	3.9
12:45	27.7	16.4	8.7	2.2	32	18.9	10	2.4
13:00	25.9	15.2	7.6	1.2	29.9	17.5	8.6	1.3
13:15	23.9	13.9	6.3	0.6	27.3	15.8	6.9	0.6
13:30	21.8	12.7	4.9	0.3	24.7	14.4	5.3	0.3
13:45	19.7	11.5	3.6	0.2	22.1	12.5	3.6	0.2
14:00	17.5	9.2	2.3	0.1	19.4	9.1	2.2	0.1
14:15	15.5	6.3	1.3	0	17.1	5.6	1.2	0
14:30	13.8	3.8	0.7	0	14.5	3	0.6	0
14:45	11.5	2.2	0.4	0	11.1	1.7	0.3	0
15:00	8.6	1.2	0.2	0	7.7	0.9	0.2	0
15:15	5.9	0.7	0.1	0	5	0.5	0.1	0
15:30	3.9	0.4	0.1	0	3.1	0.3	0	0
15:45	2.5	0.2	0	0	1.9	0.2	0	0
16:00	1.6	0.1	0	0	1.2	0.1	0	0
16:15	1	0.1	0	0	0.7	0	0	0
16:30	0.6	0	0	0	0.5	0	0	0
16:45	0.4	0	0	0	0.3	0	0	0
17:00	0.3	0	0	0	0.2	0	0	0
17:15	0.2	0	0	0	0.1	0	0	0
17:30	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
17:45	0.1	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0

21:15	0	0	0	0	0	0	0	0
21:30	0	0	0	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:15	0	0	0	0	0	0	0	0
22:30	0	0	0	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:15	0	0	0	0	0	0	0	0
23:30	0	0	0	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0



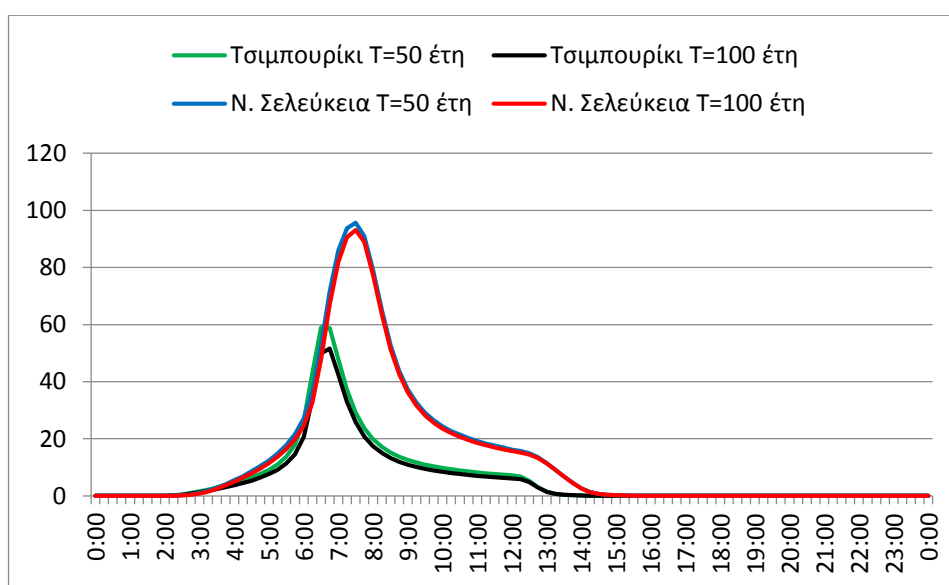
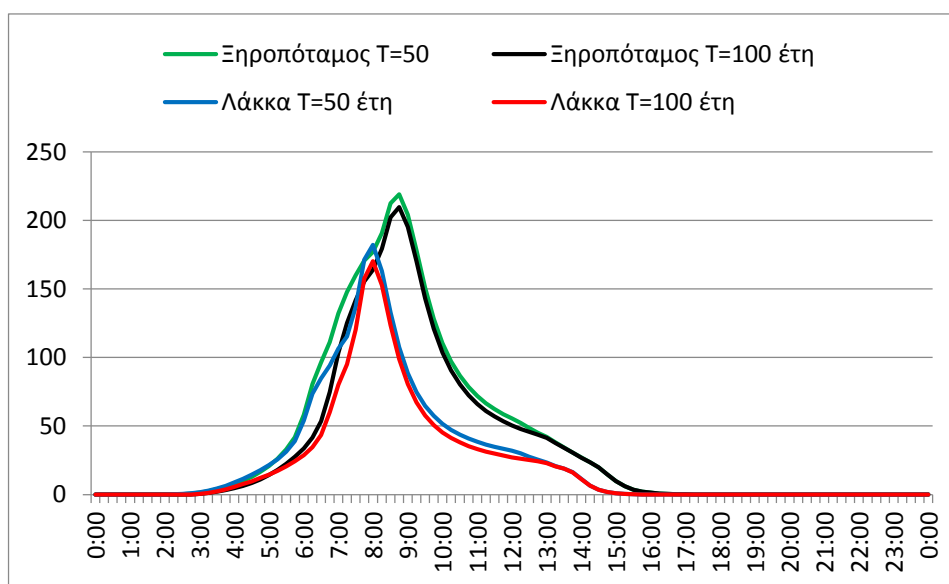


