



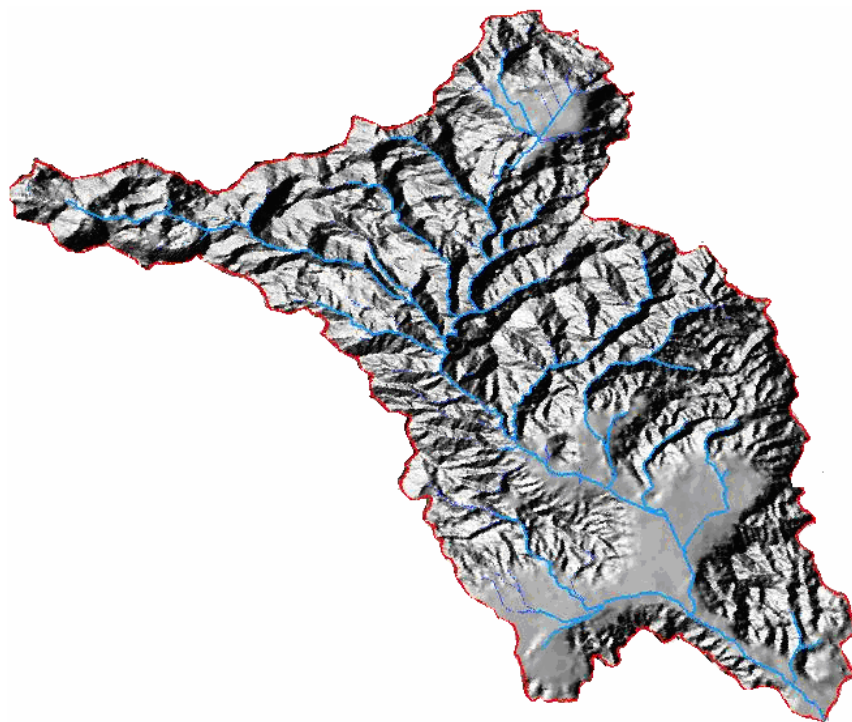
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΕΡΙΤΗ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΔΙΟΥ**



ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Γ. ΓΡΥΛΛΑΚΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ιωάννης Τσάνης (επιβλέπων)

Γεώργιος Καρατζάς

Διονύσιος Χριστόπουλος

ΧΑΝΙΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2006

Αυτό που έχει ήδη ανακαλυφθεί
φαίνεται συχνά πολύ απλό.
Την αναζήτηση όμως που διαρκεί
χρόνια ολόκληρα, τις εναλλαγές
της βεβαιότητας και της απόγνωσης,
τις ακατάπαυστες εξάρσεις προς
την διαύγεια,
όλα αυτά τα ξέρει μόνο
όποιος έχει κάνει αυτήν την πορεία.....

Albert Einstein

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|---|----|
| 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 9 |
| 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | 9 |
| 1.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ | 9 |
| 1.3 ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ | 10 |
| 2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ | 11 |
| 2.1 ΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ | 11 |
| 2.2 ΠΟΛΥΓΩΝΑ THIESSEN | 12 |
| 2.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΕ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΑ (Τσακίρης 1995)..... | 13 |
| 2.3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΜΥΛΙΣΚΟΥ..... | 14 |
| 2.3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΚΑΜΕΡΑΣ | 14 |
| 2.4 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ – ΠΑΡΟΧΗΣ | 16 |
| 2.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ HEC-HMS..... | 17 |
| 2.5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ | 17 |
| 2.5.2 ΣΥΝΔΕΣΗ HEC-HMS ΜΕ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ..... | 18 |
| 2.5.3 ΕΞΑΓΩΓΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ HEC-GeoHMS | 19 |
| 2.5.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΟ HEC-HMS..... | 21 |
| 2.5.5 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ | 23 |
| 2.5.6 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ | 23 |
| 2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ | 24 |
| 3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ | 25 |
| 3.1 ΓΕΝΙΚΑ..... | 25 |
| 3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ | 26 |
| 3.2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ | 26 |
| 3.2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ..... | 27 |
| 3.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ | 32 |
| 3.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ..... | 33 |
| 3.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ | 34 |
| 3.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ – ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ | 38 |
| 3.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ..... | 44 |
| 3.8 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΥΨΟΥΣ ΡΟΗΣ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΟΗΣ | 46 |
| 3.9 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ | 47 |
| 3.9.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΥΡΤΩΜΑΔΟΥ | 48 |

| | |
|--|----|
| 3.9.2 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΜΕΣΚΛΩΝ | 50 |
| 3.9.3 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΠΑΤΕΛΑΡΗ..... | 52 |
| 3.9.4 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΔΡΑΚΙΑΝΑ..... | 54 |
| 4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ HEC-HMS ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΚΕΡΙΤΗ..... | 57 |
| 4.1 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ | 57 |
| 4.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ..... | 60 |
| 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... | 71 |
| 5.1 ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ..... | 71 |
| 5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ HEC-HMS..... | 71 |
| 5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ HEC-HMS..... | 75 |
| 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 78 |
| 6.1 ΓΙΑ ΤΟ HEC-HMS..... | 78 |
| 6.2 ΓΙΑ ΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ | 79 |
| 6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ..... | 81 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ AutoCAD. | 84 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | | | | | |
|------------|--|----|------------|--|----|
| Εικόνα | 1: | Το | υδρολογικό | ισοζύγιο | |
| | | | | (http://www.brown.edu/Courses/GE0158/web2_revised/dennis/basic.html)..... | 12 |
| Εικόνα 2: | Παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου Thiessen | | | | 13 |
| Εικόνα 3: | Βαθμονομημένη σανίδα για μέτρηση επιφανειακής ταχύτητας..... | | | | 15 |
| Εικόνα 4: | Σχέση μεταξύ ArcVIEW 3.2, HEC-GeoHMS και HEC-HMS. (geospatial modeling extension HEC-GeoHMS Use's Manual v 1.0)..... | | | | 18 |
| Εικόνα 5: | Γεωλογία της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη | | | | 30 |
| Εικόνα 6: | Μορφολογία της λεκάνης του Κερίτη | | | | 31 |
| Εικόνα 7: | Θέσεις βροχομετρικών σταθμών | | | | 35 |
| Εικόνα 8: | Πολύγωνα Thiessen..... | | | | 37 |
| Εικόνα 9 : | Θέσεις διατομών ελέγχου | | | | 39 |
| Εικόνα 10: | Διατομή Δρακιανών | | | | 40 |
| Εικόνα 11: | Διατομή Κυρτωμάδου | | | | 41 |
| Εικόνα 12: | Διατομή Πατελαρίου | | | | 41 |
| Εικόνα 13: | Διατομή Μεσκλών..... | | | | 42 |
| Εικόνα 14: | Σύγκριση μεθόδων μέτρησης ταχύτητας..... | | | | 46 |
| Εικόνα 15: | Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Κυρτωμάδου. | | | | 49 |
| Εικόνα 16: | Καμπύλη στάθμης – παροχής για την διατομή Κυρτωμάδου. | | | | 50 |
| Εικόνα 17: | Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Μεσκλών..... | | | | 51 |
| Εικόνα 18: | Καμπύλη στάθμης – παροχής στην διατομή Μεσκλών | | | | 51 |
| Εικόνα 19: | Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Πατελάρη. | | | | 53 |
| Εικόνα 20: | Καμπύλη στάθμης – παροχής στην διατομή Πατελαρίου..... | | | | 53 |
| Εικόνα 21: | Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Δρακιανών. | | | | 55 |
| Εικόνα 22: | Καμπύλη στάθμης – παροχής στην διατομή Δρακιανών..... | | | | 56 |
| Εικόνα 23: | Όλες οι καμπύλες στάθμης – παροχής μαζί | | | | 56 |
| Εικόνα 24: | Γεγονός βαθμονόμησης..... | | | | 58 |
| Εικόνα 25: | Κατανομή παροχής του γεγονότος βαθμονόμησης (διατομή Κυρτωμάδου) | | | | 58 |
| Εικόνα 26: | Αποτελέσματα προσομοίωσης της περιόδου βαθμονόμησης | | | | 59 |
| Εικόνα 27: | Αναλυτικά αποτελέσματα προσομοίωσης περιόδου βαθμονόμησης..... | | | | 59 |
| Εικόνα 28: | Διάκριση υπολεκάνων | | | | 61 |
| Εικόνα 29: | Αναπαράσταση του ισοζυγίου της ανάντη υπολεκάνης..... | | | | 64 |
| Εικόνα 30: | Αναπαράσταση του ισοζυγίου της μεσέας υπολεκάνης..... | | | | 66 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 31: Γεγονός 22-24 Ιανουαρίου 2006 | 72 |
| Εικόνα 32: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 22-24/1/2006 | 72 |
| Εικόνα 33: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 22-24/1/2006 | 73 |
| Εικόνα 34: Γεγονός βροχόπτωσης 6-7 Φεβρουαρίου 2006..... | 73 |
| Εικόνα 35: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 6-7/2/2006 | 74 |
| Εικόνα 36: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 6-7/2/2006 | 74 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1: Πληροφορίες βροχομετρικών σταθμών | 35 |
| Πίνακας 2: Εμβαδόν της λεκάνης που επηρεάζεται από κάθε βροχομετρικό σταθμό, σε στρέμματα | 38 |
| Πίνακας 3: Ποσοστό κάθε υπολεκάνης που επηρεάζεται από κάθε βροχομετρικό σταθμό..... | 38 |
| Πίνακας 4: Ημερομηνίες και θέσεις μετρήσεων..... | 43 |
| Πίνακας 5: Ημερομηνίες και θέσεις μετρήσεων με τη χρήση μολύσκου..... | 43 |
| Πίνακας 6: Ημερομηνίες και θέσεις μετρήσεων με τη χρήση κάμερας | 44 |
| Πίνακας 7: Σύγχρονες μετρήσεις με μολύσκο και κάμερα..... | 45 |
| Πίνακας 8: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής στη διατομή Κυρτωμάδου | 48 |
| Πίνακας 9: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής στη διατομή Μεσκλών | 50 |
| Πίνακας 10: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής στην διατομή Πατελαρίου | 52 |
| Πίνακας 11: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής στη περιοχή Δρακιανών | 54 |
| Πίνακας 15: Ισοζύγιο ανάντη υπολεκάνης | 63 |
| Πίνακας 16: Ισοζύγια μεσέας υπολεκάνης | 65 |
| Πίνακας 17: Ισοζύγιο κατάντη υπολεκάνης | 67 |
| Πίνακας 18: Ισοζύγιο καρστ..... | 69 |
| Πίνακας 19: Γενικό ισοζύγιο λεκάνης Κερίτη..... | 70 |
| Πίνακας 20: Αποτελέσματα ετήσιας απορροής..... | 71 |
| Πίνακας 21: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα περιόδου βαθμονόμησης και περιόδων προσομοίωσης..... | 75 |
| Πίνακας 22: Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων μοντέλου..... | 76 |

Ευχαριστίες...

Η παρούσα εργασία αποτελεί την διπλωματική διατριβή του φοιτητή Μηχανικών Περιβάλλοντος Γρυλλάκη Μανώλη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπον Καθηγητή Ιωάννη Τσάνη για την ανάθεση της εργασίας αυτής, όπως και για τη συμβολή του καθόλη τη διάρκεια της μελέτης.

Στη συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω τον κύριο Βοζινάκη Κωνσταντίνο, γεωλόγο της ΥΕΒ Χανίων για την πολύτιμη βοήθειά και γνώσεις που προσέφερε για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής.

Ευχαριστώ θερμά όλα τα μέλη του εργαστηρίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής, Αθανασάκη Μανώλη, Κουτρούλη Άρη, Κουτσογιαννάκη Ειρήνη, Σειραδάκη Κώστα και Χατζηευαγγέλου Κυριακή, για την βοήθειά τους και την άψογη συνεργασία που είχα μαζί τους.

Σπεσιαλ θένκς, στους φίλους και συνεργάτες Δαλιακόπουλο Γιάννη και τον Τσιτσιλώνη Σωτήρη για την βοήθειά τους κατά την εκπόνηση της εργασίας, αλλά και για τις μετρήσεις πεδίου που χωρίς αυτούς δεν θα ήταν δυνατή η διεκπεραίωση τους.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η υδρολογική λεκάνη του ποταμού Κερίτη (Νομού Χανίων) είναι μία από τις σημαντικές υδρολογικές λεκάνες του νομού, λόγω της πλούσιας της υδροφορίας. Στην λεκάνη βρίσκονται πολλές γεωτρήσεις και πηγάδια που εξυπηρετούν υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς της ευρύτερης περιοχής. Η γνώση του υδατικού ισοζυγίου είναι απαραίτητη για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός της επιφανειακής απορροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη με χρήση δεδομένων πεδίου και η προσομοίωση αυτής με το υδρολογικό μοντέλο HEC – HMS.

1.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Η υδρολογία μπορεί να οριστεί ως η επιστήμη που ασχολείται με την παρουσία του νερού στην γη, την κυκλοφορία του, τις φυσικοχημικές του ιδιότητες, όπως και με την αλληλεπίδραση του με το περιβάλλον. Το επίπεδο μελέτης της Υδρολογίας περιλαμβάνει την ατμόσφαιρα μέχρι το ύψος των 15Km, την επιφάνεια της γης, την λιθόσφαιρα μέχρι το βάθος του 1Km, όπως και τους ωκεανούς. [Γ.Τσακίρης 1995].

Υδρολογικός κύκλος είναι η αλλαγή φάσης και θέσης του νερού μέσα στη φύση. Οι φάσεις που μπορεί συναντηθεί είναι η στερεή (χιόνι, πάγος, χαλάζι κτλ), η υγρή (βροχή, θάλασσα κτλ) και η αέρια (υδρατμοί). Η αλλαγή της θέσης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών όπως είναι για παράδειγμα η εξάτμιση, η απορροή και η κατακρήμνιση. Η σειρά εμφάνισης των διεργασιών δεν έχει πρακτικά αρχή και τέλος. Θα μπορούσε όμως να τοποθετηθεί στην ατμόσφαιρα, όπου το νερό συγκεντρώνεται υπό την μορφή ατμών, που προέρχονται από υδάτινες επιφάνειες (θάλασσα, ποτάμια, λίμνες), από την εξάτμιση από το έδαφος, ή την διαπνοή των φυτών. Οι υδρατμοί μεταφέρονται με την κίνηση των αερίων μαζών της ατμόσφαιρας και κατακρημνίζονται όταν συμπυκνωθούν σε σύννεφα [Γ.Τσακίρης 1995].

1.3 ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι μια μείζονος σημασίας διαδικασία που αποσκοπεί στην κάλυψη των σημερινών και μελλοντικών αναγκών σε νερό, με τρόπο ορθολογικό που προστατεύει την αειφορία των υδατικών πόρων και της ποιότητας του νερού. Σε πολλές περιοχές του κόσμου η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι ανύπαρκτη ή υποτυπώδης. Πολλές φορές η ανάγκη για προστασία του νερού είναι αυτή που οδηγεί στην διαχείριση των υδατικών πόρων μίας περιοχής. Έτσι, σε μέρη όπου ο κίνδυνος για έλλειψη ή ρύπανση / μόλυνση του νερού είναι μικρός, πολλές φορές παρατηρείται έλλειψη σωστής διαχείρισης του υδατικού δυναμικού. Αντίθετα σε περιοχές με υψηλό κίνδυνο, η διαχείριση γίνεται επιτακτική και δημιουργούνται πιέσεις για την εφαρμογή της.

Τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί από την κακή διαχείριση των υδατικών πόρων έχουν οδηγήσει στην αναγνώριση της σοβαρότητας του προβλήματος από διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς. Οι τελευταίοι καταβάλουν προσπάθειες τα τελευταία χρόνια για την κατάρτιση προγραμμάτων διαχείρισης των υδατικών πόρων σε εθνικό και τοπικό επίπεδο. Τέλος, έχουν θεσπιστεί νόμοι για την προστασία, που όμως πολλές φορές δεν εφαρμόζονται ή εφαρμόζονται μερικώς λόγω της αμεριμνησίας των υπεύθυνων φορέων.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 ΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Το υδρολογικό ισοζύγιο αποτελεί την εφαρμογή της αρχής διατήρησης της μάζας του νερού σε έναν όγκο ελέγχου. Συνοψίζεται από μία απλή εξίσωση της παρακάτω μορφής:

$$In - Out = \Delta S$$

όπου ως In συμβολίζεται πάσης φύσης είσοδοι στον όγκο ελέγχου, Out πάσης φύσης έξοδοι από τον όγκο ελέγχου, ενώ ως ΔS ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ εισροών και εκροών. Η διαφορά αυτή είναι η αποθήκευση νερού στον όγκο ελέγχου. Κάθε ένα από τα παραπάνω στοιχεία της εξίσωσης αναλύονται σε επιμέρους, ανάλογα με την προέλευση κάθε είδους εισροής, εκροής, αποθήκευσης. Έτσι μια αναλυτικότερη μορφή του υδατικού ισοζυγίου μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$\begin{aligned} P + R_1 + G_1 + E_s - E_\xi - R_2 - G_2 - E - T &= \Delta(S_s + S_g) \Rightarrow \\ P - (R_2 - R_1) - (G_2 - G_1) - (E + T) + E_s - E_\xi &= \Delta(S_s + S_g) \end{aligned}$$

όπου: P είναι τα κατακρημνίσματα

R_1 είναι η επιφανειακή εισροή

G_1 είναι η υπόγεια εισροή

E_s είναι οι εισαγωγές

E_ξ είναι οι εξαγωγές

E_2 είναι οι επιφανειακές εκροές

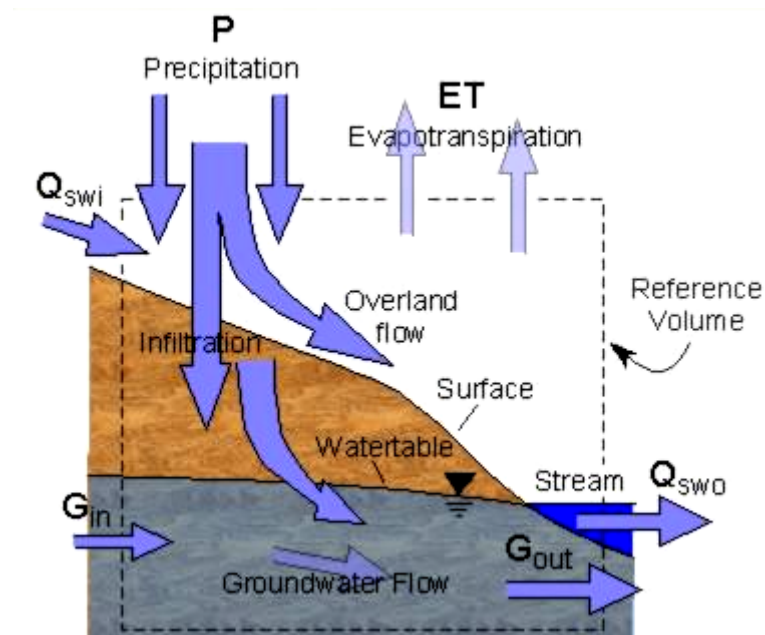
G_2 είναι οι υπόγειες εκροές

E είναι η εξάτμιση

T είναι η διαπνοή

S_s είναι το επιφανειακό απόθεμα

S_g είναι το υπόγειο απόθεμα

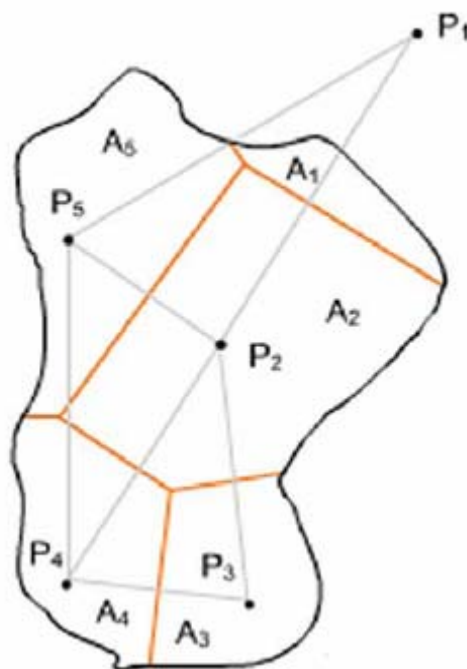


Εικόνα 1: Το υδρολογικό ισοζύγιο

(http://www.brown.edu/Courses/GE0158/web2_revised/dennis/basic.html)

2.2 ΠΟΛΥΓΩΝΑ THIESSEN

Τα πολύγωνα Thiessen είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εύρεση του μέσου ύψους βροχόπτωσης σε μία περιοχή με πάνω από ένα βροχόμετρα. Βασική παραδοχή είναι ότι το ύψος βροχής κάθε σταθμού θεωρείται σταθερό μέχρι το μέσο της απόστασης του από τους εγγύτερους σταθμούς. Δηλαδή βασίζεται στην διαμέριση του επιπέδου σε πολύγωνα Thiessen. Σε αυτή την προσέγγιση κάθε σταθμός ενώνεται με ευθύγραμμα τμήματα με τους εγγύτερους του έτσι ώστε να δημιουργηθούν τρίγωνα μέγιστων δυνατών γωνιών. Στην συνέχεια προσδιορίζεται η μεσοκάθετος κάθε πλευράς όλων των τριγώνων και ορίζεται το πολύγωνο που περιβάλλει κάθε σταθμό. Ο λόγος της επιφάνειας κάθε πολυγώνου προς την συνολική επιφάνεια προσδιορίζει το βάρος του ύψους βροχής του σταθμού που βρίσκεται στο κέντρο του πολυγώνου. Το μέσο ύψος βροχής σε κάθε θεωρούμενη περιοχή βρίσκεται από τον πολλαπλασιασμό του ύψους βροχής κάθε σταθμού με το αντίστοιχο βάρος και την άθροιση των γινομένων. Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν λαμβάνονται υπόψη τις ορογραφικές επιδράσεις του υψομέτρου στο ύψος βροχής. Πλεονεκτεί όμως στο ότι λαμβάνει υπόψη βροχόμετρα που βρίσκονται και εκτός της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 2: Παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου Thiessen

2.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΕ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΑ (Τσακίρης 1995)

Η μέτρηση της ταχύτητας ροής του νερού σε έναν φυσικό αποδέκτη όπως ένα ποτάμι, αποτελεί κύριο αντικείμενο της εφαρμοσμένης επιστημονικής περιοχής γνωστή ως υδρομετρία. Το μέγεθος της παροχής του νερού προκύπτει από απλούστερα μεγέθη όπως η στάθμη της ροής του ποταμού και την ταχύτητα ροής αυτού. Για την μέτρηση της στάθμης σε συνεχή χρόνο χρησιμοποιούνται όργανα αυτόματης καταγραφής, που λέγονται σταθμηγράφοι. Η μέτρηση της ταχύτητας ροής γίνεται με συσκευές όπως ο μυλίσκος και πλωτήρας.

Οι σταθμηγράφοι τοποθετούνται κοντά στην όχθη και αποτελούνται από το μεταλλικό κάλυμμα μέσα στο οποίο τοποθετείται το καταγραφικό όργανο, καθώς επίσης και το φρέαρ ή μεταλλική σωλήνα μέσα στην οποία βρίσκεται ο αισθητήρας. Για τον καθορισμό τόσο της αρχικής κλίμακας όσο και του σημείου μηδέν που θα χρησιμοποιήσει το καταγραφικό όργανο, γίνεται συνήθως χωροσταθμική εξάρτηση από κάποιο σταθερό υψόμετρο αναφοράς.

Η απλούστερη μέθοδος προσδιορισμού της ταχύτητας σε υδατόρεμα είναι η μέτρηση της επιφανειακής ταχύτητας με την χρήση ενός πλωτήρα ή μυλίσκου στην

μέση του πλάτους του υδατορέματος. Η μέση ταχύτητα ροής προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την τιμή αυτής της ταχύτητας με τον συντελεστή 0,7 για βάθος ροής μέχρι 6 μέτρα, ή 0,8 για βάθος μεγαλύτερο από 6 μέτρα. Σημειώνεται πως η μέθοδος αυτή είναι χαμηλής ακρίβειας και χρησιμοποιείται μόνο για αδρομερή εκτίμηση της ταχύτητας ροής.

2.3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΜΥΛΙΣΚΟΥ

Η μέτρηση της μέσης επιφανειακής ταχύτητας με την χρήση μυλίσκου γίνεται βυθίζοντας το μυλίσκο στο σημείο που θέλουμε να μετρήσουμε και κρατώντας το σταθερά εκεί για 30sec. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται περίπου τέσσερις φορές, έτσι ώστε βρεθεί ένας αντιπροσωπευτικός μέσος όρος για την ταχύτητα. Σε συνθήκες μεγάλης ροής, η μέτρηση της ταχύτητας με τη χρήση μυλίσκου δε συνίσταται για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι η τύρβη που επηρεάζει την μέτρηση της ταχύτητας. Ο δεύτερος λόγος είναι πως σε αυτές τις περιόδους, ο ποταμός συμπαρασύρει κλαδιά, φύλλα και άλλα ογκώδη στερεά, που κάνουν αδύνατη την μέτρηση με μυλίσκο επί 30sec, αφού διάφορα στερεά εισέρχονται στα περύγια του οργάνου, αλλοιώνοντας την μέτρηση.

2.3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΚΑΜΕΡΑΣ

Η μέτρηση της ταχύτητας ροής με την χρήση κάμερας στηρίζεται στις αρχές μέτρησης της ταχύτητας με την χρήση πλωτήρα. Αντί της μέτρησης του χρόνου που χρειάζεται ο πλωτήρας για να διανύσει μία γνωστή απόσταση, ο πλωτήρας βιντεοσκοπείται από μία σταθερή κάμερα καθώς περνάει μπροστά από μία σταθερή σταδία που επιπλέει στο ποτάμι.



Εικόνα 3: Βαθμονομημένη σανίδα για μέτρηση επιφανειακής ταχύτητας

Για την χρήση της κάμερας για την μέτρηση της ταχύτητας, κατασκευάστηκε μία βαθμονομημένη σανίδα μήκους 2,6 μέτρων, βαθμονομημένη ανά 20cm. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν ξύλινοι κύβοι ή μικρές σανίδες που χρησιμοποιήθηκαν ως τα αντικείμενα που μετρήθηκε η ταχύτητά τους. Η κάμερα στήνεται σταθερά στην όχθη, ενώ η σανίδα επιπλέει στην μέση περίπου του πλάτους ροής του ποταμού. Οι κύβοι ρίπτονται στο ποτάμι και αποκτούν την επιφανειακή ταχύτητα ροής του νερού, ενώ η κάμερα καταγράφει την κίνηση των κύβων μπροστά από την βαθμονομημένη σανίδα. Προσοχή δόθηκε, οι κύβοι να ξεκινούν από αρκετή απόσταση ανάντη της σανίδας, έτσι ώστε όταν το αντικείμενο προσεγγίσει την σανίδα, να έχει αποκτήσει την ταχύτητα ροής. Σε περιπτώσεις που η τύρβη ήταν μεγάλη, η διαδικασία επαναλήφθηκε πάνω από δέκα φορές. Έπειτα, στο εργαστήριο και με χρήση του λογισμικού EDIUS 2.5 γίνεται η αναγνώριση της ταχύτητας του αντικειμένου, που αντιστοιχεί στην επιφανειακή ταχύτητα ροής. Για την αναγωγή της επιφανειακής ταχύτητας ροής σε μέση ταχύτητα ροής χρησιμοποιείται ο συντελεστής διόρθωσης 0,7 για βάθος ροής από 1 ως 6 μέτρα (Τσακίρης 1995).

Η εξαγωγή της ταχύτητας ροής γίνεται έπειτα στο εργαστήριο με ειδικό λογισμικό που δίνει την δυνατότητα ακριβούς προσδιορισμού του χρόνου που έκανε ο πλωτήρας να διανύσει την γνωστή απόσταση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται 8-10 φορές σε κάθε διατομή για κάθε μέτρηση, ώστε να προκύψει ένας αντικειμενικός

μέσος όρος της επιφανειακής ταχύτητας ροής. Η μέθοδος αυτή σε σύγκριση με την κλασική μέθοδο του πλωτήρα δίνει καλύτερα αποτελέσματα, αφού ελαχιστοποιεί το σφάλμα μέτρησης του χρόνου που χρειάζεται ο πλωτήρας για να διανύσει μία δεδομένη απόσταση.

