

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	
Αρ. Πρωτοκ.	546
Ημερομηνία:	22-4-07

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Διερεύνηση της σχέσης βροχής-απορροής στο χειμαρρικό ρεύμα
«Κραυσίδωνα» μετά από τη βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006**

ΦΑΣΟΥΛΑ ΑΦΡΟΔΙΤΗ

ΒΟΛΟΣ 2007



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6812/1
Ημερ. Εισ.: 09-01-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΙΥΠ
2007
ΦΑΣ

Διερεύνηση της σχέσης βροχής-απορροής στο χειμαρρικό ρεύμα
«Κραυσίδα» μετά από τη βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

1. Σαπουντζής Μάριος, Λέκτορας, Επιβλέπων
2. Ψιλοβίκος Άρης, Λέκτορας, Μέλος
3. Ματσιώρη Στεριανή, Λέκτορας, Μέλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2006-2007.

Προλογίζοντας την εργασία αυτή θεωρώ απαραίτητο να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς:

Τον Λέκτορα κ. Μ. Σαπουντζή, ο οποίος συνέβαλλε τα μέγιστα συμμετέχοντας στην ανάθεση του θέματος και υποστηρίζοντας όλα τα στάδια της παρούσας διατριβής με ενδιαφέρον και υπομονή.

Τον Λέκτορα κ. Α. Ψιλοβίκο, την Λέκτορα κα. Σ. Ματσιώρη και την κα. Σ. Μαργώνη, οι οποίοι συμπαραστάθηκαν περιβάλλοντας με ενδιαφέρον την όλη προσπάθεια.

Το Δασαρχείο Βόλου, για την παροχή των απαραίτητων πληροφοριών.

Την οικογένεια και τους φίλους μου, οι οποίοι με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου με οποιονδήποτε τρόπο μπορούσε ο καθένας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	11
2.1. Βροχόμετρο	11
2.2. Χάρτες	12
2.3. Κλισίμετρο	12
2.4. Λογισμικά προγράμματα	12
2.4.1. Λογισμικό Office (Εφαρμογή Excel)	12
2.4.2. Λογισμικό ArcGIS 9x (Έκδοση ArcView 9.1)	13
2.4.3. Πρόγραμμα Corel 11	13
2.5. Εικονοληπτικά μέσα	13
2.6. Περιοχή έρευνας	13
2.6.1. Μορφομετρικά και υδρογραφικά στοιχεία	14
2.6.2. Γεωλογικές συνθήκες	15
2.6.3. Συνθήκες βλάστησης	16
2.6.4. Χειμαρρικό περιβάλλον	17
2.7. Κλιματικές συνθήκες	17
2.8. Εκτίμηση πλημμυρογραφήματος	19
2.8.1. Αυτόσυιο βροχογράφημα	19
2.8.2. Μέθοδος του απορροϊκού συντελεστή CN της S.C.S.	19
2.8.3. Μέθοδος των ιχνών απορροής	24
2.8.4. Μέθοδος Sierra Nevada	26
2.8.5. Χρόνος συρροής	31
A. Έννοιες και όροι	31
A.1. Καταιγίδες	31
A.2. Πλημμύρες	32
A.3. Περίοδος επαναφοράς	33
A.4. Υδρογράφημα	33
A.5. Μοναδιαίο υδρογράφημα	34

A.6. Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα	37
A.7. Εκτίμηση της απορροϊκής βροχής βάσει των δεικτών διηθητικότητας	37
A.8. Εκτίμηση της απορροής από παρατηρήσεις βροχής με τη βοήθεια του μοναδιαίου υδρογραφήματος	38
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
3.1. Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά	39
3.2. Γεωλογικές συνθήκες	41
3.3. Συνθήκες βλάστησης	41
3.4. Χειμαρρικό περιβάλλον	42
3.5. Εκτίμηση πλημμυρογραφήματος της βροχόπτωσης της 9 ^{ης} Οκτωβρίου '06	43
3.5.1. Αυτούσιο βροχογράφημα	43
3.5.2. Μέθοδος του απορροϊκού συντελεστή CN της S.C.S.	44
3.5.3. Μέθοδος των ιχνών απορροής	47
3.5.4. Μέθοδος Sierra Nevada	49
3.5.5. Χρόνος συρροής	54
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	54
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	58

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα βρίσκεται στη βόρεια Εύκρατη ζώνη της Γης και συγκεκριμένα στο νότιο άκρο της νοτιοανατολικής Ευρώπης στην ανατολική λεκάνη της Μεσογείου ($34^{\circ}\text{B} < \phi < 42^{\circ}\text{B}$ και $19^{\circ}\text{A} < \lambda < 29^{\circ}\text{A}$). Περιβρέχεται από τις τρεις πλευρές, έχει επηρεαστεί στη μορφολογία της από τις αλπικές πτυχώσεις και οι οροσειρές της αποτελούν συνέχεια των Άλπεων. Στις διαρρήξεις που ακολούθησαν τις αλπικές πτυχώσεις αποδίδεται ο κατακερματισμός της ξηράς και η δημιουργία των νησιών.

Η ελληνική περιοχή αποτελεί το νότιο άκρο της τρίτης χερσονήσου της Ευρώπης, της Βαλκανικής. Συγκεκριμένα, η ελληνική περιοχή βρίσκεται στο σημείο επαφής των τριών ηπείρων του «Παλαιού Κόσμου», της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής. Περιβάλλεται από τη Μεσόγειο θάλασσα, με τα πελάγη Αιγαίο, Ιόνιο και Λιβυκό.

Η συνολική επιφάνεια του ελλαδικού χώρου είναι, περίπου, ίση με 395.000 km^2 . Από την επιφάνεια αυτή, η ξηρά καλύπτει τα 131.944 km^2 , με άλλα λόγια η σχέση ξηρά:θάλασσα στον ελλαδικό χώρο είναι ίση με 1:3. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στην τελική διαμόρφωση του κλίματος της ελληνικής περιοχής.

Η ξηρά, στο καθαυτό ηπειρωτικό τμήμα, είναι ίση με $106.777,76 \text{ km}^2$, ενώ το νησιωτικό μέρος καλύπτει τα υπόλοιπα $25.166,24 \text{ km}^2$, δηλαδή στο βασικό διαχωρισμό της χέρσου, η αναλογία ξηρά:νησιά είναι ίση με 4:1.

Η ελληνική περιοχή, με τα παραπάνω γεωγραφικά στοιχεία, χαρακτηρίζεται από ένα πλούσιο ανάγλυφο, με ιδιόμορφο οριζόντιο-κατακόρυφο διαμελισμό. Η Ελλάδα είναι χώρα κατά τα $4/5$ της επιφάνειάς της ορεινή. Περισσότερο ορεινό ανάγλυφο εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα της που χαρακτηρίζεται από ψηλές οροσειρές με γενική διεύθυνση BBA-NNA. Αντίθετα, στο ανατολικό τμήμα συγκεντρώνονται οι περισσότερες πεδιάδες, αν και εκεί, πάνω στην ακτή, υπάρχει πάλι μία σημαντική πτύχωση. Συγκεκριμένα, από άποψη κατανομής του ελλαδικού χώρου σε διάφορες ισοψείς, προκύπτει ότι οι πεδινές (0-200 m) και ημι-πεδινές (201-500 m) εκτάσεις καλύπτουν τα 32,8% και 26,0% της ξηράς, ενώ οι ημι-ορεινές (501-1000 m) και ορεινές (1001-1500m) καλύπτουν τα 27,8% και 9,9% αυτής, αντίστοιχα. Το υπόλοιπο ποσοστό της έκτασης (3,5%) καλύπτουν οι υποαλπικές (1501-2000 m) και αλπικές (υψόμετρο >2000 m) περιοχές.

Σε γενικές γραμμές η Ελλάδα εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος: περιορισμένη εποχή βροχών κατά την ψυχρή περίοδο του έτους, μεγάλη θερινή ξηρασία, μεγάλη ηλιοφάνεια, ιδιαίτερα κατά το θέρος, και ήπιο χειμώνα. Οι κλιματικές όμως συνθήκες των «επιμέρους» περιοχών παρουσιάζουν μεγάλες σχετικά διαφορές μεταξύ τους και μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, με αποτέλεσμα η χώρα να εμφανίζει ένα κλιματικό μωσαϊκό, που σπάνια παρατηρείται σε άλλες περιοχές της Γης με την ίδια έκταση. Η ποικιλία όμως αυτή δεν είναι έξω από το πλαίσιο που διαγράφουν τα κλίματα των βόρειων βαλκανικών χωρών από τη μια μεριά και της ανατολικής λεκάνης της Μεσογείου από την άλλη.

Αυτό το μωσαϊκό κλιμάτων πάνω έχει διαμορφωθεί πάνω από την ελλαδική περιοχή οφείλεται σε παράγοντες φυσικογεωγραφικούς και δυναμικούς. Από τους φυσικογεωγραφικούς παράγοντες σπουδαιότεροι είναι: η πολυμορφία του αναγλύφου, οι μεγάλες οροσειρές που διασχίζουν τη χώρα σε διάφορες κατευθύνσεις, οι κόλποι που εισχωρούν βαθιά στην ξηρά, οι πολλές και πολύμορφες χερσόνησοι, τα πολυάριθμα νησιά των ελληνικών θαλασσών και η γειτνίαση της ασιατικής ηπείρου και των ερημικών περιοχών της βόρειας Αφρικής. Από τους δυναμικούς παράγοντες κυριότεροι είναι: οι αντικυκλώνες της Ευρώπης, της νοτιοδυτικής Ρωσίας, οι κινητοί που προέρχονται από περιοχές μεγάλου πλάτους, ο σιβηρικός αντικυκλώνας και ο μόνιμος θερμός αντικυκλώνας του βόρειου Ατλαντικού (Αζόρων). Άλλοι δυναμικοί παράγοντες είναι οι υφέσεις που σχηματίζονται στον βόρειο Ατλαντικό, οι τοπικές υφέσεις της Μεσογείου, το θερμικό ελάχιστο των Ινδιών, το οποίο απλώνει γλώσσα χαμηλών πιέσεων ως τις ακτές της Μικράς Ασίας, και τα ασθενή μάλλον κέντρα δράσης της βόρειας Αφρικής.

Από μετεωρολογικής και κλιματολογικής πλευράς, το έτος μπορεί να διαιρεθεί σε δύο εποχές: την ψυχρή (Οκτώβριος-Μάρτιος) και τη θερμή (Απρίλιος-Σεπτέμβριος). Κατά την ψυχρή εποχή, στον καιρό και στο κλίμα της Ελλάδας επιδρούν όλοι οι δυναμικοί παράγοντες, οι οποίοι εναλλάσσονται ή συνυπάρχουν και συνδυάζονται με τον ανώμαλο οριζόντιο και κατακόρυφο διαμελισμό της χώρας. Προκαλούν έτσι στον ελληνικό χώρο συχνές και απότομες μεταβολές του καιρού. Κατά τη θερμή εποχή και ιδιαίτερα στους θερινούς μήνες, οι βροχές σπανίζουν και η θερινή ξηρασία διακόπτεται μόνο από τοπικές βροχές θερμικών καταιγίδων. Την

εποχή αυτή δημιουργούνται στον ελληνικό χώρο άνεμοι του βορείου τομέα, τα μελέμια, που διαμορφώνουν ιδιαίτερο τύπο κλίματος.

Ο ομβρομετρικός χαρακτήρας της Ελλάδας είναι περίπου ο ίδιος που παρατηρείται στους περισσότερους παραλιακούς οικισμούς της Μεσογείου, με κύριο γνώρισμα τη ξηρασία της θερμής εποχής και τον περιορισμό της βροχερής περιόδου κατά την ψυχρή εποχή και κυρίως κατά το τετράμηνο Νοεμβρίου-Φεβρουαρίου. Οι βροχές της Ελλάδας είναι υφειακές, μετωπικές, ορογραφικές, αντικυκλωνικές και βροχές θερμικών καταιγίδων. Γενικά, το ετήσιο ύψος βροχής είναι αρκετά υψηλό στο Ιόνιο και στις παράκτιες περιοχές της δυτικής Ελλάδας, αυξάνεται συνεχώς όσο προχωρούμε προς το εσωτερικό και φτάνει τις μεγαλύτερες τιμές στις κεντρικές ορεινές περιοχές. Το μικρότερο ύψος βροχής σημειώνεται κατά το θέρους του οποίου η ξηρασία παρατείνεται συχνά επί πολλούς μήνες με καταστρεπτικά αποτελέσματα για τη γεωργία.

Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου σε έναν τόπο εξαρτάται βασικά από το κλίμα και το ανάγλυφο, αλλά και οι δύο αυτοί βασικοί παράγοντες επηρεάζονται ο ένας από τον άλλον. Στη δυτική Ελλάδα το ύψος βροχής είναι μεγαλύτερο, γι' αυτό και οι ποταμοί που πηγάζουν από εκεί δέχονται πολλά νερά σε σύγκριση προς την έκταση που έχουν οι λεκάνες απορροής τους. Παράγοντες επίσης σημαντικοί, που επηρεάζουν την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, είναι η τοπική μορφολογία, που έχει καθοριστεί από την τεκτονική δομή και τη φύση των πετρωμάτων. Η βασική τεκτονική δομή μάλιστα είναι εκείνη που καθορίζει και τη διεύθυνση ροής των ποταμών. Το απότομο και τραχύ ανάγλυφο των ορεινών περιοχών της Ελλάδας και η ραγδιαιότητα των βροχοπτώσεων πάνω στις λεκάνες απορροής, δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες σχηματισμού χειμάρρων, των οποίων το χαρακτηριστικό είναι η μεγάλη ταχύτητα ροής και η αύξηση της διαβρωτικής ενέργειας. Τα φερτά υλικά που μεταφέρονται έτσι σε μεγάλες ποσότητες από τις ορεινές και ημιορεινές περιοχές συσσωρεύονται στις πεδιάδες ή χύνονται και μεταφέρονται σε μεγαλύτερες ακόμα αποστάσεις από τους αποδέκτες των χειμάρρων, χειμαρροπόταμους ή ποταμούς.

Για την παρούσα εργασία είναι απαραίτητο να αναφερθούν κάποια ενδεικτικά στοιχεία για τις καιρικές συνθήκες που επικράτησαν στην Ελλάδα τον Οκτώβριο του 2006 και, πιο συγκεκριμένα, η βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου καθώς και οι συνέπειες αυτής.

Ο Οκτώβριος του 2006 ήταν ένας μήνας με θερμοκρασίες κοντά στις κλιματικές τιμές, με πολλές βροχές και σοβαρά πλημμυρικά επεισόδια σε πολλές περιοχές της χώρας. Αξιοσημείωτα υψηλές τιμές βροχόπτωσης σημειώθηκαν στις 8/10 σε πολλές περιοχές της κεντρικής Μακεδονίας, οι οποίες προκάλεσαν έντονα πλημμυρικά επεισόδια στους νομούς Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής και ειδικότερα στις περιοχές του Σταυρού και της Ολυμπιάδας. Στις 9/10 το κλίμα κακοκαιρίας μεταφέρθηκε στην περιοχή του Βόλου, η οποία επίσης επλήγει από έντονα πλημμυρικά φαινόμενα. Οι ισχυρές βροχοπτώσεις συνεχίστηκαν και τις επόμενες ημέρες, με πλημμύρες στη Φθιώτιδα και τη δυτική Κρήτη (Χανιά) στις 10/10 και 11/10 (Μηνιαίο Δελτίο Μετεωρολογικών Παραμέτρων, Αστεροσκοπείο Αθηνών, Οκτώβριος 2006).

Στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου, ειδικότερα, αποτέλεσμα των πλημμυρών αυτών ήταν η δυσλειτουργία και η διακοπή σε πολλές περιπτώσεις της κυκλοφορίας των οχημάτων εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος, η εμφάνιση κατολισθήσεων των πρανών των δρόμων του επαρχιακού δικτύου, η δύσκολη πρόσβαση σε απομακρυσμένες περιοχές, καθώς και οι καταστροφές σε σπίτια, καταστήματα και βιοτεχνίες στην περιοχή Νεαπόλεως Βόλου.

Στην κατάσταση αυτή συνέβαλλε αρνητικά και η υπερχειλίση, σε ορισμένα σημεία της πόλης, των χειμάρρων Ξηριά και Κραυσίδωνα. Σε ό,τι αφορά τον Κραυσίδωνα, ο οποίος αποτελεί και το αντικείμενο έρευνας της συγκεκριμένης εργασίας, η υπερχειλίση παρατηρήθηκε σε γέφυρες κομβικές για την κυκλοφορία, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η διέλευση οχημάτων.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της απόκρισης της λεκάνης απορροής του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδωνα, του νομού Μαγνησίας, στην καταιγίδα της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ

Η μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων γίνεται με βροχόμετρα. Για τη μέτρηση του ύψους της βροχόπτωσης, που πραγματεύεται η παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήθηκε το αεροδυναμικό βροχόμετρο BoxCar (Hobo event) (Εικόνα 1). Η κατακρήμνιση συλλέγεται από το χωνί και εισέρχεται σε ένα από τα δυο δοχεία που βρίσκονται στο κάθε άκρο ενός μικρού βραχίονα που ισορροπεί. Ο βραχίονας αυτός γέρνει όταν το ένα δοχείο γεμίσει αδειάζοντάς το και τοποθετώντας το άλλο δοχείο κάτω από το χωνί. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ατέρμονα κατά τη διάρκεια που συνεχίζεται η βροχόπτωση, με κάθε αλλαγή δοχείων να αντιστοιχεί σε μια σταθερή, προκαθορισμένη ποσότητα βροχόπτωσης. Κάθε φορά που ο βραχίονας γέρνει, ένας μαγνήτης περνάει πάνω από ένα διακόπτη, προκαλώντας επαφή για κάποια χιλιοστά του δευτερολέπτου.

Το βροχόμετρο είχε τοποθετηθεί στο Κέντρο Προστασίας Φυτών στην περιοχή Φυτόκου, απ' όπου και λάβαμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων για περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 1. Βροχόμετρο BoxCar (Hobo event)

2.2. ΧΑΡΤΕΣ

Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας, καθώς και η προέλευσή τους παραθέτονται ως εξής:

- Τοπογραφικός χάρτης «Γενικής Χρήσεως» κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΒΟΛΟΣ της Γενικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.).
- Τοπογραφικός χάρτης «Γενικής Χρήσεως» κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΖΑΓΟΡΑ της Γ.Υ.Σ.
- Χάρτης «Δασικός» κλίμακας 1:200.000, του Νομού Μαγνησίας της Δασικής Υπηρεσίας Βόλου.
- Χάρτης «Χρήσεων γης» κλίμακας 1:50.000, του Νομού Μαγνησίας του Corrigne.
- Χάρτης «Γεωλογικός» κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΒΟΛΟΣ του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.).
- Χάρτης «Γεωλογικός» κλίμακας 1:50.000, Φύλλο ΖΑΓΟΡΑ του Ι.Γ.Μ.Ε.
- Χάρτης «Εδαφοκάλυψης» κλίμακας 1:50.000, του Νομού Μαγνησίας του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης Δασικών Εδαφών.

2.3. ΚΛΙΣΙΜΕΤΡΟ

Για την μέτρηση της κλίσης των διατομών της εγκλιβωτισμένης κοίτης χρησιμοποιήθηκε κλισίμετρο Meridian, το οποίο μετρά την κλίση % της γραμμής σκόπευσης από το μάτι του παρατηρητή προς ένα μακρινό αντικείμενο (απόσταση~10m).

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε μετροταινία και ακόντιο για την αποτύπωση των διατομών.

2.4. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

2.4.1. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ OFFICE (ΕΦΑΡΜΟΓΗ EXCEL)

Εφαρμογή φύλλων εργασίας και διαχείριση αριθμητικών δεδομένων.

2.4.2. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ArcGIS 9x (ΕΚΔΟΣΗ ArcView 9.1)

Σχεδιαστικό πρόγραμμα γεωγραφικού περιβάλλοντος, με το οποίο μπορούν να γίνουν αναζητήσεις τόσο στα χωρικά όσο και στα περιγραφικά δεδομένα, να αναλυθούν χωρικές σχέσεις και να δημιουργηθούν χάρτες και γραφήματα.