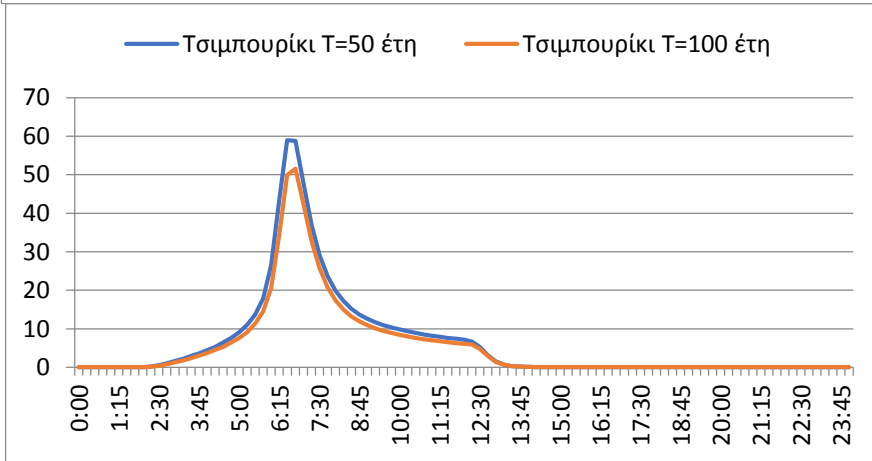
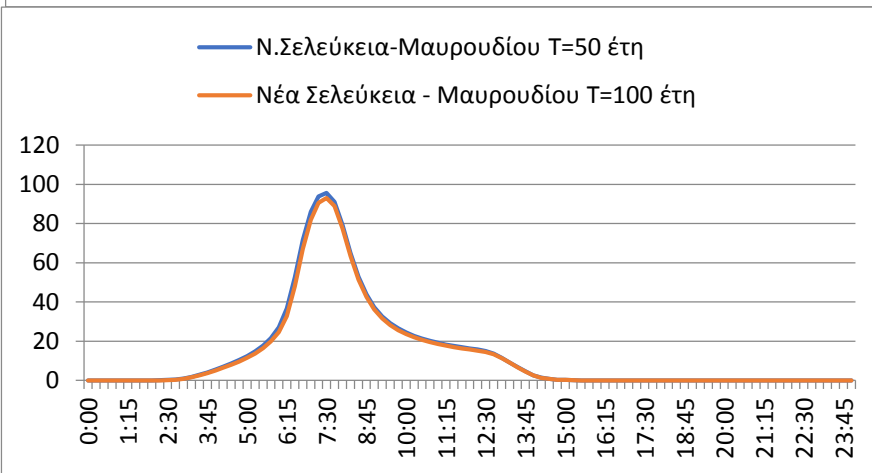
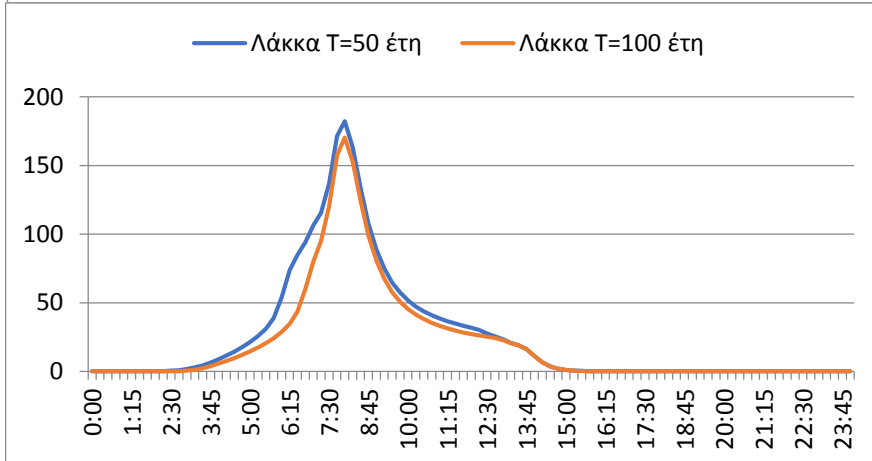
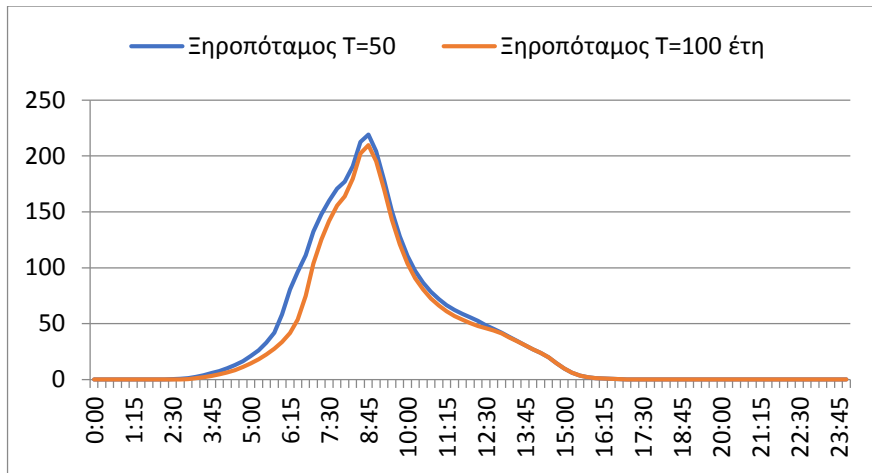
Β. Δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες (διάρκεια βροχόπτωσης d=12h)

Χρόνος	T=50 έτη				T=100έτη			
	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0.1	0.2	0.1	0.2	0	0	0	0.1
2:30	0.3	0.5	0.2	0.5	0	0	0.1	0.4
2:45	0.6	0.9	0.5	1	0.1	0.1	0.3	0.8
3:00	1.3	1.7	1	1.6	0.4	0.5	0.8	1.3
3:15	2.4	2.8	1.8	2.2	1.1	1.2	1.5	1.8
3:30	3.9	4.4	2.9	2.9	2.1	2.3	2.5	2.4
3:45	5.7	6.4	4.1	3.6	3.3	3.8	3.7	3
4:00	7.6	8.8	5.5	4.4	4.7	5.6	5	3.7
4:15	10	11.5	6.9	5.3	6.3	7.6	6.4	4.5
4:30	12.9	14.4	8.6	6.4	8.4	9.7	7.9	5.3
4:45	16.5	17.7	10.4	7.6	11.1	12.1	9.6	6.4
5:00	20.9	21.4	12.4	9.1	14.3	14.6	11.5	7.6
5:15	26.2	25.7	14.8	11	18.1	17.4	13.7	9.1
5:30	32.9	31.2	17.7	13.7	22.4	20.5	16.4	11.3
5:45	41.9	38.9	21.5	17.8	27.5	24.2	19.8	14.5
6:00	58.2	53.9	27.1	26.5	33.6	28.7	24.6	20.6
6:15	80.5	73.7	36.7	43.2	41.6	34.5	32.8	34.2
6:30	96.4	84.8	52.6	59	53.5	43.4	47.9	49.9
6:45	111.3	94.1	71.7	58.8	74.8	60.1	67.1	51.6
7:00	132.3	106.5	86	47.8	103.6	80.2	82	42.4
7:15	147.8	115.5	93.8	37.1	125.2	95	90.6	32.9
7:30	159.9	136.8	95.7	29.2	141.7	120.2	93.1	25.8
7:45	170.8	171.4	91	23.7	155.6	157.6	88.9	20.8
8:00	177	182.3	79.3	19.9	164	170.4	77.5	17.4
8:15	190.9	163.1	65	17.2	179.5	152.7	63.5	15
8:30	212.6	133	52.8	15.2	202.3	123.6	51.4	13.2
8:45	219.1	107.5	43.8	13.7	209.7	98.9	42.6	11.9
9:00	204.1	88.6	37.3	12.6	195.4	80.6	36.2	10.9
9:15	178.3	74.8	32.6	11.7	170.2	67.3	31.6	10.1
9:30	150.9	64.8	29.1	10.9	143.3	57.8	28.2	9.4
9:45	128.2	57.4	26.5	10.3	121	50.7	25.6	8.9

10:00	110.6	51.7	24.4	9.8	103.8	45.4	23.6	8.4
10:15	97.1	47.3	22.7	9.3	90.6	41.3	22	8
10:30	86.6	43.8	21.4	8.9	80.4	38	20.6	7.6
10:45	78.4	40.9	20.2	8.5	72.4	35.3	19.5	7.3
11:00	71.9	38.5	19.2	8.2	66.1	33.2	18.5	7
11:15	66.6	36.5	18.3	7.9	61	31.3	17.7	6.8
11:30	62.3	34.8	17.6	7.6	56.9	29.8	16.9	6.5
11:45	58.7	33.3	16.9	7.4	53.5	28.4	16.3	6.3
12:00	55.6	31.9	16.2	7.2	50.5	27.2	15.7	6.1
12:15	52.4	30.2	15.7	6.7	48	26.2	15.1	5.9
12:30	48.6	27.6	14.9	5.3	45.8	25.2	14.5	4.8
12:45	45.2	25.4	13.6	3.1	43.8	24.3	13.3	2.9
13:00	42	23.3	11.5	1.5	41.3	22.8	11.3	1.4
13:15	38.1	20.9	9.1	0.7	37.7	20.6	9.1	0.7
13:30	34.3	19	6.8	0.3	34.1	18.9	6.7	0.3
13:45	30.7	16.3	4.6	0.2	30.6	16.2	4.5	0.2
14:00	27	11.4	2.6	0.1	26.9	11.3	2.6	0.1
14:15	23.7	6.6	1.4	0	23.7	6.6	1.3	0
14:30	19.9	3.5	0.7	0	19.9	3.5	0.7	0
14:45	14.8	1.9	0.3	0	14.8	1.9	0.3	0
15:00	9.9	1	0.2	0	9.9	1	0.2	0
15:15	6.1	0.5	0.1	0	6.1	0.5	0.1	0
15:30	3.6	0.3	0	0	3.6	0.3	0	0
15:45	2.2	0.1	0	0	2.2	0.1	0	0
16:00	1.3	0.1	0	0	1.3	0.1	0	0
16:15	0.8	0	0	0	0.8	0	0	0
16:30	0.5	0	0	0	0.5	0	0	0
16:45	0.3	0	0	0	0.3	0	0	0
17:00	0.2	0	0	0	0.2	0	0	0
17:15	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
17:30	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
17:45	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0