2.4 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ – ΠΑΡΟΧΗΣ

Η ανάπτυξη εξισώσεων που θα περιγράφουν την παροχή του ποταμού βάσει της στάθμης, είναι σημαντική, αφού θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε υδρολογικό έτος ή περίοδο για τον προσδιορισμό της απορροής στις διατομές για τις οποίες αναπτύχθηκαν. Περιορισμός στην διαχρονική χρήση των εξισώσεων είναι το ότι απαιτείται να μείνουν αναλλοίωτες οι διατομές. Αλλαγή σε οποιαδήποτε διατομή ελέγχου σημαίνει αυτόματα και διαφορετική σχέση για την περιγραφή της παροχής σε συνάρτηση με το ύψος ροής.

Έτσι, βάσει θεωρίας για πειραματικές καμπύλες στάθμης – παροχής (Γ.Τσακίρης 1995), η σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών περιγράφεται από εξίσωση της παρακάτω μορφής:

$$Q=a H^b$$

όπου Q = η παροχή του ποταμού

H = το ύψος ροής

a, b = σταθερές

Αρκεί να προσδιοριστούν πλέον οι σταθερές, για να έχουμε την σχέση $Q=f(H)$. Λογαριθμίζοντας την παραπάνω γενική σχέση, έχουμε $\log Q = \log a + b \cdot \log H$, που είναι της γραμμικής μορφής $y = f(x) = k + s \cdot x$.

Για τον προσδιορισμό των σταθερών, υπάρχουν μετρήσεις της ταχύτητας ροής σε διάφορες χρονικές στιγμές. Από τις ταχύτητες αυτές προσδιορίζεται η παροχή του ποταμού για μεμονωμένες χρονικές στιγμές, και αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα ύψη ροής. Τα ύψη ροής και οι αντίστοιχες παροχές που υπολογίστηκαν, λογαριθμούνται και σχεδιάζονται σε ένα διάγραμμα $\log Q - \log H$. Από την ευθεία των ελαχίστων τετραγώνων έπειτα, προσδιορίζεται η ευθεία που ταιριάζει βέλτιστα στα πειρατικά μας σημεία. Η ευθεία αυτή είναι της μορφής $y = f(x) = k + s \cdot x$. Έτσι, οι σταθερές a, b είναι $a = 10^k$ και $b = s$, και η ζητούμενη ευθεία προσδιορίστηκε.

2.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ HEC-HMS.

2.5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το HEC (Hydrologic Modeling System) είναι σχεδιασμένο να προσομοιάζει την διαδικασία βροχόπτωσης – απορροής σε δένδροειδείς λεκάνες απορροής. Είναι σχεδιασμένο να είναι εφαρμόσιμο σε ένα μεγάλο εύρος γεωγραφικών περιοχών και να λύνει ένα μεγάλο εύρος από προβλήματα. Αυτό περιλαμβάνει από υδρολογία πλημμύρων από μεγάλης παροχής ποτάμια μέχρι και τη μικρή αστική ή φυσική απορροή. Τα υδρογραφήματα που παράγει το πρόγραμμα χρησιμοποιούνται άμεσα ή σε συνδυασμό με άλλα λογισμικά για τις μελέτες της διαθεσιμότητας ύδατος, της αστικής διοχέτευσης υδάτων, της πρόγνωσης της ροής, των επιπτώσεων μελλοντικής αστικοποίησης, των αγωγών υπερχειλίσσης ταμιευτήρων, της μείωσης πλημμυρικών επιπτώσεων, της διευθέτησης σε πλημμυρικές κοίτες και της λειτουργίας εγκαταστάσεων.

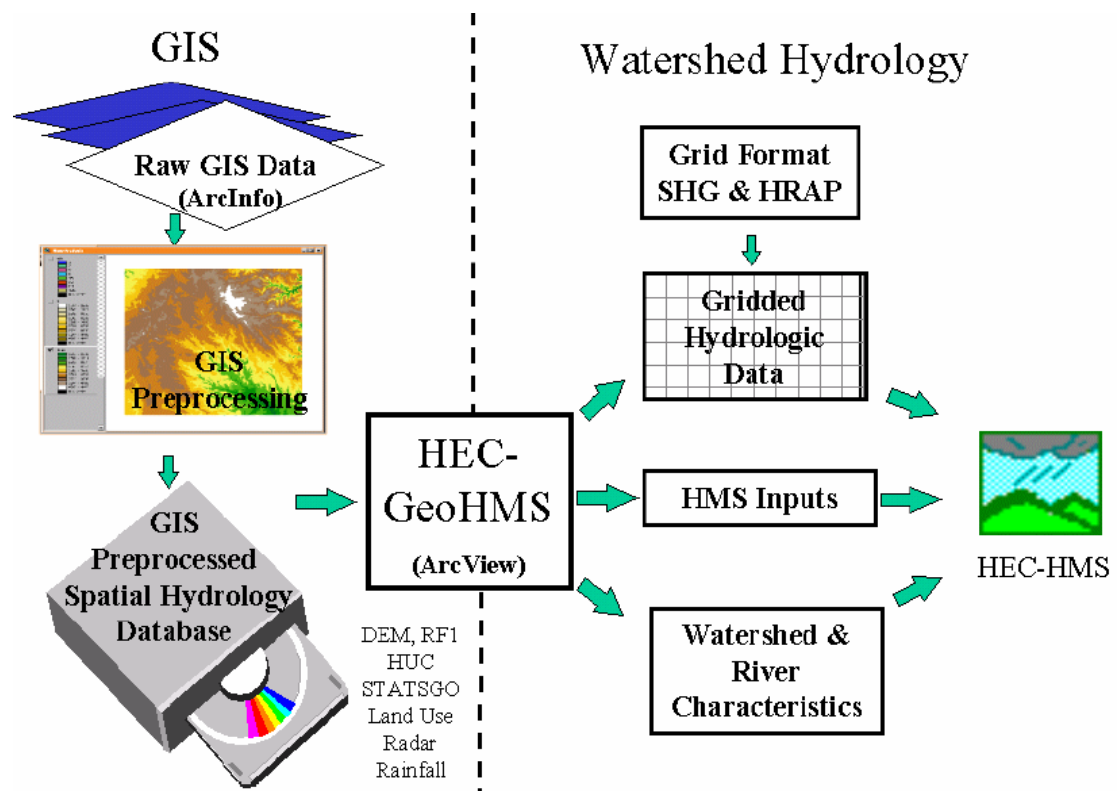
Το πρόγραμμα είναι ένα γενικευμένο σύστημα μοντελοποίησης, ικανό να προσομοιάσει πολλές διαφορετικές λεκάνες απορροής. Ένα μοντέλο της λεκάνης απορροής κατασκευάζεται χωρίζοντας τον υδρολογικό κύκλο σε εύκολα στη διαχείριση κομμάτια και κατασκευάζοντας τις οριακές συνθήκες γύρω από την λεκάνη ενδιαφέροντος. Οποιαδήποτε ροή μάζας ή ενέργειας στον κύκλο μπορεί έπειτα να αντιπροσωπευθεί με ένα μαθηματικό μοντέλο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, διάφορα μοντέλα είναι διαθέσιμα για την προσομοίωση κάθε ροής. Κάθε μαθηματικό μοντέλο που περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα είναι κατάλληλο σε διαφορετικά περιβάλλοντα και για διαφορετικές συνθήκες. Η σωστή επιλογή των μοντέλων απαιτεί τη γνώση της λεκάνης απορροής, των στόχων της υδρολογικής μελέτης, και λογική μηχανικού.

Το πρόγραμμα είναι ένα ολοκληρωμένο μοντέλο που αποτελείται από μια βάση δεδομένων, εργαλεία εισαγωγής δεδομένων, το μηχανισμό υπολογισμών, και τα εργαλεία παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Το γραφικό περιβάλλον του προγράμματος επιτρέπει την εύκολη περιήγηση του χρήστη μεταξύ των διαφορετικών μερών του προγράμματος. Το πρόγραμμα έχει μια εκτενή σειρά ικανοτήτων υδρολογικής προσομοίωσης. Οι περισσότερες από τις γνωστές μεθόδους υδρολογικής

μηχανικής συμπεριλαμβάνονται στο πρόγραμμα, με τρόπο που το κάνει εύκολο στη χρήση.

2.5.2 ΣΥΝΔΕΣΗ HEC-HMS ΜΕ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ

Το μοντέλο HEC-HMS, μπορεί να προσομοιάσει πάρα πολλά υδρολογικά στοιχεία, ακόμα και σε μία μικρή λεκάνη απορροής. Για τον λόγο αυτό, ένα μεγάλο κομμάτι του στησίματος του μοντέλου, γίνεται στο HEC-GeoHMS, που αποτελεί extension του λογισμικού πακέτου ESRI ArcVIEW GIS 3.2. Με την χρήση του HEC-GeoHMS, κατασκευάζονται τα υδρολογικά στοιχεία που στην συνέχεια εισάγονται στο HEC-HMS. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η σχέση του HEC-GeoHMS με τα συστήματα GIS και τέλος με το μοντέλο HEC-HMS:



Εικόνα 4: Σχέση μεταξύ ArcVIEW 3.2, HEC-GeoHMS και HEC-HMS. (geospatial modeling extension HEC-GeoHMS Use's Manual v 1.0)

Η ικανότητα επεξεργασίας του GIS χρησιμοποιείται για μετασχηματισμούς μεγάλου όγκου δεδομένων, επεξεργασία, και μετασχηματισμό συντεταγμένων. Το τελικό αποτέλεσμα της επεξεργασίας GIS είναι μια χωρική βάση υδρολογικών

δεδομένων που αποτελείται από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM, digital elevation model), τους τύπους εδάφους, τις πληροφορίες για τις χρήσεις γης, τις βροχοπτώσεις, κλπ. Συγχρόνως το HEC- GeoHMS χρησιμοποιεί το DEM για να παραγάγει υπολεκάνες εντός της κύρια λεκάνης απορροήςόπως ορίζονται από το χρήστη και για να προετοιμάσει διάφορες υδρολογικές παραμέτρους. Το HEC -HMS δέχεται αυτές τις υδρολογικές παραμέτρους ως αρχή για την προσομοίωση της υδρολογικής λεκάνης. Με την κάθετη διακεκομμένη γραμμή στην Εικόνα 4, χωρίζονται οι ρόλοι του GIS και HEC-HMS, ενώ διακρίνεται και η σύνδεση των ανωτέρω συστημάτων μέσω του HEC-GeoHMS το οποίο παρέχει τη σύνδεση για τη μετάφραση των χωρικών πληροφοριών GIS στο υδρολογικό μοντέλο.

2.5.3 ΕΞΑΓΩΓΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ HEC-GeoHMS

Η χρήση του HEC-GeoHMS ξεκινά από την επεξεργασία της αρχικής πληροφορίας που είναι το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (digital elevation model, DEM). Σημειώνεται πως το DEM είναι ένα αρχείο τύπου grid, όπου αποτελείται από ένα πίνακα κάθε κελί του οποίου έχει αποθηκευμένη μέσα του μία τιμή υψομέτρου. Ακολουθείται μία σειρά από συγκεκριμένα βήματα, που σκοπό έχουν την εξαγωγή των βασικών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής από το DEM. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται αναλυτικότερα παρακάτω:

Fill sinks: Εισάγοντας στο πρόγραμμα το DEM και με την χρήση αυτής της εντολής, δημιουργείται ένα νέο αρχείο τύπου grid από το οποίο έχουν αφαιρεθεί οι κοιλάτητες από την επιφάνεια της λεκάνης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν τελικοί αποδέκτες νερού εντός της λεκάνης απορροής. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται μόνο όταν και στην πραγματικότητα δεν υπάρχει κάποιο είδος λίμνης ή καταβόθρας εντός της λεκάνης, όμως στις περισσότερες των περιπτώσεων, αυτή είναι μία σωστή παραδοχή (όταν δηλαδή οι κοιλάτητες αυτές είναι ελαττώματα του DEM, και όχι πραγματικές). Το δημιουργούμενο αρχείο ονομάζεται αυτόματα FilledDEM.

Flow Direction: Η εντολή αυτή δημιουργεί από το αρχείο FilledDEM ένα νέο grid αρχείο όπου σε κάθε κελί αποθηκεύεται η κατεύθυνση της ροής από αυτό το κελί προς κάποιο κελί κατάντη.. Το αρχείο που παράγεται από την διαδικασία αυτή ονομάζεται αυτόματα FlowDirGrid.

Flow Accumulation: Η εντολή αυτή δέχεται ως δεδομένα το αρχείο FlowDirGrid ώστε να παραχθεί ένα νέο grid αρχείο όπου στο κάθε κελί αποθηκεύει το άθροισμα των ανάντη κελιών όπου η ροή τους καταλήγει σε αυτό το κελί. Το παραγόμενο αρχείο ονομάζεται αυτόματα FlowAccGrid.

Stream Definition: Με την εντολή αυτή το πρόγραμμα χρησιμοποιεί ως δεδομένο το αρχείο FlowAccGrid και δημιουργεί ένα νέο grid αρχείο που ονομάζεται αυτόματα StreamGrid. Ο χρήστης ορίζει μία τιμή αποστραγγιζόμενης έκτασης. Το πρόγραμμα φτιάχνει ένα νέο grid αρχείο και ορίζει την τιμή 1 σε κάθε κελί που η τιμή του στο αρχείο εισόδου είναι μεγαλύτερο από την τιμή που ορίζει ο χρήστης. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, η τιμή που ορίστηκε ήταν η προεπιλεγμένη τιμή $2.18562 \times 10^6 \text{ m}^2$.

Stream Segmentation: Με την εντολή αυτή το πρόγραμμα δημιουργεί ένα νέο αρχείο τύπου grid που ονομάζεται αυτόματα LinkGrid. Ως είσοδο η εντολή αυτή δέχεται δύο αρχεία, το StreamGrid και το FlowDirGrid. Η εντολή δημιουργεί ένα πλέγμα από τμήματα ποταμού που έχουν ένα μοναδικό στοιχείο αναγνώρισης. Δηλαδή, κάθε κελί μεταξύ ενώσεων επιμέρους τμημάτων ποταμού, ή τα πιο ανάντη τμήματα, αποκτούν ένα μοναδικό κωδικό και τα κελιά σε κάθε τμήμα έχουν όλα τον ίδιο κωδικό.

Watershed Delineation: Με την εντολή αυτή, δημιουργείται ένα νέο αρχείο grid που ονομάζεται αυτόματα WaterGrid, όπου κάθε κελί παίρνει τον ίδιο κωδικό με τα τμήμα του ποταμού όπου ανήκει (στο οποίο στραγγίζει). Ως είσοδος χρησιμοποιούνται δύο αρχεία, FlowDirGrid και LinkGrid.

Watershed Polygon Processing: Με την εντολή αυτή, από το αρχείο WaterGrid δημιουργείται ένα polygon shape αρχείο (αρχείο *.shp). Στο νέο αρχείο, τα κελιά του αρχείου εισόδου που έχουν τον ίδιο κωδικό ενώνονται σε ένα ενιαίο, ενώ τα όρια μεταξύ περιοχών με διαφορετικό κωδικό διαχωρίζονται. Έτσι, στο νέο αρχείο περιέχονται όλες οι υπολεκάνες των λεκανών απορροής που περιέχονται στην περιοχή που καλύπτει το DEM. Το νέο αρχείο ονομάζεται αυτόματα Wshedshp.

Stream Segment Processing: Η εντολή αυτή δέχεται ως είσοδο δύο αρχεία, τα FlowDirGrid και LinkGrid. Το παραγόμενο αρχείο είναι τύπου shape και απεικονίζει το ποτάμι. Το παραγόμενο αρχείο παίρνει αυτόματα το όνομα River.

Watershed Aggregation: Με την εντολή αυτή, παράγεται ένα νέο αρχείο τύπου shape, από τα αρχεία εισόδου Wshedshp και River. Για κάθε υπολεκάνη που δεν είναι υπολεκάνη εξόδου (δεν εκβάλλει στην θάλασσα), κατασκευάζεται ένα

πολύγωνο που περικλείει ολόκληρη την ανάντη έκταση αποστράγγισης μέχρι το σημείο εισόδου της. Το νέο αρχείο ονομάζεται αυτόματα PreMergedWaterhsed.

Όλες οι παραπάνω εντολές που περιγράφηκαν, ανήκουν στην ομάδα εντολών Terrain Processing που εμφανίζεται στην γραμμή εργαλείων του ArcVIEW 3.2. Αφού ολοκληρωθούν οι παραπάνω διαδικασίες, σειρά έχει η εξαγωγή του Project έτσι ώστε να εισαχθεί στο HEC-HMS. Από την γραμμή εργαλείων, επιλέγουμε HMS Project Setup → Generate Project, αφού πάνω στο επιφάνεια οριστεί η εκροή της λεκάνης απορροής.

2.5.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΟ HEC-HMS

Μετά την επεξεργασία του DEM με το λογισμικό της ESRI ArcView 3.2 και το extension HEC-GeoHMS, έχει ετοιμαστεί το project για εισαγωγή του στο HEC-HMS. Σειρά έχει η εισαγωγή των λοιπών παραμέτρων στο μοντέλο. Από την προεργασία στο HEC-GeoHMS έχουν ήδη δημιουργηθεί όλα τα υδρολογικά στοιχεία των δύο υπολεκανών στις οποίες έχει χωριστεί η λεκάνη απορροής. Τα υδρολογικά στοιχεία που έχουν δημιουργηθεί είναι οι υπολεκάνες (subbasins), τα τμήματα ποταμού (reaches), οι έξοδοι (outlets) και τα σημεία συνένωσης επιμέρους κλάδων του ποταμού (junctions). Σε κάθε υδρολογικό στοιχείο που έχει δημιουργηθεί, πρέπει να ρυθμιστούν διάφορες παράμετροι, που θα παρουσιαστούν παρακάτω αναλυτικά.

2.5.4.1 ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ (SUBBASINS)

Κάθε υπολεκάνη είναι ένα υδρολογικό στοιχείο που συνήθως δεν έχει καμία εισροή και έχει μία εκροή. Η εκροή υπολογίζεται βάσει μετεωρολογικού μοντέλου αφαιρώντας τις απώλειες και την εξατμισοδιαπνοή, μετασχηματίζοντας την βροχύπτωση που απομένει και προσθέτοντας την βασική απορροή. Σε κάθε υπολεκάνη του συστήματος πρέπει να οριστούν η μέθοδος απωλειών (loss method) που θα χρησιμοποιηθεί και η μέθοδος μετασχηματισμού (transform method) που θα χρησιμοποιηθεί και τέλος η μέθοδος που θα προσομοιάσει την βασική απορροή (Baseflow Method).

Μέθοδος απωλειών

Σε μία υπολεκάνη η απώλειες της βροχόπτωσης όταν φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους, υπολογίζεται από μία μέθοδο απωλειών. Το HEC-HMS προσφέρει εννέα διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού των απωλειών. Κάποιες από τις μεθόδους αυτές ενδείκνυνται για προσομοιώσεις μεμονωμένων γεγονότων βροχής ενώ άλλες για προσομοίωση μεγάλων χρονικών διαστημάτων. Όλες οι μέθοδοι λαμβάνουν υπόψη την διατήρηση της μάζας, δηλαδή η επιφανειακή απορροή που λαμβάνει χώρας την λεκάνη μαζί με τις απώλειες, δίνει ως άθροισμα την συνολική βροχόπτωση στην λεκάνη. Πρέπει να σημειωθεί πως οι μέθοδοι αυτοί για τον υπολογισμό απωλειών αναφέρονται στις απώλειες προς τα κάτω (διήθηση, κατακράτηση από το έδαφος, εδαφικό κάλυμμα) και όχι την εξατμισοδιαπνοή.

Μέθοδος Μετασχηματισμού

Όσο αφορά την μέθοδο μετασχηματισμού, είναι η μέθοδος με την οποία υπολογίζεται η επιφανειακή απορροή. Το HEC-HMS διαθέτει επτά διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού την επιφανειακής απορροής.

Μέθοδος Βασικής Απορροής

Το HEC-HMS προσφέρει τέσσερις διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού της βασικής απορροής. Κάποιες από αυτές είναι σχεδιασμένες κυρίως για την προσομοίωση μεμονωμένων γεγονότων ενώ άλλες για προσομοίωση μεγάλων χρονικών διαστημάτων.

2.5.4.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΤΑΜΟΥ (REACHES)

Ως τμήματα ποταμού, αναφέρονται τα υδρολογικά στοιχεία του μοντέλου που έχουν μία ή περισσότερες εισόδους, αλλά μία μόνο έξοδο. Η είσοδος προέρχεται από άλλα υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης. Αν υπάρχει πάνω από μία είσοδος, αυτές συνυπολογίζονται για τον προσδιορισμό της εξόδου. Τα υδρολογικά αυτά στοιχεία αντιστοιχούν σε τμήματα ποταμών ή ρέματα. Υπάρχουν έξι διαφορετικοί μέθοδοι για την προσομοίωση της ροής σε τμήματα ποταμού.

2.5.4.3 ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ ΠΟΤΑΜΟΥ (JUNCTIONS)

Οι διακλαδώσεις είναι στοιχεία με μία ή παραπάνω εισροές και μόνο μία εκροή. Όλες οι εισροές αθροίζονται και δίνουν την εκροή της διακλάδωσης, υποθέτοντας μηδενική αποθήκευση στα στοιχεία αυτά. Η συμβολές σαν στοιχεία του μοντέλου δεν έχουν κάποια ειδική ρύθμιση.

2.5.5 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Το μετεωρολογικό μοντέλο είναι αυτό που διαχειρίζεται τα δεδομένα βροχόπτωσης που εισάγονται στο HEC-HMS, ή δημιουργεί γεγονότα βροχής που θα προσομοιαστούν από αυτό. Περιλαμβάνει επίσης μεθόδους εξατμισοδιαπνοής και τήξεως του χιονιού. Δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά μετεωρολογικά μοντέλα για κάθε υπολεκάνη.

2.5.6 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Η βαθμονόμηση του μοντέλου είναι μία διαδικασία κατά την οποία μέρος από τα δεδομένα πεδίου εισάγονται σε αυτό με σκοπό την αυτόματη αλλαγή εσωτερικών παραμέτρων του μοντέλου. Η αλλαγή των εσωτερικών παραμέτρων αυτών έχει ως σκοπό την βέλτιστη προσομοίωση των δεδομένων πεδίου από το μοντέλο. Για τον λόγο αυτό, το διάστημα των μετρήσεων πεδίου που θα επιλεχτεί για την βαθμονόμηση του HEC-HMS θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό για όλο το διάστημα προσομοίωσης. Εκτός από τις εσωτερικές παραμέτρους που αλλάζουν κατά την βαθμονόμηση του μοντέλου, το HEC-HMS δίνει την δυνατότητα βελτιστοποίησης παραμέτρων που έχουν ήδη οριστεί σε αυτό. Το HEC-HMS προσφέρει δύο μεθόδους βελτιστοποίησης. Η πρώτη μέθοδος είναι η Univariate Gradient ενώ η δεύτερη είναι η Nelder Mead. Με την πρώτη μέθοδο το μοντέλο βελτιστοποιεί μία παράμετρο την φορά, κρατώντας τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές. Με την δεύτερη μέθοδο, το μοντέλο χρησιμοποιεί την μέθοδο simplex για την βελτιστοποίηση όλων των παραμέτρων ταυτόχρονα.

2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μία μέθοδος εύρεσης της μεταβολής στο αποτέλεσμα μίας διαδικασίας με αλλαγή μίας παραμέτρου την φορά στα δεδομένα εισόδου της διαδικασίας αυτής. Σκοπός την ανάλυσης ευαισθησίας είναι ο προσδιορισμός των πιο ευαίσθητων μεταβλητών εισόδου ή η ταξινόμηση αυτών βάσει της ευαισθησίας τους. Μέσω αυτής της μεθόδου προσδιορίζονται οι παράμετροι που επιφέρουν το μεγαλύτερο σφάλμα στην διαδικασία. Τα βήματα υπολογισμού της ευαισθησίας για κάθε μία από τις παραμέτρους εισόδου είναι τα παρακάτω:

- Προσδιορισμός της μεταβλητής που θα αναλυθεί.
- Προσαύξηση ή μείωση της τιμής της μεταβλητής κατά ένα ποσοστό α%.
- Υπολογισμός του νέου αποτελέσματος της διαδικασίας με την νέα τιμή της μεταβλητής.
- Υπολογισμός της ευαισθησίας της παραμέτρου αυτής από τον τύπο :

$$S^{\pm} = \frac{\frac{\Delta(J)}{J_o}}{\frac{\Delta k}{k_o}} = \frac{\frac{\Delta(J)}{J_o}}{\frac{a \cdot k_o}{k_o}} = \frac{\Delta(J)}{J_o \cdot a}$$

όπου

J_o = Είναι η τιμή της διαδικασίας για την αρχική μεταβλητή

ΔJ = Η διαφορά της τιμής της διαδικασίας πριν και μετά την μεταβολή της μεταβλητής ($J_o - J_a$).

Δk = Μεταβολή της μεταβλητής ($k_o - k_a$)

k_o = Αρχική τιμή της μεταβλητής

a = ποσοστιαία αλλαγή της μεταβλητής

3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας είναι η υδρολογική λεκάνη του Κερίτη, η οποία βρίσκεται στο Βόρειο κεντρικό τμήμα της επαρχίας Κυδωνίας του νομού Χανίων με διεύθυνση Βορράς – Νότος. Η λεκάνη βρίσκεται Δυτικά της πόλης των Χανίων και σε απόσταση 12 χιλιομέτρων από αυτή. Τοποθετείται μεταξύ των γεωγραφικών συντεταγμένων 35 15' - 35 32' Βόρειου πλάτους και 23 45' - 23 55' Ανατολικού μήκους. Στον Βορρά, η λεκάνη φτάνει ως την θάλασσα στην περιοχή Δυτικά του Πλατανιά, ενώ Νότια φτάνει ως τις κορυφές των Λευκών Ορέων. Η έκταση της λεκάνης είναι 218Km² και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 734m. Περιλαμβάνει τους οικισμούς Βρύσες, Κουφό, Βατόλλακο, Αλικιανό, Αγιά, Βαρύπετρο, Σκινές, Φουρνές, Ορθούνι, Καρέ, Λάκους, Μεσκλά, Ζούρβα. Η παροχέτευση του απορρέοντος νερού γίνεται από τον ποταμό Κερίτη, στην παραλία του Πλατανιά. Στον ποταμό Κερίτη εκβάλλουν οι παραπόταμοι Σκινιανός, Βαρσαμιώτης, Μεσκληανός, Μαύρος και Αγιάς, που μαζί με τον Κερίτη συνθέτουν το πρωτεύον δίκτυο παροχέτευσης της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη.

Η λεκάνη του Κερίτη είναι μία από τις σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες του νομού, λόγω της πλούσιας της υδροφορίας. Στην λεκάνη βρίσκονται πολλές γεωτρήσεις και πηγάδια που εξυπηρετούν υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς της ευρύτερης περιοχής. Παράδειγμα είναι οι υδρευτικές – αρδευτικές γεωτρήσεις στην περιοχή της Αγιάς που δίνουν περίπου 35Mm³/έτος, ποσότητα που αντιστοιχεί περίπου στο μισό ρυθμιστικό απόθεμα της υδροφορίας της Αγιάς.

Μορφολογικά, η λεκάνη του Κερίτη διαφοροποιείται από Βορρά σε Νότο. Από επίπεδες καλλιεργήσιμες εκτάσεις με καλλιέργειες στο Βόρειο τμήμα της λεκάνης, η μορφολογία αλλάζει ριζικά προς τον νότο, με τις απότομες κλίσεις και την χαμηλή βλάστηση των Λευκών Ορέων.

3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

Η Κρήτη βρίσκεται στο νοτιοανατολικό μέρος του Ελληνικού τόξου πίσω από το μέτωπο της αλπικής ορογένεσης, και σε μικρή απόσταση από αυτό. Η γεωλογική δομή της Κρήτης είναι πολύ πολύπλοκη. Στους γεωλογικούς σχηματισμούς εντοπίζονται πτυχώσεις που παρουσιάζουν δυτική-ανατολική διεύθυνση και χωρίζονται σε τρία κύρια τμήματα βάσει της προέλευσης τους. Ένα αυτόχθονο τμήμα, ένα αλλόχθονο τμήμα και ένα νεότερο σχηματισμό του Νεογενούς και Τεταρτογενούς που αποτελείται από ένα σύστημα ιζημάτων που έχουν αποθεθεί πάνω από τους παλαιότερους σχηματισμούς. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικότερα οι παραπάνω σχηματισμοί.