2.4.3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Corel 11

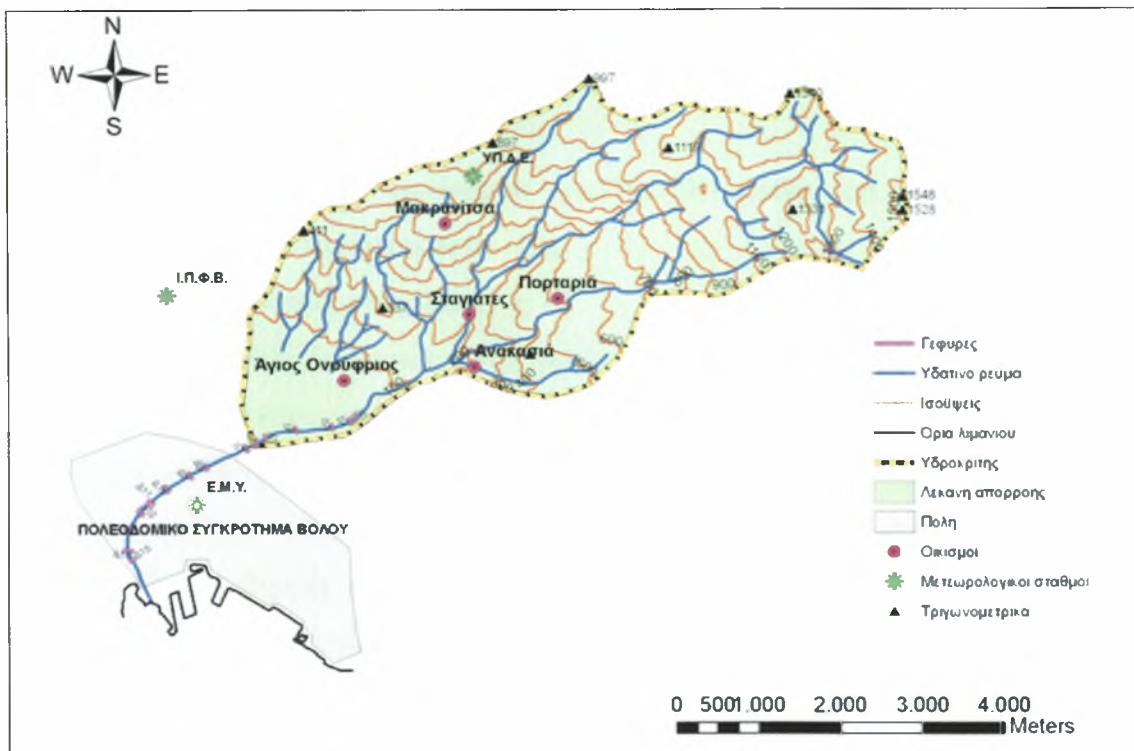
Σχεδιαστικό πρόγραμμα γραφικών.

2.5. ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή για τη λήψη των απαιτούμενων φωτογραφιών της περιοχής.

2.6. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Περιοχή έρευνας αποτελεί η λεκάνη απορροής του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδαωνα, καθώς και το τμήμα της κοίτης του το οποίο διέρχεται εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος Βόλου και αποτελεί το φυσικό όριο των Δήμων Βόλου και Νέας Ιωνίας (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Λεκάνη απορροής του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδαωνα

Η λεκάνη αυτή οριοθετείται δυτικά από το ανενεργό ηφαίστειο Σαρακηνό και τη ρεματιά που τον χωρίζει από τη Μακρυνίτσα και ανατολικά από τη ρεματιά που χωρίζει την Πορταριά από το Κατηχώρι. Οι σημαντικότερες πηγές που ενισχύουν με το νερό τους τον Κραυσίδωνα είναι αυτές της Μάνας, Μπράνης, Γερακιάς, Σταγιατών και Κουκουράβας. Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης είναι τα 1548 m, περιοχή Πλεσιδίου.

Τα νερά του χειμάρρου διοχετεύονται μέσω της κοίτης του στον Παρασητικό κόλπο. Μετά τις πλημμύρες που είχαν σημειωθεί τη δεκαετία του 1950 το πεδινό μέρος της κύριας κοίτης του χειμάρρου έχει διαμορφωθεί τεχνητά με εκσκαφή αναχωμάτων και κατασκευή παράλληλων τοίχων και έτσι έγινε και η εκτροπή στην σημερινή εκβολή του στο λιμάνι του Βόλου.

2.6.1. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Για την επεξεργασία των γεωγραφικών στοιχείων και τον υπολογισμό των μορφομετρικών χαρακτηριστικών τους χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcView 9.1. Αρχικά, εισήχθησαν σε ψηφιοποιημένη μορφή (.tif) οι τοπογραφικοί χάρτες «Γενικής χρήσεως» κλίμακας 1:50000 (φύλλο ΒΟΛΟΣ και φύλλο ΖΑΓΟΡΑ) της Γ.Υ.Σ. στο πρόγραμμα ArcView 9.1. Επειδή η περιοχή έρευνας καλύπτει δύο φύλλα χάρτου, έγινε γεωαναφορά στα σαρωμένα φύλλα, απ' όπου προέκυψε ένας ενιαίος χάρτης. Σε αυτόν τον χάρτη οριοθετήθηκε η λεκάνη απορροής με την ψηφιοποίηση του διανύσματος του υδροκρίτη.

Με τη χρήση του πρόγραμμα ArcView 9.1 καθώς και μαθηματικών και εμπειρικών τύπων υπολογίστηκαν τα εξής:

- Η έκταση της υδρολογικής λεκάνης: E
- Το μέγιστο μήκος διαδρομής του χειμάρρου μέχρι την έξοδο της λεκάνης:
- Το μήκος της κεντρικής κοίτης του: L_k
- Η κλίση του κυρίως ρεύματος: $J_k = H_{max} - H_{min} / L_k$
- Το μήκος του κυρίως ρεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κέντρου βάρους της λεκάνης πάνω στο κύριο ρεύμα: L_C
- Η μέση κλίση της λεκάνης: $J_\lambda = \Delta H * \Sigma L / F$
- Το μέσο υψόμετρο: $H_{med} = \Sigma(L_i H_i) / \Sigma L$
- Το μήκος του υδροκρίτη: U

- Ο δείκτης κυκλικότητας: $E_c = \frac{A}{(P^2/4\pi)}$
- Ο δείκτης επιμήκυνσης: $E = A^{0.5}/L$
- Το μέγιστο ανάγλυφο: H_r
- Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου: D

Κριτήριο για την περιγραφή του αναγλύφου της ορεινής περιοχής της λεκάνης αποτελεί η τιμή της μέσης κλίσης της λεκάνης.

2.6.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Για τον προσδιορισμό του γεωλογικού υποθέματος της περιοχής χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcView 9.1. Αρχικά, εισήχθησαν σε ψηφιοποιημένη μορφή (.tif) οι γεωλογικοί χάρτες κλίμακας 1:50000 (φύλλο ΒΟΛΟΣ και φύλλο ΖΑΓΟΡΑ) του Ι.Γ.Μ.Ε. στο πρόγραμμα ArcView 9.1. Επειδή η περιοχή έρευνας καλύπτει δύο φύλλα χάρτου, έγινε γεωαναφορά στα σαρωμένα φύλλα, απ' όπου προέκυψε ένας ενιαίος χάρτης, όπου και εντοπίστηκε η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Κραυσίδανα.

Το γεωπόθεμα των λεκανών διαμορφώνεται από τα πετρώματα που το συγκροτούν. Η κατάταξη όμως των πετρωμάτων με βάση μόνο γεωλογικά και πετρογραφικά κριτήρια δεν βοηθάει στην εκτίμηση της χειμαρρικότητας των λεκανών, επειδή δεν μπορεί να αποδώσει το είδος, την ένταση και την έκταση των χειμαρρικών φαινομένων που αναπτύσσονται στην επιφάνειά τους. Για το λόγο αυτό, τα γνωστά πετρώματα ταξινομούνται, κυρίως με βάση την ευπάθειά τους στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. σε ευρύτερους χειμαρρικούς πετρολογικούς σχηματισμούς (Στεφανίδης, 1990).

Έτσι διαμορφώνονται οι ακόλουθες ομάδες πετρολογικών σχηματισμών:

- Ο προσχωσιγενής σχηματισμός (Α): περιλαμβάνει τα προσχωσιγενή καλλιεργούμενα εδάφη, τα οποία εμφανίζουν ήπιας μορφής χειμαρρικά φαινόμενα (αυλακωτή, μικρή χαραδρωτική και περιορισμένη πρανική διάβρωση).
- Ο νεογενής σχηματισμός (S): περιλαμβάνει άμμους, αργίλους, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες κ.λ.π. και εμφανίζει έντονες χαραδρωτικές, φαραγγωτές και πρανικές διαβρώσεις.

- Ο σχιστολιθικός σχηματισμός (G): περιλαμβάνει τους σχιστόλιθους και εμφανίζει όλα σχεδόν τα είδη των χειμαρρικών φαινομένων.
- Ο κρυσταλλοπυριγενής σχηματισμός (M): περιλαμβάνει τους γρανίτες, γνεύσιους, αμφιβολίτες, βασάλτες κ.λ.π. και εμφανίζει όλα τα είδη των χειμαρρικών φαινομένων εκτός από τις γεωλισθήσεις, σε ήπια μορφή.
- Ο ασβεστολιθικός σχηματισμός (K): περιλαμβάνει τους ασβεστόλιθους, τα μάρμαρα, τους δολομίτες και τους κερατόλιθους και εμφανίζει κυρίως έντονες αποσαθρώσεις.
- Ο φλυσχικός σχηματισμός (F): περιλαμβάνει τον πετρολογικό σχηματισμό του φλύσχη και εμφανίζει κυρίως ολισθήσεις και κάθε είδους διαβρώσεις (λιγότερο την φαραγγωτή), απουσιάζουν οι αποσαθρώσεις.

Ανάλογα με την επικράτηση ενός ή περισσότερων σχηματισμών στις λεκάνες απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων έχουμε τα αμιγή ως προς το υπόθεμα χειμαρρικά ρεύματα και τα μικτά. Στα μικτά απαντώνται περισσότεροι του ενός πετρολογικοί σχηματισμοί με έκταση όχι μικρότερη από το 10-15% της επιφάνειας της λεκάνης απορροής, ώστε να μπορεί να επιδρά στο χαρακτήρα της.

Τέλος, σε ό,τι αφορά τα χειμαρρικά περιβάλλοντα, αυτά ταξινομούνται σε διάφορα χειμαρρικά χωροδιαστήματα, κυρίως ανάλογα με το υπερθαλάσσιο ύψος των λεκανών απορροής ως εξής:

- Χειμαρρικό χωροδιάστημα I: έως 1000 m (ολική επίδραση δάσους)
- Χειμαρρικό χωροδιάστημα II: 1001-2000 m (μερική επίδραση δάσους)
- Χειμαρρικό χωροδιάστημα III: 2001-3000 m (αλπική ζώνη)
- Χειμαρρικό χωροδιάστημα IV: > 3000 m (αιώνιο χιόνι).

2.6.3. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Για τον προσδιορισμό της βλάστησης της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο δασικός χάρτης, κλίμακας 1:200.000, του νομού Μαγνησίας της Δασικής Υπηρεσίας Βόλου και ο χάρτης χρήσεων γης, κλίμακας 1:50.000, του Corrigne. Με τη βοήθεια των παραπάνω χαρτών και έπειτα από επιτόπια παρατήρηση συντάχθηκε ο χάρτης βλάστησης της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδανα.

2.6.4. ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το χειμαρρικό περιβάλλον (δυναμικό) μιας λεκάνης απορροής καθορίζεται από τους ακόλουθους τέσσερις φυσικούς παράγοντες: το κλίμα, το ανάγλυφο, το γεωλογικό υπόθεμα και την βλάστηση.

Ο συνδυασμός των βασικών αυτών παραγόντων χειμαρρικότητας στο χώρο καθορίζει το συγκεκριμένο χειμαρρικό δυναμικό ή περιβάλλον, που σχηματίζεται στη λεκάνη απορροής κάθε χειμαρρικού ρεύματος. Ανάλογα δε με το είδος και την ένταση του χειμαρρικού δυναμικού επιταχύνεται ή επιβραδύνεται η εξέλιξη των μορφογενετικών μηχανισμών στις λεκάνες και καθορίζεται το είδος, η ένταση και η έκταση των χειμαρρικών φαινομένων, που αναπτύσσονται στο χώρο τους. Έτσι διαμορφώνονται αντίστοιχα και τα μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών (Σαπουντζής, 2005).

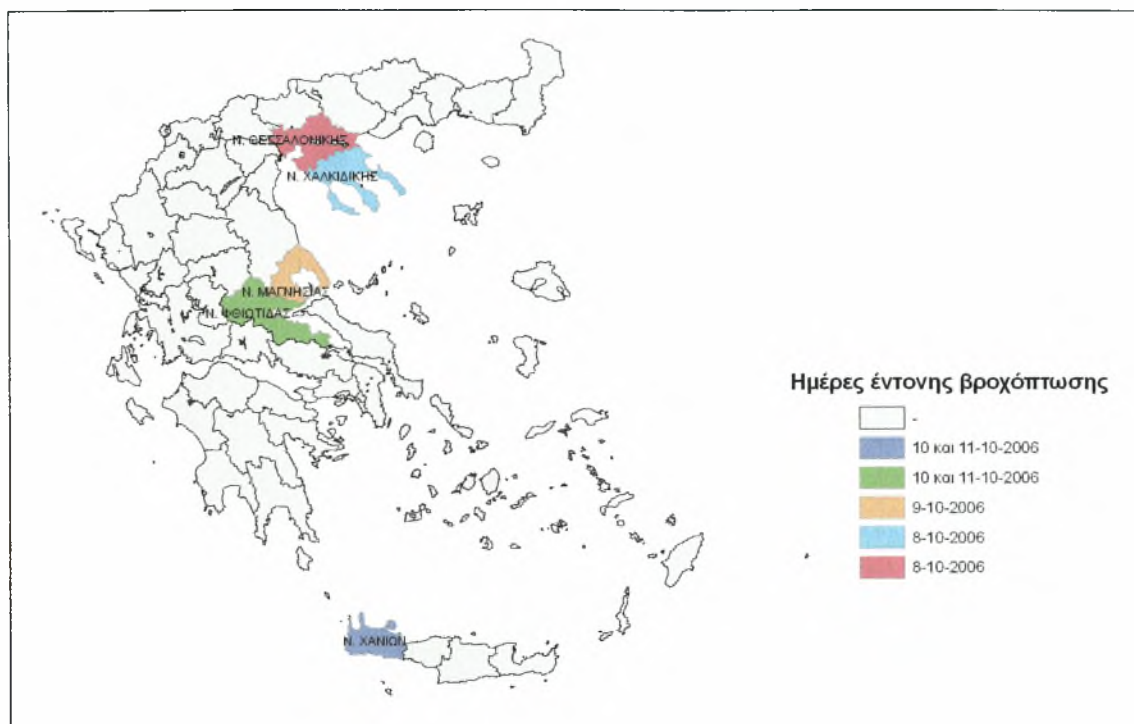
Με τη βοήθεια του χάρτη βλάστησης κλίμακας 1:200.000 του νομού Μαγνησίας της Δασικής Υπηρεσίας Βόλου, των γεωλογικών χαρτών κλίμακας 1:50.000 (φύλλο ΒΟΛΟΣ και φύλλο ΖΑΓΟΡΑ) του Ι.Γ.Μ.Ε. και του χάρτη εδαφοκάλυψης κλίμακας 1:50.000 του νομού Μαγνησίας του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης Δασικών Εδαφών, κατασκευάστηκε γραφικά χάρτης που παρουσιάζει τις ζώνες βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα. Στη συνέχεια, ο χάρτης αυτός ψηφιοποιήθηκε μέσω του προγράμματος ArcView 9.1.

2.7. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΟΨΗΚΕΣ

Την περίοδο 8-12 Οκτωβρίου 2006, η χώρα μας επηρεάστηκε από μία έντονη ατμοσφαιρική διαταραχή, η οποία προκάλεσε σοβαρά πλημμυρικά φαινόμενα σε πολλές περιοχές της χώρας. Τα σημαντικότερα από αυτά σημειώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης και της Χαλκιδικής, στο νομό Φθιώτιδας, στο Βόλο και στη δυτική Κρήτη (Εικόνα 3).

Συγκεκριμένα, οι μετεωρολογικοί σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Ε.Α.Α.) κατέγραψαν στις 8/10 στον Πολύγυρο 105 mm βροχής και στις 10 και 11/10 στην Αμφίκλεια 205 mm βροχής μέσα σε διάστημα 42 ωρών. Στα Χανιά ο μετεωρολογικός σταθμός του Ε.Α.Α. κατέγραψε 81 mm βροχής, ενώ στο αεροδρόμιο

των Χανίων ο μετεωρολογικός σταθμός της Εθνικής Μετεωρολογική Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) κατέγραψε συνολικά ~135 mm βροχής.



Εικόνα 3. Περιοχές όπου σημειώθηκαν έντονες βροχοπτώσεις το τετραήμερο 8-11 Οκτωβρίου 2006

Στην περιοχή του Βόλου η βροχόπτωση που σημειώθηκε στις 9/10/2006 ήταν πολύ ισχυρή και σύμφωνα με μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών από ερασιτέχνες μετεωρολόγους, τα χιλιοστά βροχής που κατεγράφησαν ήταν περισσότερα από 230 μέσα σε ένα δωδεκάωρο. Οι μετρήσεις της βροχόπτωσης, στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου, κατεγράφησαν από βροχόμετρα τριών περιοχών: του μετεωρολογικού σταθμού της Ε.Μ.Υ. στην περιοχή της Ν. Αγκιάλου, του Ινστιτούτου Προστασίας Φυτών στο Φυτόκο και του βροχομετρικού σταθμού της Μακρυνίτσας που υπόκειται στην αρμοδιότητα του Υπουργείου Δημοσίων Έργων. Ο μετεωρολογικός σταθμός της Ε.Μ.Υ. εντός της πόλης του Βόλου πλέον δεν λειτουργεί.

Τα βροχομετρικά δεδομένα του σταθμού της Μακρυνίτσας για την περίοδο 1961-1985 δίνονται στο Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις (mm) της περιόδου 1961-1985.

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Ετήσι.Υψ. Βρ. (mm)
1961	124,0	93,0	241,0	27,9	8,3	42,3	19,2	11,6	26,7	108,2	26,9	141,0	870,1
1962	43,0	34,5	21,1	0,0	26,1	3,3	29,3	0,0	359,6	250,0	127,6	268,0	1162,5
1963	121,0	116,0	85,0	30,8	79,2	15,5	32,1	0,0	18,9	275,0	72,0	35,7	881,2
1964	69,0	11,0	77,8	4,3	70,2	62,3	12,4	5,5	140,8	36,8	57,6	58,7	606,4
1965	136,0	106,0	111,0	69,9	51,7	34,9	67,9	0,0	0,0	89,5	61,0	30,4	758,3
1966	274,0	15,9	67,9	50,8	139,1	33,7	0,0	22,7	11,9	52,8	196,3	137,9	1003,0
1967	5,1	11,6	145,6	39,2	36,9	3,8	29,6	33,2	135,8	31,6	133,3	58,4	664,1
1968	45,2	60,2	64,7	15,1	52,8	26,7	0,0	0,0	137,8	203,6	185,0	132,6	923,7
1969	142,9	48,8	94,2	13,6	0,0	15,6	4,5	4,3	35,0	2,7	36,0	141,1	538,7
1970	35,3	33,8	84,2	5,7	171,0	19,1	6,3	15,1	20,1	68,0	28,8	16,6	504,0
1971	134,4	134,1	100,9	35,1	36,2	38,1	43,3	30,6	52,5	147,2	20,2	24,0	796,6
1972	127,4	58,6	80,8	112,2	10,0	30,8	75,0	42,9	64,2	18,7	129,9	14,1	764,6
1973	124,5	20,2	79,0	36,5	13,9	3,6	28,2	18,7	109,3	153,6	36,6	39,6	663,7
1974	80,3	163,4	79,5	96,3	34,2	37,5	3,7	3,7	18,4	23,2			
1979	62,0	97,0	28,9	31,9	182,4	7,3	34,6	29,9	20,6	227,2	194,4	176,1	1092,3
1980	41,7	33,0	74,5	75,3	47,5	34,3	10,9	0,0	27,9	212,3	96,9	61,9	716,2
1981	269,2	68,7	43,6	7,2	14,3	3,0	10,4	15,8	7,3	57,8	52,0	44,5	593,8
1982	26,1	172,4	102,9	138,4	327,9	9,1	15,0	15,0	8,2	101,3	115,5	51,3	1083,1
1983	42,8	107,0	37,4		3,4	42,2	80,9	6,9	7,7	10,5	46,9		
1984	5,7	79,0	105,8	77,2	6,8	32,2	10,2	39,5		27,5	83,4	91,9	
1985	135,5	53,6	60,0	8,4	11,6	17,4	8,4	2,3	15,6	88,1	146,4	21,9	569,2
Άθροισμα	2045,1	1517,8	1785,8	875,8	1323,5	512,7	521,9	297,7	1218,3	2185,6	1846,7	1545,7	14191,5
Μ.Ο.	97,4	72,3	85,0	43,8	63,0	24,4	24,9	14,2	60,9	104,1	92,3	81,4	788,4

2.8. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

2.8.1. ΑΥΤΟΥΣΙΟ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΗΜΑ

Η χρησιμοποίηση του αυτούσιου βροχογραφήματος γίνεται για λόγους ασφαλείας σχεδιασμού.

2.8.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΑΠΟΡΡΟΪΚΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ CN ΤΗΣ SCS

Η απορροή από την ώρα της πλημμύρας εξαρτάται από την τοπογραφική διαμόρφωση της λεκάνης, τη διαπερατότητα των εδαφών, το είδος της φυτοκάλυψης και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Η μέθοδος της Soil Conservation Service (S.C.S.) περιγράφει τη σχέση βροχής-απορροής με τη μορφή:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - Ia} \quad (1)$$

όπου: S= μέγιστη ικανότητα του εδάφους ή αποθηκευτικότητα, F= πραγματική συγκράτηση υγρασίας από το έδαφος, Q= όγκος απορροής, P= όγκος βροχόπτωσης και Ia= αρχική συγκράτηση υγρασίας.