21:15	0	0	0	0	0	0	0	0
21:30	0	0	0	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:15	0	0	0	0	0	0	0	0
22:30	0	0	0	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:15	0	0	0	0	0	0	0	0
23:30	0	0	0	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0



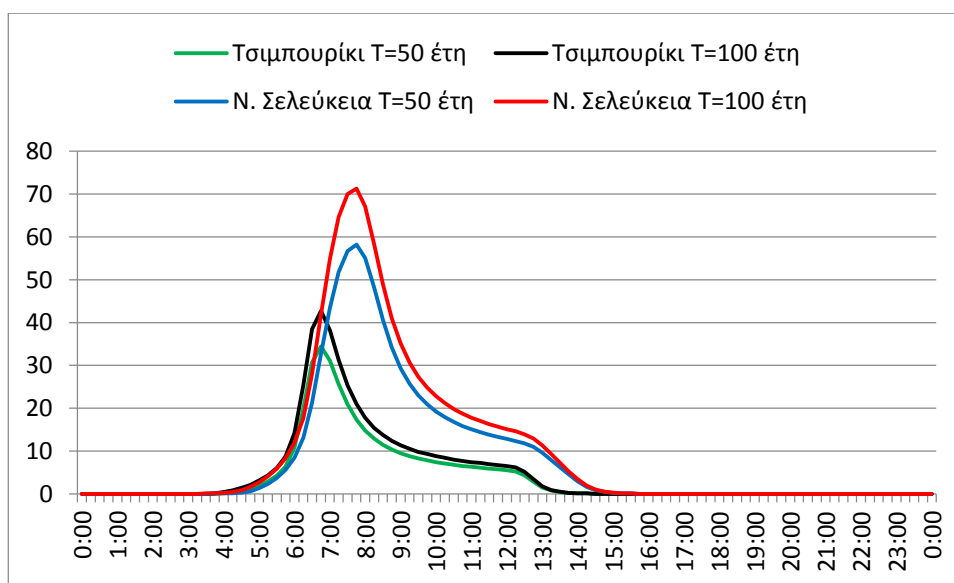
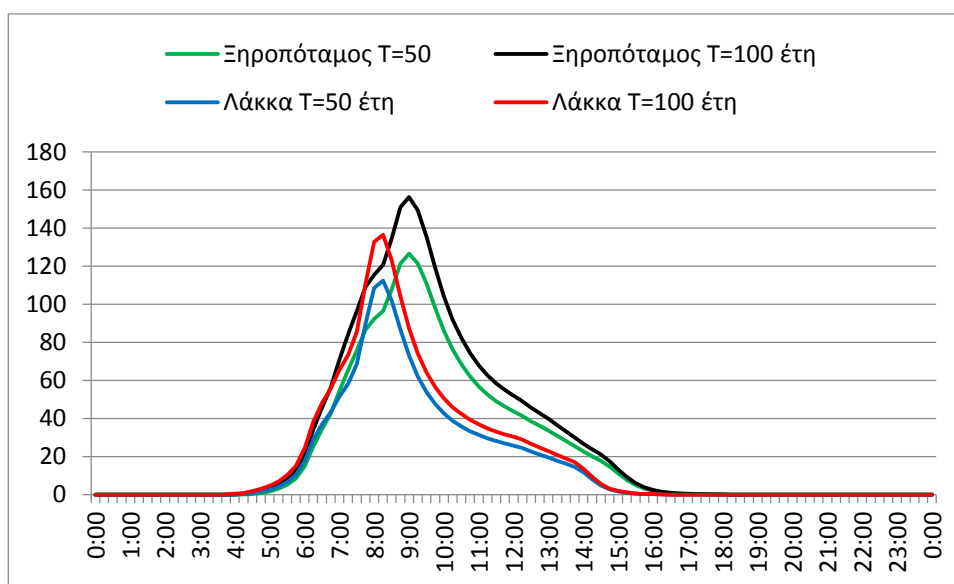


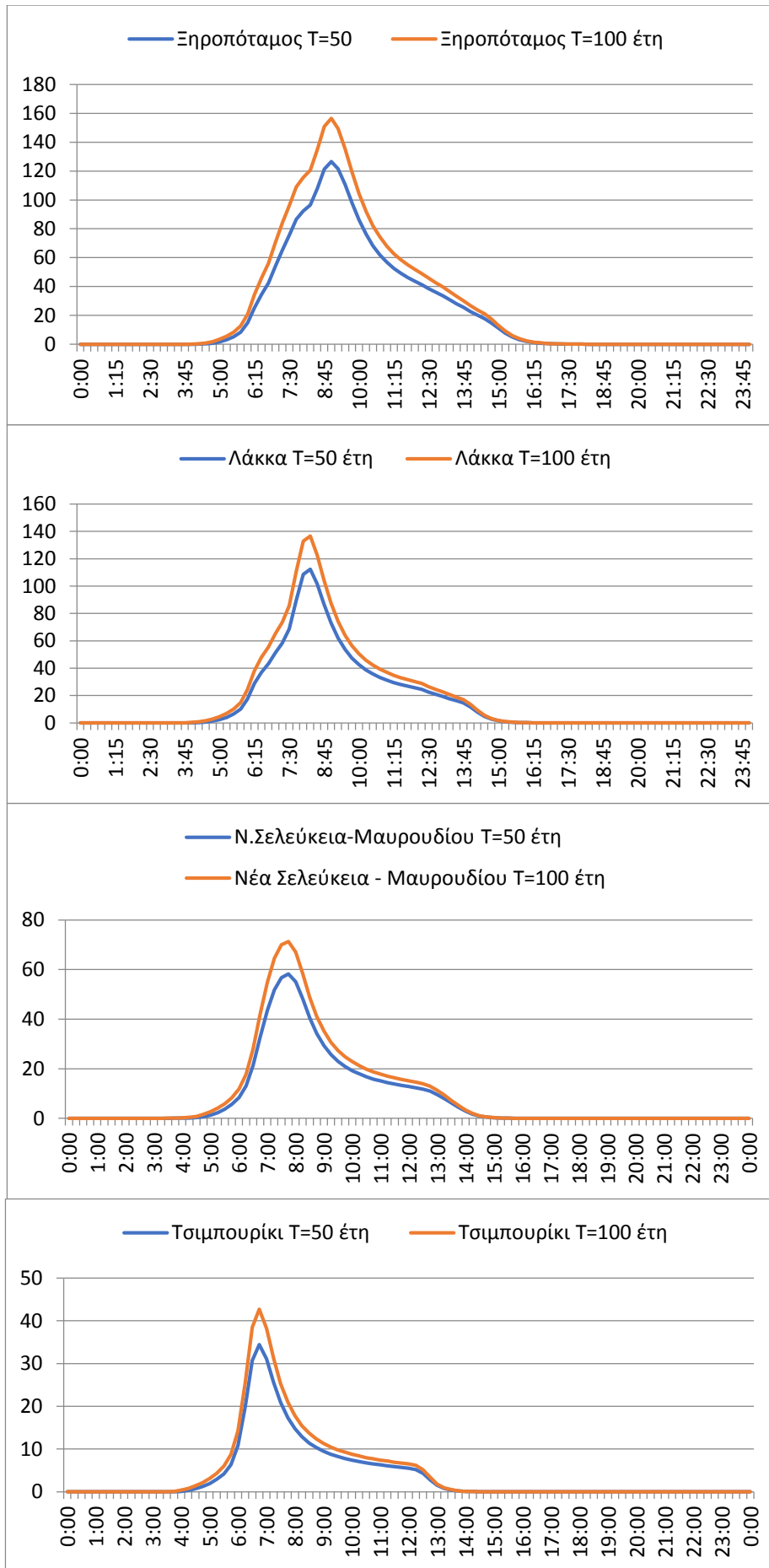
Γ. Clima1 (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 20%, διάρκεια βροχόπτωσης d=12h)