Ο πρώτος σχηματισμός, το αυτόχθονο σύστημα - Ιόνιος ζώνη περιλαμβάνει την ενότητα των πλακωδών ασβεστόλιθων, που χαρακτηρίζεται από τη λεπτοστρωματώδη ανάπτυξη ισχυρά ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων-μαρμάρων. Μέσα σε αυτούς παρεμβάλλονται πυριτόλιθοι με μορφή λεπτών στρώσεων, κονδύλων ή φακών, σχιστόλιθοι, κυρίως πυριτικοί που βρίσκονται με μορφή ένστροφης στη βάση των πλακωδών κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι έως μάρμαρα και δολομίτες.

Ο δεύτερος σχηματισμός είναι το αλλόχθονο σύστημα που περιλαμβάνει μια ολόκληρη σειρά από ενότητες εντελώς διαφορετικών χώρων, προέλευσης και λιθοστρωματογραφίας, οι οποίες βρίσκονται η μια πάνω στην άλλη με τεκτονικές επαφές. Το τεκτονικό κάλυμμα Ομαλού-Τρυπαλίου αποτελεί το κατώτερο κάλυμμα του νησιού και βρίσκεται πάνω στην αυτόχθονη σειρά των λεπτοπλακωδών κρυσταλλικών ασβεστόλιθων. Εμφανίζει μεγάλη εξάπλωση στη δυτική Κρήτη και αναπτύσσεται σε μεγάλο τμήμα των Λευκών Ορέων. Επάνω στην ενότητα Τρυπαλίου βρίσκεται επωθημένο το τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιτών – Χαλαζιτών. Αποτελείται από φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες, σχιστόλιθους και κροκαλοπαγή. Ακολουθεί το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης της Τρίπολης, το οποίο συναντάται επωθημένο είτε

πάνω στους φυλλίτες – χαλαζίτες είτε απευθείας πάνω στους Πλακώδεις ασβεστόλιθους. Τα ανθρακικά πετρώματα της Τρίπολης παρουσιάζουν μεγάλο πάχος, έχουν όμως καταταμηθεί εξαιτίας των επωθήσεων και των ρηγμάτων. Το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου συναντάται με μικρές γενικά ανθρακικές εμφανίσεις λεπτοπλακώδων ασβεστόλιθων με ενστρώσεις πυριτιολίθων, στρώματα κερατολίθων και μεγαλύτερα αναπτύγματα του φλύσχη. Η ενότητα της Πίνδου συναντάται κυρίως επωθημένη πάνω στην αντίστοιχη της Τρίπολης και τοπικά πάνω στους φυλλίτες. Ακολουθούν τα τεκτονικά καλύμματα των εσωτερικών ζωνών. Στην ενότητα αυτή ανήκουν οι οφιόλιθοι, τα μεταμορφωμένα πετρώματα, τα ανθρακικά πετρώματα, τα ιζήματα, οι γρανίτες κ.α. Στο σύνολο της ενότητας αυτής καταγράφονται διάφορες υποενότητες με χαρακτηριστικές ονομασίες όπως τα καλύμματα Άρβης, Μιαμού, Βάτου, Αστερουσιών και το Οφιολιθικό κάλυμμα.

Οι τελευταίοι και νεότεροι των προηγούμενων είναι οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμοί, βρίσκονται πάνω από τους αλπικούς σχηματισμούς. Οι νεογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας και θαλάσσιας φάσης. Είναι αποθέσεις μάργων, κροκαλών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Τα τεταρτογενή ιζήματα αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις άμμων, κροκάλων, αργίλων και χαλικών.

3.2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ

Η λεκάνη του Κερίτη μπορεί να περιγραφεί γεωλογικά βάσει τριών κυρίως ζωνών, της ορεινής περιοχής, την μεταβατική ζώνη και την πεδινή ζώνη, που συναντούνται με την σειρά που αναφέρθηκαν από τον Νότο προς τον Βορρά.

α) Ορεινή ζώνη - Ζώνη του καρστ: Η ζώνη αυτή βρίσκεται στο Βορειοδυτικό τμήμα των Λευκών Ορέων, και χαρακτηρίζεται από μεγάλα υψόμετρα, μεγάλο αριθμό βουνοκορφών, τογωνιώδες ανάγλυφο και την απουσία βλάστησης στην ζώνη αυτή. Στη ζώνη αυτή παρατηρείται επίσης μεγάλος αριθμός χαραδρώσεων, όπως το φαράγγι της Ζούρβας. Οι χαραδρώσεις αυτές έχουν δημιουργηθεί από την διάβρωση των ανθρακικών πετρωμάτων, διεργασία συνήθης σε τέτοιου είδους περιοχές. Στην ίδια διεργασία οφείλουν την ύπαρξη τους και δομές όπως γλυφές, ουβάλες και δολίνες που παρατηρούνται στην ζώνη του καρστ, όπως και η πόγλη του ομαλού, που δημιουργήθηκε από συγκέντρωση προϊόντων διάβρωσης προς την περιοχή της

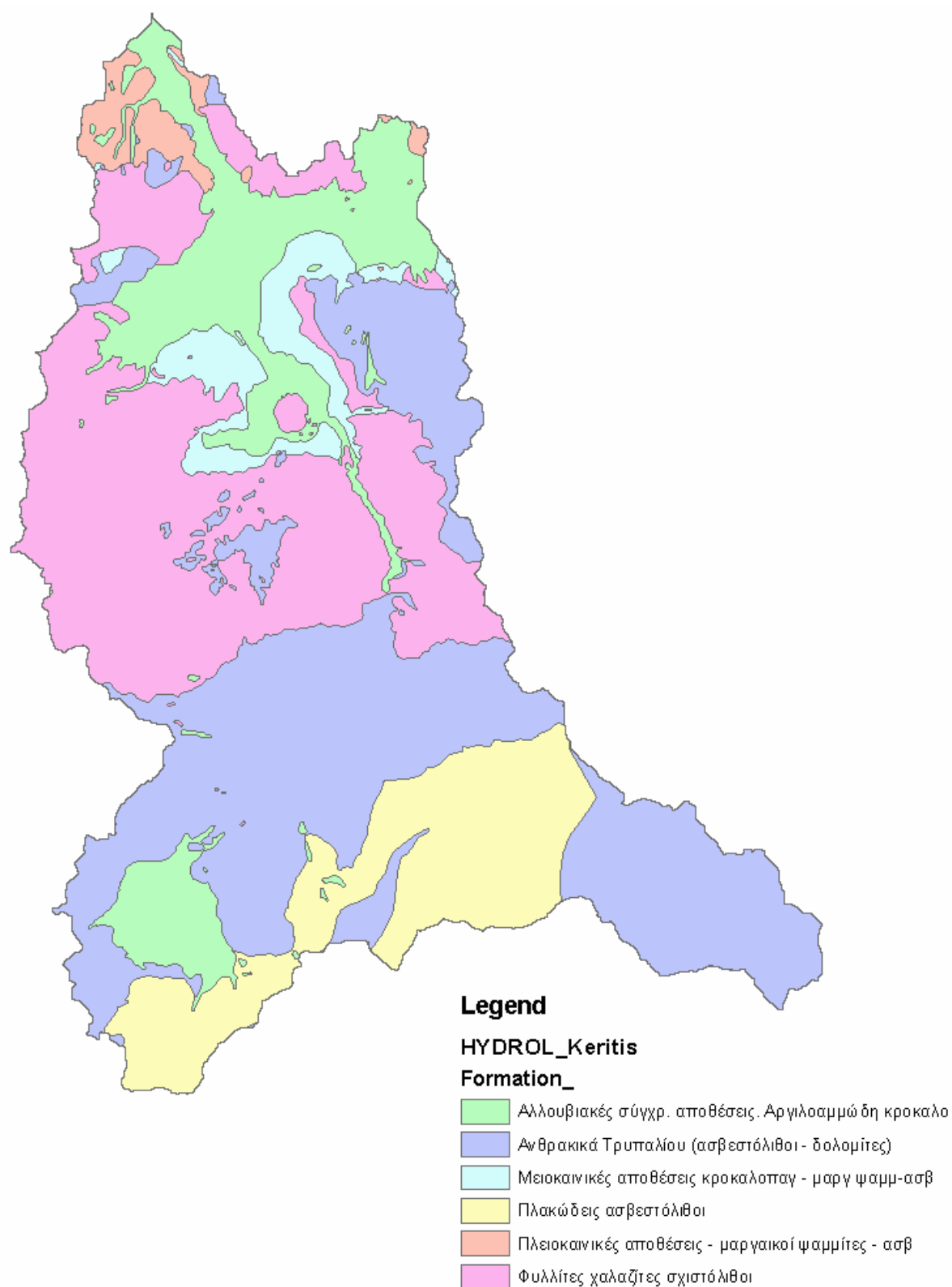
πόγλης. Η επίπεδη επιφάνεια που έχει δημιουργηθεί έχει έκταση 32km². Τα φερτά υλικά που έχουν αποτεθεί σχηματίζουν ένα προσχωματικό ορίζοντα αξιόλογου πάχους, που δικαιολογεί την ύπαρξη υδροφορίας. Στην ορεινή ζώνη απουσιάζει το υδρογραφικό δίκτυο.

β) Ζώνη μετάβασης: Η ζώνη μετάβασης βρίσκεται Βόρεια της ορεινής. Το υψόμετρο σε αυτή τη ζώνη μειώνεται, το ανάγλυφο του εδάφους γίνεται ομαλότερο και οι κλίσεις μειώνονται. Η αλλαγή από την μία ζώνη στην άλλη γίνεται απότομα και αυτό οφείλεται στην ύπαρξη πτωτικών ρηγμάτων. Στην ζώνη αυτή εμφανίζεται και το υδρογραφικό δίκτυο που απουσιάζει από την προηγούμενη ζώνη. Μέρος της μεταβατικής ζώνης καλύπτεται από φυλλιτικούς - χαλαζιτικούς και νεογενείς σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν εντονότερο το φαινόμενο της επιφανειακής διάβρωσης σε σχέση με τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Στη διαφορετική λιθολογία της ζώνης αυτής οφείλονται και τα όχι γωνιώδη περιγράμματα στο ανάγλυφο. Λόγω της ύπαρξης των χαλαζιτών που είναι αδιαπέρατοι σχηματισμού, επιτρέπεται η δημιουργία του υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή. Σημειώνεται η ύπαρξη καλά ανεπτυγμένης βλάστησης, καλλιεργειών και οικισμών στην ζώνη αυτή.

γ) Πεδινή ζώνη: Είναι η ζώνη στο Βορειότερο τμήμα της λεκάνης. Η γεωλογία ποικίλει μέσα στην πεδινή ζώνη. Διακρίνεται η πεδιάδα του Βατόλακου - Αλικιανού και Αγυιάς. Η πεδινή έκταση αυτή περικυκλώνεται από λόφους διαφορετικής λιθολογίας. Βόρεια συναντούνται λόφοι από ιζήματα του νεογενούς και λόφοι φυλλιτικής σύστασης. Οι λόφοι αυτοί είναι διατεταγμένοι με τρόπο που σχηματίζουν την μακρόστενη κοιλάδα του Πατελαρίου. Την κοιλάδα αυτή διασχίζει ο Κερίτης, παροχετεύοντας το απορρέον νερό της περιοχής (και των παραπάνω περιγραφόμενων ζωνών) προς την θάλασσα. Νότια της πεδιάδας Βατόλακου - Αλικιανού και Αγυιάς υπάρχουν λόφοι φυλλιτικής σύστασης. Ίδιας σύστασης είναι και οι λόφοι που συναντούνται και δυτικά της πεδιάδας. Τέλος, ανατολικά η σύσταση των λόφων είναι ασβεστολιθική.

Σύμφωνα με την περιγραφή που έγινε για τις τρεις ζώνες της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, μπορούμε να συνοψίσουμε την γενική λειτουργία της τελευταίας. Το Νότιο κομμάτι της λεκάνης, που είναι και το ψηλότερο σε υψόμετρο αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Λόγω αυτής της ιδιότητας, τα κατακρημνίσματα σε αυτή την περιοχή είτε διηθούνται και απορρέουν υπόγεια,

είτε απορρέουν επιφανειακά προς τα Βορειότερα τμήματα της λεκάνης, τροφοδοτώντας τον ποταμό Κερίτη μέσω πηγών (Αγυιάς – Μεσκλών) ή άμεσα με επιφανειακή απορροή, αντίστοιχα. Καθώς το νερό απορρέει προς τα κατώτερα τμήματα της λεκάνης, σχηματίζεται το υδρογραφικό δίκτυο. Στα κατώτερα μέρη της λεκάνης, η γεωλογία αλλάζει, επιτρέποντας την δημιουργία υδροφορίας σε αυτήν την περιοχή. Ο ποταμός Κερίτης διέρχεται από αυτήν την περιοχή, όπου και μέρος του νερού του διηθείται εμπλουτίζοντας τον προσχωματικό υδροφορέα. Το νερό που δεν διηθείται, απορρέει επιφανειακά προς την θάλασσα.



Εικόνα 5: Γεωλογία της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη



Εικόνα 6: Μορφολογία της λεκάνης του Κερίτη

3.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ

Η τεκτονική δομή στην περιοχή ενδιαφέροντος παρουσιάζεται αρκετά πολύπλοκη λόγω των επωθήσεων, των πτυχώσεων, των ρηγματώσεων και των ρηξιγενών ζωνών που εμφανίζονται στην περιοχή.

Όσο αφορά τις πτυχώσεις μεγάλης κλίμακας, οι Krahel et. al. 1982, 1983, 1986 διατύπωσαν μια θεωρία κατά την οποία η σειρά του Τρυπαλίου αποτελεί τμήμα της ανθρακικής ακολουθίας στρωμάτων που ανήκουν στην ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών, που και αυτή με την σειρά της ανήκει στο ανεστραμμένο σκέλος μεγάλης ισοκλινούς πτυχής. Η παραπάνω θεωρία είναι και η μόνη αναφορά που έχει γίνει για πτύχωση μεγάλης κλίμακας στην περιοχή.

Οι περισσότερες από τις ενότητες στην περιοχή παρουσιάζουν κάποια εσωτερική πτύχωση που δημιουργήθηκαν στον Αλπικό ορογενετικό χώρο. Συγκεκριμένα, πτυχώσεις παρουσιάζουν οι ενότητες των Πλακωδών ασβεστολίθων και η σειρά Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Η ενότητα των Πλακωδών ασβεστολίθων παρουσιάζει μικρής και μεσαίας κλίμακας ισοκλινείς ημιανεστραμμένες πτυχές, με διεύθυνση Ανατολική-Δυτική. Η μεγάλη πλαστικότητα της σειράς Φυλλιτών-Χαλαζιτών συνετέλεσε στην εμφάνιση πτυχώσεων της προς όλες τις διευθύνσεις.

Στην ορεινή ζώνη εμφανίζονται ομάδες ρηγμάτων, όπως είναι αυτή που διασχίζει την ζώνη του καρστ με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, με χαρακτηριστικό το ρήγμα που περνά ανατολικά από την κορυφή Μελινταού και καταλήγει στον οικισμό των μεσκλών. Άλλη μια ομάδα ρηγμάτων εμφανίζεται στην περιοχή μεταξύ των οικισμών Θερίσου και Φουρνέ με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Αυτή η σειρά ρηγμάτων οριοθετεί την επαφή μεταξύ των ενοτήτων των Φυλλιτών-Χαλαζιτών και των υποκείμενων λατυποπαγών ασβεστολίθων της περιοχής του Χοιροσπήλιου. Η τελευταία, οριοθετείται Β και ΒΑ από ρήγματα Ανατολικής-Δυτικής διεύθυνσης. Σειρά ρηγμάτων εμφανίζεται επίσης στις Βόρειες απολήξεις της οροσειράς των Λευκών Ορέων με διεύθυνση Βορειοανατολική-Νοτιοδυτική. Τα ρήγματα αυτά έχουν συντελέσει στην απότομη ανύψωση των Λευκών Ορέων σε αυτήν την περιοχή.

Ρήγματα υπάρχουν και στην πεδινή ζώνη της λεκάνης του Κερίτη, που δίνονται όμως δυσκολότερα διακριτά από μεταγενέστερες αποθέσεις που έγιναν πάνω τους. Ένα ρήγμα Βορειοδυτικής-Νοτιοανατολικής διεύθυνσης παρατηρείται στην βάση των λόφων στα Δυτικά της κοιλάδας του Πατελαρίου, οριοθετώντας την επαφή

μεταξύ Φυλλιτικού-Χαλαζιτικού και Νεογενούς συστήματος. Ρηξιγενής ζώνη παρατηρείται στην κοιλάδα του Πατελαρίου, κατά μήκος του ποταμού Κερίτη. Το ρήγμα αυτό χωρίζει την πεδινή ζώνη της λεκάνης σε ανατολικό και δυτικό τμήμα, με το δυτικό τμήμα να βυθίζεται κάτω από το ανατολικό. Τέλος, έχει παρατηρηθεί η ύπαρξη ενός ρήγματος Βόρεια των πηγών της Αγιάς και με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ. Το ρήγμα αυτό που δεν είναι ορατό από την επιφάνεια, οριοθετεί την επαφή μεταξύ των λατυποπαγών ασβεστολίθων του Τρυπαλίου και των Φυλλιτών που βρίσκονται στο Βόρειο τέμαχος του ρήγματος. Το τελευταίο μάλιστα παρατηρείται βυθισμένο με μεγάλο παρατηρούμενο άλμα. Σημειώνεται πως η δομή που δημιουργείται από αυτό το ρήγμα, είναι πολύ σημαντική για την υδροφορία των πηγών της Αγιάς, όπως επίσης και για την αργή επικοινωνία του υδροφορέα με την θάλασσα. Έτσι, η εκφόρτιση του υδροφορέα γίνεται αργότερα λόγω της ύπαρξης του Φυλλιτικού Βόρειου τέμαχους, όπως και η υφαλμύρωση του εμποδίζεται.

3.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη συνθέτεται από δύο υδρογεωλογίες ενότητες. Η πρώτη υδρογεωλογική ενότητα είναι η προσχωματική υδροφορία από ολοκαινικές αποθέσεις που εντοπίζεται στο Βόρειο τμήμα της λεκάνης. Η δεύτερη υδρογεωλογική ενότητα είναι η καρστική υδροφορία, όπου και εκτείνεται από τα Νότια ως τα Βόρεια της λεκάνης, και εκφορτίζεται από τις πηγές Μεσκλών, Κουφού, Αναβάλλοντα και Αγιάς. Παρακάτω περιγράφονται σύντομα οι δύο αυτές υδροφορίες.

Καρστική υδροφορία

Οι εκφορτίσεις της Αγιάς εκδηλώνονται από ένα μέτωπο πηγών, που υπάρχουν στην περιοχή, με απόλυτο υψόμετρο από 33,5m μέχρι 40,6m. Οι ποσότητες νερού που εκφορτίζονται παρουσιάζουν μικρή διακύμανση σε ετήσια βάση, ανεξάρτητα από το ύψος βροχής κάθε έτους. Πρόκειται για πηγές υπερχειλίσης, όπου τροφοδοτούνται από το ενιαίο καρστ που εκτείνεται από τις κορυφές των Λευκών Ορέων μέχρι την περιοχή της Αγιάς. Το καρστ εκτείνεται και έξω από τα όρια του επιφανειακού υδροκρίτη στα ανατολικά της λεκάνης.

Οι πηγές των Μεσκλών, όπως και οι πηγές Αναβάλλοντα (φαράγγι Θερίσσου) τροφοδοτούνται από τον ίδιο καρστικό σχηματισμό που τροφοδοτούνται και οι πηγές της Αγυιάς. Οι πηγές αυτές τροφοδοτούνται μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες. Μεγάλες ποσότητες νερού που κατεισδύουν στο ανάντη των πηγών καρστ στις περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, βρίσκουν μικρότερης παροχευετικότητας ανθρακικούς σχηματισμούς στις περιοχές των πηγών, όπου και εκτονώνονται ποσότητες νερού από αυτές [Λιόνης και Περγλέρος 2001].

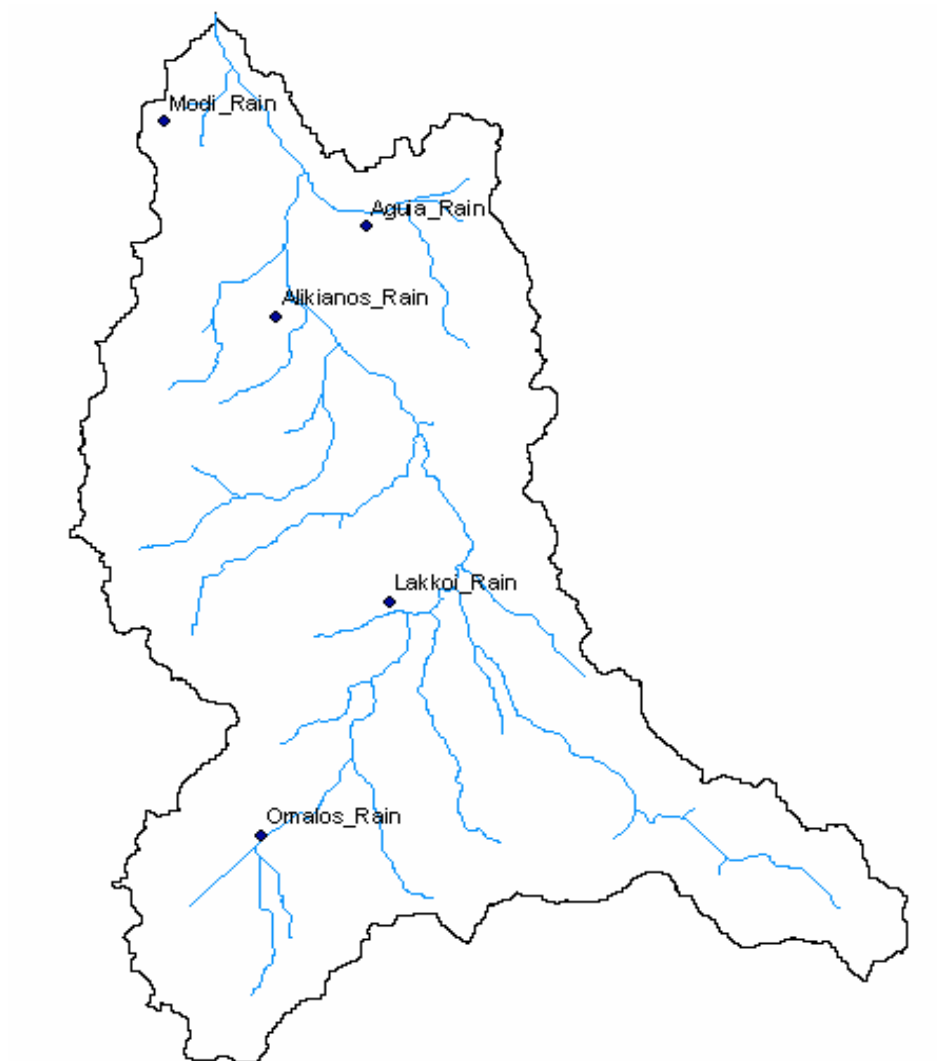
Τέλος, οι πηγές Κουφού θεωρείται ότι τροφοδοτούνται από το ίδιο καρστ με τις πηγές που αναφέρθηκαν προηγουμένως [Λιόνης και Περγλέρος 2001]. Σημειώνεται πως οι πηγές Κουφού έχουν αναρρυθμιστεί, αφού παρουσιάζουν μικρή ή και καθόλου υδροφορία, λόγω των αντλήσεων που γίνονται από 9 γεωτρήσεις αρδευτικής χρήσης που αντλούν 5 Mm³ σε ετήσια βάση.

Προσχωματική υδροφορία

Η προσχωματική υδροφορία παρουσιάζεται στα βορειότερα τμήματα της υδρολογικής λεκάνης. Αποτελείται από σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις άμμων, αργίλων και κροκαλολατύπων, πάχους μεγαλύτερου από 100m κατά τόπους. Στις αλλουβιακές αποθέσεις αναπτύσσεται ελεύθερος υδροφορέας σημαντικού δυναμικού. Η τροφοδοσία του υδροφορέα γίνεται κατά κύριο λόγο από διήθηση των νερών του ποταμού Κερίτη [Λιόνης και Περγλέρος 2001]. Στην περιοχή του προσχωματικού, βρίσκονται πάνω από 20 γεωτρήσεις και 80 πηγάδια που αντλούν περίπου 10Mm³ σε ετήσια βάση.

3.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη ποταμού υπάρχουν εγκατεστημένοι πέντε σταθμοί μέτρησης της βροχόπτωσης, των οποίων τα στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία. Τα βροχόμετρα αυτά είναι εγκατεστημένα στις περιοχές Ομαλού, Λάκκων, Αλικιανού, Αγυιάς και Μοδίου. Οι περιοχές αυτές είναι χωροθετημένες εντός της λεκάνης, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 7: Θέσεις βροχομετρικών σταθμών

Τα δεδομένα που υπάρχουν διαθέσιμα για τις περιοχές αυτές, αφορούν μετρήσεις βροχόπτωσης για τις περιόδους του παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Πληροφορίες βροχομετρικών σταθμών

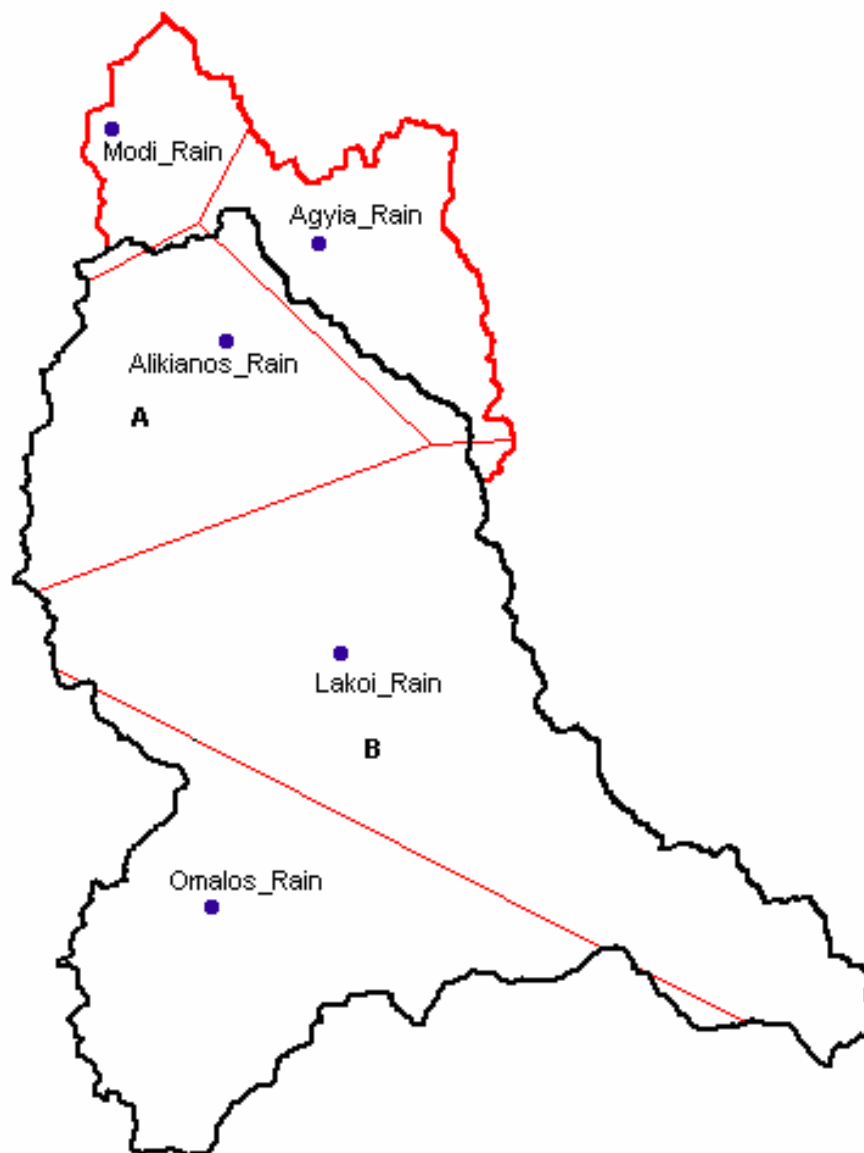
| Βροχόμετρο | Υψόμετρο (m) | Διάρκεια Μετρήσεων | |
|------------|--------------|--------------------|-----------|
| | | Από | Έως |
| Ομαλός | 1039 | 16/4/2005 | 8/7/2006 |
| Λάκκοι | 525 | 31/3/2005 | 20/6/2006 |
| Αλικιανός | 88 | 1/3/2005 | 20/6/2006 |
| Αγυιά | 65 | 1/3/2005 | 20/6/2006 |
| Μόδι | 43 | 24/3/2005 | 14/4/2006 |

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται επίσης και τα υψόμετρα στα οποία βρίσκονται εγκατεστημένοι οι βροχομετρικοί σταθμοί. Οι παραπάνω βροχομετρικοί σταθμοί έχουν χρονική επικάλυψη δεδομένων από 16/4/2005 έως 14/4/2006.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, HEC-HMS δέχεται ως είσοδο τα βροχομετρικά δεδομένα της περιοχής μελέτη. Στην υπό μελέτη λεκάνη απορροής, υπάρχουν 5 βροχομετρικοί σταθμοί στοιχεία των οποίων θα χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση της επιφανειακής απορροής.