Η πραγματική συγκράτηση υγρασίας είναι:

$$F = (P - I_a) - Q \quad (2)$$

Αντικαθιστώντας τη σχέση (2) στη σχέση (1) και λύνοντας ως προς Q έχουμε:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (3)$$

Η αρχική συγκράτηση Ia είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων μεταξύ των οποίων είναι ο τρόπος χρήσης και διαχείρισης γης, η συγκράτηση του νερού της βροχής από τη φυτοκάλυψη, η διηθητικότητα του εδάφους, η αποθήκευση του νερού σε επιφανειακές κοιλότητες και η προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση του εδάφους (Antecedent Soil Moisture Condition (AMC)). Η SCS μετά από πειράματα και στηριζόμενη στην εμπειρία πολλών ετών κατέληξε στην παρακάτω εμπειρική σχέση για την αρχική συγκράτηση Ia:

$$I_a = 0,2 \cdot S \quad (4)$$

Από την εξίσωση (4) βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την αρχική συγκράτηση υγρασίας Ia, θα επηρεάζουν και τη μέγιστη ικανότητα συγκράτησης του εδάφους S. Αντικαθιστώντας την εξίσωση (4) στην (3) και το Q με το ισοδύναμο του Pe, που είναι η απορροϊκή βροχή, προκύπτει η σχέση:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \quad \text{για } P > 0,2 S \quad (5)$$

Αν $P \leq 0,2 S$, τότε $P_e = 0$.

Εμπειρικές μελέτες έχουν δείξει ότι η αποθηκευτικότητα S μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει ενός παράγοντα CN, όπως παρακάτω:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{σε mm}) \quad (6)$$

όπου: CN= απορροϊκός συντελεστής (Curve Number). Αφού η αποθηκευτικότητα S, εξαρτάται από τους παράγοντες που επηρεάζουν την Ia, είναι ευνόητο ότι από τους ίδιους παράγοντες θα επηρεάζεται και ο CN. Πιο συγκεκριμένα, ο CN είναι ένας συντελεστής που αντιπροσωπεύει τη συνδυασμένη επίδραση του εδάφους, τους

τρόπους χρήσης και διαχείρισης αυτού, των καλλιεργητικών συνθηκών και της προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης του εδάφους (AMC).

Η SCS έχει αναπτύξει ένα σύστημα κατάταξης εδαφών που αποτελείται από τέσσερις εδαφικούς τύπους, που ορίζονται με τα γράμματα A,B,C και D. Τα εδαφικά χαρακτηριστικά που συνδυάζονται με κάθε τύπο εδάφους είναι:

- Τύπος A: Εδάφη με μεγάλη τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Βαθιά αμμώδη, βαθιά πηλώδη, συσσωματούμενα ιλυώδη.
- Τύπος B: Εδάφη με μέτρια τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Ρηχά πηλώδη, πηλοαμμώδη.
- Τύπος C: Εδάφη με μικρή τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Αργιλοπηλώδη, ρηχά αμμοπηλώδη, εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εδάφη πλούσια σε άργιλο.
- Τύπος D: Εδάφη με πολύ μικρή τελική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Εδάφη τα οποία διογκώνονται όταν υγραίνονται, έχουν δηλαδή υψηλή περιεκτικότητα σε μοντοριλονιτική άργιλο και ορισμένα αλατούχα εδάφη.

Οι παραπάνω εδαφολογικοί τύποι μπορούν να αναγνωριστούν με έναν από τους τρεις παρακάτω τρόπους, (Παπαμιχαήλ,2004):

1. Από τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά,
2. Από εδαφολογικούς χάρτες και
3. Από τον ελάχιστο ρυθμό διήθησης.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται ο τρίτος τρόπος, ο ελάχιστος ρυθμός διήθησης για κάθε εδαφολογικό τύπο, δίνεται στον Πίνακα 2:

Πίνακας 2. Τιμές ελάχιστου ρυθμού διήθησης (cm/hr)

Τύπος	Ελάχιστος ρυθμός διήθησης (cm/hr)
A	0,76-1,14
B	0,38-0,76
C	0,13-0,38
D	0,00-0,13

Η κατάταξη της επιφάνειας του εδάφους κατατάσσεται με βάση τρία χαρακτηριστικά. Αυτά είναι ο τρόπος χρήσης γης, η γεωργική διαχείριση ή

πρακτική και οι υδρολογικές συνθήκες. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι χρήσης γης, οι οποίοι φαίνονται στον Πίνακα 4 εκτίμησης του CN. Όσον αφορά τον τρόπο διαχείρισης ή τις γεωργικές πρακτικές που ακολουθούνται στις καλλιέργειες, αυτές διακρίνονται σε γραμμικές κατά τις ισοϋψείς και σε αναβαθμούς. Οι υδρολογικές συνθήκες σχετίζονται με το αν η βλάστηση είναι πυκνή και σε καλή κατάσταση και αν το έδαφος είναι πλούσιο σε οργανική ουσία και έχει μια καλή δομή προκαλώντας έτσι μεγάλη διήθηση και μικρή απορροή και διακρίνονται σε κακές, δυσμενείς, μέτριες και καλές συνθήκες.

Η προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση του εδάφους (AMC), επιδρά σημαντικά τόσο στον όγκο, όσο και στο ρυθμό της απορροής. Αναγνωρίζοντας τη σπουδαιότητα του παράγοντα αυτού η SCS ανέπτυξε τρεις τύπους προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης, οι οποίοι ορίζονται σαν I, II και III. Η εδαφική κατάσταση για κάθε τύπο είναι, (Παπαμιχαήλ,2004):

- Κατάσταση I: Τα εδάφη είναι ξηρά, αλλά η υγρασία τους δε βρίσκεται στο σημείο μόνιμης μάρανσης. Οι καλλιεργητικές εργασίες γίνονται με αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Κατάσταση II: Μέση υγρασιακή κατάσταση.
- Κατάσταση III: Μεγάλη βροχόπτωση ή χαμηλή βροχόπτωση και χαμηλές θερμοκρασίες έχουν εμφανιστεί το τελευταίο πενταήμερο. Υγρό έδαφος.

Ο Πίνακας 3 δίνει τρεις τύπους προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης, για τη χειμερινή και τη βλαστική περίοδο, με βάση το συνολικό ύψος βροχής σε mm, των προηγούμενων 5 ημερών.

Πίνακας 3. Προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση (AMC) με βάση το συνολικό ύψος βροχής σε mm, των προηγούμενων 5 ημερών

AMC	Χειμερινή περίοδος	Βλαστική περίοδος
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
III	> 27,9	> 53,3

Πίνακας 4. Απορροϊκοί συντελεστές CN, για διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης γης, διαχείρισης, υδρολογικών συνθηκών και εδαφικών τύπων. (Η προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση είναι τύπου II (AMC-II) και $I_a=0,2S$)

Περιγραφή χρήσης γης/ διαχείρισης/ υδρολογικών συνθηκών		Υδρολογικός τύπος εδάφους			
		A	B	C	D
Ανοιχτά διαστήματα, αλάνες, πάρκα κ.ά.					
1.	Φυτοκάλυψη > 70% της επιφάνειας Καλές συνθήκες	39	61	74	80
2.	Φυτοκάλυψη 50-70% της επιφάνειας Κακές συνθήκες	49	69	79	84
Χέρσες εκτάσεις		77	86	91	94
Γραμμικές καλλιέργειες					
1.	ευθείες γραμμές Δυσμενείς	72	81	88	91
2.	ευθείες γραμμές Καλές	67	78	85	89
3.	κατά τις ισοϋψείς Δυσμενείς	70	79	84	88
4.	κατά τις ισοϋψείς Καλές	65	75	82	86
5.	σε αναβαθμούς Δυσμενείς	66	74	80	82
6.	σε αναβαθμούς Καλές	62	71	78	81
Χαμηλά δημητριακά					
1.	ευθείες γραμμές Δυσμενείς	65	76	84	88
2.	ευθείες γραμμές Καλές	63	75	83	87
3.	κατά τις ισοϋψείς Δυσμενείς	63	74	82	85
4.	κατά τις ισοϋψείς Καλές	61	73	81	84
5.	σε αναβαθμούς Δυσμενείς	61	72	79	82
6.	σε αναβαθμούς Καλές	59	70	78	81
Καλλιέργειες ψυχανθών ή σε εναλλαγή με λιβάδια					
1.	ευθείες γραμμές Δυσμενείς	66	77	85	89
2.	ευθείες γραμμές Καλές	58	72	81	85
3.	κατά τις ισοϋψείς Δυσμενείς	64	75	83	85
4.	κατά τις ισοϋψείς Καλές	55	69	78	83
5.	σε αναβαθμούς Δυσμενείς	63	73	80	83
6.	σε αναβαθμούς Καλές	51	67	76	80



Βοσκότοποι					
	Δυσμενείς	68	79	86	89
	Μέτριες	49	69	79	84
	Καλές	39	61	74	80
1. κατά τις ισοϋψείς	Δυσμενείς	47	67	81	88
2. κατά τις ισοϋψείς	Μέτριες	25	59	75	83
3. κατά τις ισοϋψείς	Καλές	6	35	70	79
Λιβάδια	Καλές	30	58	71	78
Δάση ή δασώδης περιοχή	Δυσμενείς	45	66	77	83
	Μέτριες	36	60	73	79
	Καλές	25	55	70	77
Οπωρώνες		59	74	82	86

Οι τιμές που παίρνονται από τον Πίνακα 4 αναφέρονται σε εδάφη με προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση τύπου II. Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ο τύπος III, τότε η τιμή του CN πρέπει να υπολογιστεί με την παρακάτω σχέση [Sobhani (1976)]:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0,4036 + 0,0059 \cdot CN_{II}} \quad (7)$$

Ο συνολικός όγκος νερού που απέρρευσε υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$V_{total} = Pe \cdot E \cdot 1000 \text{ (m}^3\text{)} \quad (8)$$

όπου: Pe= σύνολο απορροϊκής βροχής (mm) και E= έκτασης λεκάνης (km²).

2.8.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΙΧΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Οι μέθοδοι εκτίμησης της υδατοπαροχής μιας πλημμύρας, καθώς και της αιχμής της, βασίζονται στη χρησιμοποίηση των ιχνών της επί κάποιου μήκους του ρεύματος, όπου η διατομή είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφη. Τα ίχνη αυτά διακρίνονται συνήθως πολύ εύκολα αμέσως μετά το πέρασμα της πλημμύρας.

Για τον υπολογισμό της πλημμυρικής παροχής που διήλθε διαμέσου των διατομών χρησιμοποιείται ο τύπος, (Σαπουντζής,2006):

$$Q = F \cdot V \quad (9)$$

όπου: Q = πλημμυρική παροχή (m^3/sec), F = διαβρεχόμενη επιφάνεια (m^2) και V = μέση ταχύτητα ροής (m/sec).

Για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας ροής χρησιμοποιούνται ευρέως οι ημιθεωρητικές σχέσεις των Chezy και Manning-Strickler. Για την εργασία θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση των Manning-Strickler:

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (10)$$

όπου: V = μέση ταχύτητα κίνησης του νερού (m/sec), k = συντελεστή τραχύτητας (Πίνακας 5), J = μέση κλίση πυθμένα κοίτης (%) και R = υδραυλική ακτίνα (m). Η υδραυλική ακτίνα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R = F / U \quad (11)$$

όπου: F = διαβρεχόμενη επιφάνεια (m^2), U = διαβρεχόμενη περίμετρος (m)

Πίνακας 5. Τιμές του συντελεστή k στον τύπο Manning-Strickler

Περιγραφή αγωγού	k
1. Φυσικοί αγωγοί:	
Ρεύματα με σταθερή κοίτη χωρίς ακανονιστίες	40-42
Ρεύματα με φερτές ύλες μετρίου μεγέθους	35-38
Ρεύματα καλυμμένα με χαμηλή βλάστηση	30-35
Ρεύματα με αδρομερή φερτά υλικά και ακανονιστίες	30
Ρεύματα πλούσια σε αδρομερή υλικά	28-30
Χειμαρρώδη ρεύματα με αδρομερή υλικά χωρίς έντονη στερεομεταφορά	25-28
Χειμαρρώδη ρεύματα με αδρομερή υλικά και έντονη στερεομεταφορά	19-22
2. Διώρυγες από γεώδες υλικό:	
Στερεό λείο υλικό	60
Στερεά άμμος με λίγο αργιλώδες υλικό ή λίγους χάλικες	50
Λεπτοί χάλικες	40
Αδρομερείς χάλικες	35
Κάλυψη με αδρομερείς λίθους	26-30
Άμμος, ιλύς, χάλικες με έντονη βλάστηση	20-26
Πυθμένας και πρανή καλυμμένα με ασφαλικό υλικό	70-75
3. Διώρυγες με λίθους:	
Λίθοι εξορυσμένοι σε μέτριες διαστάσεις	25-30

Λίθοι με προσοχή εξορυσμένοι	20-25
Λίθοι πολύ τραχείς	15-20
4. Διώρυγες από τοιχοποιία:	
Πλινθοδομή	80
Λιθοδομή από ορθογωνισμένους λίθους με κονίαμα	70-80
Επιμελημένη λιθοδομή με κονίαμα	70
Συνηθισμένη λιθοδομή με κονίαμα	60
Λίθοι αδρά πελεκημένοι	50
Τοίχοι από πελεκητούς λίθους, πυθμένας από άμμο και χάλικες	45-50
5. Κανάλια από σκυροκονίαμα:	
Έντελώς λεία τοιχώματα	90-100
Ξύλινα λεία τοιχώματα	80-90
Τοιχώματα από μπετόν, καθαρές επιφάνειες	60-65

2.8.4. ΜΕΘΟΔΟΣ SIERRA NEVADA

Για την εκτίμηση των υδρογραφημάτων πλημμύρας που προκύπτουν από τις βροχοπτώσεις διαφόρων διαρκειών και περιόδων επαναφοράς, χρησιμοποιείται η μέθοδος του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada όπως δίνεται στο Design of Small Dams [USDI (1987)].

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ο χρόνος υστέρησης του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ώρες υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Lg = 0,1776 \cdot C \cdot \left[\frac{L \cdot L_c}{\sqrt{S}} \right]^N \quad (12)$$

όπου: Lg = χρόνος υστέρησης του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ώρες, C = σταθερά που λαμβάνεται ίση με 26 K_n , K_n = συντελεστής του Manning που λαμβάνεται ίσος με 0,12, L = μέγιστος μήκος διαδρομής του κυρίου ρεύματος σε km, L_c = μήκος του κυρίως ρεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κέντρου βάρους της λεκάνης πάνω στο κύριο ρεύμα σε km, S = κλίση του κυρίως ρεύματος σε m/m και N = σταθερά ίση με 0,33.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές η σχέση (12) παίρνει τη μορφή:

$$Lg = 0,5541 \cdot \left[\frac{L \cdot L_c}{\sqrt{S}} \right]^{0,33} \quad (13)$$

Η διάρκεια της μοναδιαίας βροχής, D από την οποία προέρχεται το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα δίνεται από τη σχέση:

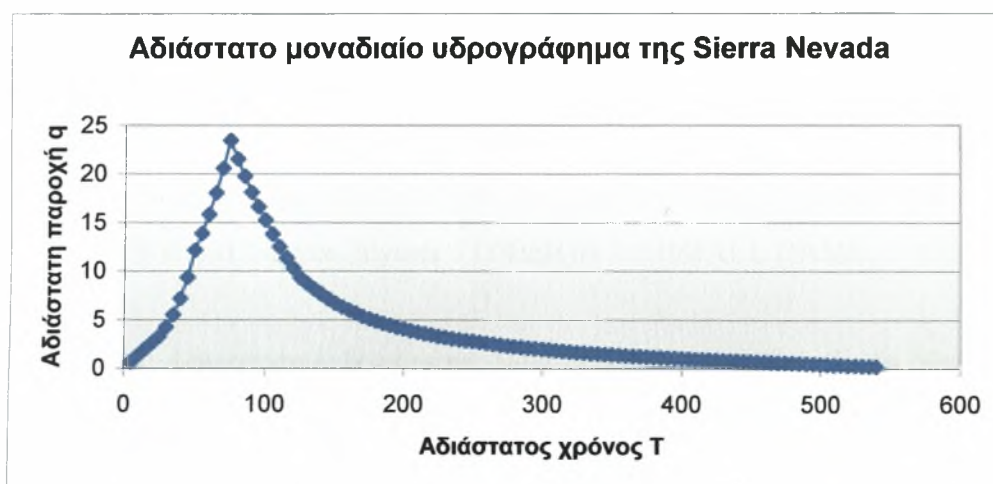
$$D = \frac{Lg}{5,5} \quad (14)$$

Σύμφωνα με το Design of Small Dams [USDI,(1987)] το αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της Sierra Nevada δίνεται στο Εικόνα 4 και τα στοιχεία αυτού στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Στοιχεία αδιάστατου μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada

$T=Lg+D/2$ (%)	q	$T=Lg+D/2$ (%)	q
5	0,65	275	2,33
10	1,3	280	2,26
15	1,95	285	2,18
20	2,6	290	2,11
25	3,25	295	2,05
30	4,23	300	1,98
35	5,51	305	1,92
40	7,17	310	1,85
45	9,34	315	1,78
50	12,17	320	1,73
55	13,88	325	1,67
60	15,83	330	1,62
65	18,05	335	1,57
70	20,59	340	1,52
75	23,48	345	1,47
80	21,54	350	1,42
85	19,77	355	1,38
90	18,13	360	1,34
95	16,63	365	1,3
100	15,26	370	1,26
105	13,83	375	1,22
110	12,53	380	1,18
115	11,36	385	1,14
120	10,29	390	1,11
125	9,33	395	1,06
130	8,73	400	1,03
135	8,17	405	1
140	7,65	410	0,96
145	7,15	415	0,93
150	6,69	420	0,9
155	6,33	425	0,87
160	5,99	430	0,84
165	5,67	435	0,82
170	5,36	440	0,8
175	5,07	445	0,77

180	4,85	450	0,75
185	4,63	455	0,72
190	4,43	460	0,69
195	4,24	465	0,66
200	4,06	470	0,63
205	3,89	475	0,61
210	3,73	480	0,58
215	3,58	485	0,55
220	3,44	490	0,52
225	3,3	495	0,49
230	3,18	500	0,46
235	3,08	505	0,43
240	2,98	510	0,4
245	2,88	515	0,38
250	2,79	520	0,34
255	2,69	525	0,31
260	2,6	530	0,28
265	2,5	535	0,25
270	2,41	540	0,22



Εικόνα 4. Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της Sierra Nevada

Για τον υπολογισμό του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (δηλ. του υδρογραφήματος που προκαλείται από απορροϊκή βροχή 1mm) ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Η τετμημένη του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (χρόνος) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_m = \frac{T}{100} \cdot \left(Lg + \frac{D}{2} \right) \quad (15)$$

όπου: t_m = χρόνος του μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ώρες, T = παίρνεται από τον Πίνακα 6, L_g = όπως υπολογίζεται από τη σχέση (13) και D = όπως υπολογίζεται από τη σχέση (14).

Η τεταγμένη του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (παροχή), η οποία προέρχεται από απορροϊκή βροχή 1mm υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = 0,01157 \cdot \left[\frac{A \cdot q}{L_g + \frac{D}{2}} \right] \quad (16)$$

όπου: Q = παροχή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος σε m^3/sec , A = έκταση της υδρολογικής λεκάνης σε km^2 , L_g = όπως υπολογίζεται από τη σχέση (13), D = όπως υπολογίζεται από τη σχέση (14) και q = αδιάστατη παροχή όπως παίρνεται από τον Πίνακα 6.

Στην περίπτωση που το χρονικό βήμα των βροχογραφημάτων που χρησιμοποιούνται είναι 1 ώρα και οι διάρκειες των συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων δεν είναι ακέραια υποπολλαπλάσια της 1 ώρας είναι απαραίτητη η διερεύνηση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων ακέραιου υποπολλαπλασίου της ώρας. Για να γίνει η διερεύνηση αυτή θα πρέπει να καταφύγουμε στα στοιχεία της S-καμπύλης του Πίνακα 7 (DESIGN OF SMALL DAMS, 1987):

Πίνακας 7. Αδιάστατα δεδομένα της S-καμπύλης της μεθόδου Sierra Nevada

(%) του L_g	Παροχή % της συνολικής	(%) του L_g	Παροχή % της συνολικής
5	0,14	280	89,40
10	0,43	285	89,84
15	0,86	290	90,27
20	1,44	295	90,69
25	2,17	300	91,08
30	3,13	305	91,47
35	4,38	310	91,84
40	6,04	315	92,20
45	8,21	320	92,55
50	10,94	325	92,89
55	14,06	330	93,22
60	17,64	335	93,53
65	21,73	340	93,83
70	26,42	345	94,13
75	31,28	350	94,41
80	35,72	355	94,69

85	39,78	360	94,96
90	43,50	365	95,22
95	46,91	370	95,47
100	50,00	375	95,71
105	52,76	380	95,94
110	55,32	385	96,17
115	57,60	390	96,39
120	59,66	395	96,60
125	61,57	400	96,81
130	63,35	405	97,00
135	65,01	410	97,19
140	66,56	415	97,38
145	68,01	420	97,56
150	69,38	425	97,73
155	70,67	430	97,90
160	71,89	435	98,06
165	73,04	440	98,22
170	74,13	445	98,36
175	75,16	450	98,51
180	76,15	455	98,64
185	77,10	460	98,78
190	78,00	465	98,60
195	78,87	470	99,02
200	79,70	475	99,13
205	80,49	480	99,23
210	81,25	485	99,33
215	81,98	490	99,42
220	82,68	495	99,51
225	83,35	500	99,59
230	84,00	505	99,66
235	84,63	510	99,73
240	85,24	515	99,79
245	85,83	520	99,84
250	86,40	525	99,89
255	86,94	530	99,92
260	87,47	535	99,96
265	87,98	540	99,99
270	88,47	545	100,00
275	88,94		

Με βάση το ωριαίο απορροϊκό ύψος βροχής, που προκύπτει από τη μέθοδο του απορροϊκού συντελεστή CN της S.C.S., σε συνδυασμό με το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα της βροχόπτωσης γίνεται η σύνθεση των ωριαίων παροχών.