Χρόνος	T=50 έτη				T=100έτη			
	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0	0.1	0
3:45	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1
4:00	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.4
4:15	0.1	0.3	0.1	0.3	0.4	0.8	0.4	0.8
4:30	0.3	0.7	0.3	0.7	0.9	1.7	0.8	1.4
4:45	0.7	1.4	0.6	1.2	1.9	2.9	1.6	2.1
5:00	1.6	2.5	1.3	1.9	3.5	4.6	2.7	3.1
5:15	3.1	4.1	2.3	2.9	5.5	6.9	4.1	4.3
5:30	5.2	6.5	3.7	4.2	8.4	10.2	5.9	6
5:45	8.4	10.2	5.6	6.3	12.6	14.9	8.3	8.7
6:00	14.9	17.5	8.4	10.8	20.9	24.3	11.9	14.2
6:15	25.3	28.8	13.1	19.9	34.3	38.2	17.7	25.5
6:30	34.3	37	21.3	30.7	45.7	48.1	28	38.5
6:45	42.5	43.2	32.7	34.4	56.1	55.6	41.9	42.7
7:00	54.2	51.4	43.5	31.1	70.6	65.4	54.9	38.2
7:15	65.5	58.2	51.8	25.6	84.3	73.4	64.6	31.3
7:30	75.8	68.7	56.7	20.9	96.5	85.6	70	25.3
7:45	86.5	89.7	58.2	17.3	109	110.7	71.3	21
8:00	92.3	108.6	55.1	14.8	115.5	132.8	67.1	17.8
8:15	96.5	112.4	48.2	12.9	120.6	136.5	58.3	15.4
8:30	107.9	101.8	40.5	11.4	134.7	123	48.8	13.7
8:45	121.4	86.7	34.2	10.4	150.9	104.2	41	12.4
9:00	126.5	73	29.3	9.5	156.4	87.4	35.1	11.3
9:15	121.5	62.1	25.7	8.8	149.4	74.2	30.6	10.5
9:30	110.7	53.8	23	8.3	135.3	64	27.3	9.8
9:45	97.8	47.5	20.9	7.8	119	56.4	24.8	9.3

10:00	86	42.6	19.2	7.4	104.1	50.5	22.8	8.8
10:15	76.2	38.8	17.9	7.1	91.9	45.9	21.2	8.4
10:30	68.3	35.8	16.8	6.8	82.1	42.3	19.8	8
10:45	61.9	33.3	15.8	6.5	74.3	39.3	18.7	7.7
11:00	56.8	31.3	15.1	6.3	67.9	36.9	17.8	7.4
11:15	52.5	29.5	14.4	6.1	62.7	34.8	17	7.2
11:30	49.1	28.1	13.8	5.9	58.5	33.1	16.3	6.9
11:45	46.1	26.9	13.3	5.7	54.9	31.6	15.7	6.7
12:00	43.7	25.7	12.8	5.5	51.9	30.3	15.1	6.5
12:15	41.3	24.5	12.3	5.2	49	28.8	14.6	6.2
12:30	38.5	22.6	11.8	4.3	45.7	26.6	13.9	5.1
12:45	36	20.9	11	2.8	42.6	24.6	12.9	3.4
13:00	33.6	19.4	9.6	1.5	39.8	22.8	11.3	1.8
13:15	30.9	17.7	7.9	0.8	36.5	20.7	9.3	0.9
13:30	28.1	16.2	6.2	0.4	33.3	18.9	7.2	0.5
13:45	25.5	14.6	4.5	0.2	30.1	17	5.2	0.2
14:00	22.6	11.7	2.9	0.1	26.7	13.6	3.4	0.1
14:15	20.1	8	1.6	0.1	23.8	9.4	1.9	0.1
14:30	17.8	4.8	0.9	0	21.1	5.6	1	0
14:45	14.8	2.8	0.5	0	17.5	3.2	0.5	0
15:00	11.1	1.6	0.2	0	13.1	1.9	0.3	0
15:15	7.7	0.9	0.1	0	9.1	1.1	0.1	0
15:30	5	0.5	0.1	0	5.9	0.6	0.1	0
15:45	3.2	0.3	0	0	3.8	0.3	0	0
16:00	2	0.2	0	0	2.4	0.2	0	0
16:15	1.3	0.1	0	0	1.5	0.1	0	0
16:30	0.8	0	0	0	1	0	0	0
16:45	0.5	0	0	0	0.6	0	0	0
17:00	0.3	0	0	0	0.4	0	0	0
17:15	0.2	0	0	0	0.3	0	0	0
17:30	0.1	0	0	0	0.2	0	0	0
17:45	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:00	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:15	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0

21:15	0	0	0	0	0	0	0	0
21:30	0	0	0	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:15	0	0	0	0	0	0	0	0
22:30	0	0	0	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:15	0	0	0	0	0	0	0	0
23:30	0	0	0	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0



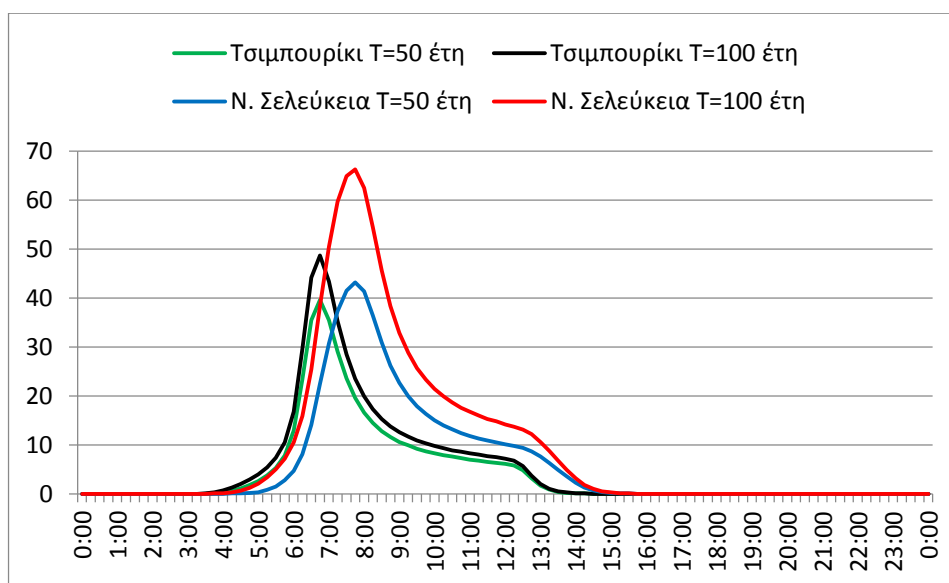
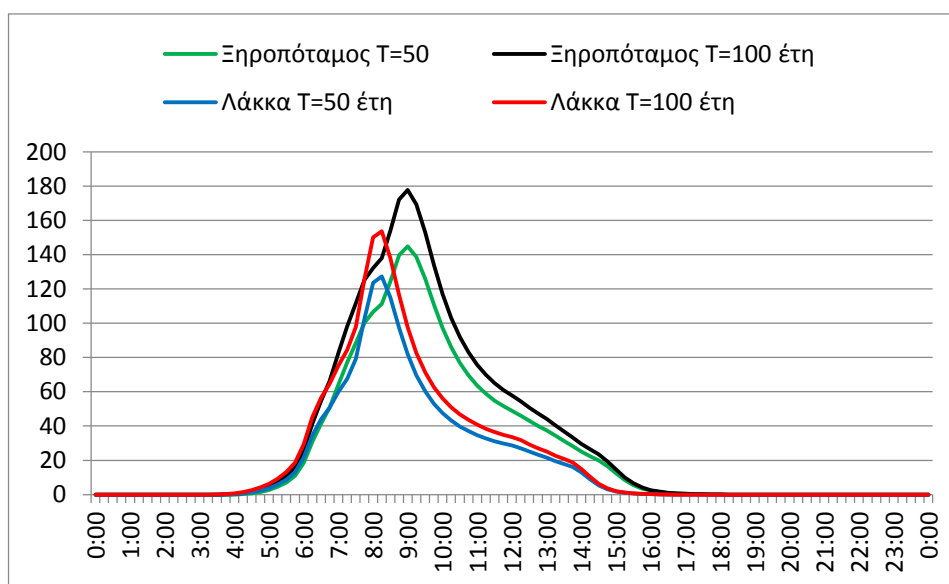