Το μοντέλο HEC-HMS δίνει την δυνατότητα εισαγωγής χρονοσειρών δεδομένων βροχόπτωσης από πολλούς βροχομετρικούς σταθμούς. Για κάθε υπολεκάνη χρειάζεται να οριστεί ο βροχομετρικός σταθμός (χρονοσειρά) που θα χρησιμοποιήσει το μοντέλο κατά την προσομοίωση, ή η βαρύτητα κάθε βροχομετρικού σταθμού (το ποσοστό επιρροής κάθε σταθμού) στην κάθε υπολεκάνη.

Για τον προσδιορισμό της βροχόπτωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο κύριες μέθοδοι, η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen και η μέθοδος των ισοϋετών καμπυλών. Οι δύο μέθοδοι εξάγουν πολύ κοντινά αποτελέσματα ύψους βροχής σε ετήσια αλλά και σε μηνιαία βάση (Bayraktar et al., 2004). Στην συγκεκριμένη μελέτη, επιλέγεται η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen για την εύρεση του ποσοστού επιρροής κάθε βροχομετρικού σταθμού στα δεδομένα βροχόπτωσης σε κάθε υπολεκάνη. Η εύρεση των πολυγώνων Thiessen έγινε με χρήση του extension Create Thiessen Polygons – v2.6 by Greg Ammon για το λογισμικό πακέτο ESRI ArcView GIS 3.2. Τα πολύγωνα που δημιουργήθηκαν για όλη την λεκάνη απορροής παρουσιάζονται στην Εικόνα 8:



Εικόνα 8: Πολύγωνα Thiessen

Στην παραπάνω εικόνα διακρίνονται τα πολύγωνα Thiessen, η λεκάνη, όπως και οι βροχομετρικοί σταθμοί της Αγυιάς και του Μοδίου που βρίσκονται εκτός του τμήματος της λεκάνης που θα εφαρμοστεί το μοντέλο. Η περιοχή που συμβολίζεται με κόκκινο χρώμα εξαιρείται από την προσομοίωση με το μοντέλο HEC-HMS.

Τα εμβαδά των τμημάτων της λεκάνης, όπως αυτά ορίζονται από τα πολύγωνα Thiessen, υπολογίστηκαν με χρήση του σχεδιαστικού πακέτου AutoCAD 2004. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2: Εμβαδόν της λεκάνης που επηρεάζεται από κάθε βροχομετρικό σταθμό, σε στρέμματα

| | Επιφάνεια λεκάνης που επηρεάζει κάθε βροχόμετρο (στρ) | | | | |
|---------------------------------------|--|---------------|------------------|----------------|----------------|
| Συνολικό εμβαδόν λεκάνης (στρ) | Μοδίου | Αγυιάς | Αλικιανού | Λάκκων | Ομαλού |
| 183967.4 | 527.5 | 4212.4 | 39017.5 | 87827.8 | 52382.1 |

Τα παραπάνω αποτελέσματα εκφρασμένα σε ποσοστά επί της συνολικής έκτασης κάθε υπολεκάνης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

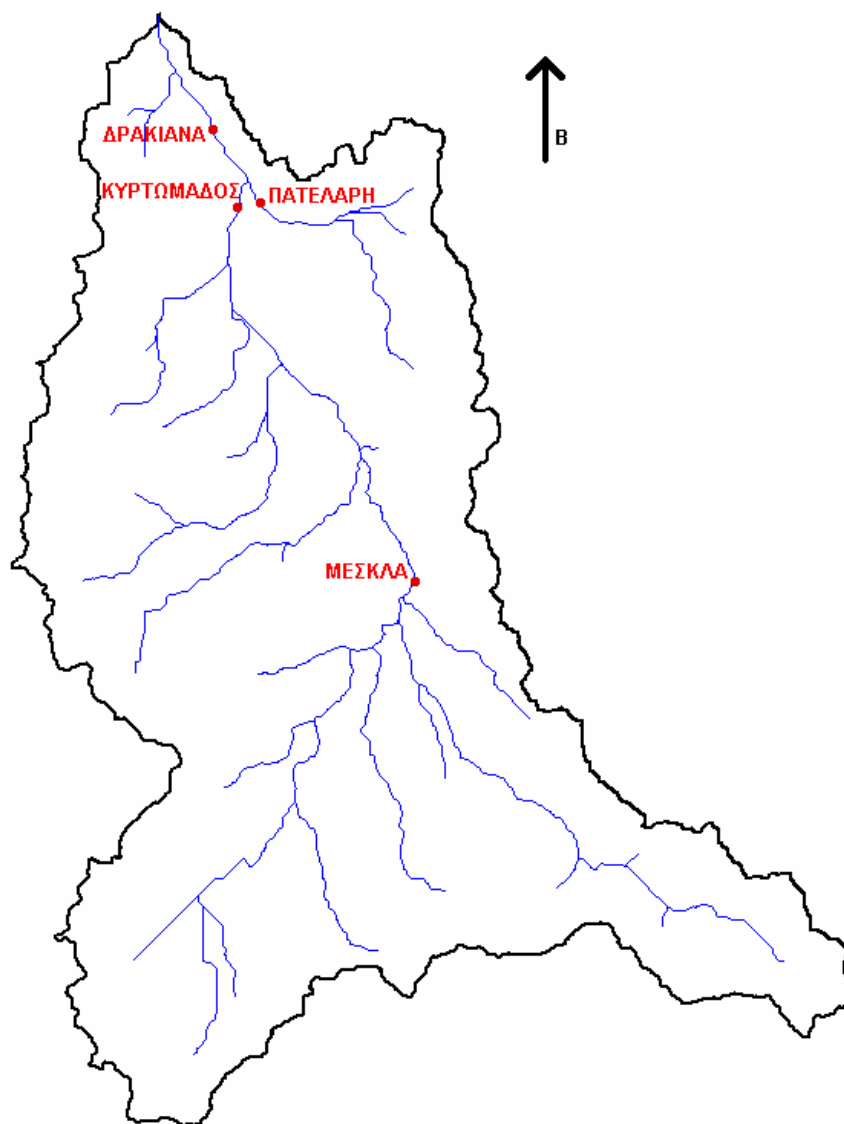
Πίνακας 3: Ποσοστό κάθε υπολεκάνης που επηρεάζεται από κάθε βροχομετρικό σταθμό.

| | Επιφάνεια λεκάνης που επηρεάζει κάθε βροχόμετρο (%) | | | | |
|---------------------------------------|--|---------------|------------------|---------------|---------------|
| Συνολικό εμβαδόν λεκάνης (στρ) | Μοδίου | Αγυιάς | Αλικιανού | Λάκκων | Ομαλού |
| 183967.4 | 0.29 | 2.29 | 21.21 | 47.74 | 28.47 |

3.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ – ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ

Σε όλο το μήκος του ποταμού Κερίτη έχουν εγκατασταθεί τρεις μετρητές στάθμης (συν ένας στον παραπόταμο Αγυιάς) που μετρούν και αποθηκεύουν την στάθμη ροής ανά τακτά χρονικά διαστήματα (βήμα 60 min). Αυτές είναι οι μόνες μόνιμες μετρήσεις που γίνονται στην λεκάνη του Κερίτη και αφορούν την απορροή.

Για την συλλογή των δεδομένων ταχύτητας ροής σε διάφορες διατομές του Κερίτη, επιλέχθηκαν οι τέσσερις διατομές, στις οποίες έχουν εγκατασταθεί σταθμηγράφοι. Από Βορρά προς Νότο, τα σημεία βρίσκονται στις τοποθεσίες Δρακιανά, Κυρτωμάδο, Πατελάρη, Μεσκλά. Στην Εικόνα 9 παρουσιάζονται οι θέσεις των διατομών.



Εικόνα 9 : Θέσεις διατομών ελέγχου

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικότερα οι τέσσερις παραπάνω διατομές:

α) Διατομή Δρακιανών:

Η διατομή στην περιοχή Δρακιανών, είναι η κοντινότερη των τεσσάρων διατομών στην θάλασσα. Παρουσιάζει μεγάλο πλάτος στο σημείο που διεξήχθησαν οι μετρήσεις και ο πυθμένας είναι βαθύτερος από την μία πλευρά. Η κλίση του ποταμού είναι μικρή σε αυτό το σημείο. Ο πυθμένας συνίσταται από λεπτόκοκκο ίζημα αλλά και μεγάλης διαμέτρου πέτρες (βότσαλα). Το πρηνές από την μία πλευρά είναι κάθετο, αφού έχει γίνει διευθέτηση της κοίτης με χρήση συρματοκιβωτίων. Από την

άλλη πλευρά, το πρανές είναι καλυμμένο από αυτοφυή καλάμια, και η κλίση του είναι περίπου 8° .



Εικόνα 10: Διατομή Δρακιανών

β) Διατομή Κυρτωμάδου:

Η διατομή αυτή βρίσκεται ανάντη της διατομής Δρακιανών, και ανάντη της συμβολής του παραπόταμου που ξεκινάει από τις πηγές της Αγυιάς. Η κλίση του πυθμένα είναι μικρή, ενώ το πλάτος της διατομής μέτριο. Ο πυθμένας συνίσταται από λεπτόκοκκο ίζημα, αλλά η παρουσία βότσαλων είναι έντονη. Οι κλίσεις των πρανών είναι μεγάλες, αφού φτάνουν τις 45° , ενώ είναι καλυμμένα από αυτοφυή καλάμια. Σημειώνεται ότι στο σημείο όπου ο σταθμηγράφος είναι εγκατεστημένος, οι κλίσεις των πρανών είναι 90° από την μία πλευρά, αφού στο συγκεκριμένο σημείο έχει γίνει διευθέτηση με σκυρόδεμα.



Εικόνα 11: Διατομή Κυρτωμάδου

γ) Διατομή Πατελαρίου.

Από την διατομή αυτή παροχετεύεται το νερό που ξεκινά από τις πηγές της Αγυιάς και καταλήγει στον ποταμό Κερίτη. Η κλίση σε αυτό το σημείο είναι μικρή. Ο πυθμένας καλύπτεται από λεπτόκοκκο ίζημα. Τα πρανή είναι κατασκευασμένα από σκυρόδεμα, με κλίση 1/1 περίπου, και σχηματίζουν μία πολύ καλή τραπεζοειδή διατομή.



Εικόνα 12: Διατομή Πατελαρίου

δ) Διατομή Μεσκλών

Η διατομή των Μεσκλών βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από τις υπόλοιπες διατομές. Ο σταθμηγράφος αυτός καταγράφει στάθμες από την απορροή του ανάντη τμήματος της λεκάνης που συνίσταται ως επί το πλείστον από καρστικούς σχηματισμούς και έτσι, παρουσιάζει απότομη ανύψωση της στάθμης σε απότομα γεγονότα βροχόπτωσης μεγάλης έντασης, ενώ την καλοκαιρινή περίοδο, η απορροή είναι σχεδόν μηδενική. Η κλίση του πυθμένα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τις υπόλοιπες διατομές. Τα πρανή είναι σχεδόν κάθετα τοιχία από σκυρόδεμα, ενώ ο πυθμένας συνίσταται από βότσαλα μόνο.



Εικόνα 13: Διατομή Μεσκλών

Οι μετρήσεις ταχύτητας στις διατομές που περιγράφηκαν παραπάνω, έγιναν με δύο διαφορετικές μεθόδους, με χρήση μυλίσκου και με χρήση κάμερας. Ανάλογα με τις ιδιομορφίες κάθε διατομής, χρησιμοποιήθηκε μία από τις δύο μεθόδους σε κάθε διατομή ή και οι δύο.

Κατά τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο, οι διατομές των Μεσκλών και του Κυρτωμάδου δεν παρουσίαζαν απορροή, εκτός ελάχιστες φορές λόγω μεμονωμένων γεγονότων βροχής, όπου παρουσίαζαν κάποια μικρή απορροή. Για αυτό το λόγο, οι μετρήσεις σε αυτά τα σημεία για τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο είναι ελάχιστες. Σημειώνεται επίσης πως η μέτρηση της ταχύτητας με μυλίσκο στις διατομές Κυρτωμάδου και Μεσκλών όταν ο ποταμός είχε ροή, ήταν σχεδόν αδύνατη και για

λόγους ασφαλείας. Αξίζει να αναφερθούν οι αναφορές κατοίκων της περιοχής Μεσκλών για απότομες ανόδους της στάθμης του νερού στον ποταμό (flash floods) σε γεγονότα βροχής μεγάλης έντασης. Οι μετρήσεις ταχύτητας στις παραπάνω διατομές έγιναν στις ημερομηνίες που περιγράφεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 4: Ημερομηνίες και θέσεις μετρήσεων

| Ημερομηνία | Περιοχή | | | |
|------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|
| | Δρακιανά (ταβέρνα) | Κυρτωμάδο (ξυλ. γέφυρα) | Πατελάρη (συσκευαστήριο) | Μεσκλά |
| 14/10/2005 | | | √ | |
| 25/10/2005 | √ | | √ | |
| 24/11/2005 | √ | √ | √ | √ |
| 1/12/2005 | √ | | √ | |
| 16/12/2005 | √ | √ | √ | √ |
| 13/1/2006 | √ | √ | √ | √ |
| 23/1/2006 | √ | √ | | √ |
| 2/2/2006 | √ | √ | | √ |
| 4/2/2006 | √ | √ | √ | √ |
| 24/2/2006 | √ | | √ | √ |
| 2/3/2006 | √ | | | √ |
| 13/3/2006 | √ | | √ | √ |

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις ταχύτητας που έγιναν με την χρήση μυλίσκου:

Πίνακας 5: Ημερομηνίες και θέσεις μετρήσεων με τη χρήση μυλίσκου

| Ημερομηνία - Ωρα | Περιοχή | | | |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | Δρακιανά (m/s) | Κυρτωμάδο (m/s) | Πατελάρη (m/s) | Μεσκλά (m/s) |
| 14/10/2005 | | | 0,28 | |
| 25/10/2005 | 0,93 | | 0,42 | |
| 24/11/2005 | 1,78 | √ | 0,43 | 2,1 |
| 1/12/2005 | 2,06 | | 0,68 | |
| 16/12/2005 | 2,00 | √ | 0,69 | √ |
| 13/1/2006 | 1,62 | √ | √ | √ |
| 23/1/2006 | 1,35 | √ | | √ |
| 2/2/2006 | 3,18 | √ | | √ |
| 4/2/2006 | √ | √ | √ | √ |
| 24/2/2006 | 2,3 | | √ | √ |

| | | | | |
|-----------|------|--|------|---|
| 2/3/2006 | 1,62 | | | √ |
| 13/3/2006 | 2,35 | | 0,72 | √ |

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν με την χρήση κάμερας:

Πίνακας 6: Ημερομηνίες και θέσεις μετρήσεων με τη χρήση κάμερας

| Ημερομηνία | Περιοχή | | | |
|------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | Δρακιανά (m/s) | Κυρτωμάδο (m/s) | Πατελάρη (m/s) | Μεσκλά (m/s) |
| 14/10/2005 | | | 0,28 | |
| 25/10/2005 | √ | | √ | |
| 24/11/2005 | √ | 0,91 | 0,4 | √ |
| 1/12/2005 | √ | | 0,62 | |
| 16/12/2005 | √ | 0,36 | 0,65 | 0,76 |
| 13/1/2006 | √ | 1,03 | 0,35 | 1,13 |
| 23/1/2006 | √ | 0,87 | | 1,91 |
| 2/2/2006 | √ | 2,14 | | 3,48 |
| 4/2/2006 | 1,37 | 1,39 | 0,82 | 1,78 |
| 24/2/2006 | 1,75 | | 0,61 | 1,45 |
| 2/3/2006 | 1,62 | | | 1,35 |
| 13/3/2006 | √ | | 0,74 | 1,96 |

3.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Παραπάνω περιγράφηκαν δύο μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση της ταχύτητας ροής στις διάφορες διατομές. Κρίνεται σκόπιμο να συγκριθούν τα αποτελέσματα που έδωσαν οι δύο αυτοί τρόποι μέτρησης της ταχύτητας σε μετρήσεις που έγιναν ταυτόχρονα και με τις δύο μεθόδους. Σκοπός της σύγκρισης είναι ο έλεγχος της απόκλισης στα αποτελέσματα μεταξύ των δύο μεθόδων.

Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ημερολόγιο στο οποίο καταγραφόταν κάθε φορά οι διάφορες παράμετροι που επηρέαζαν τις μετρήσεις, όπως και κάθε παρατήρηση που γινόταν και αφορούσε την ακρίβεια των μετρήσεων. Βάσει των σημειώσεων αυτών, έγινε κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, αποκλεισμός κάποιων από τις μετρήσεις που

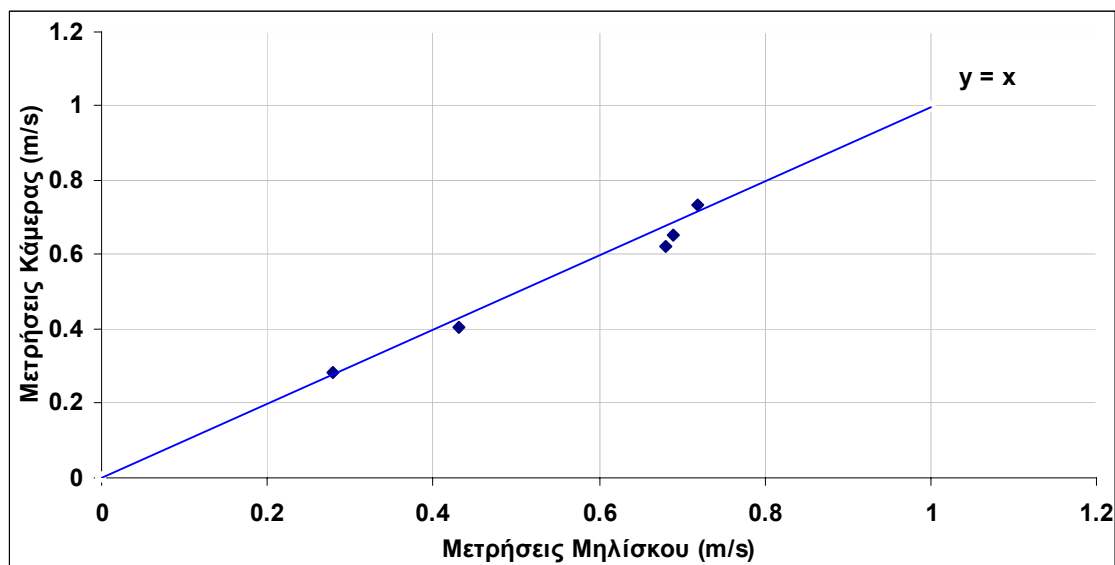
έγιναν, αφού κρίθηκαν ότι παράγουν σημαντικές αποκλίσεις που προσδίδουν μεγάλα σφάλματα στους μετέπειτα υπολογισμούς.

Για τον έλεγχο της απόκλισης μεταξύ των δύο μεθόδων, χρειάζεται να συγκριθούν μεταξύ τους μετρήσεις που έγιναν ταυτόχρονα και με τις δύο μεθόδους, στην διατομή Πατελαρίου, αφού ήταν και η μόνη διατομή που επέτρεπε να γίνουν συστηματικά μετρήσεις και με τις δύο μεθόδους. Αρχικά γίνεται η παραδοχή ότι οι μετρήσεις που δίνει ο μυλίσκος είναι πιο ακριβείς από αυτές που δίνει η μέθοδος της κάμερας, λόγω του ότι ο μυλίσκος είναι ένα όργανο που έχει κατασκευαστεί για να μετρά ταχύτητα ροής. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με αυτές τις μετρήσεις των δύο μεθόδων. Από τον πίνακα απουσιάζουν μετρήσεις και των δύο μεθόδων όπου κρίθηκαν ότι δεν θα χρησιμοποιηθούν κατά την επεξεργασία αυτών.

Πίνακας 7: Σύγχρονες μετρήσεις με μυλίσκο και κάμερα

| Διατομή | Ημερομηνία | Μηλίσκος (m/s) | Camera (m/s) | Απόλυτη Διαφορά | % απόκλιση μέτρησης κάμερας από του μυλίσκου |
|----------|------------|-------------------|-----------------|--------------------|---|
| Πατελάρη | 14/10/2005 | 0.28 | 0.283 | 0.003 | -1.1 |
| Πατελάρη | 24/11/2005 | 0.43 | 0.403 | 0.027 | 6.3 |
| Πατελάρη | 1/12/2005 | 0.68 | 0.621 | 0.059 | 8.7 |
| Πατελάρη | 16/12/2005 | 0.69 | 0.652 | 0.038 | 5.5 |
| Πατελάρη | 13/3/2006 | 0.72 | 0.735 | 0.015 | -2.1 |

Σημειώνεται ότι στη διατομή Πατελαρίου επικρατούν περισσότερο συνθήκες στρωτής ροής. Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε αρχικά ότι οι δύο μέθοδοι δεν αποκλίνουν σημαντικά μεταξύ τους σε συνθήκες στρωτής ροής απ' όπου προέρχονται και οι μετρήσεις του παραπάνω πίνακα. Σφάλματα της τάξης του 5% - 8% είναι δικαιολογημένα σε μετρήσεις πεδίου. Τα σφάλματα αυτά οφείλονται είτε σε αστάθμητους παράγοντες, είτε στην ακρίβεια των οργάνων, είτε στον ανθρώπινο παράγοντα. Στο παρακάτω διάγραμμα αναπαριστούνται ζεύγη μετρήσεων με τις δύο μεθόδους, όπως και η απόκλιση τους από την τέλεια συμπεριφορά, που αναπαρίσταται από την ευθεία $y = x$:



Εικόνα 14: Σύγκριση μεθόδων μέτρησης ταχύτητας

Βλέπουμε ότι στις συνθήκες ροής που έγιναν οι παραπάνω μετρήσεις, επιβεβαιώνονται μεταξύ τους, ενώ το γενικό συμπέρασμα είναι πως μετρήσεις και από τις δύο μεθόδους μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την επεξεργασία. Ωστόσο, σε συνθήκες μεγαλύτερης τύρβης, όπου παρουσιάζονται κυρίως στις υπόλοιπες διατομές, αν και δεν υπάρχουν ταυτόχρονες μετρήσεις και με τις δύο μεθόδους σε τέτοιες συνθήκες, πιστεύεται πως η μέθοδος της κάμερας δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Σύμφωνα με δοκιμές που έγιναν στο πεδίο σε συνθήκες μεγάλης τύρβης, ο μυλίσκος σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις έδινε μη επαναλαμβανόμενα αποτελέσματα. Σε αντίθεση με τον μυλίσκο, η κάμερα είχε πολύ καλύτερη επαναληψιμότητα μετρήσεων. Οι λόγοι όπου ο μυλίσκος δεν είχε σε αυτήν την περίπτωση καλή επαναληψιμότητα αποτελεσμάτων είναι λόγω των στερεών αντικειμένων που συμπαρασύρονταν από το ποτάμι και χτυπούσαν τον μηλίσκο κατά την διάρκεια των μετρήσεων, με αποτέλεσμα να κωλύουν την λειτουργία του.

3.8 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΥΨΟΥΣ ΡΟΗΣ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΟΗΣ

Για τον προσδιορισμό των καμπυλών στάθμης παροχής, χρειάζεται να μετατραπεί η στάθμη ροής του ποταμού την χρονική στιγμή που μετράται η ταχύτητα ροής, σε εμβαδόν ροής. Έτσι προσδιορίζεται η στιγμιαία παροχή του ποταμού από το γινόμενο της μέσης ταχύτητας ροής με την επιφάνεια ροής. Οι διατομές στις οποίες είναι εγκατεστημένοι οι σταθμηγράφοι, είναι μετρημένες και σχεδιασμένες στο σχεδιαστικό πακέτο AutoCAD 2004. Από τα σχέδια (παραθέτονται στο παράρτημα

1), αναπτύχθηκαν μαθηματικές εξισώσεις που υπολογίζουν την επιφάνεια ροής σε συνάρτησι του ύψους ροής. Οι εξισώσεις που αναπτύχθηκαν για κάθε διατομή, περιγράφονται παρακάτω. Με το σύμβολο A συμβολίζεται η επιφάνεια ροής σε m^2 , ενώ με y συμβολίζεται το ύψος ροής σε m . Στις περισσότερες διατομές, λόγω της αλλαγής της γεωμετρίας τους με το ύψος, η συνάρτηση που δίνει το εμβαδόν σε συνάρτηση είναι κλαδική.