Στη συνέχεια, κατασκευάζεται το υδρογράφημα της πλημμύρας σύμφωνα με το άθροισμα των ωριαίων παροχών.

Τέλος, υπολογίζεται ο συνολικός όγκος νερού που απέρρευσε σύμφωνα με τη σχέση:

$$V_{\text{TOTAL}} = Q * d * 3600 \text{ (m}^3\text{)} \quad (17)$$

όπου: Q= σύνολο πλημμυρικής παροχής (m³/sec) και d= χρονικό βήμα (% hr).

2.8.5. ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΡΡΟΗΣ

Όσον αφορά την επιφανειακή απορροή, ο χρόνος που χρειάζεται το νερό να φτάσει από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης μέχρι το σημείο εξόδου του ρεύματος, χρόνος συρροής t_c , υπολογίζεται από την εμπειρική σχέση του Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{\text{med}} - H_{\text{min}}}} \quad (18)$$

όπου: t_c = ο χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης απορροής σε ώρες, A= η έκταση της λεκάνης σε km², L= το μέγιστο μήκος διαδρομής της λεκάνης σε km, H_{med} = το μέσο υψόμετρο της λεκάνης σε m και H_{min} = το υψόμετρο της εξόδου της λεκάνης σε m.

A. ENNOIΕΣ ΚΑΙ ΟΡΟΙ

A.1. ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

Οι καταιγίδες είναι βίαια φαινόμενα που χαρακτηρίζονται από ογκώδη νέφη Cb (Σωρειτομελανίες) με ραγδαίες διαλείπουσες βροχές που πολλές φορές συνοδεύονται από χαλάζι, από ισχυρούς ανέμους μεταβλητής έντασης και διεύθυνσης και από ισχυρές ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές, κεραυνούς, βροντές).

Απαραίτητες προϋποθέσεις δημιουργίας μίας καταιγίδας είναι η ύπαρξη, αφενός, έντονης ατμοσφαιρικής αστάθειας και, αφετέρου, μεγάλης ποσότητας υδρατμών στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, δημιουργούνται ισχυρές ανοδικές κινήσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό ογκωδών Cu (Σωρείτες) και Cb. Οι νεφικοί αυτοί σχηματισμοί φτάνουν σε μεγάλα ύψη και προκαλούν ισχυρές διαλείπουσες βροχές. Επίσης, οι ισχυρές ανοδικές κινήσεις έχουν σαν αποτέλεσμα και τη συσσώρευση, μέσα στα Cb, μεγάλων ηλεκτρικών φορτίων.

Στην περίπτωση που η διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δύο νέφη, ή σε δύο τμήματα ενός νέφους καταστεί μεγάλη, τότε δημιουργούνται ηλεκτρικές εκκενώσεις

που συνοδεύονται από λάμψη (αστραπή) και κρότο (βροντή). Αν η εκκένωση τύχει να γίνει ανάμεσα στο νέφος και στην επιφάνεια του εδάφους, τότε το φαινόμενο λέγεται κεραυνός (Φλόκας, 1997).

Κατά την ανάπτυξη και εξέλιξη μιας καταιγίδας, διακρίνονται τρεις φάσεις οι οποίες είναι:

- α. Η φάση της ανάπτυξης
- β. Η φάση της ωρίμανσης
- γ. Η φάση της διάλυσης

Συνοπτικά, οι καταιγίδες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: 1. Καταιγίδες αέριας μάζας ή τοπικές ή θερμικές, 2. Καταιγίδες μετωπικές, 3. Καταιγίδες γραμμής ή ζώνης αστάθειας.

Η ορογραφία μιας περιοχής συντελεί στη δημιουργία μιας καταιγίδας. Η καταιγίδα εκδηλώνεται, όταν υγρή και ασταθής αέρια μάζα αναγκάζεται να υπερπηδήσει την οροσειρά. Τότε η αέρια μάζα, στην προσπάθειά της αυτή, εκτονώνεται, με αποτέλεσμα την ψύξη της και κατά συνέπεια το σχηματισμό καταιγιδοφόρων νεφών.

Σε ό,τι αφορά στη γεωγραφική διανομή των καταιγίδων, αυτές παρουσιάζουν, κατά κανόνα, μια αύξηση, όσο ελαττώνεται απόλυτα το γεωγραφικό πλάτος (αύξηση των υδρατμών και της αστάθειας). Επίσης, οι καταιγίδες αυξάνονται από το κέντρο των ηπείρων προς τα παράλια τους.

A.2. ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

Η ανύψωση της στάθμης των νερών ποταμού, λίμνης ή θάλασσας και η έξοδός τους από την κοίτη τους. Η πλημμύρα οφείλεται συνήθως σε κλιματολογικές συνθήκες, με τη βοήθεια και της μορφολογίας του εδάφους. Αίτια είναι οι ραγδαίες και διαρκείς βροχές, η απότομη τήξη των πάγων, και, σε παραλιακές εκτάσεις, η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας από παλιρροϊκά φαινόμενα. Επίσης, πλημμύρες εμφανίζονται έπειτα από ισχυρούς σεισμούς, που προκαλούν τα σεισμικά κύματα της θάλασσας (τσουνάμι), όταν αποφράσσονται οι έξοδοι των νερών. Οι ζημιές που προκύπτουν από τις πλημμύρες είναι μεγάλες. Ο περιορισμός τους επιδιώκεται με την κατασκευή έργων για τη συγκράτηση, όσο είναι δυνατόν, των νερών ή την

επιβράδυνση της ροής τους. Για τον περιορισμό των πλημμυρών χρήσιμη είναι και η αναδάσωση. Κατασκευάζονται επίσης τεχνητές λίμνες και φράγματα.

Α.3. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ

Τα βροχομετρικά δεδομένα, που χρησιμοποιούνται σε υδρολογικές μελέτες, περιλαμβάνουν τόσο παρατηρήσεις ρουτίνας όσο και ακραίες τιμές. Κοινοί τρόποι στατιστικής ανάλυσης εφαρμόζονται τόσο για τη βροχή, όσο και για άλλες υδρολογικές μεταβλητές όπως είναι η παροχή. Η ανάλυση συχνότητας ακραίων συμβάντων βροχής και παροχών αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την μελλοντική διακύμανσή τους (Παπαμιχαήλ, 2004).

Στην ανάλυση συχνότητας αντί της πιθανότητας έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται η περίοδος επαναφοράς ή επανάλληψης, που είναι η περίοδος σε χρόνια ανάμεσα σε συμβάντα που το μέγεθός τους είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το θεωρούμενο. Η περίοδος επαναφοράς είναι το αντίστροφο της πιθανότητας εμφάνισης ενός συμβάντος ορισμένου μεγέθους και συνδέονται με τη σχέση: $T = \frac{1}{P}$, όπου: T είναι η περίοδος επαναφοράς ενός συμβάντος και P είναι η πιθανότητα που υπάρχει να εμφανιστεί σε ένα συγκεκριμένο χρόνο, ένα συμβάν που θα ισούται ή θα το υπερβαίνει σε μέγεθος.

Αν ένα συμβάν έχει περίοδο επαναφοράς T , τότε η πιθανότητα P ότι ένα άλλο συμβάν, του ίδιο ή μεγαλύτερου μεγέθους, μπορεί να εμφανιστεί κατά ένα οποιοδήποτε έτος μέσα στην περίοδο αυτή, δίνεται από τη σχέση: $P = \frac{1}{T}$

Δεδομένου ότι σε ένα οποιοδήποτε έτος υπάρχει μόνο η πιθανότητα να εμφανιστεί ή να μην εμφανιστεί το συμβάν, η πιθανότητα να μην εμφανιστεί είναι $(1-P)$. η πιθανότητα J ότι ένα συμβάν, που είναι ίσο ή μεγαλύτερο ενός άλλου που έχει περίοδο επαναφοράς T , θα εμφανιστεί σε οποιοδήποτε διάστημα διάρκειας N χρόνων, δίνεται από τη σχέση: $J = 1 - (1 - P)^N$

Α.4. ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

Η μεταβολή της παροχής ενός ρεύματος (που είναι προϊόν της απορροή της απορροϊκής λεκάνης του) σε σχέση με το χρόνο αποτελεί το υδρογράφημά του και

περιλαμβάνει το νερό που ρέει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και λέγεται επιφανειακή απορροή, το νερό που κινείται πλευρικά αμέσως κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στην ακόρεστη ζώνη και εκδηλώνεται μετά από κάποια απόσταση πάλι στην επιφάνεια ή απευθείας στην κοίτη του ρεύματος και λέγεται ενδορροή, το νερό που προέρχεται από υπόγεια ροή από την κορεσμένη ζώνη και λέγεται βασική απορροή και το νερό του κατακρημνίσματος που πέφτει μέσα στην κοίτη του ρεύματος και λέγεται απευθείας απορροή (Παπαμιχαήλ,2004).

Επειδή είναι δύσκολο να ξεχωρίζονται η επιφανειακή απορροή από την ενδορροή και την απευθείας απορροή, το μέγεθος των δύο τελευταίων παραγόντων είναι στις περισσότερες περιπτώσεις περιορισμένο σε σχέση με το πρώτο, οι τρεις αυτοί παράγοντες θεωρούνται σαν ένας που ονομάζεται άμεση απορροή.

Η βασική απορροή, είναι το μέρος εκείνο της παροχής που προέρχεται από ροή προς την κοίτη του ρεύματος μέσα από την κορεσμένη ζώνη. Για να υπάρχει υπόγεια ροή προς το ρεύμα πρέπει η υπόγεια στάθμη να τέμνει την κοίτη του.

A.5. ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

Σε μεγάλες λεκάνες απορροής η βροχή κατανέμεται ανομοιόμορφα πάνω στην έκτασή τους και επιπλέον η συνδυασμένη επίδραση της επιφανειακής συγκράτησης και αποθήκευσης του νερού και η ανισοκατανομή του είδους και της πυκνότητας της φυτοκάλυψης δε μπορεί να θεωρηθεί ως ασήμαντη. Αυτό, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, επηρεάζει κατά περίπτωση την όλη μορφή του υδρογραφήματος και οπωσδήποτε την αιχμή του. Μία διαδικασία ανάλυσης τέτοιων περιπτώσεων, για την εκτίμηση τόσο της αιχμής όσο και της εν γένει κατανομής που προκαλείται από μία βροχή, μπορεί να βασιστεί στο μοναδιαίο υδρογράφημα που εισήχθη στην υδρολογική ανάλυση από τον Sherman (1932). Κατ' αυτόν, μοναδιαίο υδρογράφημα είναι το υδρογράφημα της άμεσης απορροής, που προκαλείται από απορροϊκή βροχή ύψους ίσου με τη μονάδα (στο δεκαδικό σύστημα ύψους ίσου με ένα cm), που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλη την έκταση της υδρολογικής λεκάνης και έχει ομοιόμορφη ένταση κατά τη διάρκεια μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Δηλαδή το μοναδιαίο υδρογράφημα είναι ένα διάγραμμα κατανομής της άμεσης απορροής, που προκαλείται από απορροϊκή βροχή ύψους ίσου με τη μονάδα.

Η θεωρία του μοναδιαίου υδρογραφήματος βασίζεται στα ακόλουθα κριτήρια:

1. Σε μία συγκεκριμένη υδρολογική λεκάνη, βροχές ίσης διάρκειας που προκαλούν απορροή, δίνουν υδρογραφήματα άμεσης απορροής με την ίδια περίπου χρονική βάση, ανεξάρτητα από την ένταση της βροχής.
2. Σε μία υδρολογική λεκάνη, το μέγεθος της στιγμιαίας άμεσης απορροής σε οποιοδήποτε χρόνο κατά τη διάρκεια του φαινομένου είναι ένα συγκεκριμένο ποσοστό του ολικού μεγέθους της άμεσης απορροής που προκαλείται από βροχές που έχουν την ίδια διάρκεια.
3. Σε μία δεδομένη υδρολογική λεκάνη, η άμεση απορροή που προκαλείται από μία συγκεκριμένη βροχή είναι ανεξάρτητη από βροχές που έπεσαν πριν ή θα πέσουν μετά από αυτή τη βροχή.
4. Η κατάσταση της υδρολογικής λεκάνης παραμένει αμετάβλητη σε σχέση με το χρόνο.

Τα παραπάνω κριτήρια μόνο κατά προσέγγιση ικανοποιούνται από τις φυσικές υδρολογικές λεκάνες. Όσον αφορά το πρώτο κριτήριο, είναι εύκολο να παρατηρήσει κανείς ότι η αποθηκευτική ικανότητα των ρευμάτων μεγαλώνει όσο η στάθμη του νερού ανέρχεται. Έτσι, για βροχές της ίδιας διάρκειας, περισσότερο νερό αποθηκεύεται στα ρεύματα όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της βροχής. Το αποθηκευμένο αυτό νερό θα απορρεύσει μετά την παύση της βροχής, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου της άμεσης απορροής. Αναμένεται κατά συνέπεια ότι θα υπάρχει κάποια διακύμανση του χρόνου απορροής ανάλογα με την ένταση της βροχής και ο καθορισμός ενιαίας χρονικής βάσης στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να είναι αποτέλεσμα συμβιβασμού ανάμεσα σε ακραίες τιμές (Παπαμιχαήλ, 2004).

Αναφορικά με το δεύτερο κριτήριο, ο Sherman (1940) το επιβεβαίωσε, με την προϋπόθεση ότι η διάρκεια της απορροϊκής βροχής που χρησιμοποιείται στη διερεύνηση του υδρογραφήματος είναι μικρότερη από το χρόνο συγκέντρωσης της υδρολογικής λεκάνης.

Όσον αφορά το τρίτο κριτήριο, η περίπτωση της μη επίδρασης στη διαμόρφωση της παρούσα απορροής μιας λεκάνης από μελλοντικές βροχές είναι από μόνη της αυταπόδεικτη. Αντίθετα, οι βροχές που προηγήθηκαν της απορροής την επηρεάζουν και στο σύνολό της και στα επί μέρους στοιχεία της. Οι προηγούμενες βροχές επηρεάζουν πάντα κατά τρόπο ουσιαστικό τη βασική απορροή, έστω και αν έπεσαν αρκετό καιρό πριν. Για το λόγο αυτό, το μοναδιαίο υδρογράφημα δεν μπορεί

να εφαρμοστεί στο σύνολο της απορροής αλλά μόνο στην άμεση απορροή, δηλαδή στο μέρος του υδρογραφήματος που μένει μετά την αφαίρεση της βασικής απορροής. Αλλά και για την περίπτωση αυτή το κριτήριο έχει σχετική μόνο εφαρμογή, μια και η άμεση απορροή εξαρτάται από το επίπεδο υγρασίας του εδάφους και το ποσοστό πλήρωσης των κοιλοτήτων του εδάφους πριν από τη βροχή.

Το τέταρτο τέλος κριτήριο μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει, αφού κανείς δεν περιμένει ουσιαστικές μεταβολές στην κατάσταση υδρολογικών λεκανών μέσα σε λογικά χρονικά διαστήματα, εκτός και αν έχουμε επέμβαση του ανθρώπου με κατασκευές έργων ή μεταβολή τη φυτοκάλυψης της λεκάνης. Μετά από μία τέτοια επέμβαση είναι επόμενο ότι η υδρολογική συμπεριφορά της λεκάνης θα διαφοροποιηθεί ανάλογα, οπότε, τα μοναδιαία υδρογραφήματα που θα διερευνηθούν μετά θα είναι διαφορετικά από αυτά που διερευνήθηκαν πριν από την επέμβαση.

Θεωρητικά, ένας απεριόριστος αριθμός μοναδιαίων υδρογραφημάτων θα μπορούσε να διερευνηθεί εξαιτίας των διακυμάνσεων που παρουσιάζει η διάρκεια και η κατανομή των βροχών. Για πρακτικούς όμως λόγους, είναι αναγκαίο να καθοριστεί για κάθε υδρολογική λεκάνη η διάρκεια μίας τυπικής βροχής που το μοναδιαίο υδρογράφημα θα διερευνηθεί σε συνδυασμό με την άμεση απορροή που προκαλεί, να είναι αντιπροσωπευτικό για την υδρολογική αυτή λεκάνη. Κατά καιρούς έχουν γίνει διάφορες προτάσεις για την εκτίμηση της διάρκειας της τυπικής βροχής. Ο Sherman (1949) συνιστά για λεκάνες με έκταση από 2500 km² και πάνω, διάρκεια τυπικής βροχής από 12 μέχρι 24 ώρες, για λεκάνες από 250 μέχρι 2500 km², διάρκεια από 6 μέχρι 12 ώρες, για λεκάνες από 50 μέχρι 250 km², διάρκεια από 2 μέχρι 6 ώρες και για μικρότερες λεκάνες η διάρκεια πρέπει να επιλέγεται σαν το 1/3 ή 1/4 του χρόνου συγκέντρωσης της υδρολογικής λεκάνης. Οι Linsley et al. (1949) κατέληξαν στο συμπέρασμα, βασισμένο σε μακρόχρονη πείρα, ότι η διάρκεια της τυπικής βροχής πρέπει να είναι περίπου το 1/4 του χρόνου καθυστέρησης της λεκάνης που, όπως έχει ήδη ορισθεί, είναι ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στο κέντρο μάζας της απορροϊκής βροχής και την αιχμή του υδρογραφήματος. Πάνω στο ίδιο αντικείμενο η U.S. Army Corps of Engineers (1948), βρήκε ότι για υδρολογικές λεκάνες με έκταση μικρότερη από 250 km², η διάρκεια της τυπικής βροχής πρέπει να είναι περίπου το μισό του χρόνου καθυστέρησης.

Πέρα από την επιλογή της πιο πρόσφορης βροχής για κάθε λεκάνη, καλό είναι να διερευνείται μοναδιαίο υδρογραφήματα και για άλλες διάρκειες μικρότερες ή μεγαλύτερες από την επιλεγείσα τυπική. Για λόγους ταξινόμησης, τα μοναδιαία υδρογραφήματα που διερευνούνται χαρακτηρίζονται από τη διάρκεια της απορροϊκής βροχής από τη οποία προέρχονται. Έτσι χαρακτηρίζεται σαν μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας x ωρών αυτό που διερευνήθηκε από τη άμεση απορροή που έδωσε απορροϊκή βροχή διάρκειας x ωρών κ.ο.κ.

A.6. ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Η διερεύνηση των μοναδιαίων υδρογραφημάτων προϋποθέτει την ύπαρξη ταυτόχρονων παρατηρήσεων βροχής και απορροής. Τέτοια υδρογραφήματα μπορεί να διερευνηθούν και για υδρολογικές λεκάνες στις οποίες δε γίνονται υδρομετρήσεις και η διερεύνησή τους βασίζεται σε εμπειρικές σχέσεις, που σχετίζουν ορισμένα φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, με στοιχεία του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Τρεις είναι οι χαρακτηριστικές μέθοδοι κατασκευής συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων (Παπαμιχαήλ,2004):

1. Συνθετική μέθοδος του Snyder
2. Μέθοδος της Soil Conservation Service
3. Μέθοδος της Sierra Nevada

A.7. ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΪΚΗΣ ΒΡΟΧΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΔΙΗΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η εκτίμηση του μέρους της βροχής που δίνει άμεση απορροή (απορροϊκή βροχή) γίνεται με τρεις βασικά διαδικασίες που είναι γνωστές σαν δείκτες διηθητικότητας και είναι οι εξής (Παπαμιχαήλ,2004):

1. Μέθοδος του δείκτη διηθητικότητας f_{ave}
2. Μέθοδος του δείκτη διηθητικότητας Φ
3. Μέθοδος του δείκτη W
4. Μέθοδος του απορροϊκού συντελεστή CN (Curve Number) της SCS

Για την εφαρμογή τους χρειάζεται η ύπαρξη υδρογραφήματος από το χωρισμό του οποίου σε άμεση και βασική απορροή βρίσκεται η απορροϊκή βροχή. Η βροχή αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των διαφόρων δεικτών που στη συνέχεια μπορεί να εφαρμοσθούν για όλες τις άλλες βροχές. Αυτό σημαίνει ότι δείκτες δεν

μπορούν να προσδιοριστούν σε λεκάνες για τις οποίες δεν έχουν γίνει ταυτόχρονες παρατηρήσεις βροχής και απορροής.