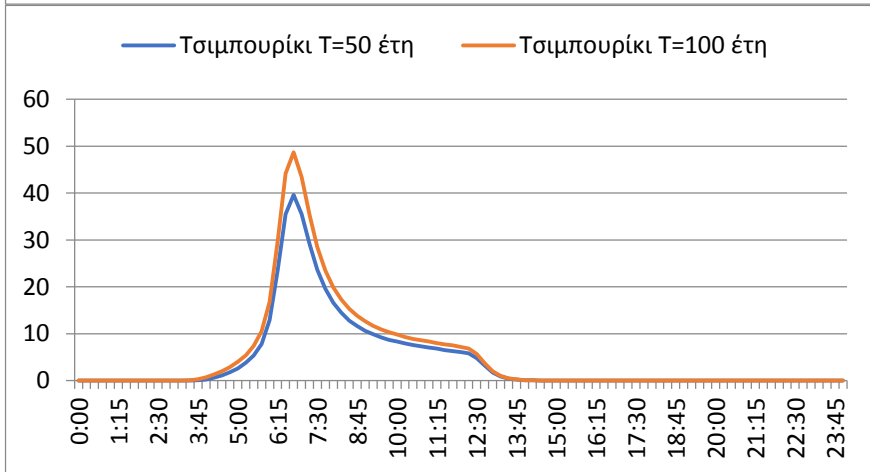
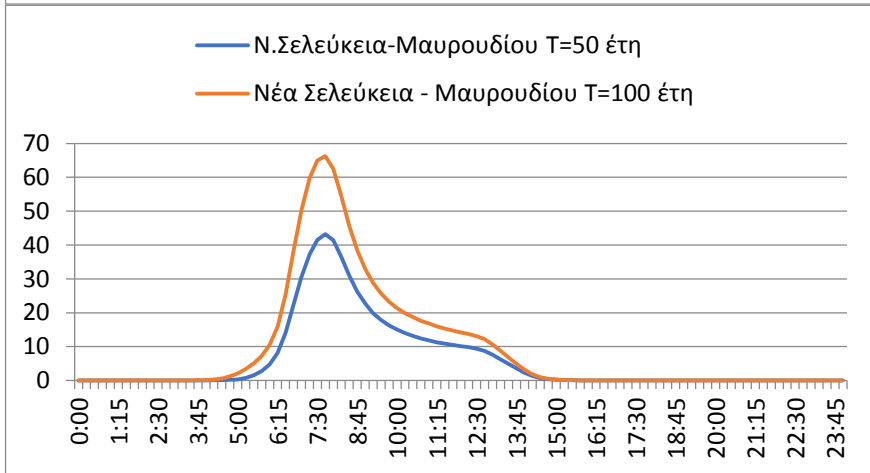
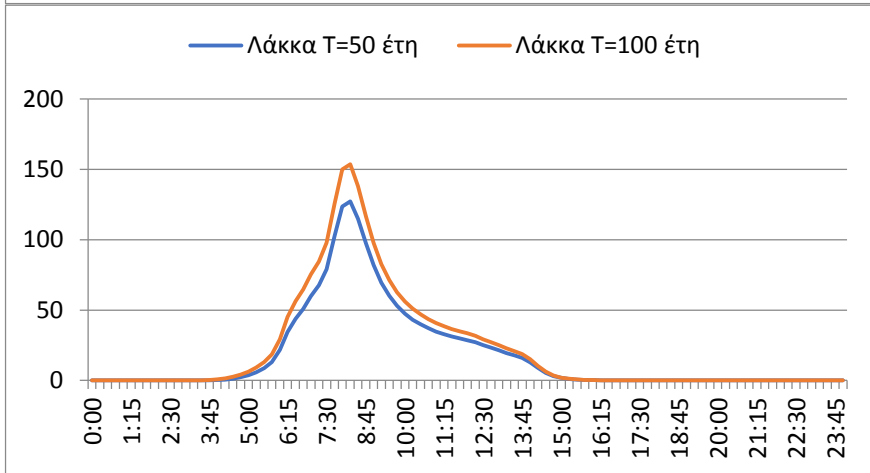
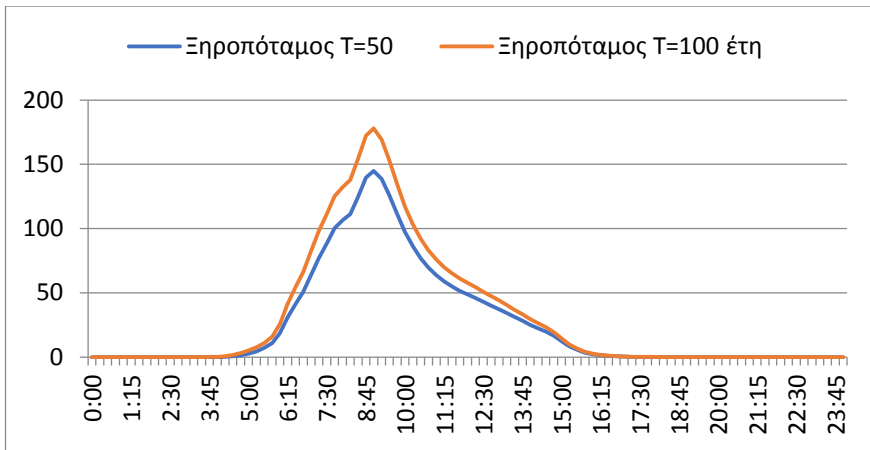
Δ. Clima2 (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 30%, διάρκεια βροχόπτωσης d=12h)