Διατομή Κυρτωμάδου (Ξύλινη γέφυρα):

$$A = 16.26 \cdot y + 0.7122 \cdot y^2$$

Διατομή Πατελάρη (Συσκευαστήριο):

$$A = \left\{ \begin{array}{l} 0 < y < 0.13 \Rightarrow A = 23.846 \cdot y^2 \\ 0.13 < y < 0.97 \Rightarrow A = 0.403 + 6.07 \cdot (y - 0.13) + 1.208 \cdot (y - 0.13)^2 \\ 0.97 < y < 1.7 \Rightarrow A = 6.3544 + 9.1478 \cdot (y - 0.97) + 0.9589 \cdot (y - 0.97)^2 \end{array} \right\}$$

Διατομή Μεσκλών:

$$A = \left\{ \begin{array}{l} 0 < y < 0.36 \Rightarrow A = 6.9 \cdot y \\ 0.36 < y < 3 \Rightarrow A = 2.484 + 11.6 \cdot (y - 0.36) \end{array} \right\}$$

Διατομή Δρακιανών (Ταβέρνα):

$$A = \left\{ \begin{array}{l} 0 < y < 0.16 \Rightarrow A = 17.095 \cdot y^2 \\ 0.16 < y < 0.94 \Rightarrow A = 0.438 + 5.47 \cdot (y - 0.16) + 3.878 \cdot (y - 0.16)^2 \\ 0.94 < y < 2.2 \Rightarrow A = 7.063 + 12.14 \cdot (y - 0.94) + 5.215 \cdot (y - 0.94)^2 \end{array} \right\}$$

3.9 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Όπως έχει περιγραφεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των καμπύλων στάθμης – παροχής, είναι η στάθμη και η στιγμιαία παροχή για διάφορες χρονικές στιγμές όπου ο ποταμός έχει διαφορετικό ύψος ροής. Τα δεδομένα στάθμης προέρχονται από τους εγκατεστημένους σταθμηγράφους στις τέσσερις διατομές του ποταμού. Τα δεδομένα

στιγμιαίας παροχής προέρχονται από το γινόμενο της μέσης ταχύτητας ροής επί την επιφάνεια ροής. Το εμβαδόν ροής με την σειρά του προέρχεται από τις εξισώσεις που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

3.9.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΥΡΤΩΜΑΔΟΥ

Στην διατομή του Κυρτωμάδου υπάρχει εγκατεστημένο ένας σταθμηγράφος όπου αποθηκεύει την στάθμη ροής με χρονικό βήμα την μία ώρα. Η καταγραφή δεδομένων σε αυτόν τον σταθμηγράφο άρχισε τις 5/8/2004. Κατά τα γεγονότα βροχής που καταγράφηκαν από 1^η μέχρι 8^η Φεβρουαρίου 2006, λόγω της μεγάλης απορροής, η διατομή αλλοιώθηκε με αποτέλεσμα ο σταθμηγράφος να αρχίσει να καταγράφει όλο και μικρότερα ύψη ροής από τα πραγματικά, με τελικό αποτέλεσμα μετά από λίγες μέρες να καταγράφει μηδενικό ύψος ροής. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα και μετρήσεις ταχύτητας μέχρι τις 10/2/2006, αφού από αυτήν την ημερομηνία και μετά, τα δεδομένα στάθμης δεν είναι αξιόπιστα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα στάθμης και ταχύτητας που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής:

Πίνακας 8: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής στη διατομή Κυρτωμάδου

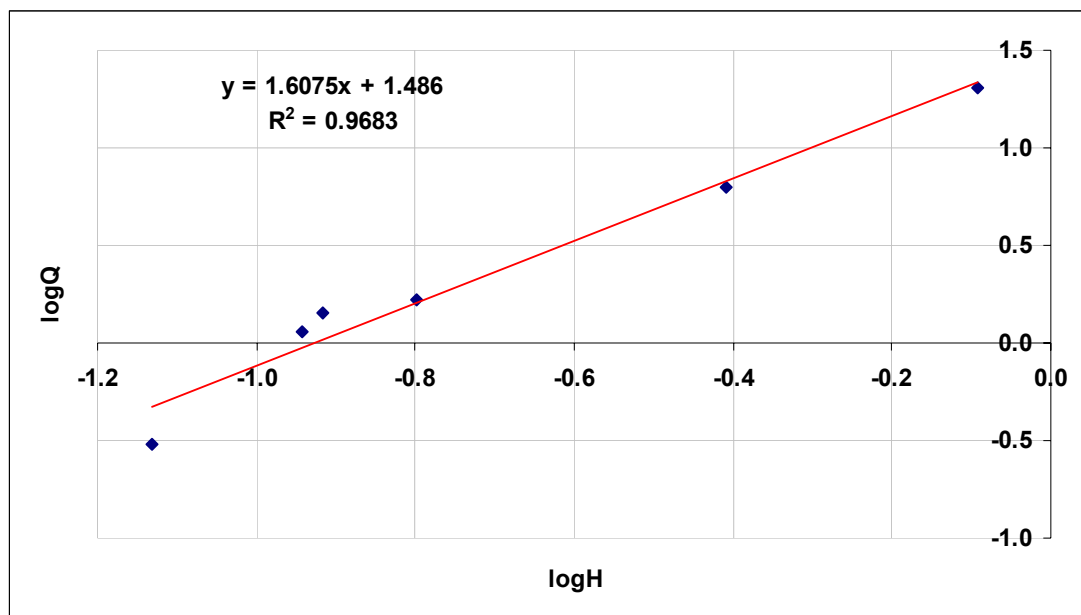
| Ημερομηνία | Ωρα | Ταχύτητα (m/s) | Διορθωμένη Ταχύτητα (m/s) | Ύψος Ροής H (m) | Εμβαδόν Διατομής (m ²) | Παροχή Q (m ³ /s) | logQ | logH |
|------------|-------|----------------|---------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|--------|--------|
| 24/11/2005 | 11:40 | 0.91 | 0.637 | 0.159 | 2.60 | 1.66 | 0.220 | -0.799 |
| 16/12/2005 | 10:35 | 0.36 | 0.252 | 0.074 | 1.21 | 0.30 | -0.517 | -1.131 |
| 13/1/2006 | 10:35 | 1.03 | 0.721 | 0.121 | 1.98 | 1.43 | 0.154 | -0.917 |
| 23/1/2006 | 9:55 | 0.87 | 0.609 | 0.114 | 1.86 | 1.13 | 0.055 | -0.943 |
| 2/2/2006 | 11:03 | 2.14 | 1.498 | 0.81 | 13.64 | 20.43 | 1.310 | -0.092 |
| 4/2/2006 | 14:30 | 1.39 | 0.973 | 0.39 | 6.45 | 6.28 | 0.798 | -0.409 |

Αναλυτικά, στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται:

- οι ημερομηνίες διεξαγωγής των μετρήσεων ταχύτητας,
- η ακριβής ώρα κάθε μέτρησης,
- η ταχύτητα που μετρήθηκε,
- η διορθωμένη ταχύτητα που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς,

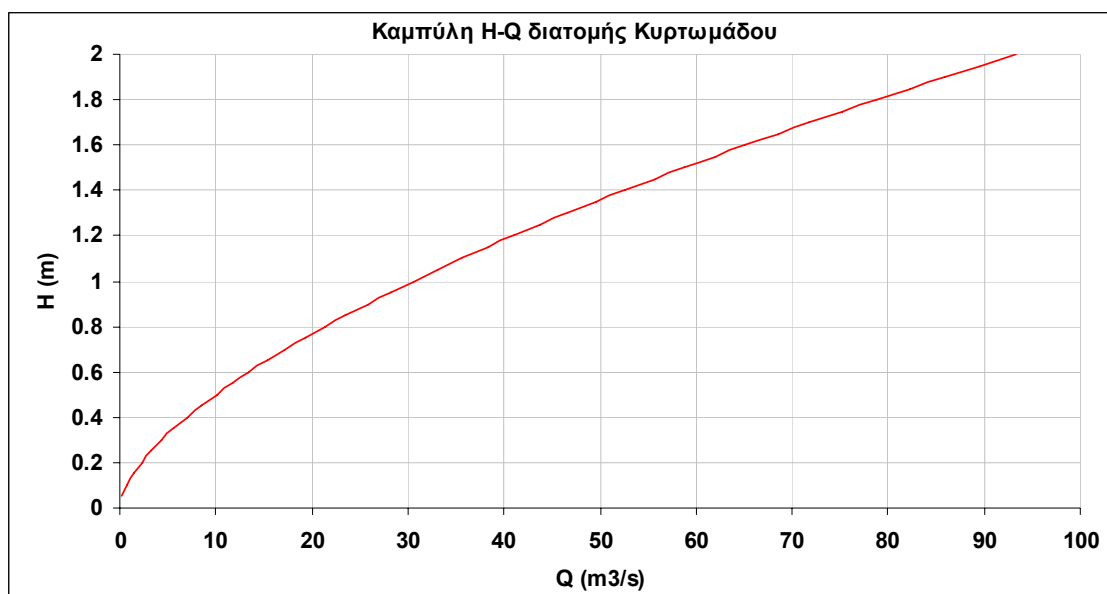
- το ύψος ροής την στιγμή των μετρήσεων όπως καταγράφηκε από τον σταθμηγράφο,
- το εμβαδόν διατομής την στιγμή της μέτρησης όπως προέκυψε από τις σχέσεις υπολογισμού εμβαδού σε συνάρτηση με το ύψος ροής,
- η παροχή που προκύπτει από πολλαπλασιασμό των δύο προηγούμενων μεγεθών,
- και τέλος οι λογάριθμοι των Q, H που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των σταθερών a, b.

Η διόρθωση της ταχύτητας στον παραπάνω πίνακα έγινε με τον συντελεστή 0,7 για την αναγωγή της επιφανειακής ταχύτητας σε μέση ταχύτητα ροής. Το διάγραμμα των $\log H - \log Q$ που προκύπτει παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 15: Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Κυρτωμάδου.

Από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων που προκύπτει, προσδιορίζονται οι συντελεστές $a = 10^{1,486} = 30,620$ και $b = 1,6075$. Από τα παραπάνω, η καμπύλη στάθμης – παροχής που προκύπτει είναι η $Q=30,62 \cdot H^{1,6075}$. Παρακάτω παρουσιάζεται η καμπύλη όπως σχεδιάστηκε για ύψος ροής από 0 ως 2m. Με χρήση της παραπάνω σχέσης, μπορεί να υπολογιστεί η παροχή του ποταμού στην διατομή του Κυρτωμάδου για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα.



Εικόνα 16: Καμπύλη στάθμης – παροχής για την διατομή Κυρτωμάδου.

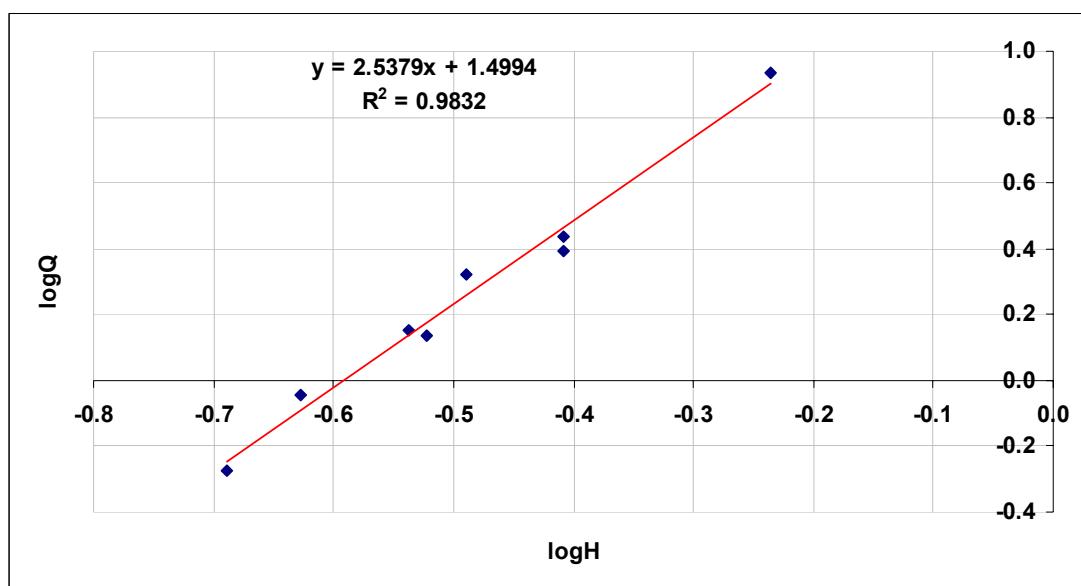
3.9.2 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΜΕΣΚΛΩΝ

Η διάρκεια των μετρήσεων στάθμης στην διατομή των Μεσκλών που υπάρχουν διαθέσιμες για τους υπολογισμούς είναι από 6/8/2004 μέχρι τις 14/4/2006. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ημερομηνίες που διεξήχθησαν μετρήσεις, οι ταχύτητες που μετρήθηκαν όπως και τα ύψη ροής που κατεγράφησαν σε αυτές τις ημερομηνίες.

Πίνακας 9: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής
ση διατομή Μεσκλών

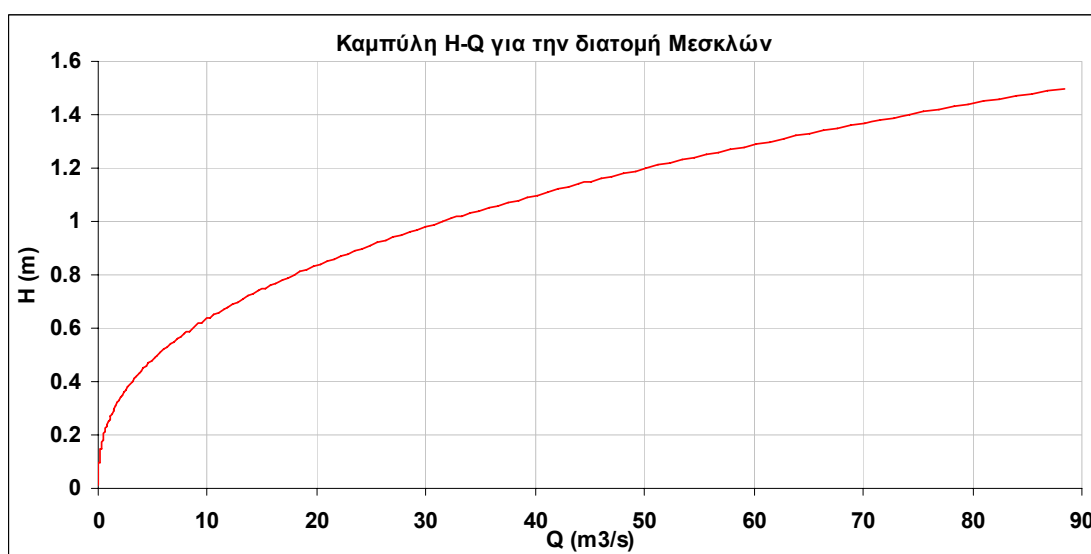
| Ημερομηνία | Ωρα | Ταχύτητα (m/s) | Διορθωμένη Ταχύτητα (m/s) | Ύψος Ροής H (m) | Εμβαδόν Διατομής (m ²) | Παροχή Q (m ³ /s) | logQ | logH |
|------------|-------|-------------------|------------------------------|--------------------|--|------------------------------------|--------|--------|
| 16/12/2005 | 11:35 | 0.765 | 0.54 | 0.21 | 1.41 | 0.53 | -0.276 | -0.688 |
| 13/1/2006 | 11:35 | 1.13 | 0.79 | 0.24 | 1.63 | 0.90 | -0.045 | -0.627 |
| 23/1/2006 | 10:55 | 1.91 | 1.34 | 0.32 | 2.24 | 2.09 | 0.321 | -0.489 |
| 2/2/2006 | 10:35 | 3.48 | 2.44 | 0.58 | 5.06 | 8.63 | 0.936 | -0.235 |
| 4/2/2006 | 15:50 | 1.78 | 1.25 | 0.39 | 2.84 | 2.48 | 0.394 | -0.408 |
| 24/2/2006 | 12:30 | 1.45 | 1.02 | 0.29 | 2.00 | 1.42 | 0.153 | -0.538 |
| 2/3/2006 | 11:20 | 1.35 | 0.95 | 0.30 | 2.07 | 1.37 | 0.137 | -0.523 |
| 13/3/2006 | 17:05 | 1.96 | 1.37 | 0.39 | 2.83 | 2.72 | 0.435 | -0.409 |

Το διάγραμμα των λογαρίθμων της παροχής και του ύψους ροής για την διατομή των Μεσκλών παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 17: Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Μεσκλών.

Από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων που προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα, υπολογίζονται οι σταθερές $a = 31,579$ και $b = 2,5379$. Έτσι, η σχέση στάθμης – παροχής που προκύπτει είναι η $Q=31,579 \cdot H^{2,5379}$. Η καμπύλη που προκύπτει από την σχέση αυτή για ύψη ροής από 0 ως 1,5m παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 18: Καμπύλη στάθμης – παροχής στην διατομή Μεσκλών

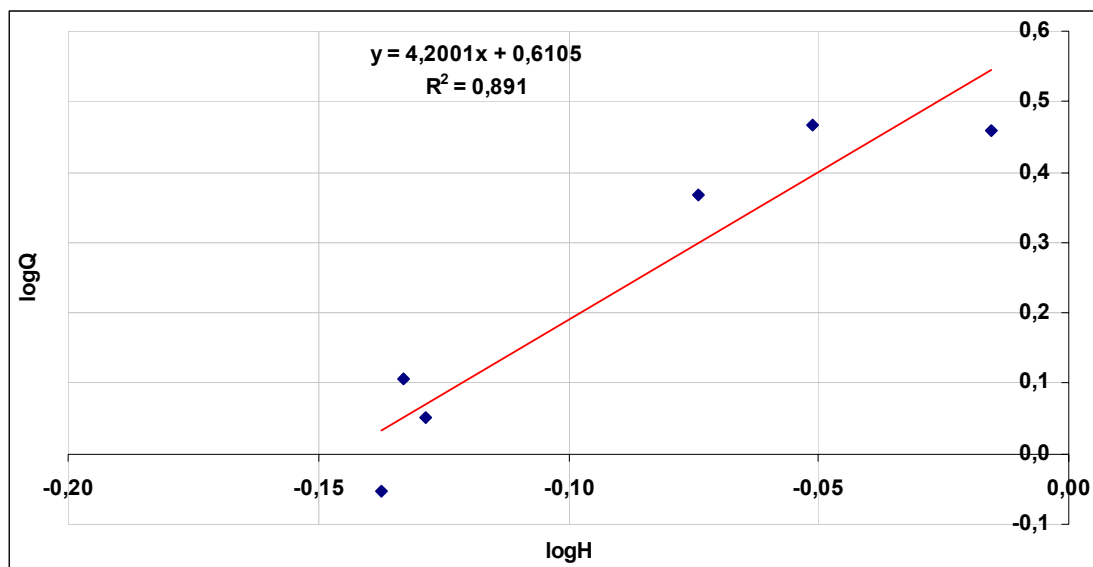
3.9.3 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΠΑΤΕΛΑΡΙΟΥ

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, από την διατομή Πατελαρίου, διοχετεύεται το νερό που απορρέει επιφανειακά από το μέτωπο των πηγών της Αγυιάς. Η διατομή αυτή βρίσκεται κοντά στην συνένωση του παραπόταμου της Αγυιάς με τον Κερίτη, ενώ όλες οι αντλήσεις που πραγματοποιούνται στον καρστικό υδροφορέα της Αγυιάς βρίσκονται ανάντη της διατομής. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, αφού αφενός οι μετρούμενες ποσότητες νερού στην διατομή Πατελαρίου είναι η καθαρή επιφανειακή απορροή των πηγών της Αγυιάς στον Κερίτη, και αφετέρου οι ίδιες ποσότητες νερού είναι η καθαρή παροχή όλων των πηγών της Αγυιάς μαζί, αν από αυτή βέβαια αφαιρεθούν οι αντλήσεις. Οι διαθέσιμες μετρήσεις στάθμης από τον σταθμηγράφο στην διατομή αυτή είναι για την περίοδο 5/8/2004 ως 25/5/2006. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ημερομηνίες που διεξήχθησαν οι μετρήσεις, η ακριβής ώρα, τα αποτελέσματα και οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την κατασκευή του διαγράμματος $\log Q - \log H$ για τον υπολογισμό των σταθερών a , b :

Πίνακας 10: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής στην διατομή Πατελαρίου

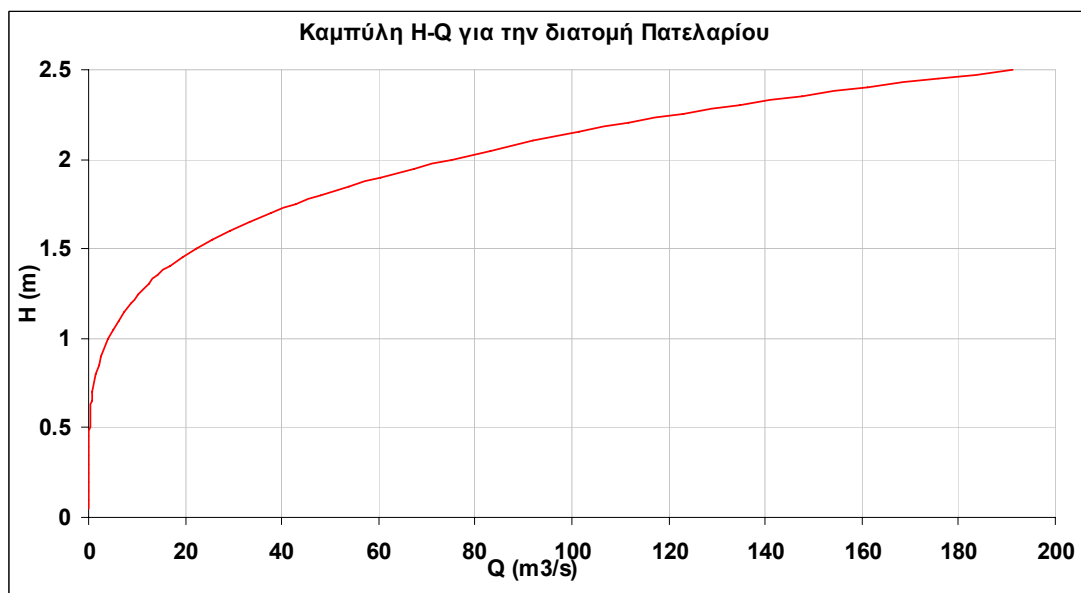
| Ημερομηνία | Ώρα | Ταχύτητα (m/s) | Διορθωμένη Ταχύτητα (m/s) | Ύψος Ροής H (m) | Εμβαδόν Διατομής (m ²) | Παροχή Q (m ³ /s) | logQ | logH |
|------------|-------|-------------------|---------------------------------|--------------------|--|------------------------------------|--------|--------|
| 14/10/2005 | 12:00 | 0.283 | 0.20 | 0.73 | 4.47 | 0.89 | -0.137 | -0.053 |
| 24/11/2005 | 11:00 | 0.403 | 0.28 | 0.74 | 4.53 | 1.28 | -0.133 | 0.106 |
| 1/12/2005 | 12:30 | 0.621 | 0.43 | 0.84 | 5.35 | 2.32 | -0.074 | 0.366 |
| 16/12/2005 | 11:05 | 0.652 | 0.46 | 0.97 | 6.32 | 2.88 | -0.015 | 0.460 |
| 13/1/2006 | 11:05 | 0.35 | 0.25 | 0.74 | 4.59 | 1.12 | -0.128 | 0.051 |
| 13/3/2006 | 17:35 | 0.735 | 0.51 | 0.89 | 5.71 | 2.94 | -0.051 | 0.468 |

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα των λογαρίθμων Q , H , όπως προκύπτει από τις παραπάνω μετρήσεις:



Εικόνα 19: Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Πατελάρη.

Από την ευθεία παλινδρόμησης του παραπάνω διαγράμματος, υπολογίζονται οι σταθερές $a = 4,078$ και $b = 4,2001$. Έτσι, η καμπύλη στάθμης παροχής, δίνεται από την σχέση $Q = 4,078 \cdot H^{4,2001}$. Το διάγραμμα του προκύπτει σχεδιάζοντας την προηγούμενη εξίσωση για ύψος ροής από 0 ως 2,5m, είναι το παρακάτω:



Εικόνα 20: Καμπύλη στάθμης – παροχής στην διατομή Πατελαρίου.

3.9.4 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΔΡΑΚΙΑΝΑ

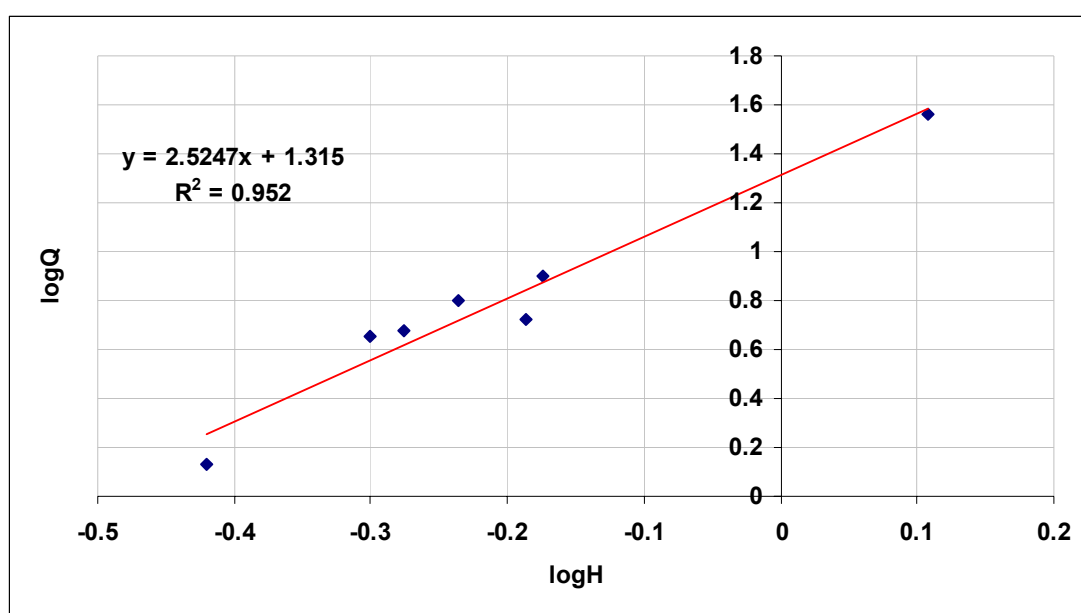
Η διατομή των Δρακιανών είναι η διατομή που βρίσκεται πιο κοντά στην εκβολή του Κερίτη στην θάλασσα, ενώ είναι διατομή ελέγχου για σχεδόν όλη την επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Οι μετρήσεις στάθμης από τον σταθμηγράφο που είναι εγκατεστημένος στην διατομή αυτή, έχουν διάρκεια από 4/8/2004 μέχρι 25/5/2006. Κατά την διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων, παρατηρήθηκε ότι μετά από τα γεγονότα βροχής 1/2/2006 ως 8/2/2006, και αφού η στάθμη υποχώρησε τις επόμενες ημέρες, η διατομή άλλαξε σχήμα. Αυτό προβλέπεται να προσδώσει άγνωστο σφάλμα στους υπολογισμούς που θα γίνουν παρακάτω. Έγινε προσπάθεια να γίνει πρόβλεψη όλων των παραμέτρων που άλλαξαν λόγω αλλοίωσης της διατομής. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ημερομηνίες διεξαγωγής των μετρήσεων, η ακριβής ώρα κάθε μέτρησης, οι μετρημένες ταχύτητες, οι παροχές και ότι άλλο είναι απαραίτητο για την κατασκευή του διαγράμματος $\log H - \log Q$:

Πίνακας 11: Δεδομένα στάθμης - ταχύτητας για εύρεση της καμπύλης στάθμης – παροχής στη περιοχή Δρακιανών

| Ημερομηνία | Ωρα | Ταχύτητα (m/s) | Διορθωμένη Ταχύτητα (m/s) | Ύψος Ροής H (m) | Εμβαδόν Διατομής (m ²) | Παροχή Q (m ³ /s) | logH | logQ |
|------------|-------|-------------------|---------------------------------|--------------------|--|---------------------------------|--------|-------|
| 25/10/2005 | 11:50 | 0.93 | 0.744 | 0.38 | 1.829 | 1.360549 | -0.420 | 0.134 |
| 1/12/2005 | 13:20 | 2.06 | 1.65 | 0.5 | 2.746 | 4.5304 | -0.301 | 0.656 |
| 16/12/2005 | 13:00 | 2.00 | 1.6 | 0.53 | 2.992 | 4.787837 | -0.276 | 0.680 |
| 2/2/2006 | 11:50 | 3.18 | 3.18 | 1.08 | 8.752 | 27.83244 | 0.033 | 1.444 |
| 24/2/2006 | 17:15 | 2.30 | 1.84 | 0.58 | 3.419 | 6.291106 | -0.236 | 0.799 |
| 2/3/2006 | 13:20 | 1.62 | 1.296 | 0.65 | 4.049 | 5.247514 | -0.187 | 0.720 |
| 13/3/2006 | 18:10 | 2.35 | 1.88 | 0.67 | 4.2360 | 7.963619 | -0.174 | 0.901 |

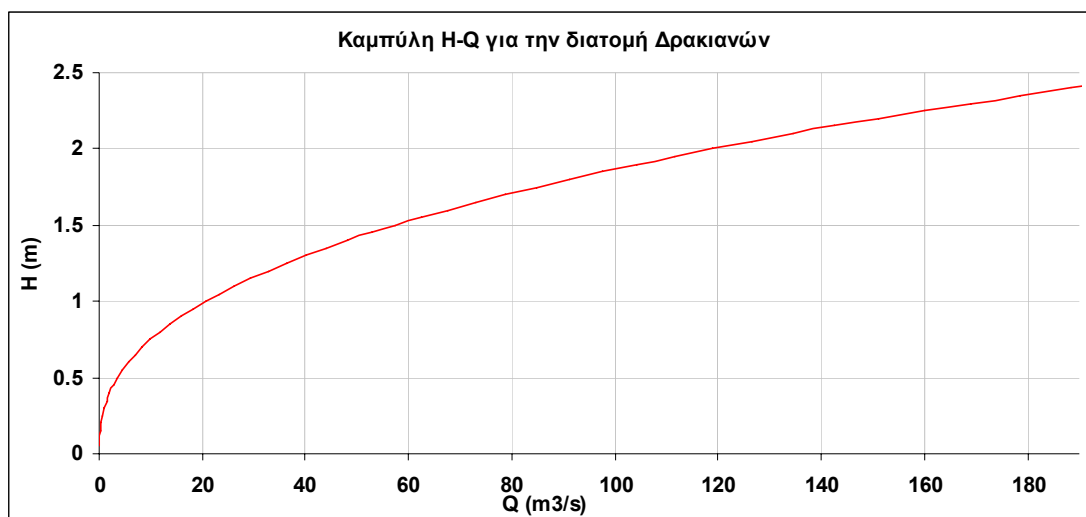
Λόγω της μορφής που έχει η διατομή, η ταχύτητα δεν ήταν δυνατόν να μετρηθεί με χρήση της κάμερας. Για τον παραπάνω λόγο, όλες οι μετρήσεις ταχύτητας στην διατομή αυτή έγιναν με την χρήση μόνο του μιλίσκου. Το πλάτος του ποταμού σε αυτήν την διατομή, είναι μεγάλο, με κλίση προς την μία πλευρά (βλ παράρτημα 1). Λόγω του μεγάλου πλάτους, δεν ήταν δυνατή η μέτρηση της ταχύτητας στο μέσο της διατομής. Για τον λόγο αυτό, οι ταχύτητες αφού δεν