A.8. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΠΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΒΡΟΧΗΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

Αν ένα μοναδιαίο υδρογράφημα μιας υδρολογικής λεκάνης έχει διερευνηθεί (από ταυτόχρονες παρατηρήσεις βροχής και απορροής), μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμησης υδρογραφημάτων άμεσης απορροής μόνο από βροχομετρικά δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό τα υπάρχοντα δεδομένα απορροής μιας υδρολογικής λεκάνης μπορεί να επεκταθούν και να καλύψουν περιόδους για τις οποίες υπάρχουν μεν παρατηρήσεις βροχής, όχι όμως και απορροής. Για μία σωστή επιλογή πρέπει να παίρνεται υπόψη σοβαρά ο τύπος του κατακρημνίσματος όπως και το ανάγλυφο, η γενική κλίση και το σχήμα της υδρολογικής λεκάνης.

Η υδρολογική ανάλυση με βάση το μοναδιαίο υδρογράφημα μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο όταν τα χαρακτηριστικά των ρευμάτων της υδρολογικής λεκάνης παραμένουν αμετάβλητα με το χρόνο. Ακόμη, αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές που δεν έχουν σημαντική δυνατότητα συγκράτησης νερού στην επιφάνειά τους, γιατί η αναλογία ανάμεσα στο ρυθμό και τον όγκο απορροής που προϋποθέτει η θεωρία του μοναδιαίου υδρογραφήματος (είναι το δεύτερο κριτήριο πάνω στο οποίο στηρίζεται) συνεπάγεται γραμμική σχέση ανάμεσα στην παροχή του ρεύματος και του αποθηκευμένου στην επιφάνεια της λεκάνης νερού. Η συνθήκη αυτή παραβιάζεται όταν στη λεκάνη υπάρχουν τεχνητές ή φυσικές λίμνες που μπορεί να συγκρατήσουν σημαντικό όγκο νερού ή όταν, στις πεδινές περιοχές των λεκανών, γίνεται υπερχειλίση του νερού του κυρίου ρεύματος προς τις εκατέρωθεν εκτάσεις, οπότε το αποτέλεσμα είναι το ίδιο με την περίπτωση ύπαρξης τεχνητής λίμνης.

Τέλος, αρκετά προβλήματα δημιουργούνται όταν μέρος ή το σύνολο του νερού της απορροής προέρχεται από τήξη χιονιού. Σε τέτοιες περιπτώσεις χρειάζεται μεγάλη προσοχή και πριν εφαρμοσθεί η μέθοδος, πρέπει να επιλυθούν ορισμένα ειδικά προβλήματα σχετικά με την έκταση και το ρυθμό τήξης, την κατανομή των ποσοστών της απορροής που προέρχεται από βροχή και τήξη κ.ο.κ.

Εφόσον συντρέχουν οι προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου του μοναδιαίου υδρογραφήματος, όταν ένα τέτοιο υδρογράφημα διερευνηθεί για μία υδρολογική λεκάνη, το ίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή υδρογραφημάτων

άμεσης απορροής της λεκάνης αυτής, για οποιαδήποτε βροχή. Η απόκτηση τέτοιων υδρογραφημάτων μπορεί να γίνει με την ακόλουθη διαδικασία (Παπαμιχαήλ,2004):

1. Υπολογίζεται η απορροϊκή βροχή με μία από τις μεθόδους εκτίμησης της βασισμένη σε κάποιον δείκτη διηθητικότητας (Μέθοδος του δείκτη διηθητικότητας f_{ave} , Μέθοδος του δείκτη διηθητικότητας Φ , Μέθοδος του δείκτη W , Μέθοδος του απορροϊκού συντελεστή CN (Curve Number) της SCS). Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται ταυτόχρονα με τη διερεύνηση του μοναδιαίου υδρογραφήματος, αφού ένα στάδιο της διαδικασίας περιλαμβάνει το χωρισμό της βροχής σε απορροϊκή και μη. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την εκτίμηση της απορροϊκής βροχής οποιασδήποτε άλλης βροχόπτωσης. Κατά την εφαρμογή του δείκτη είναι πάρα πολύ συνηθισμένο να μην προκύψει μια συνεχής απορροϊκή βροχή, αλλά περίοδοι διαφόρων διαρκειών με απορροϊκή βροχή, που διακόπτονται από χωρίς τέτοια βροχή διαστήματα.

2. Μετά το διαχωρισμό αυτό, υπολογίζεται το υδρογράφημα της άμεσης απορροής για κάθε περίοδο που έχει απορροϊκή βροχή, πολλαπλασιάζοντας με το ύψος της απορροϊκής βροχής της περιόδου αυτής των τεταγμένων του κατάλληλου μοναδιαίου υδρογραφήματος, δηλαδή του μοναδιαίου υδρογραφήματος διάρκειας ίσης με την περίοδο.

3. Οι τεταγμένες των υδρογραφημάτων της άμεσης απορροής κάθε περιόδου προσθέτονται γραμμικά, αφού πρώτα γίνει η κατάλληλη χρονική μετάθεση.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του ρεύματος Κραυσίδωνα, καθώς και οι μαθηματικοί και εμπειρικοί τύποι υπολογισμού τους, δίνονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδαωνα

A/A	Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά				
1	Εμβαδόν	E	-	19,35	Km ²
2	Μέγιστο υψόμετρο	H _{max}	-	1548	m
3	Ελάχιστο υψόμετρο	H _{min}	-	20	m
4	Μήκος κεντρικής κοίτης	L _κ	-	11	km
5	Μήκος του κύριου ρεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του Κ.Β. της λεκάνης πάνω στο κύριο ρεύμα	L _C	-	4,35	m
6	Μέση κλίση κοίτης	J _κ	$J_{κ} = H_{max} - H_{min} / L_{κ}$	13,89	%
7	Μέση κλίση λεκάνης	J _λ	$J_{λ} = \Delta H * \Sigma L / F$	39,78	%
8	Μέσο υψόμετρο	H _{med}	$H_{med} = \Sigma(L_i H_i) / \Sigma L$	692,07	m
9	Μήκος υδροκρίτη	U	-	21,58	km
10	Δείκτης κυκλικότητας (κυκλικές λεκάνες: E _C =1)	E _C	$E_C = \frac{A}{(P^2/4\pi)}$	0,521	-
11	Δείκτης επιμήκυνσης (επιμήκεις λεκάνες: E<1)	E	$E = \frac{A^{0,5}}{L}$	0,4	-
12	Μέγιστο ανάγλυφο	H _r	$H_r = H_{max} - H_{min}$	1428	m
13	Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου	D	$D = \frac{\Sigma L_i}{E}$	2,27	Km ⁻¹

Όσον αφορά το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του Κραυσίδαωνα και σύμφωνα με την τιμή της μέσης κλίσης της ($J_{λ} = 39,78\%$), η περιοχή κατατάσσεται στην κατηγορία των ισχυρά επικλινών εδαφών ($35\% < J < 66\%$). Το ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης φαίνεται στην Εικόνα 5.

3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το είδος των πετρολογικών σχηματισμών καθώς και το ποσοστό κατανομής τους στο χώρο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδανα δίνονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9. Έκταση και κατανομή των πετρολογικών σχηματισμών του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδανα

A/A	Χειμαρρικός πετρολογικός σχηματισμός	Έκταση (km ²)	Ποσοστό κατανομής (%)
1	Προσχωσιγενής	3,09	15,969
2	Ασβεστολιθικός	4,575	23,643
3	Σχιστολιθικός	11,2175	57,972
4	Φλυσχικός	0,4675	2,416
	Σύνολο	19,35	100,00

Η γραφική απόδοση της κατανομής των πετρολογικών σχηματισμών της υδρολογικής λεκάνης δίνεται στην Εικόνα 6

Στη λεκάνη απορροής του ρεύματος Κραυσίδανα απατώνται τρεις πετρολογικοί σχηματισμοί με έκταση μεγαλύτερη του 10-15 %, επομένως ως προς το γεωυπόθεμα είναι μικτή. Οι δύο κυριότεροι πετρολογικοί σχηματισμοί που συγκροτούν τη χειμαρρική επιφάνεια είναι ο ασβεστολιθικός και ο σχιστολιθικός. Τέλος, το χειμαρρικό περιβάλλον του Κραυσίδανα ανήκει στο χειμαρρικό χωροδιάστημα II, διότι το υπερθαλάσσιο ύψος της λεκάνης απορροής του είναι μεταξύ 1001-2000 m.

Βάσει των παραπάνω, η λεκάνη απορροής του ρεύματος Κραυσίδανα έχει χειμαρρικό τύπο G,K-II.

3.3. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Η κατανομή των μορφών χρήσης γης της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδανα, καθώς και οι αντίστοιχες εκτάσεις τους δίνονται στον Πίνακα 10.

Η γραφική απόδοση της κατανομής των μορφών χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Κραυσίδανα δίνεται στην Εικόνα 7.

Πίνακας 10. Έκταση και κατανομή των μορφών χρήσης γης της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδαωνα.

A/A	Μορφές χρήσης γης	Έκταση (km ²)	Ποσοστό κατανομής (%)
1	Γεωργικές καλλιέργειες	2,5425	13,140
2	Δενδροκομικές καλλιέργειες	4,2400	21,912
3	Βοσκότοποι	1,7250	8,915
4	Δάσος οξιάς	10,8425	56,034
	Σύνολο	19,35	100,00

3.4. ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Οι ζώνες βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδαωνα δίνονται στον Πίνακα 11 και η απεικόνιση αυτών στην Εικόνα 8.

Πίνακας 11. Ζώνες κατανομής βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδαωνα

A/A	Κατηγορίες κατανομής βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού	Έκταση (km ²)	Ποσοστό κατανομής (%)
1	Γεωργικές καλλιέργειες - Προσχωσιγενής	2,520	13,023
2	Δενδροκομικές καλλιέργειες - Ασβεστολιθικός	1,887	9,752
3	Δενδροκομικές καλλιέργειες - Σχιστολιθικός	2,353	12,158
4	Βοσκότοποι - Ασβεστολιθικός	1,670	8,630
5	Βοσκότοποι - Σχιστολιθικός	0,055	0,284
6	Δάσος - Προσχωσιγενής	0,548	2,829
7	Δάσος - Ασβεστολιθικός	0,978	5,052
8	Δάσος - Σχιστολιθικό	8,850	45,736
9	Δάσος - Φλυσχικός	0,468	2,416
10	Γεωργικές καλλιέργειες - Ασβεστολιθικός	0,023	0,116
	Σύνολο	19,350	100,00

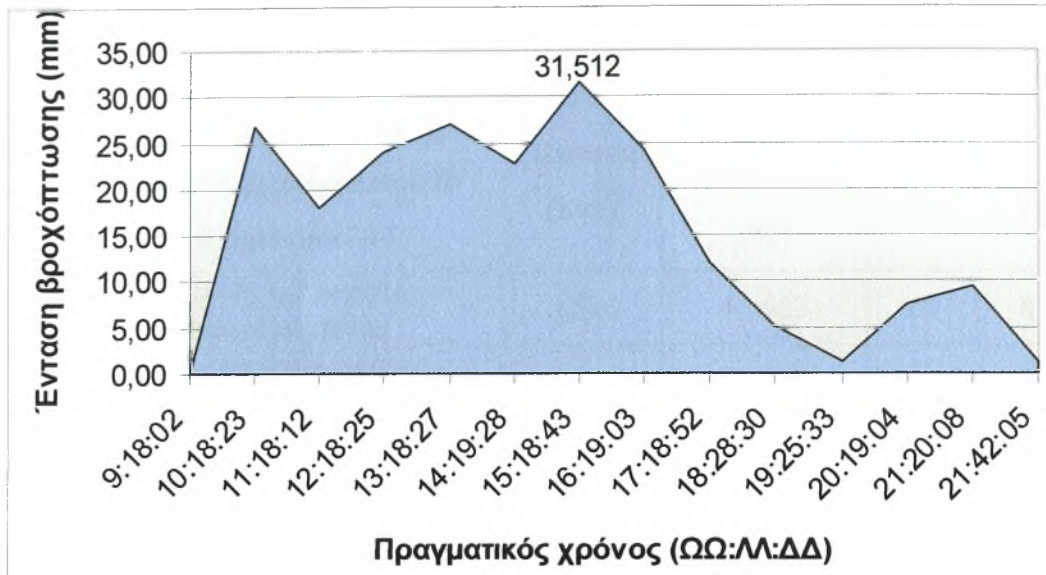
3.5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ 9^{ΗΣ} ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2006

3.5.1. ΑΥΤΟΥΣΙΟ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΗΜΑ

Τα στοιχεία του αυτούσιου βροχογραφήματος της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006 του σταθμού του Βόλου (Φυτόκο) παραθέτονται στον Πίνακα 12 και το αντίστοιχο πλημμυρογράφημα στην Εικόνα 9.

Πίνακας 12. Μετρήσεις της αυτούσιας βροχόπτωσης της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006 από το σταθμό του Βόλου

Ωρα	Διάρκεια έως την επόμενη μέτρηση	Διάρκεια βροχής	original	Καθαρό ύψος βροχής	Συνολικό ύψος βροχής (mm)	Ένταση βροχής (mm)
9:18:02	0	0	1	1	0,202	0,202
10:18:23	1:00:21	1:00:21	134	134	27,068	26,866
11:18:12	0:59:49	2:00:10	223	223	45,046	17,978
12:18:25	1:00:13	3:00:23	342	342	69,084	24,038
13:18:27	1:00:02	4:00:25	476	476	96,152	27,068
14:19:28	1:01:01	5:01:26	589	589	118,978	22,826
15:18:43	0:59:15	6:00:41	745	745	150,49	31,512
16:19:03	1:00:20	7:01:00	865	865	174,73	24,24
17:18:52	0:59:49	8:00:50	925	925	186,85	12,12
18:28:30	1:09:39	9:10:28	950	950	191,9	5,05
19:25:33	0:57:03	10:07:31	956	956	193,112	1,212
20:19:04	0:53:31	11:01:02	993	993	200,586	7,474
21:20:08	1:01:04	12:02:06	1040	1040	210,08	9,494
21:42:05	0:21:57	12:24:03	1047	1047	211,292	1,212



Εικόνα 9. Πλημμυρογράφημα της αυτούσιας βροχόπτωσης της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006 του σταθμού του Βόλου

3.5.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΑΠΟΡΡΟΪΚΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ CN ΤΗΣ SCS

Η υγρασιακή κατάσταση της υδρολογικής λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδανα την 9^η Οκτωβρίου 2006, σύμφωνα με τον Πίνακα 3, αντιστοιχεί στην κατηγορία III.

Σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης εδαφών της S.C.S., οι πετρολογικοί σχηματισμοί της λεκάνης απορροής του Κραυσίδανα ανήκουν στους εξής τύπους:

- Προσχωσιγενής και Ασβεστολιθικός πετρολογικός σχηματισμός: Τύπος A
- Σχιστολιθικός και Φλυσχικός πετρολογικός σχηματισμός: Τύπος C

Οι τιμές του CN που παραθέτονται στον Πίνακα 4 αναφέρονται σε εδάφη με προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση τύπου II. Επομένως, ο CN για κάθε ζώνη βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδανα (AMC-III), υπολογίστηκε σύμφωνα με τη σχέση (7) και τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας13. Προσδιορισμός του CN για κάθε ζώνη βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδαωνα

A/A	Κατηγορίες κατανομής βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού	Έκταση (km ²)	Ποσοστό κατανομής (%)	CN _{II}	CN _{III}
1	Γεωργικές καλλιέργειες - Προσχωσιγενής	2,520	13,023	65	83
2	Γεωργικές καλλιέργειες - Ασβεστολιθικός	0,023	0,116	65	83
3	Δενδροκομικές καλλιέργειες - Ασβεστολιθικός	1,887	9,752	65	83
4	Δενδροκομικές καλλιέργειες - Σχιστολιθικός	2,353	12,158	82	92
5	Βοσκότοποι - Ασβεστολιθικός	1,670	8,630	49	71
6	Βοσκότοποι - Σχιστολιθικός	0,055	0,284	79	91
7	Δάσος - Προσχωσιγενής	0,548	2,829	36	58
8	Δάσος - Ασβεστολιθικός	0,978	5,052	36	58
9	Δάσος - Σχιστολιθικός	8,850	45,736	73	87
10	Δάσος - Φλυσχικός	0,468	2,416	65	83
Σύνολο		19,35	100,00		

Ο CN εκτιμήθηκε ίσος με 83 και αποτελεί τον μέσο όρο των CN των κατηγοριών του παραπάνω πίνακα, ανάλογα με το ποσοστό κατανομής τους στην υδρολογική λεκάνη του Κραυσίδαωνα. Η αλλαγή του δείκτη διηθητικότητας CN, ανάλογα με την περιοχή της λεκάνης απορροής του Κραυσίδαωνα, φαίνεται γραφικά στην Εικόνα 10.

Για CN=83 προκύπτουν οι ακόλουθες μετρήσεις:

$$\text{- Από σχέση (6) } \Rightarrow S = \frac{25400}{83} - 254 = 52,0241$$

$$\text{- Από σχέση (4) } \Rightarrow I_a = 0,2 \cdot 52,0241 = 10,4047$$

$$\text{Από τις παραπάνω μετρήσεις η σχέση (3) γίνεται: } Q = \frac{(P - 10,4047)^2}{(P - 10,4047) + 52,0241} \text{ και}$$

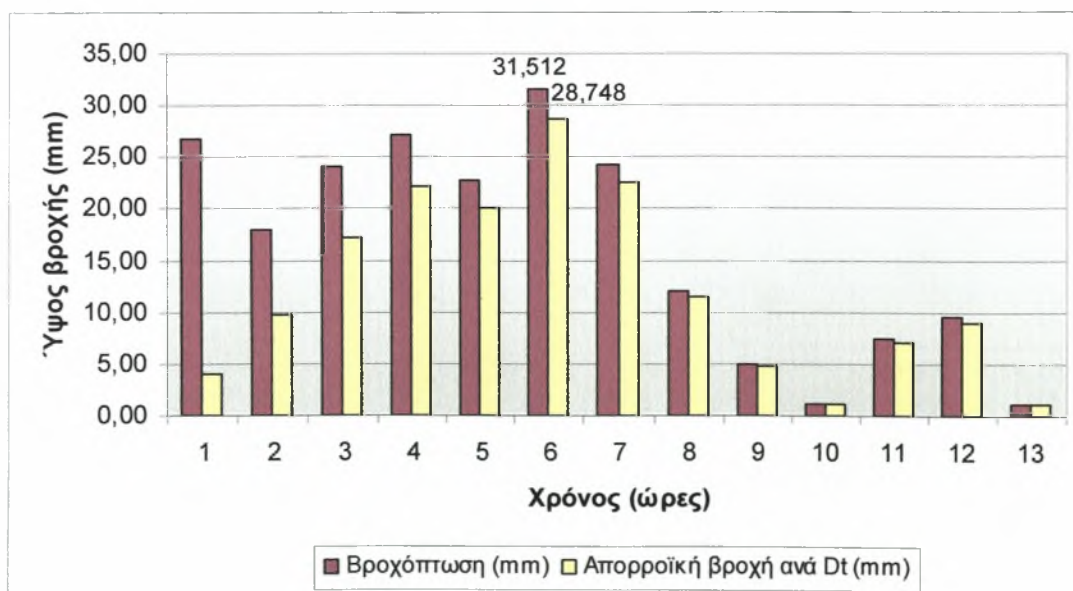
$$\text{η σχέση (5) γίνεται: } P_e = \frac{(P - 10,4047)^2}{P + 41,618}, \text{ όπου } P \text{ το συνολικό ύψος βροχής (mm),}$$

τις τιμές του οποίου λαμβάνουμε από την αυτούσια βροχόπτωση (Πίνακα 12).

Σύμφωνα με τη μέθοδο του απορροϊκού συντελεστή CN της S.C.S., η εκτίμηση της απορροϊκής βροχόπτωσης της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006, δίνεται στον Πίνακα 14. Το ύψος της βροχόπτωσης και της απορροϊκής βροχής της ανά ώρα δίνεται γραφικά στην Εικόνα 11.

Πίνακας 14. Βροχογράφημα απορροϊκής βροχής της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006 στο σταθμό του Βόλου

Χρόνος (ώρες)	Πραγματικός χρόνος (ΩΩ:ΑΑ:ΔΔ)	Βροχόπτωση (mm)	Συνολικό ύψος βροχής P (mm)	Αφαίρεση απωλειών βροχής (P-Ia) (mm)	Απορροϊκή βροχή Pe (mm)	Απορροϊκή βροχή ανά Dt (mm)
1	9:18:02-10:18:23	26,866	27,068	16,663	4,042	4,042
2	10:18:23-11:18:12	17,978	45,046	34,641	13,847	9,804
3	11:18:12-12:18:25	24,038	69,084	58,679	31,103	17,257
4	12:18:25-13:18:27	27,068	96,152	85,747	53,368	22,265
5	13:18:27-14:19:28	22,826	118,978	108,573	73,402	20,034
6	14:19:28- 15:18:43	31,512	150,49	140,085	102,149	28,748
7	15:18:43-16:19:03	24,24	174,73	164,325	124,811	22,662
8	16:19:03-17:18:52	12,12	186,85	176,445	136,267	11,456
9	17:18:52-18:28:30	5,05	191,9	181,495	141,061	4,794
10	18:28:30-19:25:33	1,212	193,112	182,707	142,213	1,152
11	19:25:33-20:19:04	7,474	200,586	190,181	149,332	7,118
12	20:19:04-21:20:08	9,494	210,08	199,675	158,404	9,073
13	21:20:08-21:42:05	1,212	211,292	200,887	159,564	1,160



Εικόνα 11. Ύψος απορροϊκής βροχής και αυτούσιας βροχόπτωσης ανά ώρα της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006 της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδαωνα

Ο συνολικός όγκος νερού που απέρρευσε προκύπτει από τη σχέση (8), ως εξής: $V_{\text{total}} = 159,564 \cdot 19,35 \cdot 1000 \Rightarrow V_{\text{total}} = 3087565,087 \text{ m}^3$.