Χρόνος	T=50 έτη				T=100έτη			
	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1
3:45	0	0.1	0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3
4:00	0	0.2	0	0.2	0.3	0.7	0.1	0.7
4:15	0.2	0.6	0.1	0.6	0.8	1.5	0.3	1.3
4:30	0.6	1.2	0.1	1.1	1.7	2.6	0.6	2
4:45	1.4	2.3	0.2	1.8	3.1	4.2	1.2	2.9
5:00	2.7	3.7	0.3	2.6	5.1	6.3	2.1	4
5:15	4.5	5.8	0.8	3.8	7.6	9.2	3.4	5.4
5:30	7.1	8.7	1.5	5.3	10.9	13.1	5	7.4
5:45	10.9	13	2.8	7.8	15.9	18.6	7.2	10.5
6:00	18.5	21.6	4.7	12.9	25.7	29.3	10.5	16.8
6:15	30.8	34.5	8.1	23.4	41.3	45.2	15.9	29.6
6:30	41.2	43.8	14.1	35.5	54.5	56.3	25.4	44.2
6:45	50.8	50.8	22.5	39.6	66.3	64.6	38.4	48.7
7:00	64.3	60	30.7	35.5	82.8	75.5	50.5	43.4
7:15	77.1	67.6	37.3	29.1	98.2	84.4	59.7	35.3
7:30	88.5	79.1	41.5	23.6	111.6	97.9	64.9	28.5
7:45	100.3	102.7	43.2	19.6	125.3	125.8	66.3	23.5
8:00	106.6	123.6	41.4	16.6	132.3	150.1	62.5	19.9
8:15	111.3	127.3	36.5	14.5	138	153.8	54.5	17.3
8:30	124.4	115	30.9	12.8	154.1	138.1	45.6	15.3
8:45	139.6	97.5	26.2	11.6	172.2	116.7	38.4	13.8
9:00	145	81.9	22.7	10.6	177.9	97.7	32.9	12.6
9:15	138.7	69.6	19.9	9.9	169.4	82.7	28.8	11.7
9:30	125.9	60.2	17.9	9.2	153	71.3	25.7	10.9
9:45	110.9	53	16.3	8.7	134.1	62.7	23.3	10.3

10:00	97.2	47.5	15	8.3	117.1	56.1	21.4	9.8
10:15	86	43.2	14	7.9	103.1	51	19.9	9.3
10:30	76.9	39.8	13.2	7.6	92	46.9	18.7	8.9
10:45	69.6	37.1	12.4	7.3	83.1	43.6	17.6	8.6
11:00	63.7	34.7	11.8	7	75.8	40.8	16.8	8.3
11:15	58.9	32.8	11.3	6.8	70	38.5	16	8
11:30	54.9	31.2	10.9	6.5	65.2	36.6	15.3	7.7
11:45	51.6	29.8	10.5	6.3	61.1	34.9	14.8	7.5
12:00	48.8	28.6	10.1	6.1	57.8	33.5	14.2	7.2
12:15	46.1	27.1	9.8	5.8	54.5	31.8	13.7	6.8
12:30	43	25.1	9.4	4.8	50.8	29.3	13.1	5.7
12:45	40.1	23.2	8.7	3.2	47.4	27.1	12.2	3.7
13:00	37.4	21.5	7.6	1.7	44.2	25.1	10.6	2
13:15	34.4	19.5	6.3	0.9	40.5	22.8	8.8	1
13:30	31.3	17.9	4.9	0.4	36.9	20.8	6.8	0.5
13:45	28.3	16.1	3.6	0.2	33.4	18.8	4.9	0.3
14:00	25.1	12.9	2.3	0.1	29.6	15	3.2	0.1
14:15	22.4	8.9	1.3	0.1	26.4	10.3	1.8	0.1
14:30	19.9	5.3	0.7	0	23.4	6.2	1	0
14:45	16.5	3.1	0.4	0	19.4	3.6	0.5	0
15:00	12.4	1.8	0.2	0	14.6	2	0.3	0
15:15	8.5	1	0.1	0	10	1.2	0.1	0
15:30	5.6	0.6	0.1	0	6.6	0.7	0.1	0
15:45	3.5	0.3	0	0	4.2	0.4	0	0
16:00	2.3	0.2	0	0	2.6	0.2	0	0
16:15	1.4	0.1	0	0	1.7	0.1	0	0
16:30	0.9	0	0	0	1.1	0.1	0	0
16:45	0.6	0	0	0	0.7	0	0	0
17:00	0.4	0	0	0	0.4	0	0	0
17:15	0.2	0	0	0	0.3	0	0	0
17:30	0.1	0	0	0	0.2	0	0	0
17:45	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:00	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:15	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0

21:15	0	0	0	0	0	0	0	0
21:30	0	0	0	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:15	0	0	0	0	0	0	0	0
22:30	0	0	0	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:15	0	0	0	0	0	0	0	0
23:30	0	0	0	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0



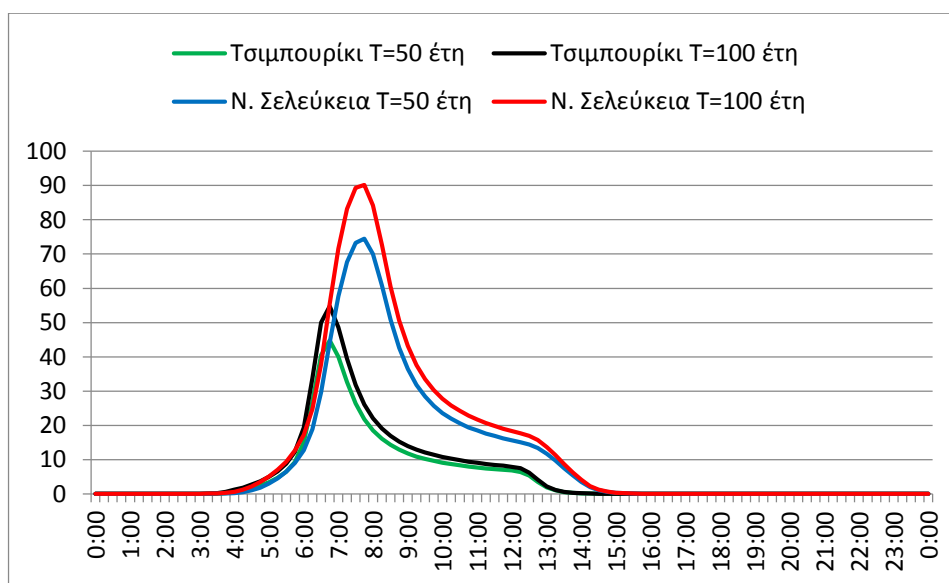
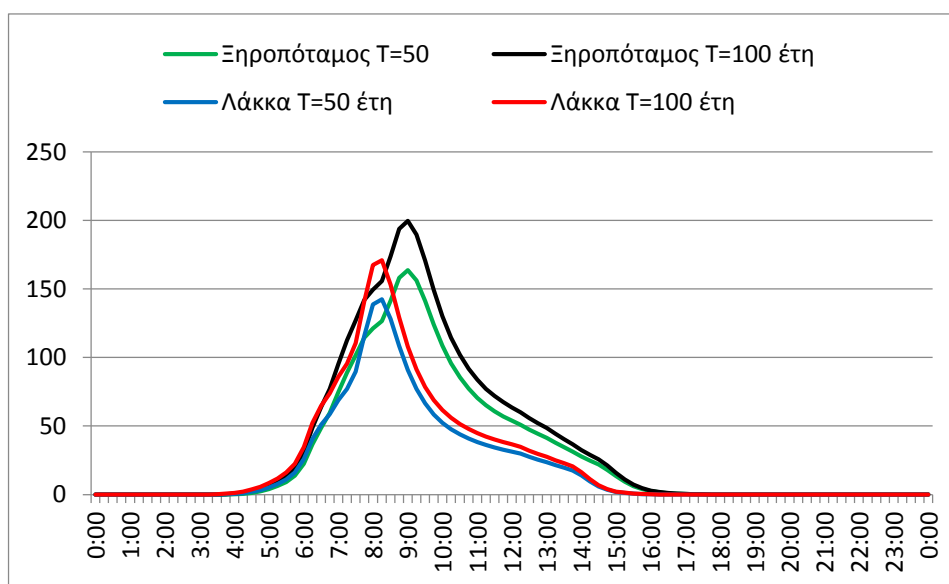