αντιστοιχούν στην ταχύτητα του μέσου της διατομής, διορθώθηκαν με τον συντελεστή 0,8 αντί του 0,7 που χρησιμοποιήθηκε στις υπόλοιπες διατομές. Τέλος, σε μία περίπτωση μόνο, που η στάθμη είχε φτάσει πολύ ψηλότερα από τις υπόλοιπες φορές, και το πλάτος της ροής έγινε πολύ μεγάλο, έγινε η λογική παραδοχή ότι η μετρούμενη ταχύτητα αντιστοιχεί στην μέση ταχύτητα. Η παραδοχή αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι λόγω του μεγάλου πλάτους της διατομής, η ταχύτητα μετρήθηκε περίπου στο 1/10 του πλάτους της ροής, άρα πρόκειται για μια τιμή που αντιστοιχεί προσεγγιστικά στην μέση ταχύτητα ροής. Το διάγραμμα των λογαρίθμων του ύψους ροής και της παροχής, παρουσιάζεται παρακάτω:



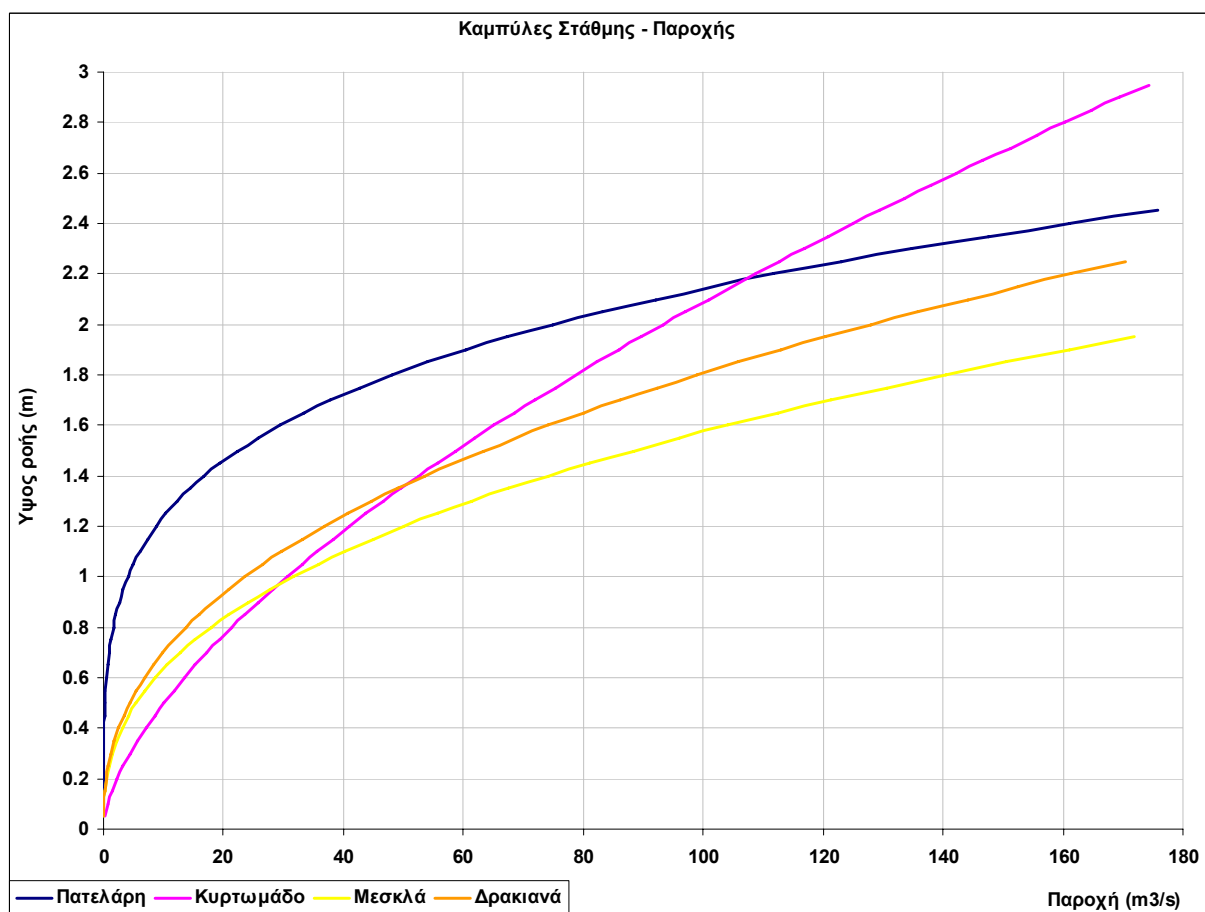
Εικόνα 21: Διάγραμμα $\log Q - \log H$ των μετρήσεων στην διατομή Δρακιανών.

Από το παραπάνω διάγραμμα και την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων, προκύπτουν οι σταθερές $a = 23,63$ και $b = 2,4364$. Η καμπύλη που προσδιορίζει την παροχή σε συνάρτηση με το ύψος της ροής είναι η $Q=23,63 \cdot H^{2,4364}$. Το διάγραμμα της καμπύλης αυτής παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 22: Καμπύλη στάθμης – παροχής στην διατομή Δρακιανών.

Τέλος, στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται όλες οι καμπύλες μαζί:



Εικόνα 23: Όλες οι καμπύλες στάθμης – παροχής μαζί

4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ HEC-HMS ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΚΕΡΙΤΗ

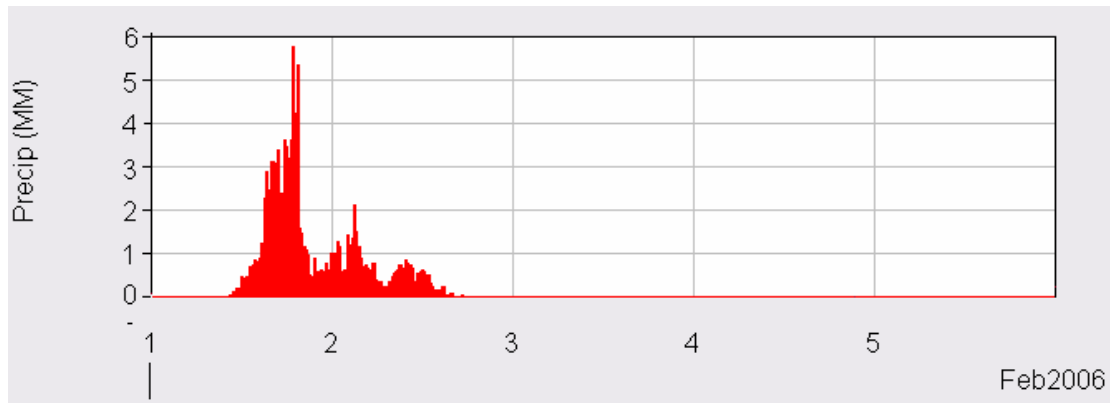
Στην παρούσα προσομοίωση, η λεκάνη απορροής που θα προσομοιαστεί είναι το μέρος της λεκάνης του Κερίτη που ως έξοδο έχει την διατομή ελέγχου του Κυρτωμάδου. Το μέρος αυτό της λεκάνης καλύπτει το 86% της ολικής έκτασης του Κερίτη, ενώ περιλαμβάνει τις δύο κύριες υδρολογικές ενότητες του συνόλου της λεκάνης. Πρόκειται να εξαιρεθεί η έκταση που καταλαμβάνει η λεκάνη απορροής, κατάντη του σημείου συμβολής του ποταμού που πηγάζει από τις πηγές της Αγυιάς. Ο λόγος που θα εξαιρεθεί αυτή η έκταση από την προσομοίωση είναι επειδή οι πηγές της Αγυιάς τροφοδοτούνται όχι μόνο από την υδρολογική λεκάνη του Κερίτη, αλλά και από την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης.

Επιλέχθηκε η προσομοίωση της υδρολογικής λεκάνης όπως περιγράφηκε παραπάνω, ως μία ενιαία ενότητα. Η επιλογή αυτή ενισχύει την απλότητα του μοντέλου, γεγονός που αυξάνει την ευκολία της προσομοίωσης και ελαττώνει την ανάγκη για δεδομένα. Επίσης δίνει ταχύτητα στους υπολογισμούς άρα και στον χρόνο προσομοίωσης.

Με χρήση του DEM με το λογισμικό της ESRI ArcView 3.2 και το extension HEC-GeoHMS, εξάγουμε το μοντέλο που θα εισάγουμε στο HEC-HMS. Το DEM που χρησιμοποιείται σε αυτήν την εφαρμογή έχει μέγεθος κελιού που σε πραγματική κλίμακα αντιστοιχεί σε έκταση 30m x 30m.

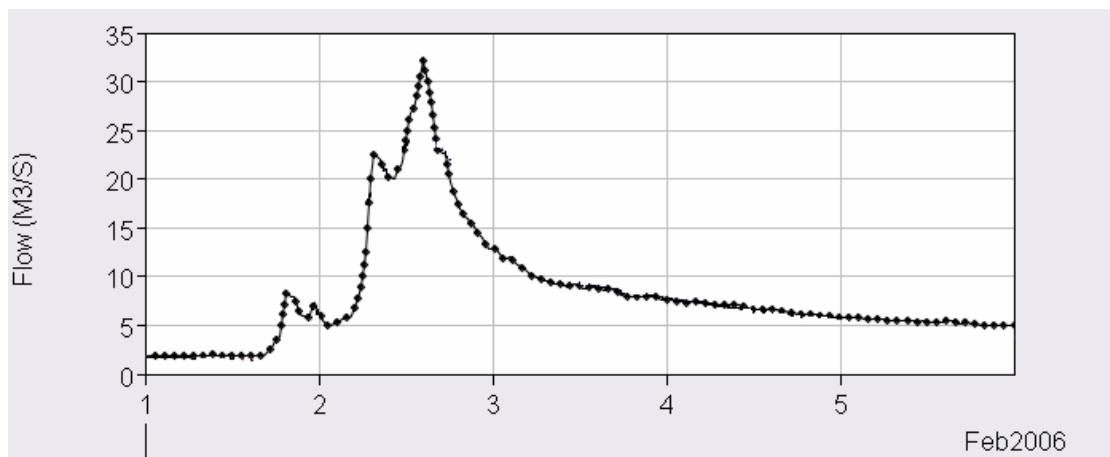
4.1 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Για την βαθμονόμηση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε ένα μεμονωμένο γεγονός βροχής στις 1 και 2 Φεβρουαρίου 2006. Αυτό το γεγονός βροχής έδωσε συνολικό ύψος βροχής 128mm (σταθμισμένος μέσος για όλη την λεκάνη), όπου και είναι ένα από τα μεγαλύτερα γεγονότα βροχής για το διάστημα των διαθέσιμων δεδομένων. Η κατανομή του γεγονότος αυτού στο χρόνο παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα, όπως υπολογίστηκε από το μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τα βάρη των πολυγώνων Thiessen:



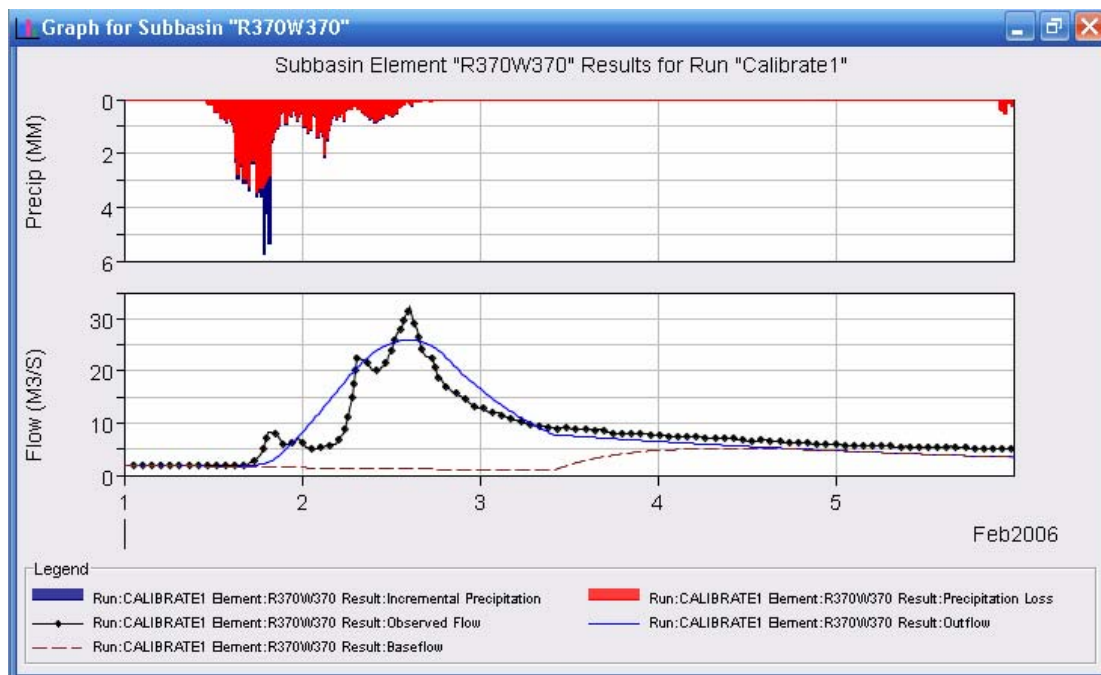
Εικόνα 24: Γεγονός βαθμονόμησης

Το παραπάνω γεγονός βροχής έδωσε την παρακάτω κατανομή παροχής στην διατομή του Κυρτωμάδου:



Εικόνα 25: Κατανομή παροχής του γεγονότος βαθμονόμησης (διατομή Κυρτωμάδου)

Χρησιμοποιήθηκαν τυχαίες αρχικές ρυθμίσεις στα παράθυρα διαμόρφωσης των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν. Έπειτα, ο προσδιορισμός των σωστών ρυθμίσεων έγινε από το μοντέλο, όπου προσδιόρισε τις βέλτιστες τιμές. Οι βέλτιστες τιμές αντιστοιχούν σε ρυθμίσεις με τις οποίες το μοντέλο προσομοιάζει βέλτιστα την παροχή, όπως αυτή μετρήθηκε πειραματικά. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος βελτιστοποίησης Nelder Mead που προσφέρει το μοντέλο, βάσει της οποίας το μοντέλο ψάχνει για τις βέλτιστες τιμές των παραμέτρων χρησιμοποιώντας την μέθοδο βελτιστοποίησης simplex. Η βελτιστοποίηση έγινε έτσι ώστε το μοντέλο να προσομοιάζει με ακρίβεια τον συνολικό όγκο του νερού που απορρέει κατά το χρονικό διάστημα της προσομοίωσης και όχι την μέγιστη παροχή (peak). Έτσι, τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης παρουσιάζονται παρακάτω:



Εικόνα 26: Αποτελέσματα προσομοίωσης της περιόδου βαθμονόμησης

Τα αποτελέσματα του παραπάνω γραφήματος είναι τα εξής:

| Computed Results | | | |
|---|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Peak Discharge : | 25,93 (M3/S) | Date/Time of Peak Discharge : | 02Φεβ2006, 14:30 |
| Total Precipitation : | 23614,61 (1000 M3) | Total Direct Runoff : | 2339,66 (1000 M3) |
| Total Loss : | 21251,61 (1000 M3) | Total Baseflow : | 1241,93 (1000 M3) |
| Total Excess : | 2362,99 (1000 M3) | Discharge : | 3581,59 (1000 M3) |
| Observed Hydrograph at Gage Ksilini Discharge | | | |
| Peak Discharge : | 32,19 (M3/S) | Date/Time of Peak Discharge : | 02Φεβ2006, 14:30 |
| Avg Abs Residual : | 1,79 (M3/S) | | |
| Total Residual : | -7,3011 (1000 M3) | Total Obs Q : | 3588,89 (1000 M3) |

Εικόνα 27: Αναλυτικά αποτελέσματα προσομοίωσης περιόδου βαθμονόμησης

Το αποτέλεσμα που έδωσε η βαθμονόμηση για τον συνολικό όγκο του νερού που πέρασε από την διατομή είναι κατά 0,2% μεγαλύτερο από την τιμή που προέκυψε από τις μετρήσεις πεδίου, σφάλμα πολύ καλό για την περίοδο βαθμονόμησης.

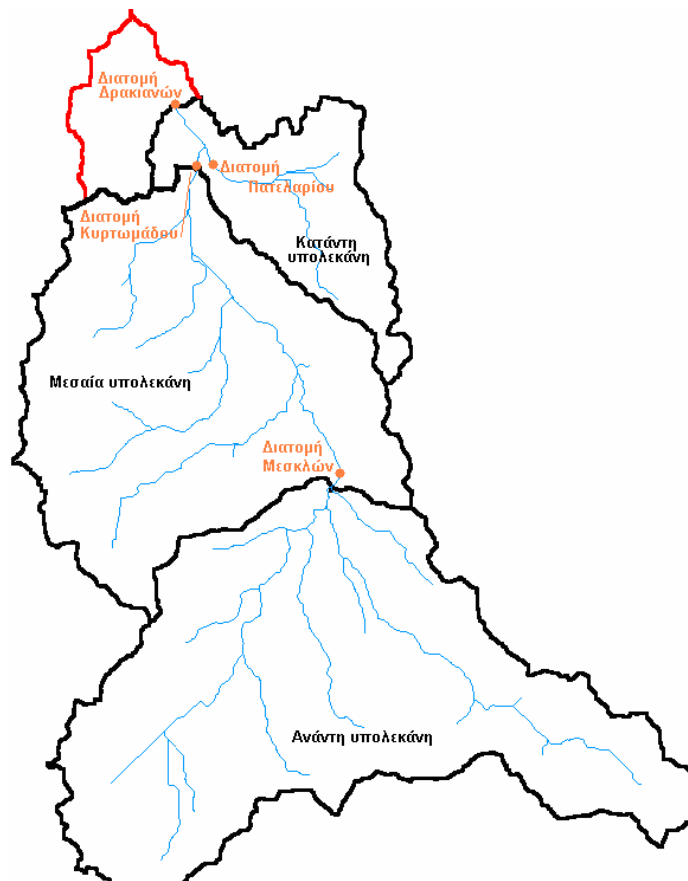
Η μέγιστη παροχή που υπολόγισε το μοντέλο σε σχέση με την τιμή της μέγιστης παροχής που παρατηρήθηκε από τις μετρήσεις πεδίου αποκλίνει κατά 19,5%. Το σφάλμα αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο από το ποσοστιαίο σφάλμα στην προσομοίωση του όγκου απορροής. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η

βαθμονόμηση έγινε με κριτήριο την βέλτιστη προσομοίωση του συνολική απορρέοντος όγκου και όχι της μέγιστης παρατηρούμενης παροχής. Κατάφερε δε το μοντέλο να προσομοιάσει άριστα την ημερομηνία και την ώρα της μέγιστης παροχής. Σημειώνεται πως η βαθμονόμηση με κριτήριο την καλή προσομοίωση της μέγιστης παροχής, δίνει υπερεκτίμηση στον συνολικό όγκο πάνω από 50% επί του πραγματικού όγκου.

Βάσει των ρυθμίσεων που έγιναν παραπάνω από το μοντέλο, δοκιμάζεται έπειτα η ορθότητα των αποτελεσμάτων σε άλλα γεγονότα βροχής.

4.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ

Για τον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης του ποταμού Κερίτη λήφθηκαν υπόψη πάσης φύσης εισοδοί και έξοδοι με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια που έγινε δυνατόν να βρεθούν. Πολλά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από την Υδρογεωλογική μελέτη του κάμπου Χανίων (Λιονής και Περγλέρος, 2001). Η λεκάνη χωρίστηκε σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει το σύνολο σχεδόν του καρστικού σχηματισμού των Λευκών ορέων που ανήκει στην λεκάνη του ποταμού, και ως έξοδο έχει την διατομή των Μεσκλών. Η δεύτερη λεκάνη περιλαμβάνει το σύνολο σχεδόν των φυλιτών – χαλαζιτών της λεκάνης του ποταμού, ενώ οριοθετείται από τις διατομές Μεσκλών και Κυρτωμάδου. Η Τρίτη υπολεκάνη περιλαμβάνει την μικρή σχετικά έκταση της λεκάνης που οριοθετείται από την διατομή Κυρτωμάδου και την διατομή Δρακιανών. Η περίοδος για την οποία υπολογίστηκε το ισοζύγιο, είναι η περίοδος για τις οποίες υπήρχαν οι απαιτούμενες μετρήσεις, 15/4/2005 ως 15/4/2006. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι τρεις υπολεκάνες:



Εικόνα 28: Διάκριση υπολεκάνων

Το τμήμα της λεκάνης που δεν λαμβάνεται υπόψη, δηλαδή καπάνη της διατομής Δρακιανών, συμβολίζεται με κόκκινο χρώμα. Παρακάτω γίνεται εκτίμηση των ισοζυγίων για κάθε υπολεκάνη ξεχωριστά, όπως και για το σύνολο της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη.

Για τον υπολογισμό του ισοζυγίου, λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω παραδοχές:

- Η βροχή που κατεισδύει στην επιφάνεια της ανάντη λεκάνης εκφορτίζεται από τις πηγές Μεσκλών, Αγιάς και Αναβάλλοντα.
- Το καρστικό σύστημα τροφοδοτείται και από νερό που προέρχεται από βροχόπτωση της ευρύτερης υδρογεωλογικής λεκάνης.
- Η ανάντη λεκάνη τροφοδοτεί την μεσαία λεκάνη μόνο με επιφανειακή απορροή μέσω της διατομής των Μεσκλών.
- Έγινε υπόθεση για το ύψος της ετήσιας εξατμισοδιαπνοής, διαφορετική για κάθε υπολεκάνη.

- Η βροχή σε κάθε μία υπολεκάνη υπολογίστηκε με την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen.
- Σε κάθε ισοζύγιο λαμβάνεται υπόψη κάθε είσοδος και κάθε έξοδος που είναι γνωστή.
- Οι πηγές Κουφού τροφοδοτούνται από βροχοπτώσεις εντός της μεσαίας υπολεκάνης.
- Η περίοδος για την οποία υπολογίζεται το ισοζύγιο είναι από τον Απρίλιο του 2005 μέχρι τον Απρίλιο του 2006.
- Θεωρήθηκε πως η διήθηση στην μεσαία υπολεκάνη ισούται με τις ετήσιες αντλήσεις σε αυτή, συν τις υπόγειες διαφυγές. Με αυτή την θεώρηση αυτόματα υποθέτεται πως και η αποθήκευση σε ετήσια βάση ισούται με μηδέν.

Ισοζύγιο ανάντη υπολεκάνης:

>>Εισροές:

Προέρχονται μόνο από βροχοπτώσεις στην επιφάνεια της υπολεκάνης. Η επιφάνεια της ανάντη υπολεκάνης υπολογίζεται $104,6 \text{ Km}^2$. Το μέσο ύψος της βροχόπτωσης όπως υπολογίστηκε με την μέθοδο Thiessen από τα βροχόμετρα του Ομαλού και των Λάκκων είναι 1221mm . Έτσι η συνολική βροχόπτωση στην ανάντη υπολεκάνη υπολογίζεται στα $127,7\text{Mm}^3$.

>>Εκροές:

Εξατμισοδιαπνοή: Υποτέθηκε συντελεστής ετήσιας εξατμισοδιαπνοής επί του συνόλου της ετήσιας βροχόπτωσης $42,3\%$ που αντιστοιχεί σε 54Mm^3 .

Διήθηση: Το ποσοστό της ετήσιας διήθησης επί του συνόλου της ετήσιας βροχόπτωσης ορίστηκε στο $45,9\%$ που αντιστοιχεί σε $58,6 \text{ Mm}^3$. Από αυτήν την ποσότητα αφαιρούνται τα $7,7 \text{ Mm}^3$ που έρχονται στην επιφάνεια εντός της λεκάνης στις πηγές των Μεσκλών. Έτσι, η ποσότητα που τελικά διηθήθηκε είναι $50,9 \text{ Mm}^3$.

Επιφανειακή Απορροή: Η επιφανειακή απορροή αντιστοιχεί στο υπόλοιπο από την εξατμισοδιαπνοή και την διήθηση, δηλαδή $11,8\%$. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε $15,2 \text{ Mm}^3$ που αποτελούν μέρος της επιφανειακής εκροής.

Σημειώνεται πως οι απολήψεις στην λεκάνη αυτή είναι $4 \text{ Mm}^3/\text{χρόνο}$ και γίνονται από πηγές των Μεσκλών.

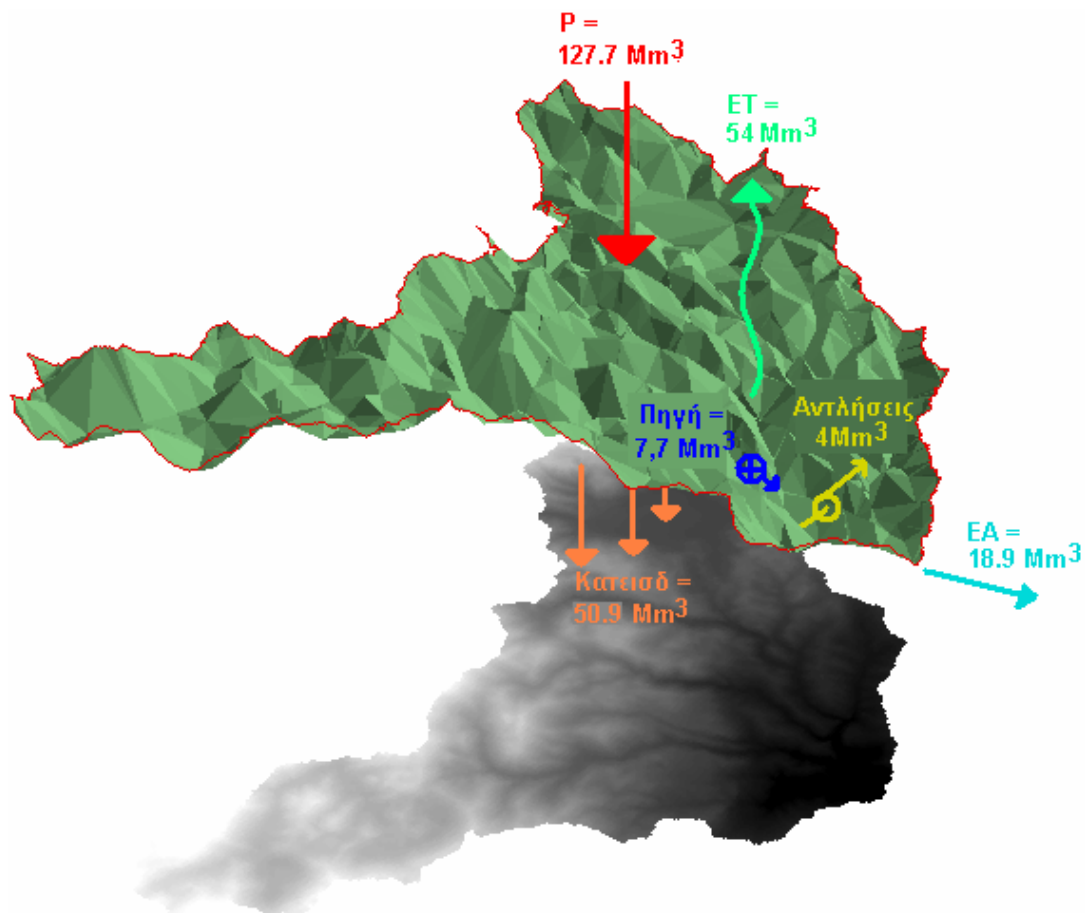
Τέλος η επιφανειακή εκροή από την ανάντη υπολεκάνη όπως αυτή μετρήθηκε για ένα χρόνο στην διατομή Μεσκλών, είναι $18,9 \text{ Mm}^3$. Από αυτά τα $15,2$ ανήκουν στην επιφανειακή απορροή της λεκάνης, ενώ τα υπόλοιπα ανήκουν στις εκροές των πηγών αν αφαιρεθούν από αυτές οι αντλήσεις της τάξης των 4 Mm^3 , δηλαδή $15,2 + (7,7 - 4) = 18,9 \text{ Mm}^3$.