3.5.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΙΧΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

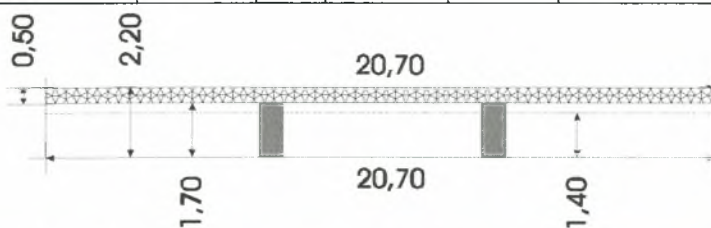
Για την εφαρμογή της μεθόδου των ιχνών απορροής χρησιμοποιήθηκαν τα πλημμυρικά ίχνη τριών διατομών της κεντρική κοίτη του χειμάρρου. Οι διατομές αυτές αντιστοιχούν σε τρεις γέφυρες της κεντρικής κοίτης του Κραυσίδανα, το τμήμα της οποίας βρίσκεται εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος Βόλου. Οι θέσεις των κυριότερων γεφυρών στο τμήμα της κεντρικής κοίτης του Κραυσίδανα που διασχίζει το πολεοδομικό συγκρότημα φαίνονται στην Εικόνα 2.

Για την επεξεργασία των πλημμυρικών ιχνών πραγματοποιήθηκε συλλογή των απαραίτητων μετρήσεων με επιτόπια μετάβαση. Σε κάθε διατομή μετρήθηκε η κλίση του πυθμένα της κοίτης καθώς και οι διαστάσεις της.

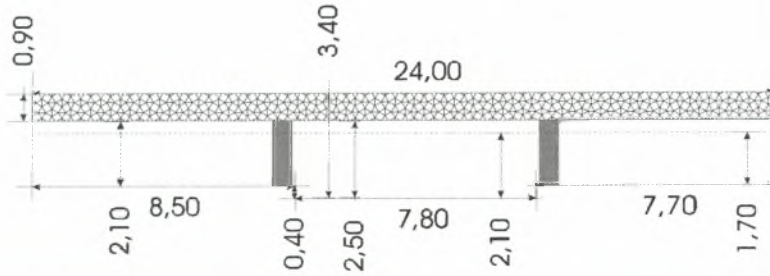
Σύμφωνα με τις σχέσεις (9), (10), (11) καθώς και τον Πίνακα 5 προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 15.

Πίνακας 15. Διατομές των γεφυρών και των ιχνών απορροής σε αυτές

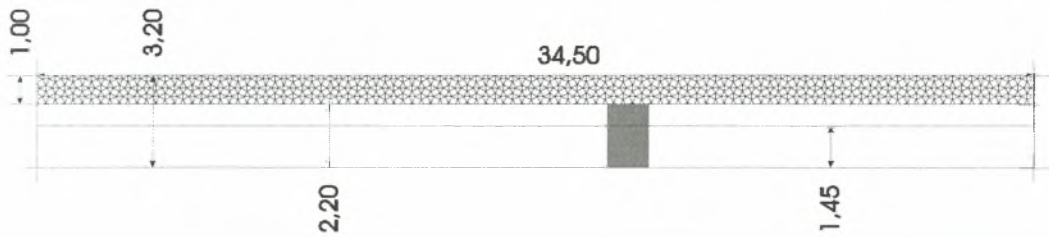
Όνομα	F (m ²)	U (m)	k	R (m)	J (%)	V (m/sec)	Q (m ³ /sec)
Αναλήψεως	35,19 m ²	24,1 m	33	1,46 m	1 %	4,25 m/sec	149,46 m ³ /sec
Ίχνη Αναλήψεως	28,98 m ²	23,5 m	33	1,22 m	1 %	3,79 m/sec	109,98 m ³ /sec



Κωλέτη	48,72 m ²	29 m	40	1,68 m	0,2 %	2,53 m/sec	123,17 m ³ /sec
Ίχνη Κωλέτη	43,92 m ²	28,2 m	40	1,56 m	0,2 %	2,39 m/sec	105,56 m ³ /sec



Νεαπόλεως	75,90 m ²	38,9 m	40	1,94 m	0,2 %	2,78 m/sec	212,00 m ³ /sec
Ίχνη Νεαπόλεως	50,02 m ²	37,4 m	40	1,34 m	0,2 %	2,16 m/sec	108,62 m ³ /sec



3.5.4. ΜΕΘΟΔΟΣ SIERRA NEVADA

Για την περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδωνα προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Χρόνος υστέρησης μοναδιαίου υδρογραφήματος, σχέση (13):

$$L_g = 0,5541 \cdot \left[\frac{11 \cdot 4,35}{\sqrt{0,1389}} \right]^{0,33} = 2,75 \text{ ώρες}$$

- Διάρκεια μοναδιαίας βροχής, σχέση (14):

$$D = \frac{2,75}{5,5} = 0,5 \text{ ώρες}$$

- Χρόνος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος, σχέση (15):

$$t_m = \frac{T}{100} \cdot \left(2,75 + \frac{0,5}{2} \right) \Rightarrow t_m = 0,03 \cdot T \quad (\text{όπου: } T \text{ από Πίνακα 6})$$

- Παροχή συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος, σχέση (16):

$$Q = 0,01157 \cdot \left[\frac{19,35 \cdot q}{2,75 + \frac{0,5}{2}} \right] \Rightarrow Q = 0,0745 \cdot q \quad (\text{όπου: } q \text{ από Πίνακα 6})$$

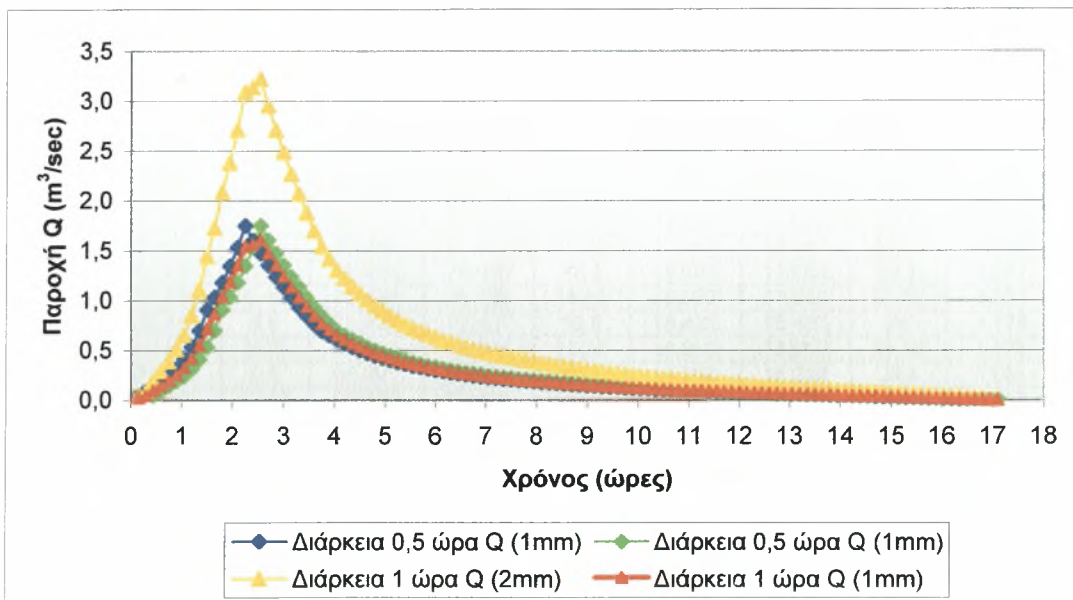
Το χρονικό βήμα των βροχογραφημάτων είναι 1 ώρα και από τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι οι διάρκειες των συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων είναι ακέραια πολλαπλάσια της 1 ώρας. Για την κατασκευή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της βροχόπτωσης στις 9/10/2006 εφαρμόστηκε, καταρχήν, η αρχή της επαλληλίας με τη σύνθεση 2 μοναδιαίων υδρογραφημάτων διάρκειας $D=0,5$ ωρών μετατοπισμένων χρονικά κατά 0,5 ώρες. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκε το συνθετικό υδρογράφημα απορροϊκού ύψους βροχόπτωσης 2mm και διάρκειας 1 ώρας. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η αρχή της αναλογίας σύμφωνα με την οποία οι τεταγμένες των υδρογραφημάτων, δηλαδή οι παροχές είναι ανάλογες προς τις αντίστοιχες εντάσεις των βροχοπτώσεων που τις δημιουργούν. Για το λόγο αυτό οι τεταγμένες διαιρέθηκαν /2, έτσι ώστε το απορροϊκό ύψος βροχής να είναι ίσο με τη μονάδα (Πίνακας 16). Έτσι προέκυψε το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα απορροϊκής βροχόπτωσης διάρκειας 1 ώρας (Εικόνα 12).

Πίνακας 16. Προσδιορισμός των τιμών του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρα για τη βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006

tm (ώρες)	Διάρκεια 0,5 ώρα Q (1mm)	Διάρκεια 0,5 ώρα Q (1mm)	Διάρκεια 1 ώρα Q (2mm)	Διάρκεια 1 ώρα Q (1mm)
0,15	0,04843		0,0484	0,02421
0,30	0,09685		0,0969	0,04842
0,45	0,14528	0,0484	0,1937	0,09685
0,60	0,19370	0,0969	0,2906	0,14527
0,75	0,24213	0,1453	0,3874	0,19370
0,90	0,31514	0,1937	0,5088	0,25442
1,05	0,41050	0,2421	0,6526	0,32631
1,20	0,53417	0,3151	0,8493	0,42465
1,35	0,69583	0,4105	1,1063	0,55315
1,50	0,90667	0,5342	1,4408	0,72041
1,65	1,03406	0,6958	1,7299	0,86494
1,80	1,17934	0,9067	2,0860	1,04300
1,95	1,34473	1,0341	2,3788	1,18938
2,10	1,53396	1,1793	2,7133	1,35664
2,25	1,74926	1,3447	3,0940	1,54698
2,40	1,60473	1,5340	3,1387	1,56933
2,55	1,47287	1,7493	3,2221	1,61105
2,70	1,35069	1,6047	2,9554	1,47771
2,85	1,23894	1,4729	2,7118	1,35590
3,00	1,13687	1,3507	2,4876	1,24378
3,15	1,03034	1,2389	2,2693	1,13463
3,30	0,93349	1,1369	2,0704	1,03518
3,45	0,84632	1,0303	1,8767	0,93833
3,60	0,76661	0,9335	1,7001	0,85004
3,75	0,69509	0,8463	1,5414	0,77069
3,90	0,65039	0,7666	1,4170	0,70849
4,05	0,60867	0,6951	1,3038	0,65187
4,20	0,56993	0,6504	1,2203	0,61015
4,35	0,53268	0,6087	1,1413	0,57067
4,50	0,49841	0,5699	1,0683	0,5341
4,65	0,47159	0,5327	1,0043	0,50213
4,80	0,44626	0,4984	0,9447	0,47233
4,95	0,42242	0,4716	0,8940	0,44700
5,10	0,39932	0,4463	0,8456	0,42278
5,25	0,37772	0,4224	0,8001	0,40006
5,40	0,36133	0,3993	0,7606	0,38032
5,55	0,34494	0,3777	0,7227	0,36132
5,70	0,33004	0,3613	0,6914	0,34568
5,85	0,31588	0,3449	0,6608	0,33040
6,00	0,30247	0,3300	0,6325	0,31625
6,15	0,28981	0,3159	0,6057	0,30284
6,30	0,27789	0,3025	0,5804	0,29017
6,45	0,26671	0,2898	0,5565	0,27825
6,60	0,25628	0,2779	0,5342	0,26708
6,75	0,24585	0,2667	0,5126	0,25628

6,90	0,23691	0,2563	0,4932	0,24659
7,05	0,22946	0,2459	0,4753	0,23765
7,20	0,22201	0,2369	0,4589	0,22946
7,35	0,21456	0,2295	0,4440	0,22201
7,50	0,20786	0,2220	0,4299	0,21493
7,65	0,20041	0,2146	0,4150	0,20748
7,80	0,19370	0,2079	0,4016	0,20077
7,95	0,18625	0,2004	0,3867	0,19332
8,10	0,17955	0,1937	0,3732	0,18662
8,25	0,17359	0,1863	0,3598	0,17991
8,40	0,16837	0,1795	0,3479	0,17395
8,55	0,16241	0,1736	0,3360	0,16799
8,70	0,15720	0,1684	0,3256	0,16278
8,85	0,15273	0,1624	0,3151	0,15756
9,00	0,14751	0,1572	0,3047	0,15235
9,15	0,14304	0,1527	0,2958	0,14788
9,30	0,13783	0,1475	0,2853	0,14266
9,45	0,13261	0,1430	0,2757	0,13782
9,60	0,12889	0,1378	0,2667	0,13335
9,75	0,12442	0,1326	0,2570	0,12851
9,90	0,12069	0,1289	0,2496	0,12478
10,05	0,11697	0,1244	0,2414	0,12069
10,20	0,11324	0,1207	0,2339	0,11696
10,35	0,10952	0,1170	0,2265	0,11324
10,50	0,10579	0,1132	0,2190	0,10951
10,65	0,10281	0,1095	0,2123	0,10616
10,80	0,09983	0,1058	0,2056	0,10281
10,95	0,09685	0,1028	0,1997	0,09983
11,10	0,09387	0,0998	0,1937	0,09685
11,25	0,09089	0,0969	0,1877	0,09387
11,40	0,08791	0,0939	0,1818	0,09089
11,55	0,08493	0,0909	0,1758	0,08791
11,70	0,08270	0,0879	0,1706	0,08530
11,85	0,07897	0,0849	0,1639	0,08195
12,00	0,07674	0,0827	0,1594	0,07971
12,15	0,07450	0,0790	0,1535	0,07673
12,30	0,07152	0,0767	0,1483	0,07412
12,45	0,06929	0,0745	0,1438	0,07189
12,60	0,06705	0,0715	0,1386	0,06928
12,75	0,06482	0,0693	0,1341	0,06705
12,90	0,06258	0,0671	0,1296	0,06481
13,05	0,06109	0,0648	0,1259	0,06295
13,20	0,05960	0,0626	0,1222	0,06109
13,35	0,05737	0,0611	0,1185	0,05922
13,50	0,05588	0,0596	0,1155	0,05773
13,65	0,05364	0,0574	0,1110	0,05550
13,80	0,05141	0,0559	0,1073	0,05364
13,95	0,04917	0,0536	0,1028	0,05140
14,10	0,04694	0,0514	0,0983	0,04917
14,25	0,04545	0,0492	0,0946	0,04730

14,40	0,04321	0,0469	0,0901	0,04507
14,55	0,04098	0,0454	0,0864	0,04321
14,70	0,03874	0,0432	0,0820	0,04097
14,85	0,03651	0,0410	0,0775	0,03874
15,00	0,03427	0,0387	0,0730	0,03650
15,15	0,03204	0,0365	0,0685	0,03427
15,30	0,02980	0,0343	0,0641	0,03203
15,45	0,02831	0,0320	0,0603	0,03017
15,60	0,02533	0,0298	0,0551	0,02756
15,75	0,02310	0,0283	0,0514	0,02570
15,90	0,02086	0,0253	0,0462	0,02309
16,05	0,01863	0,0231	0,0417	0,02086
16,20	0,01639	0,0209	0,0373	0,01862
16,35	0,01416	0,0186	0,0328	0,01639
16,50	0,01192	0,0164	0,0283	0,01415
16,65	0,01043	0,0142	0,0246	0,01229
16,80	0,00969	0,0119	0,0216	0,01080
16,95		0,0104	0,0104	0,00521
17,10		0,0097	0,0097	0,00484



Εικόνα 12. Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας απορροϊκής βροχής διάρκειας 1 ώρας για τη βροχόπτωση στις 9/10/2006

Με βάση το ωριαίο απορροϊκό ύψος βροχής (Πίνακας 14), που προκύπτει από τη μέθοδο του απορροϊκού συντελεστή CN της S.C.S., σε συνδυασμό με το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα της βροχόπτωσης γίνεται η σύνθεση των

ωριαίων παροχών (Πίνακας 17). Τα διαγράμματα των ωριαίων παροχών φαίνονται στην Εικόνα 13.

Στη συνέχεια, κατασκευάζεται το υδρογράφημα της πλημμύρας (Εικόνα 14, Εικόνα 15) σύμφωνα με το άθροισμα των ωριαίων παροχών του Πίνακα 18. Έπειτα από επιτόπιες παρατηρήσεις διαπιστώθηκε ότι εντός της κοίτης κινείται επιπλέον τουλάχιστον 1m^3 που προέρχεται από πηγαία ύδατα. Για το λόγο αυτό, προστέθηκε η τιμή αυτή στο υδρογράφημα της πλημμύρας (Πίνακας 18) και έτσι προέκυψε το υδρογράφημα της συνολικής απορροής (άμεση και βασική) (Εικόνα 16).

Πίνακας 18. Απορροϊκή παροχή και συνολική απορροή της βροχόπτωσης της 9^{ης}

Οκτωβρίου 2006

t_m (h)	Q (m^3/sec)	Q+1 m^3 (m^3/sec)	t_m (h)	Q (m^3/sec)	Q+1 m^3 (m^3/sec)	t_m (h)	Q (m^3/sec)	Q+1 m^3 (m^3/sec)	t_m (h)	Q (m^3/sec)	Q+1 m^3 (m^3/sec)
0,15	0,098	1,098	7,35	104,302	105,302	14,55	29,570	30,570	21,75	3,072	4,072
0,3	0,196	1,196	7,5	101,408	102,408	14,7	28,079	29,079	21,9	2,925	3,925
0,45	0,391	1,391	7,65	99,843	100,843	14,85	26,702	27,702	22,05	2,645	3,645
0,6	0,587	1,587	7,8	98,457	99,457	15	25,495	26,495	22,2	2,506	3,506
0,75	0,783	1,783	7,95	98,026	99,026	15,15	24,330	25,330	22,35	2,377	3,377
0,9	1,028	2,028	8,1	99,056	100,056	15,3	23,247	24,247	22,5	2,245	3,245
1,05	1,556	2,556	8,25	96,946	97,946	15,45	22,222	23,222	22,65	2,127	3,127
1,2	2,191	3,191	8,4	96,061	97,061	15,6	21,271	22,271	22,8	1,917	2,917
1,35	3,185	4,185	8,55	91,372	92,372	15,75	20,399	21,399	22,95	1,826	2,826
1,5	4,336	5,336	8,7	87,964	88,964	15,9	19,575	20,575	23,1	1,638	2,638
1,65	5,395	6,395	8,85	84,746	85,746	16,05	18,798	19,798	23,25	1,564	2,564
1,8	6,710	7,710	9	82,477	83,477	16,2	18,052	19,052	23,4	1,486	2,486
1,95	8,425	9,425	9,15	80,963	81,963	16,35	17,353	18,353	23,55	1,414	2,414
2,1	10,483	11,483	9,3	77,970	78,970	16,5	16,684	17,684	23,7	1,344	2,344
2,25	13,348	14,348	9,45	75,439	76,439	16,65	16,022	17,022	23,85	1,231	2,231
2,4	15,913	16,913	9,6	71,427	72,427	16,8	15,423	16,423	24	1,178	2,178
2,55	18,335	19,335	9,75	67,944	68,944	16,95	14,810	15,810	24,15	1,076	2,076
2,7	20,589	21,589	9,9	64,901	65,901	17,1	14,252	15,252	24,3	1,031	2,031
2,85	22,773	23,773	10,05	62,623	63,623	17,25	13,703	14,703	24,45	0,982	1,982
3	26,195	27,195	10,2	59,860	60,860	17,4	13,177	14,177	24,6	0,938	1,938
3,15	30,377	31,377	10,35	57,553	58,553	17,55	12,672	13,672	24,75	0,869	1,869
3,3	34,159	35,159	10,5	54,699	55,699	17,7	12,169	13,169	24,9	0,826	1,826
3,45	37,748	38,748	10,65	52,125	53,125	17,85	11,667	12,667	25,05	0,765	1,765
3,6	40,235	41,235	10,8	49,995	50,995	18	11,214	12,214	25,2	0,725	1,725
3,75	42,598	43,598	10,95	48,355	49,355	18,15	10,741	11,741	25,35	0,690	1,690
3,9	45,734	46,734	11,1	47,208	48,208	18,3	10,344	11,344	25,5	0,647	1,647
4,05	50,395	51,395	11,25	46,467	47,467	18,45	9,915	10,915	25,65	0,609	1,609
4,2	52,983	53,983	11,4	46,152	47,152	18,6	9,537	10,537	25,8	0,561	1,561
4,35	57,288	58,288	11,55	45,660	46,660	18,75	9,050	10,050	25,95	0,522	1,522
4,5	58,162	59,162	11,7	45,716	46,716	18,9	8,689	9,689	26,1	0,478	1,478
4,65	60,087	61,087	11,85	45,762	46,762	19,05	8,261	9,261	26,25	0,443	1,443
4,8	61,897	62,897	12	46,394	47,394	19,2	7,911	8,911	26,4	0,401	1,401
4,95	65,217	66,217	12,15	47,522	48,522	19,35	7,596	8,596	26,55	0,368	1,368
5,1	69,898	70,898	12,3	47,937	48,937	19,5	7,253	8,253	26,7	0,331	1,331
5,25	72,212	73,212	12,45	48,346	49,346	19,65	6,941	7,941	26,85	0,269	1,269
5,4	75,922	76,922	12,6	47,911	48,911	19,8	6,528	7,528	27	0,243	1,243
5,55	75,481	76,481	12,75	47,360	48,360	19,95	6,243	7,243	27,15	0,186	1,186
5,7	76,652	77,652	12,9	47,146	48,146	20,1	5,865	6,865	27,3	0,163	1,163
5,85	77,868	78,868	13,05	47,260	48,260	20,25	5,603	6,603	27,45	0,144	1,144
6	81,150	82,150	13,2	46,007	47,007	20,4	5,334	6,334	27,6	0,128	1,128
6,15	86,034	87,034	13,35	45,028	46,028	20,55	5,080	6,080	27,75	0,074	1,074
6,3	89,356	90,356	13,5	42,558	43,558	20,7	4,825	5,825	27,9	0,068	1,068
6,45	92,691	93,691	13,65	40,301	41,301	20,85	4,496	5,496	28,05	0,022	1,022

6,6	93,756	94,756	13,8	38,275	39,275	21	4,276	5,276	28,2	0,019	1,019
6,75	94,885	95,885	13,95	36,374	37,374	21,15	3,970	4,970	28,35	0,016	1,016
6,9	97,220	98,220	14,1	34,700	35,700	21,3	3,767	4,767	28,5	0,014	1,014
7,05	101,522	102,522	14,25	32,921	33,921	21,45	3,563	4,563	28,65	0,013	1,013
7,2	101,985	102,985	14,4	31,279	32,279	21,6	3,386	4,386	28,8	0,006	1,006

Ο συνολικός όγκος νερού που απέρρευσε σύμφωνα με τη σχέση (17) προκύπτει ίσος με: $V_{\text{total}} = 5706,012 * 0,15 * 3600 \Rightarrow V_{\text{total}} = 3081246,365 \text{ m}^3$.