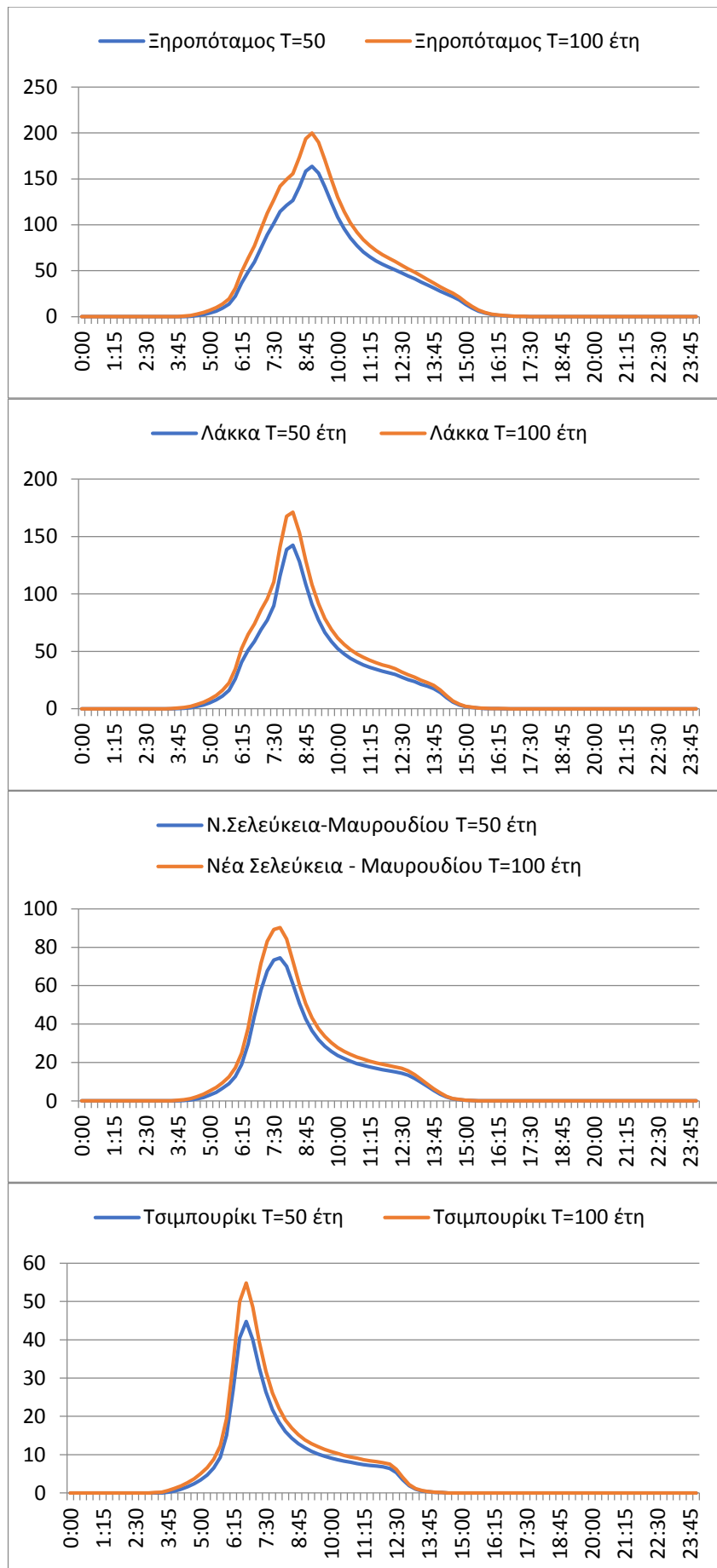
Ε. Clima3 (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 40%, διάρκεια βροχόπτωσης d=12h)

Χρόνος	T=50 έτη				T=100έτη			
	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι	Ξηροπόταμος	Λάκκα	Ν. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1
3:30	0	0	0.1	0	0.1	0.2	0.1	0.2
3:45	0	0.2	0.1	0.2	0.2	0.6	0.3	0.6
4:00	0.2	0.5	0.2	0.5	0.6	1.2	0.6	1.2
4:15	0.5	1	0.5	1	1.4	2.2	1.2	1.8
4:30	1.2	2	1	1.6	2.7	3.7	2.2	2.7
4:45	2.3	3.3	1.8	2.4	4.5	5.7	3.5	3.7
5:00	4	5.2	3	3.4	6.8	8.3	5.1	5
5:15	6.2	7.7	4.5	4.7	9.8	11.7	7	6.6
5:30	9.2	11.1	6.5	6.5	13.7	16.2	9.4	8.8
5:45	13.7	16.2	9	9.3	19.5	22.5	12.6	12.3
6:00	22.5	26	12.7	15.1	31	34.6	17.2	19.4
6:15	36.7	40.6	18.9	26.9	48.8	52.4	24.8	33.8
6:30	48.7	50.9	29.6	40.5	63.7	64.7	37.9	50
6:45	59.6	58.6	44.2	44.8	77	73.8	55.5	54.8
7:00	74.7	68.8	57.7	40	95.4	85.9	71.6	48.6
7:15	89.1	77.1	67.7	32.6	112.5	95.6	83.2	39.4
7:30	101.6	89.8	73.3	26.4	127.1	110.4	89.3	31.8
7:45	114.5	115.8	74.5	21.8	142	141	90.2	26.1
8:00	121.2	138.7	70	18.5	149.5	167.6	84.2	22.1
8:15	126.5	142.4	60.8	16.1	155.8	171.1	72.7	19.1
8:30	141.3	128.2	50.8	14.3	173.8	153.3	60.5	16.9
8:45	158.2	108.5	42.6	12.9	193.8	129.2	50.6	15.2
9:00	163.8	90.9	36.5	11.8	199.8	108	43.2	13.9
9:15	156.2	77.1	31.8	10.9	189.7	91.3	37.6	12.9
9:30	141.3	66.5	28.4	10.2	170.8	78.6	33.5	12.1
9:45	124.1	58.5	25.7	9.6	149.3	69	30.3	11.4