3.5.5. ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΡΡΟΗΣ

Εφαρμόζοντας την εμπειρική σχέση του Giandotti, σχέση (18), για τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα προκύπτει:

$$t_c = \frac{4\sqrt{19,35 + 1,5 \cdot 11}}{0,8\sqrt{692,07 - 20}} = 1,63 \text{ ώρες}$$

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το χειμαρρικό ρεύμα Κραυσίδωνας ανήκει στην κατηγορία των χειμάρρων των ορεινών περιοχών. Εμφανίζει εντονότερες κλίσεις, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία απορροή των υδάτων κατά την εκδήλωση εντόνων βροχοπτώσεων. Το ανάγλυφο του χειμάρρου, σύμφωνα με την τιμή της μέσης κλίσης της υδρολογικής λεκάνης του ($J_\lambda = 39,78 \%$), χαρακτηρίζεται ως ισχυρά επικλινές έδαφος.

Οι πετρολογικοί σχηματισμοί που συγκροτούν το γεωλογικό υπόθεμα της λεκάνης με τύπο G,K-II, εμφανίζουν όλα σχεδόν τα είδη των χειμαρρικών φαινομένων καθώς και έντονες αποσαθρώσεις. Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής αποτελείται από εδάφη με μικρή διηθητικότητα και διαπερατότητα, με αποτελέσματα να παρατηρείται αυξημένη άμεση απορροή σε σχέση με τη βασική.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα καλύπτεται από δασική βλάστηση. Η δασοκάλυψη ασκεί υδρογεωνομική (προστατευτική και υδρολογική) επίδραση στη λεκάνη, γεγονός που μετριάξει την επιφανειακή απορροή.

Η βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006 στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου εμφάνισε μεγάλη διάρκεια και σημαντική ραγδαιότητα. Η εκτίμηση της μέγιστης πλημμυρικής παροχής πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada ($Q_{\text{max}} = 104,301 \text{ m}^3/\text{sec}$) και με τη

μέθοδο των ιχνών απορροής ($Q_{\max}=109,98 \text{ m}^3/\text{sec}$). Τα μεγέθη των παροχών αιχμής δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά. Από τη διαπίστωση αυτή προκύπτει ότι η μέθοδος της Sierra Nevada θα μπορούσε να εφαρμοσθεί και σε άλλες περιοχές με διαφορετικές γεωμορφολογικές, υδρολογικές και εδαφολογικές συνθήκες τουλάχιστον για την εκτίμηση της μέγιστης παροχής που κινήθηκε εντός της κοίτης. Το αυτόσιο βροχογράφημα έδειξε ότι το συνολικό ύψος βροχής ήταν ίσο με $P=211,292 \text{ mm}$. Το ύψος της απορροϊκής βροχόπτωσης εκτιμήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο του απορροϊκού συντελεστή CN της S.C.S., όπου για $CN=83$ προέκυψε ίσο με $P_e=159,564 \text{ mm}$. Ο συνολικός όγκος του νερού που απέρρευσε υπολογίστηκε βάσει της συνολικής απορροϊκής βροχής ίσος με $V_{\text{total}}=3087565,087 \text{ m}^3$ και βάσει του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada ίσος με $V_{\text{total}}=3081246,365 \text{ m}^3$.

Η σχέση έντασης-διάρκειας των βροχοπτώσεων, για περίοδο επαναφοράς T ετών, για τον υπολογισμό των κρίσιμων πλημμυρικών παροχών, δίνεται από τον τύπο: $I=a/t^b$, όπου: I = η ένταση της βροχόπτωσης (mm/h), t = ο χρόνος συρροής (h) ($t= 1,63 \text{ h}$) και a, b = συντελεστές, για τον μετεωρολογικό σταθμό Μακρυνίτσας, ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς των πλημμυρικών φαινομένων. Για τη βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006 στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου, προκύπτουν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Περίοδος επαναφοράς (έτη)	a	b	Ένταση βροχόπτωσης (mm/h)
5	26,527	0,5675	20,00623
10	31,213	0,5558	23,67766
25	37,105	0,5455	28,29172
50	41,343	0,5388	31,62827
100	47,59	0,5494	36,21602

Η κρίσιμη ένταση της συγκεκριμένης βροχόπτωσης ήταν ίση με $I_c= 31,512 \text{ mm/h}$, η οποία αντιστοιχεί, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, σε περίοδο επαναφοράς ίση με $T= 50$ έτη. Επειδή, όμως, η ένταση της βροχόπτωσης παρέμεινε υψηλή για περισσότερες από επτά ώρες, εκτιμάται ότι, λόγω της σπανιότητας της συγκεκριμένης διάρκειας, η πραγματική περίοδος επαναφοράς του φαινομένου είναι τουλάχιστον 100 έτη. Βροχοπτώσεις τέτοιας ραγδαιότητας και διάρκειας συνοδεύονται από έντονα πλημμυρικά φαινόμενα και καταστρεπτικές συνέπειες σε οικισμούς και καλλιεργητικές εκτάσεις.

Έπειτα από τα πλημμυρικά επεισόδια της δεκαετίας του 1950, κρίθηκε επιτακτική η διευθέτηση και η αποκατάσταση των λεκανών των χειμάρρων Αναύρου και Κραυσίδωνα (Δασαρχείο Βόλου, 1953). Σχέδιο της μελέτης αυτής ήταν η δημιουργία τεχνητών κοιτών εκβολής και εκτροπή αυτών στα άκρα της πόλης του Βόλου, κατασκευή παράλληλων τοίχων με αναβαθμίδες καθώς και εγκάρσιων φραγμάτων στα χαμηλότερα τμήματα των κοιτών, με σκοπό τη συγκράτηση στερεών υλικών και τον περιορισμό της χειμαρρικότητας των χειμάρρων (Εικόνες 21 και 22). Ο εγκιβωτισμός της κοίτης του Κραυσίδωνα επέδρασε θετικά στην απάλυνση του πλημμυρικού φαινομένου που μελετάμε.

Παρόλο, όμως που η παροχετευτική ικανότητα του χειμάρρου ήταν επαρκής για τη διόδευση της μέγιστης πλημμυρικής παροχής, η υποβάθμιση του πυθμένα της κοίτης, από τη συσσώρευση αυτόχθονων και ετερόχθονων υλικών στη διάρκεια του χρόνου, εμπόδισε την ομαλή διέλευση και διοχέτευση του νερού στον Παρασητικό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την υπερχειλίση του χειμάρρου, σε τμήματα κομβικά για την κυκλοφορία των οχημάτων (Εικόνες 23 και 24).

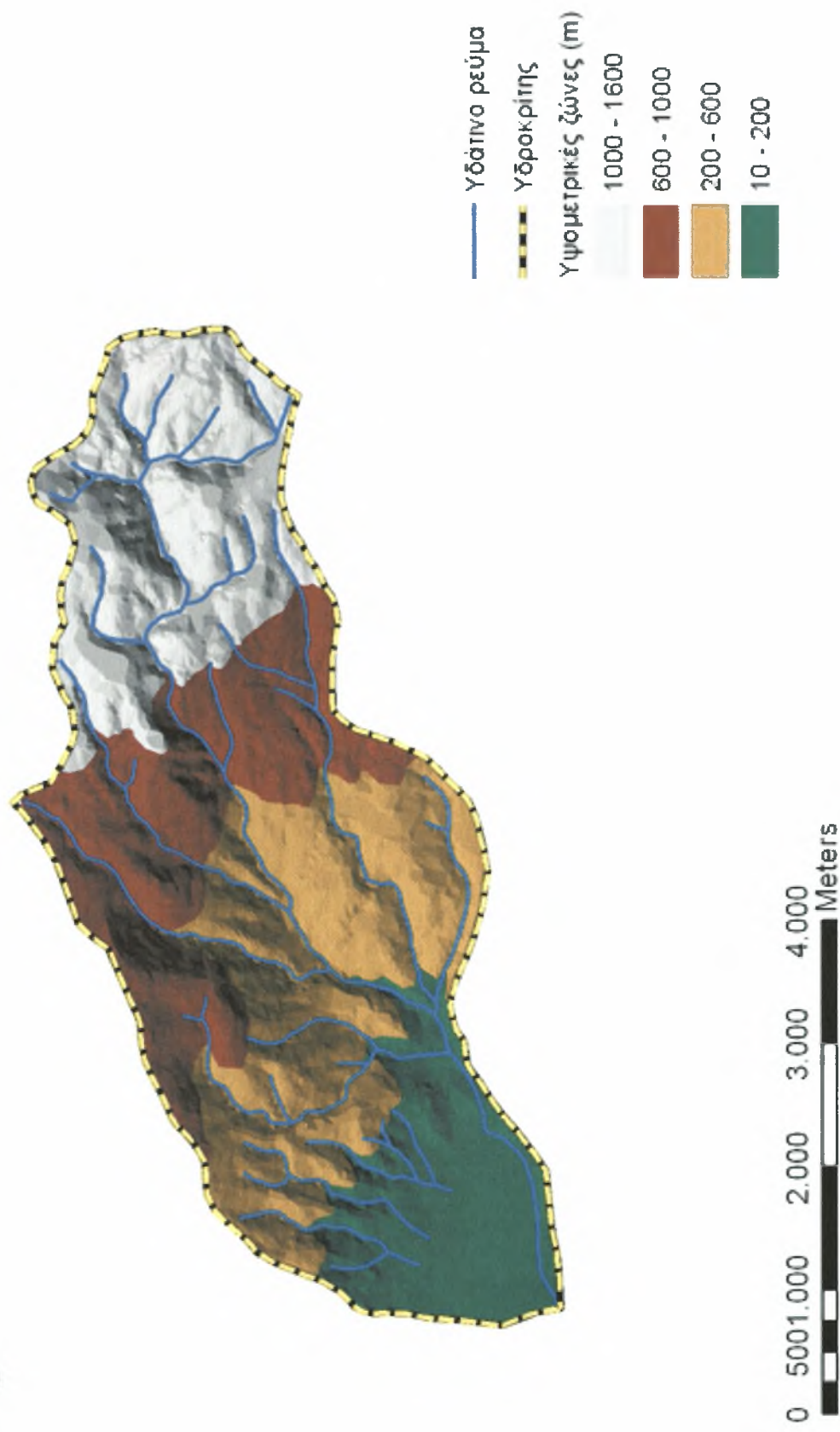
Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων θα πρέπει η κοίτη να διαθέτει τις απαραίτητες διαστάσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με τον καθαρισμό του πυθμένα και των πρανών της στην πεδινή περιοχή, από στερεά υλικά και φυτοκάλυψη, ώστε να αυξηθεί η παροχετευτική ικανότητά της.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Παπαμιχαήλ, Δ., 2004. *Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων*. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ. 394.
- Σαπουντζής Μ., 2000. *Η χειμαρρικότητα των περιοχών Σιδηροκάστρου και Σερρών και η αποτελεσματικότητα των εφαρμοσθέντων συστημάτων διευθέτησης*. (Διδ. Διατρ.) Επιστ. Επ. του Τμήμ. Δασολ. και Φ. Π. Α.Π.Θ., (παραρ.) ΛΚ τόμος, Θεσ/νίκη.
- Σαπουντζής, Μ., 2005. *Σημειώσεις Υδραυλικής ρευστών*. Βόλος.
- Σαπουντζής, Μ., Θ. Παπαθανασίου και Δ. Μυρωνίδης, 2006. *Προσδιορισμός της υποβάθμισης της λεκάνης απορροής του ρεύματος «Γεραμπίνη» Ζαγοράς*. Πρακτικά 10ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της ΕΥΕ, σελ. 135-142.

- Σαπουντζής, Μ., Θ. Παπαθανασίου, Δ. Μυρωνίδης και Ι. Αγγελακόπουλος, 2006. *Υδρολογική απόκριση του χειμάρρου «Γεραμπίνη» Ζαγοράς μετά από την κατασκευή φραγμάτων στερέωσης της κεντρικής κοίτης.*
- Στάθης, Δ. και Μ. Σαπουντζής, 2003. *Διερεύνηση της σχέσης βροχής-απορροής της λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος «Πετρένια» Γοματίου Ν. Χαλκιδικής στην καταιγίδα της 7-9 Οκτωβρίου 2000.* Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα. Τόμος 13, σειρά II, τεύχος 1/2003.
- Στάθης, Δ., Μ. Σαπουντζής και Π. Στεφανίδης, 2001. *Η πλημμυρογένεση και η στερεομεταφορά σε μικρές λεκάνες απορροής (εφαρμογή: Χείμαρροι περιοχής Στυλίδας Ν. Φθιώτιδας).* Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. Τόμος Μ/2, σελ. 877-892.
- Στεφανίδης, Π., 1990. *Μορφομετρική και υδρογραφική συγκρότηση των χειμαρρικών τύπων στο χώρο της Β. Ελλάδας.* (Διδ. Διατρ.) Επιστ. Επ. του Τμήμ. Δασολ. και Φ. Π. Α.Π.Θ, (παραρ.), αριθ. 6, ΛΒ' τόμος. Θεσ/νίκη.
- Στεφανίδης, Π., 1992. *Το χειμαρρικό πρόβλημα της Θεσσαλίας ως παράγων υποβάθμισης του περιβάλλοντος και οι δυνατότητες αποτροπής του.* Πρακτικά συνεδρίου με θέμα «Οικολογία και περιβαλλοντική εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Φλόκας, Α., 1997. *Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας.* Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ.462
- US Department of the Interior (USDI) Bureau of Reclamation, 1987. *Design of Small Dams.* 3rd edition, US Government Printing Office.
- Εγκυκλοπαίδεια «Νέα Δομή», 1996. Τόμος 6. Εκδόσεις Δομή, Εκδοτικός οργανισμός Τεγόπουλου-Μανιατέα, Αθήνα.
- Σχέδιο Διευθέτησης και Αποκαταστάσεως των λεκανών των χειμάρρων Αναύρου και Κραυσίδωνα Βόλου, 1953. Δασαρχείο Βόλου, Τμήμα Δασοτεχνικών Έργων.

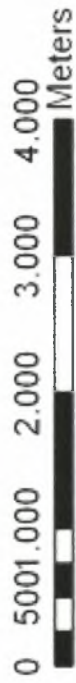
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



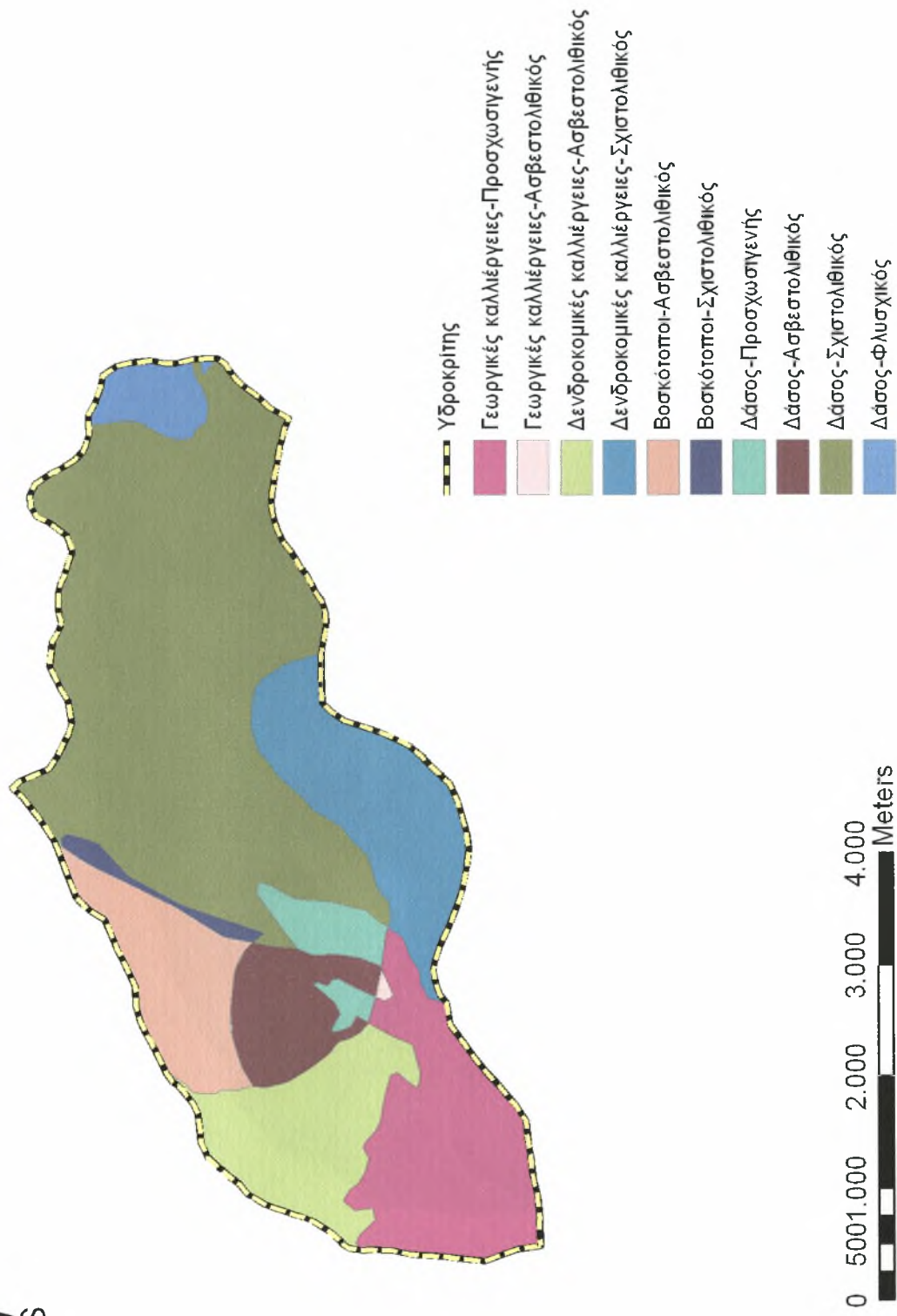
Εικόνα 5. Ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος Κραυσίδαωνα



Εικόνα 6. Κατανομή των πετρολογικών σχηματισμών της υδρολογικής λεκάνης του Κρασιδώνα



Εικόνα 7. Κατανομή μορφών χρήσεως γης της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κρασνιάδωνα



Εικόνα 8. Ζώνες βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του Κρασνιάδωνα.



Υδροκρίτης

Curve Number (CN)

58

71

83

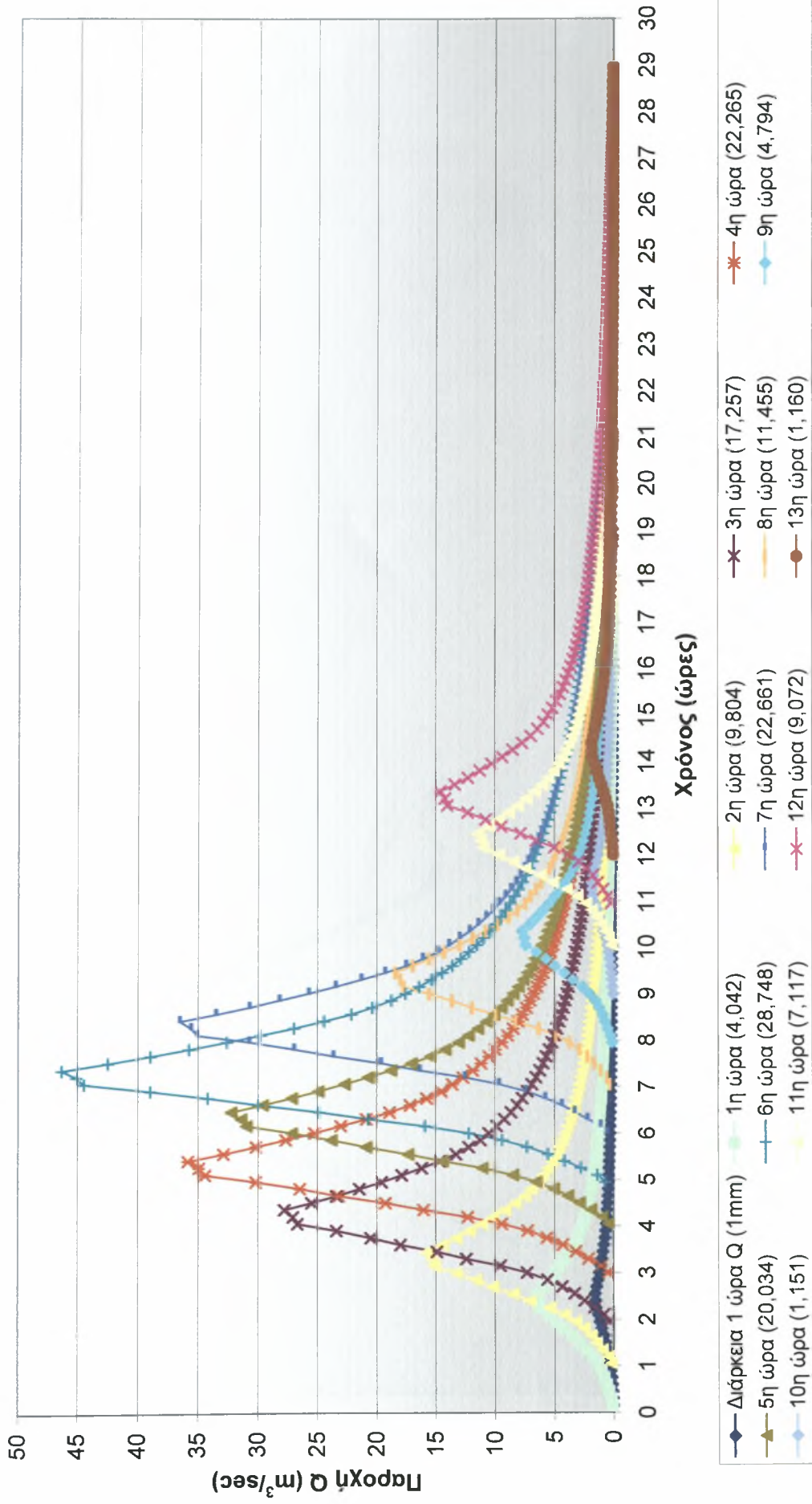
87

92

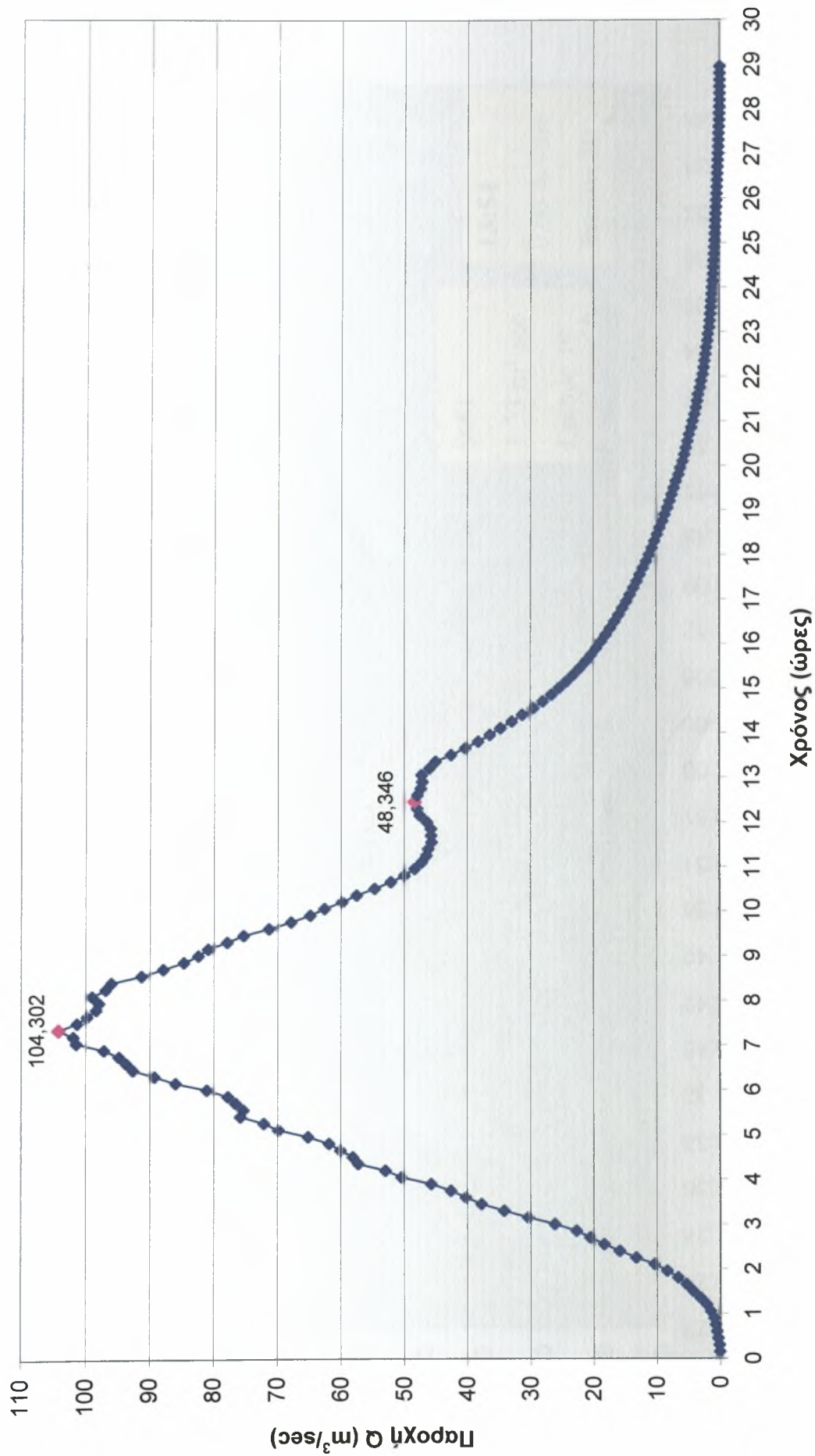
0 500 1.000 2.000 3.000 4.000 Meters

Εικόνα 10. Δείκτης διηθητικότητας CN για κάθε περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα

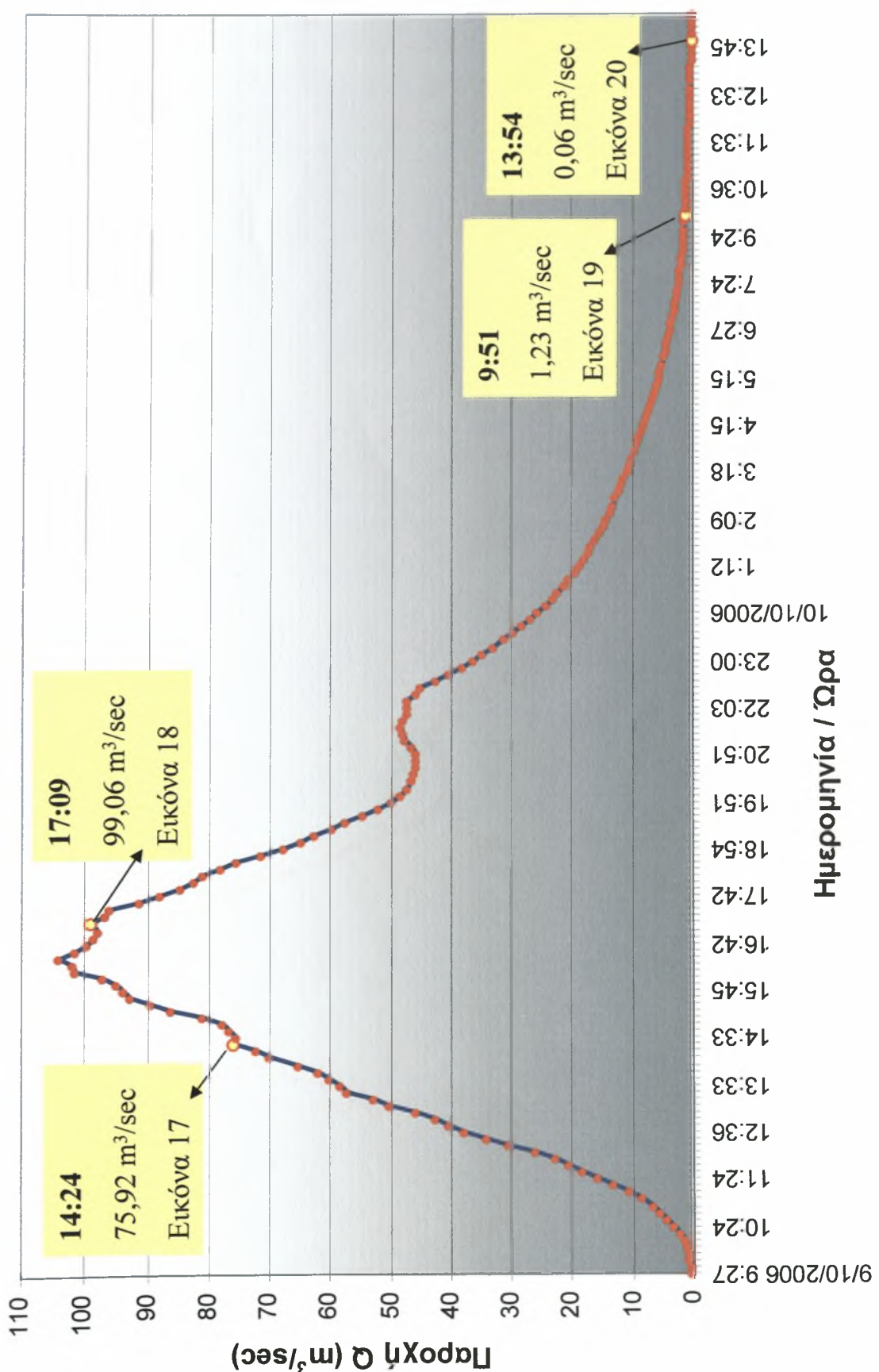
14,55	0,043	0,175	0,544	1,157	1,899	2,127	3,694	3,689	2,377	1,229	0,398	3,574	6,992	1,715
14,7	0,041	0,166	0,526	1,119	1,825	2,060	3,587	3,571	2,300	1,182	0,381	3,362	6,428	1,573
14,85	0,039	0,157	0,504	1,086	1,775	2,000	3,470	3,453	2,215	1,139	0,364	3,182	5,914	1,443
15	0,037	0,148	0,482	1,054	1,708	1,940	3,362	3,351	2,138	1,100	0,349	3,009	5,536	1,317
15,15	0,034	0,139	0,464	1,022	1,650	1,881	3,255	3,233	2,061	1,064	0,334	2,848	5,177	1,201
15,3	0,032	0,129	0,442	0,996	1,601	1,821	3,148	3,123	1,993	1,030	0,321	2,707	4,846	1,089
15,45	0,030	0,122	0,424	0,958	1,543	1,761	3,052	3,022	1,925	0,995	0,308	2,572	4,556	0,986
15,6	0,028	0,111	0,402	0,926	1,493	1,709	2,956	2,912	1,865	0,962	0,295	2,461	4,285	0,894
15,75	0,026	0,104	0,380	0,887	1,443	1,642	2,870	2,828	1,805	0,927	0,284	2,352	4,055	0,822
15,9	0,023	0,093	0,358	0,849	1,402	1,597	2,784	2,735	1,745	0,895	0,274	2,251	3,836	0,756
16,05	0,021	0,084	0,336	0,816	1,360	1,537	2,699	2,651	1,694	0,862	0,264	2,156	3,630	0,708
16,2	0,019	0,075	0,314	0,778	1,319	1,485	2,613	2,566	1,634	0,834	0,256	2,066	3,450	0,662
16,35	0,016	0,066	0,296	0,746	1,286	1,440	2,527	2,482	1,579	0,805	0,248	1,981	3,278	0,620
16,5	0,014	0,057	0,270	0,707	1,236	1,388	2,452	2,406	1,528	0,780	0,239	1,901	3,136	0,583
16,65	0,012	0,050	0,252	0,669	1,194	1,343	2,356	2,330	1,472	0,755	0,231	1,824	2,998	0,548
16,8	0,011	0,044	0,226	0,630	1,145	1,298	2,292	2,262	1,430	0,730	0,223	1,755	2,869	0,519
16,95	0,005	0,021	0,205	0,591	1,095	1,261	2,206	2,195	1,383	0,709	0,215	1,692	2,748	0,491
17,1	0,005	0,020	0,183	0,553	1,053	1,224	2,131	2,127	1,340	0,684	0,207	1,633	2,633	0,464
17,25		0,000	0,161	0,521	1,004	1,187	2,067	2,060	1,297	0,661	0,200	1,580	2,524	0,441
17,4			0,139	0,476	0,962	1,157	1,992	1,992	1,255	0,639	0,194	1,530	2,423	0,419
17,55			0,121	0,444	0,912	1,112	1,928	1,933	1,216	0,616	0,188	1,477	2,325	0,401
17,7			0,106	0,399	0,863	1,075	1,863	1,857	1,178	0,598	0,182	1,429	2,237	0,383
17,85			0,051	0,360	0,813	1,030	1,810	1,806	1,144	0,579	0,176	1,376	2,156	0,367
18			0,047	0,321	0,763	0,985	1,756	1,739	1,110	0,561	0,170	1,328	2,082	0,351
18,15			0,000	0,283	0,713	0,948	1,703	1,680	1,075	0,543	0,164	1,281	2,014	0,337
18,3				0,244	0,672	0,903	1,660	1,629	1,041	0,525	0,159	1,238	1,950	0,323
18,45				0,212	0,614	0,866	1,596	1,570	1,007	0,509	0,154	1,196	1,882	0,310
18,6				0,186	0,572	0,821	1,542	1,519	0,977	0,493	0,148	1,159	1,822	0,297
18,75				0,090	0,514	0,776	1,478	1,469	0,939	0,479	0,144	1,122	1,754	0,286
18,9				0,084	0,464	0,731	1,414	1,427	0,913	0,464	0,139	1,084	1,693	0,276
19,05				0,000	0,415	0,687	1,360	1,384	0,879	0,450	0,135	1,053	1,632	0,266
19,2					0,365	0,642	1,296	1,342	0,849	0,436	0,130	1,016	1,578	0,258
19,35					0,315	0,604	1,242	1,308	0,824	0,421	0,126	0,981	1,524	0,249



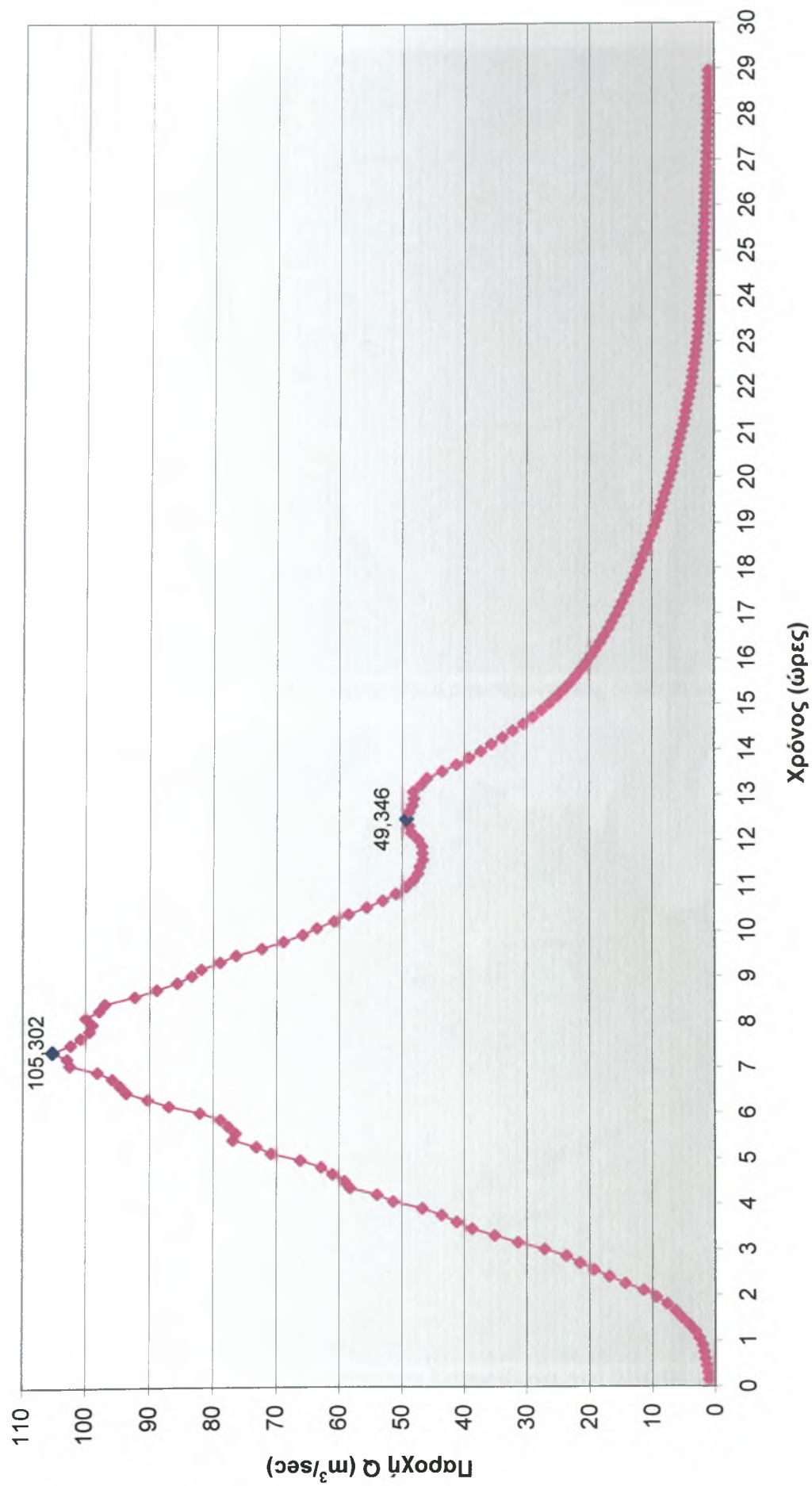
Εικόνα 13. Διαγράμματα ωριαίων παροχών της βροχόπτωσης της 9ης Οκτωβρίου 2006



Εικόνα 14. Υδρογράφημα πλημμύρας της βροχόπτωσης της 9ης Οκτωβρίου 2006



Εικόνα 15. Υδρογράφημα πλημμύρας της βροχόπτωσης της 9ης Οκτωβρίου 2006



Εικόνα 16. Συνολική απορροή (άμεση και βασική) της βροχόπτωσης της 9ης Οκτωβρίου 2006



Εικόνα 17. Παροχή κεντρικής κοίτης του Κραυσίδωνα στις 9/10/06 και ώρα 14:24



Εικόνα 18. Παροχή κεντρικής κοίτης του Κραυσίδωνα στις 9/10/06 και ώρα 17:09



Εικόνα 19. Παροχή κεντρικής κοίτης του Κραυσίδωνα στις 10/10/06 και ώρα 9:51



Εικόνα 20. Παροχή κεντρικής κοίτης του Κραυσίδωνα στις 10/10/06 και ώρα 13:54



Εικόνα 21. Φράγμα του χειμάρρου Κραυσίδανα στην περιοχή Αγ. Ονούφριου



Εικόνα 22. Φράγμα του χειμάρρου Κραυσίδανα στην περιοχή Αγ. Παρασκευής



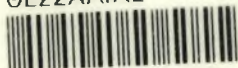
Εικόνα 23. Σιδηροδρομικές γραμμές Βόλου (πλησίον οδού Παπαδιαμάντη)



Εικόνα 24: Σιδηροδρομικές γραμμές Βόλου (πλησίον οδού Παπαδιαμάντη)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097449