10:00	108.6	52.4	23.6	9.1	130.1	61.7	27.8	10.8
10:15	95.8	47.7	22	8.7	114.4	56	25.8	10.3
10:30	85.5	43.9	20.6	8.3	101.9	51.5	24.2	9.8
10:45	77.3	40.8	19.4	8	91.9	47.8	22.8	9.4
11:00	70.6	38.2	18.5	7.7	83.8	44.8	21.7	9.1
11:15	65.2	36.1	17.6	7.4	77.2	42.2	20.7	8.7
11:30	60.8	34.3	16.9	7.2	71.9	40.1	19.8	8.4
11:45	57.1	32.7	16.2	7	67.4	38.3	19	8.2
12:00	53.9	31.4	15.6	6.8	63.6	36.7	18.3	7.9
12:15	50.9	29.8	15.1	6.4	60	34.8	17.7	7.5
12:30	47.5	27.5	14.4	5.3	55.9	32.1	16.9	6.2
12:45	44.3	25.4	13.4	3.5	52.1	29.7	15.7	4.1
13:00	41.3	23.6	11.7	1.9	48.5	27.5	13.7	2.2
13:15	37.9	21.4	9.7	1	44.5	24.9	11.3	1.1
13:30	34.5	19.6	7.5	0.5	40.5	22.8	8.7	0.6
13:45	31.2	17.6	5.4	0.3	36.6	20.5	6.3	0.3
14:00	27.7	14.1	3.5	0.1	32.5	16.4	4.1	0.2
14:15	24.7	9.7	2	0.1	28.9	11.3	2.3	0.1
14:30	21.9	5.8	1	0	25.7	6.8	1.2	0
14:45	18.1	3.4	0.6	0	21.3	3.9	0.7	0
15:00	13.6	1.9	0.3	0	16	2.2	0.3	0
15:15	9.4	1.1	0.2	0	11	1.3	0.2	0
15:30	6.1	0.6	0.1	0	7.2	0.7	0.1	0
15:45	3.9	0.3	0	0	4.6	0.4	0	0
16:00	2.5	0.2	0	0	2.9	0.2	0	0
16:15	1.6	0.1	0	0	1.9	0.1	0	0
16:30	1	0	0	0	1.2	0.1	0	0
16:45	0.6	0	0	0	0.8	0	0	0
17:00	0.4	0	0	0	0.5	0	0	0
17:15	0.3	0	0	0	0.3	0	0	0
17:30	0.2	0	0	0	0.2	0	0	0
17:45	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:00	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:15	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0

21:15	0	0	0	0	0	0	0	0
21:30	0	0	0	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:15	0	0	0	0	0	0	0	0
22:30	0	0	0	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:15	0	0	0	0	0	0	0	0
23:30	0	0	0	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0





Z. Clima3+20%CN (αύξηση των βροχοπτώσεων κατά 40%, και αύξηση του συντελεστή CNκατά 20%, διάρκεια βροχόπτωσης d=12h)

Χρόνος	T=50 έτη				T=100έτη			
	Ξηροπόταμος	Λάκκα	N. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι	Ξηροπόταμος	Λάκκα	N. Σελεύκεια	Τσιμπουρίκι
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0.1	0
1:45	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0
2:00	0	0	0.1	0	0	0.1	0.2	0.1
2:15	0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.5	0.3	0.5
2:30	0.1	0.6	0.3	0.5	0.4	1.2	0.5	1
2:45	0.5	1.5	0.6	1	1.1	2.4	1.1	1.7
3:00	1.3	2.7	1.2	1.6	2.4	4.2	2.1	2.4
3:15	2.5	4.4	2.1	2.2	4.2	6.4	3.4	3.2
3:30	4.2	6.4	3.3	3	6.3	9	4.9	4.1
3:45	6.1	8.7	4.7	3.7	8.7	11.9	6.6	5
4:00	8.1	11.4	6.2	4.6	11.2	15.1	8.4	6
4:15	10.4	14.2	7.8	5.5	14.1	18.6	10.3	7.1
4:30	13.1	17.4	9.5	6.6	17.6	22.3	12.3	8.4
4:45	16.5	20.8	11.4	7.9	21.9	26.3	14.5	9.9
5:00	20.6	24.6	13.5	9.4	27.1	30.7	17	11.7
5:15	25.7	29.1	16	11.4	33.4	35.9	19.9	13.9
5:30	32.1	34.5	18.9	14	41.1	42.3	23.3	17.1
5:45	40.7	42	22.7	18.1	51.3	51	27.7	21.8
6:00	55.4	55.9	28	26.2	68.7	67.1	33.9	31.3
6:15	76.5	75.5	36.7	42	93.4	89.8	44	49.7
6:30	93.2	88.2	51.3	59	112.8	104.4	61	69.3
6:45	107.7	97.2	70.5	62.4	129.5	114.5	83.2	73
7:00	127.6	109.5	87	53.9	152.4	128.5	102.2	62.8
7:15	145.1	118.6	97.9	42.8	172.3	138.7	114.4	49.7
7:30	159.3	133.2	102.3	33.9	188.2	155.2	119	39.2
7:45	173.2	164.5	100.9	27.4	203.7	190.7	117	31.7
8:00	179	189.7	92.2	22.9	210.1	219.2	106.6	26.4
8:15	184.5	188.9	78.1	19.6	216.4	217.9	90.1	22.6
8:30	203.3	165.8	63.9	17.2	238.4	190.9	73.6	19.9
8:45	223.1	137.3	52.7	15.4	261.2	157.9	60.6	17.8
9:00	225.8	112.9	44.4	14	263.7	129.8	51	16.2
9:15	210.5	94.2	38.3	12.9	245.3	108.2	44	14.9
9:30	186.4	80.2	33.8	12.1	216.7	92	38.8	13.9

9:45	160.4	69.8	30.4	11.3	186.2	80	34.9	13
10:00	137.8	61.9	27.8	10.7	159.7	71	31.9	12.3
10:15	119.8	55.9	25.7	10.2	138.5	64	29.5	11.7
10:30	105.6	51.1	24	9.7	121.9	58.5	27.5	11.2
10:45	94.4	47.3	22.6	9.3	108.9	54.1	25.9	10.7
11:00	85.4	44.1	21.4	8.9	98.5	50.5	24.5	10.3
11:15	78.3	41.5	20.3	8.6	90.1	47.5	23.3	9.9
11:30	72.4	39.3	19.4	8.3	83.4	45	22.3	9.5
11:45	67.6	37.5	18.6	8	77.8	42.8	21.4	9.2
12:00	63.6	35.8	17.9	7.8	73.1	41	20.5	8.9
12:15	59.8	33.9	17.3	7.3	68.7	38.8	19.8	8.4
12:30	55.5	31.3	16.5	6.1	63.8	35.7	18.9	7
12:45	51.6	28.8	15.3	4	59.2	32.9	17.5	4.6
13:00	48	26.6	13.3	2.2	55.1	30.4	15.2	2.5
13:15	44	24.1	11	1.1	50.4	27.6	12.5	1.3
13:30	40	22	8.5	0.6	45.8	25.1	9.7	0.7
13:45	36.1	19.8	6.1	0.3	41.4	22.6	7	0.3
14:00	32	15.8	3.9	0.1	36.7	18.1	4.5	0.2
14:15	28.5	10.9	2.2	0.1	32.7	12.4	2.5	0.1
14:30	25.3	6.5	1.2	0	29	7.5	1.3	0
14:45	21	3.8	0.6	0	24.1	4.3	0.7	0
15:00	15.7	2.2	0.3	0	18	2.5	0.4	0
15:15	10.8	1.2	0.2	0	12.4	1.4	0.2	0
15:30	7.1	0.7	0.1	0	8.1	0.8	0.1	0
15:45	4.5	0.4	0	0	5.2	0.4	0	0
16:00	2.9	0.2	0	0	3.3	0.2	0	0
16:15	1.8	0.1	0	0	2.1	0.1	0	0
16:30	1.2	0.1	0	0	1.3	0.1	0	0
16:45	0.7	0	0	0	0.9	0	0	0
17:00	0.5	0	0	0	0.5	0	0	0
17:15	0.3	0	0	0	0.3	0	0	0
17:30	0.2	0	0	0	0.2	0	0	0
17:45	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:00	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0
18:15	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0	0	0	0

21:00	0	0	0	0	0	0	0	0
21:15	0	0	0	0	0	0	0	0
21:30	0	0	0	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:15	0	0	0	0	0	0	0	0
22:30	0	0	0	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:15	0	0	0	0	0	0	0	0
23:30	0	0	0	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0