Το ισοζύγιο της ανάντη λεκάνης συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 12: Ισοζύγιο ανάντη υπολεκάνης

| Εισροές (Mm^3) | |
|---|---|
| P (βροχόπτωση Thiessen) | 127,7 |
| Εκροές (Mm^3) | |
| Διήθηση | 50,9 (= $58,6 - 7,7$) |
| ET (εξατμισοδιαπνοή) | 54 |
| Επιφανειακή Εκροή | 18,9 (= $15,2 + 7,7 - 4$) |
| Αντλήσεις | 4 |
| Σύνολο Εκροών | 127,7 |

Σημειώνεται ότι η ετήσια παροχή των πηγών δεν προέκυψε από μετρήσεις αλλά υποτέθηκε έτσι ώστε να επαληθεύεται το ισοζύγιο της ανάντη λεκάνης. Σχηματικά, το ισοζύγιο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 29: Αναπαράσταση του ισοζυγίου της ανάντη υπολεκάνης

Ισοζύγιο μεσαίας υπολεκάνης:

>>Εισροές:

Βροχόπτωση: Η έκταση της μεσαίας υπολεκάνης έχει υπολογιστεί $79,3 \text{ Km}^2$. Το μέσο ύψος βροχόπτωσης στην λεκάνη αυτή όπως υπολογίστηκε με την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen είναι 1065 mm για την περίοδο μελέτης. Έτσι, η συνολική βροχόπτωση στην περίοδο Απριλίου 2005 μέχρι Απρίλιο 2006 υπολογίζεται $84,4 \text{ Mm}^3$.

Επιφανειακή Εισροή: Η επιφανειακή εκροή της ανάντη υπολεκάνης μέσω της διατομής των Μεσκλών γίνεται επιφανειακή εισροή στην μεσαία υπολεκάνη. Όπως μετρήθηκε για την περίοδο μελέτης, η παροχή αυτή είναι $18,9 \text{ Mm}^3$.

>>Εκροές:

Εξατμισοδιαπνοή: Υποτέθηκε ποσοστό εξατμισοδιαπνοής για την μεσαία υπολεκάνη 65% που αντιστοιχεί σε 54,9 Mm³.

Αντλήσεις: Από την υπολεκάνη αυτή κάθε χρόνο αντλούνται 9Mm³ περίπου, κυρίως για τις ανάγκες άρδευσης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων στον κάμπο.

Επιφανειακή Εκροή: Η επιφανειακή εκροή από την μεσαία υπολεκάνη όπως μετρήθηκε για την περίοδο μελέτης στην διατομή Κυρτωμάδου, ανέρχεται στα 37,8 Mm³.

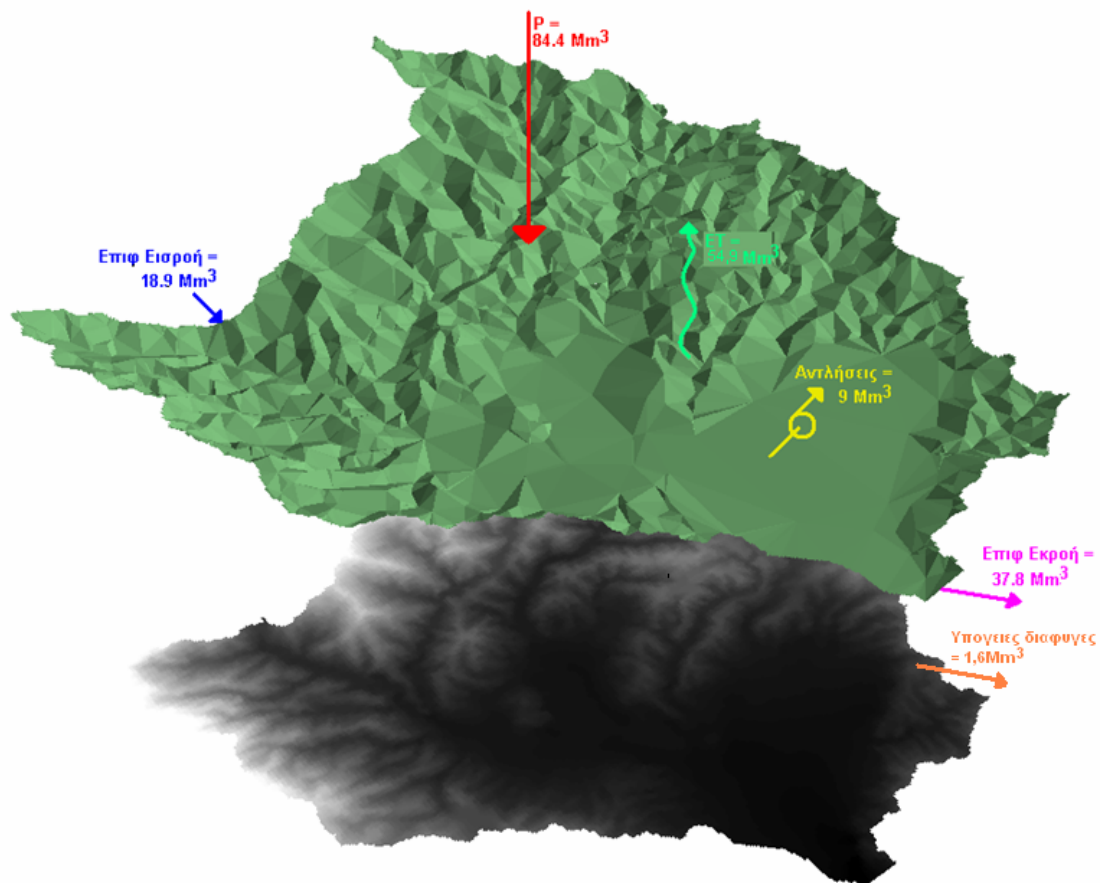
Υπόγειες διαφυγές: Υποτέθηκε 1,6 Mm³ υπόγειων διαφυγών έτσι ώστε να επαληθεύεται το ισοζύγιο της μεσαίας λεκάνης.

Το ισοζύγιο της μεσαίας λεκάνης συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 13: Ισοζύγια μεσέας υπολεκάνης

| Εισροές (Mm³) | |
|---------------------------------|--------------|
| P (βροχόπτωση Thiessen) | 84,4 |
| Επιφανειακή Εισροή | 18,9 |
| Σύνολο Εισροών | 103,3 |
| Εκροές (Mm³) | |
| Αντλήσεις | 9 |
| ET (εξατμισοδιαπνοή) | 54,9 |
| Επιφανειακή Εκροή | 37,8 |
| Υπόγειες διαφυγές | 1,6 |
| Σύνολο Εκροών | 103,3 |

Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά το ισοζύγιο της μεσαίας υπολεκάνης:



Εικόνα 30: Αναπαράσταση του ισοζυγίου της μεσέας υπολεκάνης

Ισοζύγιο κατάντη υπολεκάνης:

>>Εισροές:

Βροχόπτωση: Η έκταση της κατάντη λεκάνης υπολογίστηκε $20,6 \text{ Km}^2$ (μέχρι την διατομή Δρακιανών). Η βροχόπτωση στην υπολεκάνη αυτή όπως υπολογίστηκε με την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen είναι για την περίοδο μελέτης 798 mm . Η βροχόπτωση αυτή αντιστοιχεί σε αυτήν την επιφάνεια είναι $16,4 \text{ Mm}^3$.

Επιφανειακές εισροές: Οι επιφανειακές εισροές από την μεσαία προς την κατάντη υπολεκάνη είναι όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο ισοζύγιο $37,8 \text{ Mm}^3$.

Πηγές Αγυιάς: Οι πηγές της Αγυιάς έχουν ετήσιο ρυθμιστικό απόθεμα 70 Mm^3 .

Οι υπόγειες εισροές από την μεσαία λεκάνη είναι $1,6 \text{ Mm}^3$.

>>Εκροές:

Εξατμισοδιαπνοή: Υποτέθηκε ποσοστό εξατμισοδιαπνοής 65% επί του συνόλου της ετήσιας βροχόπτωσης στην υπολεκάνη. Αυτό το ποσοστό αντιστοιχεί σε $10,7 \text{ Mm}^3$ ετήσια εξατμισοδιαπνοή.

Επιφανειακή εκροή: Η επιφανειακή εκροή όπως μετρήθηκε στην διατομή Δρακιανών, ανέρχεται σε ετήσια ποσότητα $77,5 \text{ Mm}^3$.

Αντλήσεις: Οι αντλήσεις στην περιοχή της Αγυιάς από γεωτρήσεις ύδρευσης και άρδευσης είναι περίπου $32,8 \text{ Mm}^3$.

Υπόγειες διαφυγές: Στα στενά της κοιλάδας Πατελαρίου το υπόβαθρο της κοίτης του ποταμού αποτελείται από χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις σημαντικής περατότητας. Υπολογίζεται πως υπόγεια διαφεύγουν $2,5 \text{ Mm}^3$ (Μαντζούκας 2005).

Το υπόλοιπο της βροχόπτωσης από την εξατμισοδιαπνοή είναι $16,4 - 10,7 = 5,7 \text{ Mm}^3$. Από αυτά τα $3,5 \text{ Mm}^3$ διηθούνται στο καρστ πάνω από τις πηγές της Αγυιάς, άρα εκφορτίζονται από τις πηγές της Αγυιάς, οπότε ανήκουν στα 70 Mm^3 του ρυθμιστικού αποθέματος των πηγών. Τα υπόλοιπα $5,7 - 3,5 = 2,2 \text{ Mm}^3$ είναι είτε επιφανειακή απορροή είτε διήθηση στην υπόλοιπη υπολεκάνη.

Έτσι, το ισοζύγιο συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 14: Ισοζύγιο κατάντη υπολεκάνης

| Εισροές (Mm^3) | |
|---------------------------|-------|
| P (βροχόπτωση Thiessen) | 16,4 |
| Επιφανειακή Εισροή | 37,8 |
| Πηγές Αγυιάς | 70 |
| Υπόγειες Εισροές | 1,6 |
| Σύνολο Εισροών | 125,8 |
| Εκροές (Mm^3) | |
| Αντλήσεις | 32,8 |
| ET (εξατμισοδιαπνοή) | 10,7 |
| Επιφανειακή Εκροή | 77,5 |
| Υπόγειες Διαφυγές | 2,5 |
| Σύνολο Εκροών | 123,5 |

Η διαφορά Εισροών – Εκροών είναι $2,3 \text{ Mm}^3$ που αντιστοιχεί στο 1,8% επί των εισροών. Το τμήμα αυτό της λεκάνης δηλαδή παρουσιάζει ένα πλεόνασμα

2,3Mm³. Μία πιθανή εξήγηση είναι ότι το πλεόνασμα που παρουσιάζεται είναι υπόγειες διαφυγές από την λεκάνη του Κερίτη προς τον κάμπο των Χανίων. Το ενδεχόμενο αυτό δεν στηρίζεται σε μετρήσεις, όμως υπάρχει ως θεωρία αφού δεν υπάρχουν μετρήσεις που να το αποκλείουν, ενώ η γεωλογία της περιοχής το επιτρέπει (προσωπική επικοινωνία με το κ Κ. Βοζινάκη γεωλόγο της YEB Χανίων).

Ισοζύγιο καρστ:

>>Εισροές

Διήθηση ανάντη υπολεκάνης: Όπως αναφέρθηκε στο ισοζύγιο της ανάντη υπολεκάνης, η βροχή που διηθείται στην λεκάνη αυτή είναι εισροή στο καρστ. Η ποσότητα που διηθείται είναι 58,6 Mm³.

Διήθηση καρστ ανατολικά της λεκάνης Κερίτη: Η συνέχεια του καρστ της ανάντη υπολεκάνης από τα ανατολικά, αν και δεν ανήκει στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη, ανήκει στο ίδιο καρστικό σύστημα, που σημαίνει ότι τροφοδοτεί τις ίδιες εκροές με το καρστ της ανάντη υπολεκάνης. Η επιφάνεια του καρστ αυτού υπολογίστηκε 47,4Km². Εφαρμόζοντας την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen, στην επιφάνεια αυτή, υπολογίζεται πως η βροχόπτωση είναι 50,2Mm³. Με συντελεστή κατείσδυσης 0,55, η διήθηση στο καρστ αυτό είναι της τάξης του 27,6 Mm³.

Διήθηση στο καρστ της Αγυιάς: Όπως αναφέρθηκε στο ισοζύγιο της κατάντη υπολεκάνης, το καρστ που ανήκει στην υπολεκάνη αυτή, διηθεί 3,5 Mm³ στο διάστημα που μελετάται το ισοζύγιο.

>>Εκροές

Πηγές Αναβάλλοντα: Οι πηγές του Αναβάλλοντα εκφορτίζουν 12Mm³ μέσο όρο σε ετήσια βάση.

Πηγές Μεσκλών: Για τις πηγές των Μεσκλών δεν υπάρχουν μετρήσεις εκφόρτισης. Μέσω ισοζυγίου της ανάντη υπολεκάνης υπολογίστηκαν περί τα 7,7Mm³ για την περίοδο μελέτης.

Πηγές Αγυιάς: Οι πηγές της Αγυιάς εκφορτίζουν ετήσια μία σχετικά σταθερή ποσότητα των 70Mm³ που είτε αντλούνται για υδρευτική – αρδευτική εκμετάλλευση, είτε απορρέουν προς την θάλασσα.

Σύμφωνα με τις παραπάνω εισροές και εκροές, το ισοζύγιο του καρστικού συστήματος συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 15: Ισοζύγιο καρστ

| Εισροές (Mm ³) | |
|--|------|
| Διήθηση ανάντη υπολεκάνης | 58,6 |
| Διήθηση καρστ ανατολικά της λεκάνης Κερίτη | 27,6 |
| Διήθηση στο καρστ της Αγυιάς | 3,5 |
| Σύνολο Εισροών | 89,7 |
| Εκροές (Mm ³) | |
| Πηγές Αναβάλλοντα | 12 |
| Πηγές Μεσκλών | 7,7 |
| Πηγές Αγυιάς | 70 |
| Σύνολο Εκροών | 89,7 |

Γενικό ισοζύγιο λεκάνης Κερίτη:

>>Εισροές

Βροχοπτώσεις: Το σύνολο της βροχόπτωσης για όλη την λεκάνη όπως υπολογίστηκε με την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen είναι 239,3Mm³.

Στις εισροές του συστήματος πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι εισροές από το καρστ ανατολικά της υδρολογικής λεκάνης. Όπως έχει προαναφερθεί, οι εισροές αυτές είναι 27,6Mm³.

>>Εκροές

Εξατμισοδιαπνοή: Ο σταθμισμένος μέσος της εξατμισοδιαπνοής στην λεκάνη είναι 52,5%. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε 125,6 Mm³ που εξατμισοδιαπνέονται ετήσια από το σύνολο της βροχόπτωσης στην λεκάνη.

Επιφανειακή απορροή: Η ετήσια επιφανειακή απορροή όπως εκτιμήθηκε στην διατομή Δρακιανών είναι 77,5Mm³.

Οι συνολικές απολήψεις στην λεκάνη ανέρχονται σε 47Mm³.

Στις εκροές πρέπει να ληφθεί υπόψη και η εκροή από τις πηγές Αναβάλλοντα που βρίσκονται εκτός της λεκάνης που μελετάται. Η ετήσια εκροή των πηγών ανέρχεται σε 12Mm³.

Υπόγειες διαφυγές: Οι υπόγειες διαφυγές από τα στενά της κοιλάδας του Πατελαρίου υπολογίζονται στα $2,5\text{Mm}^3$. Επίσης $2,3\text{Mm}^3$ πιθανόν να διαφευγουν προς τον κάμπο Χανίων, ανατολικά της Αγυιάς.

Το συνολικό ισοζύγιο της λεκάνης συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 16: Γενικό ισοζύγιο λεκάνης Κερίτη

| Εισροές (Mm^3) | |
|---|----------------------|
| Βροχοπτώσεις | 239,3 |
| Διήθηση καρστ ανατολικά της λεκάνης Κερίτη | 27,6 |
| Σύνολο Εισροών | 266,9 |
| Εκροές (Mm^3) | |
| Πηγές Αναβάλλοντα | 12 |
| Εξατμισοδιαπνοή | 125,6 |
| Επιφανειακές απορροές | 77,5 |
| Υπόγειες διαφυγές | 4,8(=2,5+2,3) |
| Συνολικές απολήψεις | 47 |
| Σύνολο Εκροών | 266,9 |

5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ

Από τις καμπύλες στάθμης – παροχής που υπολογίστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, γίνεται υπολογισμός των ετήσιων παροχών στις τέσσερις διατομές. Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν και για την εξαγωγή των ισοζυγίων μάζας. Επίσης, οι ωριαίες παροχές που υπολογίστηκαν για την διατομή ελέγχου στην περιοχή του Κυρτωμάδου, χρησιμοποιήθηκαν για την βαθμονόμηση και εκτίμηση αποτελεσμάτων του μοντέλου HEC-HMS. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το χρονικό διάστημα 15/4/2005 με 15/4/2006 για τις τέσσερις διατομές που μελετήθηκαν παρουσιάζονται υπό την μορφή πίνακα παρακάτω:

Πίνακας 17: Αποτελέσματα ετήσιας απορροής

| Διατομή Ελέγχου | Ετήσια Παροχή (Mm³) |
|------------------------|---------------------------------------|
| Μεσκλών | 18,9 |
| Κυρτωμάδου | 37,8 |
| Πατελαρίου | 37,2 |
| Δρακιανών | 77,5 |

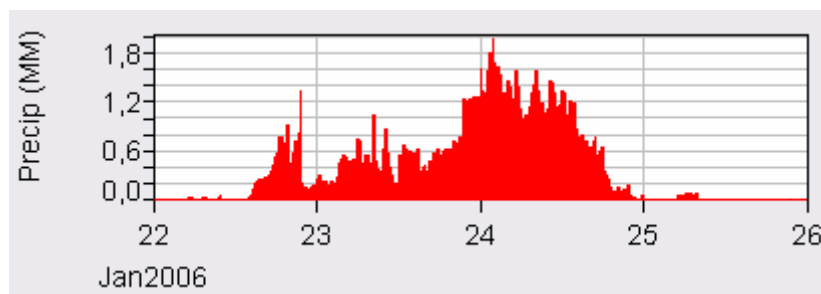
5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ HEC-HMS

Για τα αποτελέσματα των παραμέτρων που προέκυψαν από την βαθμονόμηση του HEC-HMS για ένα γεγονός βροχής 1-2/2/2006, δοκιμάζεται η ορθότητα του μοντέλου σε διάφορα άλλα γεγονότα βροχόπτωσης. Τα γεγονότα που προσομοιάζονται είναι γεγονότα βροχόπτωσης με μεγάλη ένταση, όπως και το γεγονός βαθμονόμησης. Πρέπει να αναφερθεί ότι δεν πρόκειται για γεγονότα με διάρκεια μεγάλη ένταση και μικρή διάρκεια, αφού η διάρκειά τους είναι από λίγες ως μερικές ώρες. Παρακάτω παρουσιάζονται τα γεγονότα τα οποία δοκιμάστηκαν:

- 22-24 Ιανουαρίου 2006
- 6-7 Φεβρουαρίου 2006

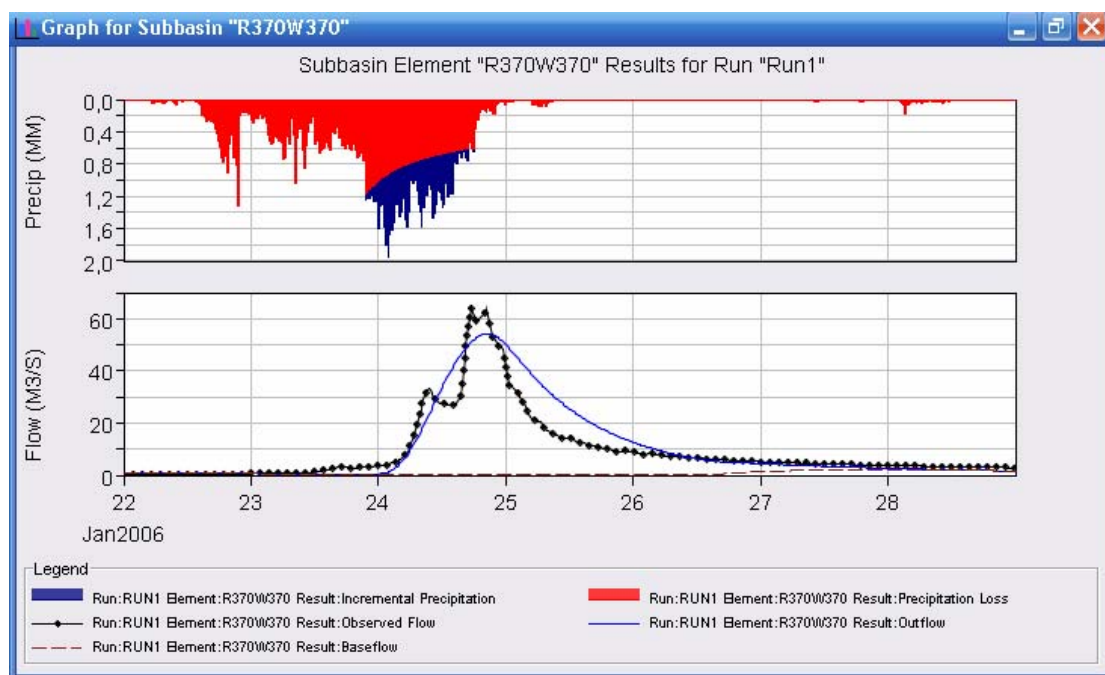
Προσομοίωση γεγονότος 22-24/1/06

Το γεγονός της 22-24 Ιανουαρίου, παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα, όπως προέκυψε από την μέθοδο Thiessen που χρησιμοποιεί το μοντέλο. Το συνολικό ύψος βροχόπτωσης που έδωσε ήταν 156mm, και η κατανομή του είναι αυτή του γραφήματος:



Εικόνα 31: Γεγονός 22-24 Ιανουαρίου 2006

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για αυτό το γεγονός παρουσιάζονται στο παρακάτω υδρογράφημα:



Εικόνα 32: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 22-24/1/2006

Τα αριθμητικά αποτελέσματα της παραπάνω προσομοίωσης, όπως εξήχθησαν από το HEC-HMS όπως και οι παρατηρήσεις πάνω σε αυτά, παρουσιάζονται παρακάτω:

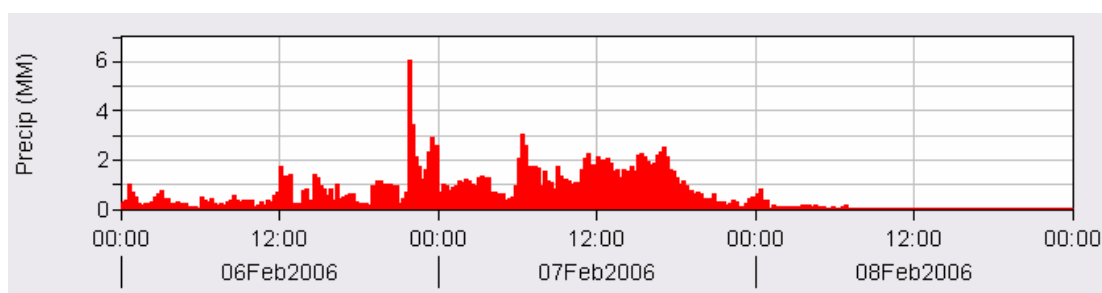
| Computed Results | | | |
|--|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Peak Discharge : | 54,17 (M3/S) | Date/Time of Peak Discharge : | 24Jan2006, 20:30 |
| Total Precipitation : | 28750,29 (1000 M3) | Total Direct Runoff : | 5707,23 (1000 M3) |
| Total Loss : | 23043,06 (1000 M3) | Total Baseflow : | 502,51 (1000 M3) |
| Total Excess : | 5707,23 (1000 M3) | Discharge : | 6209,74 (1000 M3) |
| Observed Hydrograph at Gage KsiliniDischarge | | | |
| Peak Discharge : | 63,91 (M3/S) | Date/Time of Peak Discharge : | 24Jan2006, 17:30 |
| Avg Abs Residual : | 3,10 (M3/S) | | |
| Total Residual : | 660,84 (1000 M3) | Total Obs Q : | 5548,90 (1000 M3) |

Εικόνα 33: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 22-24/1/2006

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρατηρούμε πως ο συνολικός όγκος νερού όπως υπολογίστηκε από το μοντέλο, υπερβαίνει τον πραγματικό όγκο νερού κατά 12%. Αντίθετα όμως από την βαθμονόμηση, η μέγιστη παροχή προσεγγίστηκε με μεγαλύτερη ακρίβεια, αφού υπολογίστηκε κατά 15% μικρότερη από τις μετρήσεις πεδίου. Τέλος, το μοντέλο υπολόγισε την μέγιστη παροχή 3 ώρες μετά την πραγματική ώρα της μέγιστης παροχής.

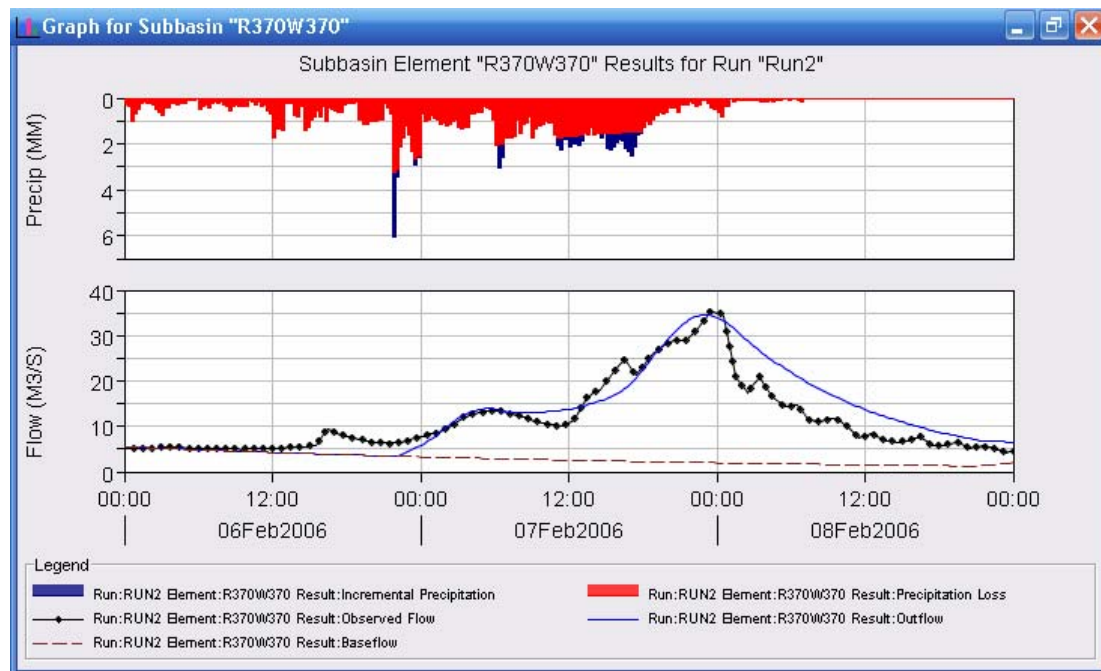
Προσομοίωση γεγονότος 6-7/2/2006

Το γεγονός αυτό παρουσιάζεται γραφικά στο παρακάτω γράφημα. Το συνολικό ύψος βροχής του γεγονότος αυτού ήταν 192mm για 2 μέρες βροχόπτωσης.



Εικόνα 34: Γεγονός βροχόπτωσης 6-7 Φεβρουαρίου 2006

Τα αποτελέσματα που έδωσε το μοντέλο για το γεγονός αυτό παρουσιάζονται γραφικά ως εξής:



Εικόνα 35: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 6-7/2/2006

Αριθμητικά, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αυτής παρουσιάζονται παρακάτω:

| Computed Results | | | |
|--|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Peak Discharge : | 34,58 (M3/S) | Date/Time of Peak Discharge : | 07Φεβ2006, 23:00 |
| Total Precipitation : | 35273,74 (1000 M3) | Total Direct Runoff : | 2566,01 (1000 M3) |
| Total Loss : | 32527,63 (1000 M3) | Total Baseflow : | 733,75 (1000 M3) |
| Total Excess : | 2746,11 (1000 M3) | Discharge : | 3299,76 (1000 M3) |
| Observed Hydrograph at Gage KsiliniDischarge | | | |
| Peak Discharge : | 35,26 (M3/S) | Date/Time of Peak Discharge : | 07Φεβ2006, 23:30 |
| Avg Abs Residual : | 2,73 (M3/S) | | |
| Total Residual : | 300,43 (1000 M3) | Total Obs Q : | 2999,33 (1000 M3) |

Εικόνα 36: Αποτελέσματα προσομοίωσης γεγονότος 6-7/2/2006

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι η συνολική παροχή για την περίοδο της προσομοίωσης υπερτιμήθηκε από το μοντέλο κατά 10%. Η τιμή της μέγιστης παροχής υποεκτιμήθηκε κατά 2%. Τέλος, η ώρα της μέγιστης παροχής σε αυτήν την προσομοίωση υπολογίστηκε καλύτερα από ότι στην προηγούμενη, αφού υπολογίστηκε 30 λεπτά νωρίτερα.

Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 18: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα περιόδου βαθμονόμησης και περιόδων προσομοίωσης

| Ημερομηνία | | 1-2/2/2006 | 22-24/2/2006 | 6-7/2/2006 |
|---|---------------------|----------------|----------------------------|----------------------------|
| Όνομα | | Βαθμονόμηση | 1 ^η Προσομοίωση | 2 ^η Προσομοίωση |
| Συνολική Παροχή (x10 ³ m ³) | Μετρήσεων | 3588,89 | 5548,90 | 2999,33 |
| | Μοντέλου | 3581,59 | 6209,74 | 3299,76 |
| | Απόκλιση % | -0,2* | +12* | +10* |
| Μέγιστη Παροχή (m ³ /sec) | Μετρήσεων | 32,19 | 63,91 | 35,26 |
| | Μοντέλου | 25,93 | 54,17 | 34,58 |
| | Απόκλιση % | -19,5* | -15* | -2* |
| Ωρα Μέγιστης Παροχής | Μετρήσεων | 2/2/2006 14:30 | 24/1/2006 17:30 | 7/2/2006 23:30 |
| | Μοντέλου | 2/2/2006 14:30 | 24/1/2006 20:30 | 7/2/2006 23:00 |
| | Απόκλιση (hh:mm) | 00:00 | 03:00 | 00:30 |

(* + = υπερεκτίμηση, - = υποεκτίμηση)

5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ HEC-HMS

Η παρούσα ανάλυση ευαισθησίας έχει σκοπό τον προσδιορισμό της ευαισθησίας κάθε παραμέτρου που χρησιμοποιεί το μοντέλο προσομοίωσης. Κάθε φορά δοκιμάζεται μόνο μία παράμετρος, αλλάζοντας της θετικά και αρνητικά την τιμή κατά το ποσοστό αυτό. Με την ανάλυση αυτή, προσδιορίζονται οι παράμετροι με την μεγαλύτερη ευαισθησία που πρέπει να δοθεί σε αυτές μεγαλύτερη προσοχή. Θα δοκιμαστεί το ποσοστό $\pm 10\%$ για τις μεταβλητές του μοντέλου. Η ευαισθησία θα υπολογιστεί ως προς τον συνολικό όγκο του νερού που μετρήθηκε από το μοντέλο για την περίοδο βαθμονόμησης (Q_{tot}), όπως επίσης και για την τιμή της μέγιστης παροχής που υπολόγισε το μοντέλο στο γεγονός αυτό (Q_{max}). Ο τύπος που δίνει την ευαισθησία κάθε μεταβλητής είναι ο παρακάτω:

$$S^{\pm} = \frac{\frac{\Delta(J)}{J_o}}{\frac{\Delta k}{k_o}} = \frac{\frac{\Delta(J)}{J_o}}{\frac{a \cdot k_o}{k_o}} = \frac{\Delta(J)}{J_o \cdot a}$$

όπου

J_o = Είναι η τιμή της διαδικασίας για την αρχική μεταβλητή

ΔJ = Η διαφορά της τιμής της διαδικασίας πριν και μετά την μεταβολή της μεταβλητής ($J_o - J_a$).

Δk = Μεταβολή της μεταβλητής ($k_o - k_a$)

k_o = Αρχική τιμή της μεταβλητής

a = ποσοστιαία αλλαγή της μεταβλητής

Οι παράμετροι που θα αναλυθούν είναι οι περισσότερες από τις παραμέτρους των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν. Πρόκειται να εξαιρεθεί η παράμετρος ώρας συγκέντρωσης (Time of Concentration) της μεθόδου μετασχηματισμού, όπου επηρεάζει την θέση της μέγιστης απορροής στο υδρογράφημα, η αρχική απορροή (Initial discharge) που είναι μία μεταβλητή που αλλάζει σε κάθε προσομοίωση, όπως και η Recession Constant η οποία προσδιορίστηκε από τις μετρήσεις πεδίου. Στον παρακάτω πίνακα υπολογίζεται η ευαισθησία της κάθε παραμέτρου, σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο.

Πίνακας 19: Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων μοντέλου

| Παράμετρος | Αρχική τιμή παραμέτρου | Αρχική τιμή αποτελέσματος | | % Μεταβολή παραμέτρου | Νέα τιμή παραμέτρου | Νέα τιμή αποτελέσματος | | Ευαισθησία S | |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|-------|-----------------------|---------------------|------------------------|-------|--------------|--------|
| | | Qtot | Qmax | | | Q'tot | Q'max | SQtot | SQmax |
| Initial Loss | 5 | 3581,59 | 25,93 | +10% | 5,5 | 3560,53 | 25,76 | 0,059 | 0,066 |
| | | | | -10% | 4,5 | 3602,31 | 26,1 | 0,058 | 0,066 |
| Moisture Deficit | 0,5 | 3581,59 | 25,93 | +10% | 0,55 | 3380,72 | 24,29 | 0,561 | 0,632 |
| | | | | -10% | 0,45 | 3800,96 | 27,71 | 0,612 | 0,686 |
| Suction | 150 | 3581,59 | 25,93 | +10% | 165 | 3380,72 | 24,29 | 0,561 | 0,632 |
| | | | | -10% | 135 | 3800,96 | 27,71 | 0,612 | 0,686 |
| Conductivity | 5,3 | 3581,59 | 25,93 | +10% | 8,8 | 3256,97 | 23,28 | 0,906 | 1,022 |
| | | | | -10% | 7,2 | 3956,68 | 28,98 | 1,047 | 1,176 |
| Impervious | 5% | 3581,59 | 25,93 | +10% | 5,5 | 3726,03 | 26,95 | -0,403 | -0,393 |
| | | | | -10% | 4,5 | 3437,2 | 24,9 | -0,403 | -0,397 |
| Storage Coefficient | 10 | 3581,59 | 25,93 | +10% | 5,5 | 3516,37 | 25,04 | 0,182 | 0,343 |
| | | | | -10% | 4,5 | 3650,61 | 26,87 | 0,193 | 0,363 |
| Threshold Ratio to peak | 0,3 | 3581,59 | 25,93 | +10% | 0,33 | 3681,8 | 25,93 | -0,280 | 0,000 |
| | | | | -10% | 0,27 | 3482,2 | 25,93 | -0,278 | 0,000 |

Από την ανάλυση που έγινε παραπάνω, συνοψίζουμε τα εξής αποτελέσματα για την ευαισθησία των παραμέτρων του μοντέλου. Η παράμετρος που επηρεάζει περισσότερο την συνολική παροχή για την περίοδο προσομοίωσης, είναι η υδραυλική αγωγιμότητα. Η ίδια παράμετρος επηρεάζει περισσότερο και την μέγιστη παροχή όπως υπολογίζεται από το μοντέλο. Από τον παραπάνω πίνακα βγαίνει το γενικό συμπέρασμα ότι η κάθε παράμετρος του μοντέλου επηρεάζει παρόμοια και την συνολική και την μέγιστη παροχή που υπολογίζει το μοντέλο. Από τον γενικό αυτό κανόνα εξαιρούνται η παράμετρος Storage Coeff που επηρεάζει περισσότερο την μέγιστη παροχή, και η Threshold Ratio to peak που επηρεάζει την συνολική παροχή περισσότερο.

Παρατηρείται ότι η παράμετρος την υδραυλικής αγωγιμότητας δεν επηρεάζει γραμμικά τα αποτελέσματα, αφού η ποσοστιαία αλλαγή των αποτελεσμάτων είναι διαφορετική για 10% ποσοστιαία αλλαγή της υδραυλικής αγωγιμότητας προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΓΙΑ ΤΟ HEC-HMS

Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, συγκεντρώνει αρκετές μεθόδους για προσομοίωση της επιφανειακής απορροής σε μία λεκάνη. Με τα περιορισμένα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση, τα αποτελέσματα ήταν αρκετά ικανοποιητικά για γεγονότα βροχής με μεγάλη ένταση. Όμως, σε μικρότερα γεγονότα βροχόπτωσης μικρής ή και μεγάλης διάρκειας, το μοντέλο φαίνεται να μη μπορεί να προσομοιάσει την μετρημένη απορροή.

Δοκιμάστηκαν πάνω από μία μέθοδοι για βασική απορροή, μετασχηματισμό και απώλειες. Οι δοκιμές έδειξαν πως οι πιο ευέλικτες και αξιόπιστες μέθοδοι είναι η μέθοδος απωλειών Green and Ampt, μέθοδος μετασχηματισμού Clark unit hydrograph και μέθοδος βασικής απορροής Recession που και τελικά χρησιμοποιήθηκαν. Μία από τις μεθόδους μετασχηματισμού που δοκιμάστηκε, ήταν η μέθοδος SCS Curve Number. Η μέθοδος αυτή είναι ευρεία χρησιμοποιούμενη και προσφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης λεκάνης όμως η μέθοδος αυτή δε φάνηκε να λειτουργεί. Μία σημαντική παράμετρος που δε λαμβάνεται υπόψη στο μοντέλο και πιστεύεται ότι ήταν και ο λόγος που δε κατάφερε η μέθοδος SCS Curve Number να δώσει αποτελέσματα, είναι η φύση του εδάφους στα νότια τμήματα της λεκάνης απορροής. Η συγκεκριμένη μέθοδος δε δίνει καλά αποτελέσματα σε περιοχές με καρστικό υπόβαθρο (M.R. Knebl et al 2005). Επίσης, άλλη μία παράμετρος που δεν μπορούσε να εισαχθεί λόγω έλλειψης στοιχείων στο μοντέλο, είναι η παροχή από τις πηγές των Μεσκλών που επιστρέφουν στην επιφανειακή απορροή νερό που πρωτύτερα είχε κατεισθήσει στα καρστικά πετρώματα των Λευκών Ορέων. Αυτός είναι και πιθανός λόγος που το μοντέλο παρουσιάζει απρόβλεπτα αποτελέσματα σε μικρά γεγονότα βροχόπτωσης και σε μεγάλες περιόδους προσομοίωσης.

6.2 ΓΙΑ ΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Η προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου που έγινε σε αυτήν την εργασία, μειώνει την αβεβαιότητα σε σχέση με προηγούμενες προσεγγίσεις που έχουν γίνει. Εργασίες που έχουν ασχοληθεί με το υδατικό ισοζύγιο του Κερίτη είναι η «Μαντζούκας Χ., Διπλωματική Εργασία, Παρουσίαση υδρολογικού και υδρογεωλογικού ισοζυγίου του Κερίτη ποταμού (Ν.Χανίων) και προτάσεων για την βέλτιστη διαχείριση του υδατικού δυναμικού της, Χανιά 2005» και «Χατζευαγγέλου Κ, Μεταπτυχιακή Διατριβή εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου και διαχείριση υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, Χανιά 2005». Χρησιμοποιήθηκαν τρία νέα στοιχεία που έχουν εισαχθεί στην παρούσα προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου του Κερίτη:

Το πρώτο νέο στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέτρηση της βροχόπτωσης με χρήση βροχομετρικών σταθμών που βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής. Στις προσεγγίσεις που έγιναν σε προηγούμενες εργασίες, δεν υπήρχαν διαθέσιμα βροχομετρικά στοιχεία από σταθμούς εντός της λεκάνης. Για το λόγο αυτό, η βροχόπτωση στην λεκάνη είχε προσεγγιστεί βάσει μίας βροχοβαθμίδας που είχε υπολογιστεί από δεδομένα βροχόπτωσης τα οποία προέρχονταν από σταθμούς που βρίσκονται εκτός της λεκάνης, και σε σχετικά μικρά υψόμετρα. Ο σταθμός με το μεγαλύτερο υψόμετρο που είχε χρησιμοποιηθεί ήταν αυτός στα Παλαιά Ρούματα με υψόμετρο 380m. Η προσέγγιση αυτή με χρήση αυτής της βροχοβαθμίδας, υπερεκτιμά το ύψος της βροχόπτωσης σε μεγάλα υψόμετρα στην λεκάνη του Κερίτη.

Το δεύτερο νέο στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν οι μετρήσεις απορροής σε τέσσερις βασικές διατομές του ποταμού. Η γνώση της απορροής στα σημεία αυτά μείωση κατά πολύ την αβεβαιότητα για τις ποσότητες που απορρέουν επιφανειακά, όπως επίσης επιβεβαίωσε στοιχεία για την παροχή των πηγών της Αγυιάς.

Το τρίτο νέο στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέτρηση της υπόγειας εισροής στο καρστ της λεκάνης από την συνέχεια του καρστ που βρίσκεται εκτός της λεκάνης και ανατολικά αυτής. Το κατεισδύων νερό σε αυτόν το σχηματισμό γίνεται η υπόθεση ότι καταλήγει στις πηγές της Αγυιάς.

Για την εκτίμηση του ισοζυγίου, εκτός από τα νέα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, έγιναν και κάποιες νέες παραδοχές που αποσκοπούν στην καλύτερη εκτίμηση των επιμέρους παραμέτρων της λεκάνης:

Μία βασική παραδοχή που έγινε είναι η διαμερισματοποίηση της λεκάνης σε τρία μέρη, βάσει γεωμορφολογικών στοιχείων. Η τμηματοποίηση αυτή βοήθησε και στην αξιοποίηση των μετρήσεων επιφανειακής απορροής που αναφέρθηκαν παραπάνω. Έτσι, έγινε εκτίμηση παραμέτρων σε επιμέρους ισοζύγια για κάθε υπολεκάνη (τμήμα), που μειώνει την αβεβαιότητα σε παραμέτρους όπως η εξατμισοδιαπνοή, η οποία ως παράμετρος διαφοροποιείται από τα Βόρεια ως τα Νότια την λεκάνης. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή στη λεκάνη δεν υπολογίστηκε, αλλά υποτέθηκε προσεγγιστικά.

Εκτός από τις μετρημένες παραμέτρους όμως υπάρχουν ακόμα παράμετροι που χρειάζεται να μετρηθούν για την πλήρη αποσαφήνιση του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης. Μία κύρια παράμετρος που πρέπει να προσδιοριστεί είναι η εξατμισοδιαπνοή. Επίσης, άλλη μία παράμετρος που χρειάζεται να αποσαφηνιστεί είναι η αποθήκευση νερού υπό την μορφή χιονιού σε μεγάλα υψόμετρα. Άλλη μία παράμετρος που πρέπει να προσδιοριστεί είναι η προέλευση του νερού των πηγών Κουφού για τις οποίες δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα η ακριβής προέλευση της υδροφορίας τους. Πρέπει επίσης να εξεταστεί το ενδεχόμενο επικοινωνίας της προσχωματικής υδροφορίας της λεκάνης του Κερίτη με τον κάμπο των Χανίων. Τέλος, πρέπει να γίνουν καλύτερες μετρήσεις στις πηγές Μεσκλών, για τον ακριβή προσδιορισμό της εκροής τους κατά την διάρκεια του χρόνου.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για την πλήρη κατανόηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης του ποταμού Κερίτη χρειάζεται να γίνουν κάποια έργα που θα βοηθήσουν όχι μόνο στην κατανόηση του, αλλά και στην παρακολούθηση αυτού. Προτείνονται κάποια έργα και υποδομές που θα βοηθήσουν στους ανωτέρω σκοπούς:

Κατασκευή τριγωνικών υπερχειλιστών στις θέσεις των υπαρχόντων διατομών ελέγχου. Οι τριγωνικοί υπερχειλιστές δίνουν την δυνατότητα μείωσης της αβεβαιότητας που υπάρχει στις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την εργασία. Επίσης, οι σωστά κατασκευασμένες διατομές δεν αλλοιώνονται από την επίδραση του νερού όπως έγινε σε δύο από τις υπάρχουσες διατομές που υπάρχουν αυτή τη στιγμή.

Τοποθέτηση οργάνου μέτρησης στις πηγές Μεσκλών για την ακριβή καταγραφή των παροχών. Με τον τρόπο αυτό δύναται να κατασκευαστεί χρονοσειρά της απορροής των πηγών που θα χρησιμοποιηθεί για την καλύτερη μοντελοποίηση της απορροής, όπως και για την καλύτερη διαχείριση του δυναμικού τους.

Τοποθέτηση σταθμημέτρων εντός γεωτρήσεων παρατήρησης για την καταγραφή της στάθμης του υδροφορέα κατά την διάρκεια του έτους. Έτσι θα γίνεται συστηματική παρακολούθηση του υδροφορέα για τυχόν υπερεκμετάλευση του. Επίσης η ύπαρξη τέτοιων μετρήσεων θα βοηθήσει στην καλύτερη παρακολούθηση και μοντελοποίηση της αυξομείωσης του υδροφορέα.

Τοποθέτηση εξατμισήμετρου και οργάνου μέτρησης της ηλιοφάνειας σε μεγάλο υψόμετρο για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής σε διάφορα μέρη της λεκάνης. Η αποσαφήνιση της παραμέτρου αυτής είναι σημαντική αφού κρίνεται ότι περιέχει μεγάλη αβεβαιότητα.

Για την επιβεβαίωση του αν υπάρχει ή όχι υδραυλική σύνδεση της προσχωματικής υδροφορίας του Κερίτη με τον κάμπο Χανίων, χρειάζεται να ανοιχτούν πηγάδια παρατήρησης. Η ύπαρξη ή μη υδραυλικής σύνδεσης μπορεί να επιβεβαιωθεί είτε από την υδραυλική κλίση, είτε με δοκιμές ιχνηθέτησης στις γεωτρήσεις παρατήρησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

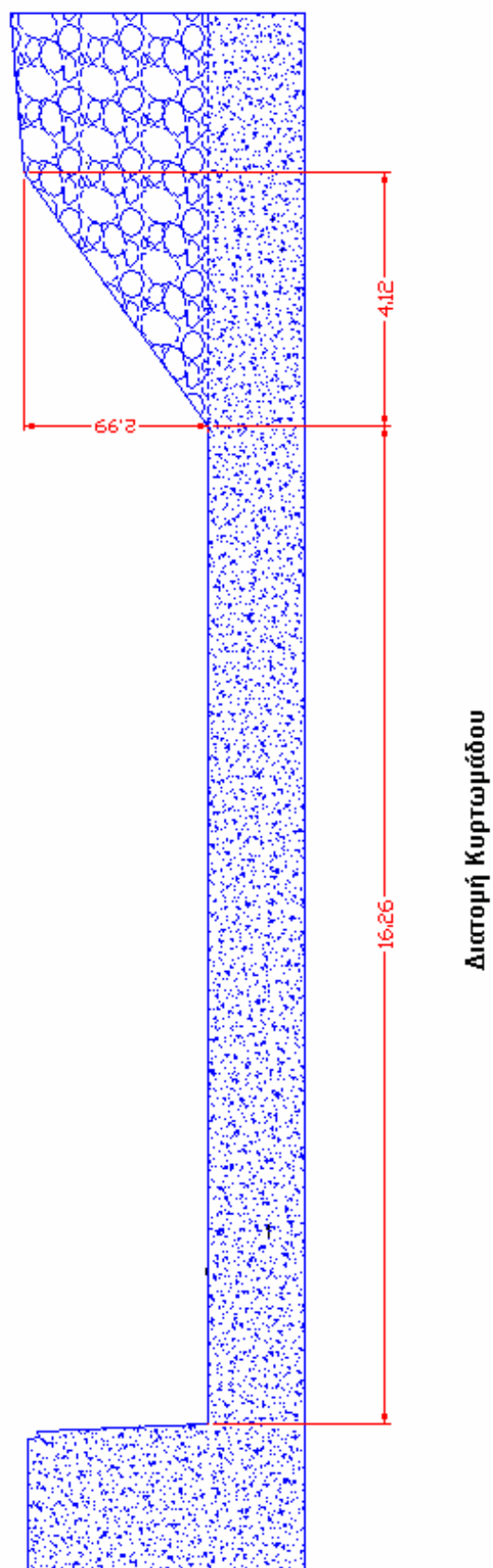
- Τσακίρης Γ., Αθήνα 1995, Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις συμμετρία.
- Μαντζούκας Χ., Διπλωματική Εργασία Παρουσίαση υδρολογικού και υδρογεωλογικού ισοζυγίου του Κερίτη ποταμού (Ν.Χανίων) και προτάσεων για την βέλτιστη διαχείριση του υδατικού δυναμικού της, Χανιά 2005.
- Βοζινάκης Κ, Γεωλόγος, προσωπική επικοινωνία στα γραφεία της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων (ΥΕΒ) Χανίων, 2006
- Λιονής και Περγλέρος, Αθήνα 2001, Υδρογεωλογική μελέτη του κάμπου Χανίων
- US Army Corps of Engineers, 2005, Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual Version 3.0.0
- US Army Corps of Engineers, 2000, Geospatial Hydrologic Modeling Extension User's Manual Version 1.0
- Jueyi s., 2005, Estimation of Flood Hydrograph for an ungauged watershed, Water Resource Management 19 (2005) 813-830
- Bayraktar H., Turalioglu S., Sen Z., The estimation of areal rainfall by percentage weighting polygon method in Southern Anatolia region, Turkey, Atmospheric research 73 (2005) 149-160
- M.R. Knebla, Z.-L. Yanga,*, K. Hutchisonb, D.R. Maidment, Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin, Journal of Environmental Management 75 (2005) 325–336.
- Mary C. Halley P.E. , Suzanne O. White, and Edwin W. Watkins P.E, ArcView GIS Extension for Estimating Curve Numbers (webpage)
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division, 1986, Technical Release 55.
- Xu, C.-Y., Singh, V.P., Evaluation of three complementary relationship evapotranspiration models by water balance approach to estimate actual regional evapotranspiration in different climatic regions, Journal of hydrology, Journal of Hydrology 308 (2005) 105–121.

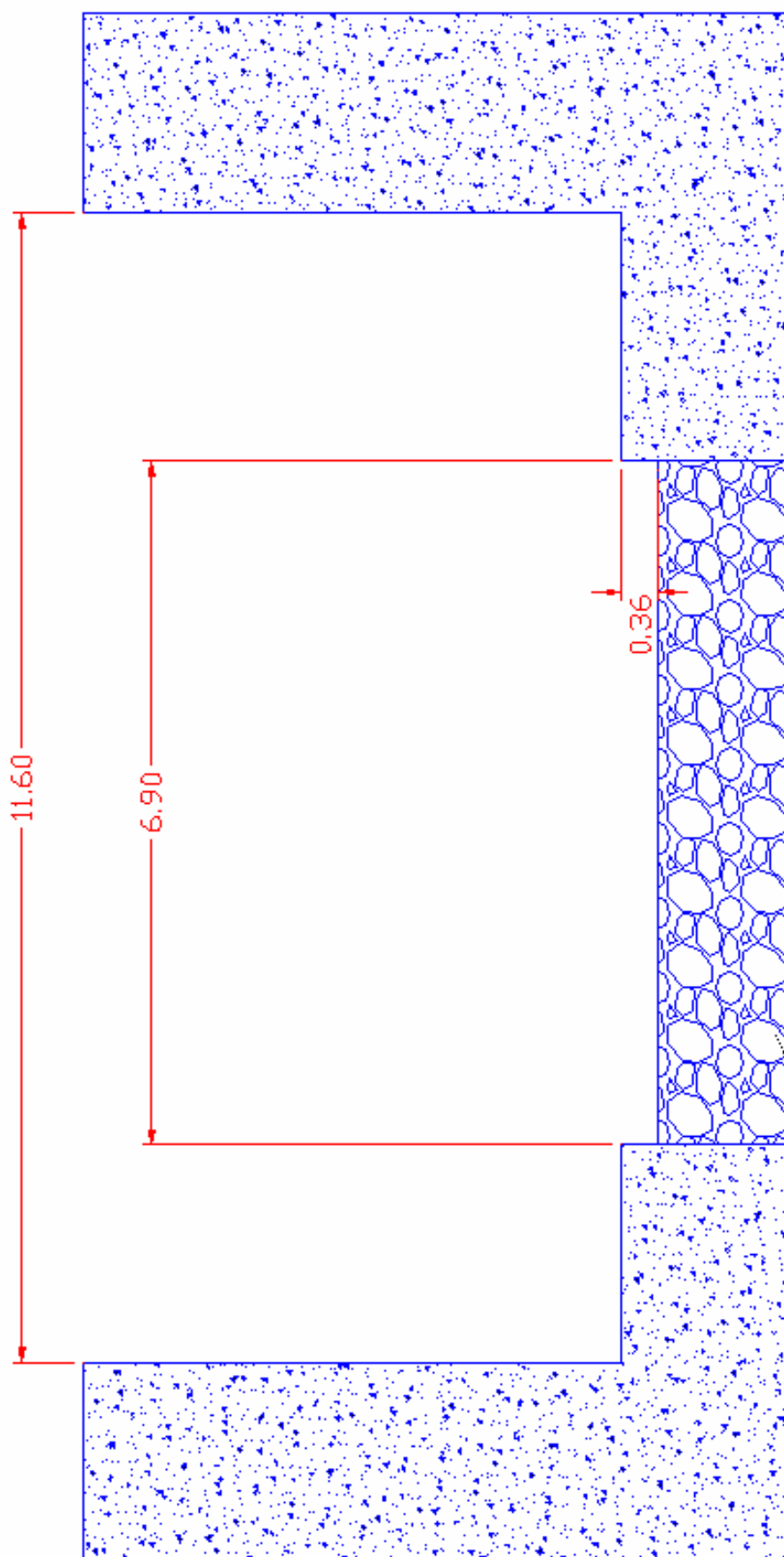
- Χατζηευαγγέλου Κ, Μεταπτυχιακή Διατριβή εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου και διαχείριση υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, 2005.
- Γιώργος Χαρ. Μηλιαρέσης Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής, Τμήμα Γεωλογίας, Παν/μιο Πατρών, Φροντιστηριακές Σημειώσεις.

Web:

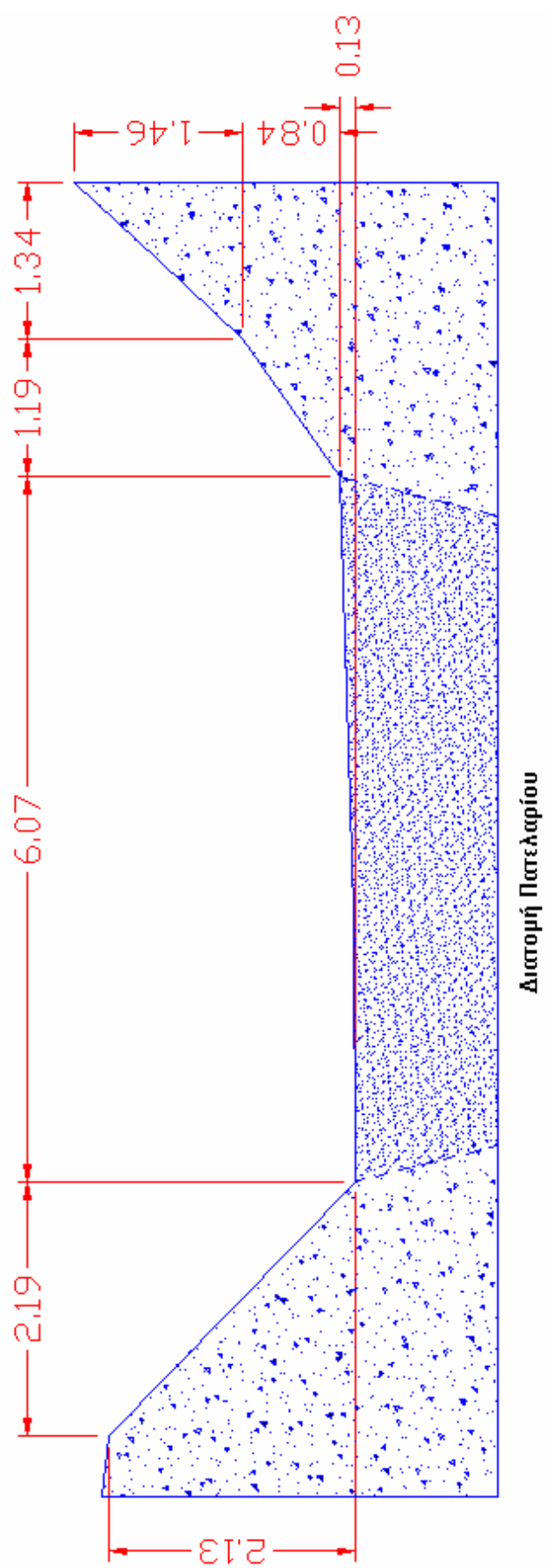
- http://www.brown.edu/Courses/GE0158/web2_revised/dennis/basic.html

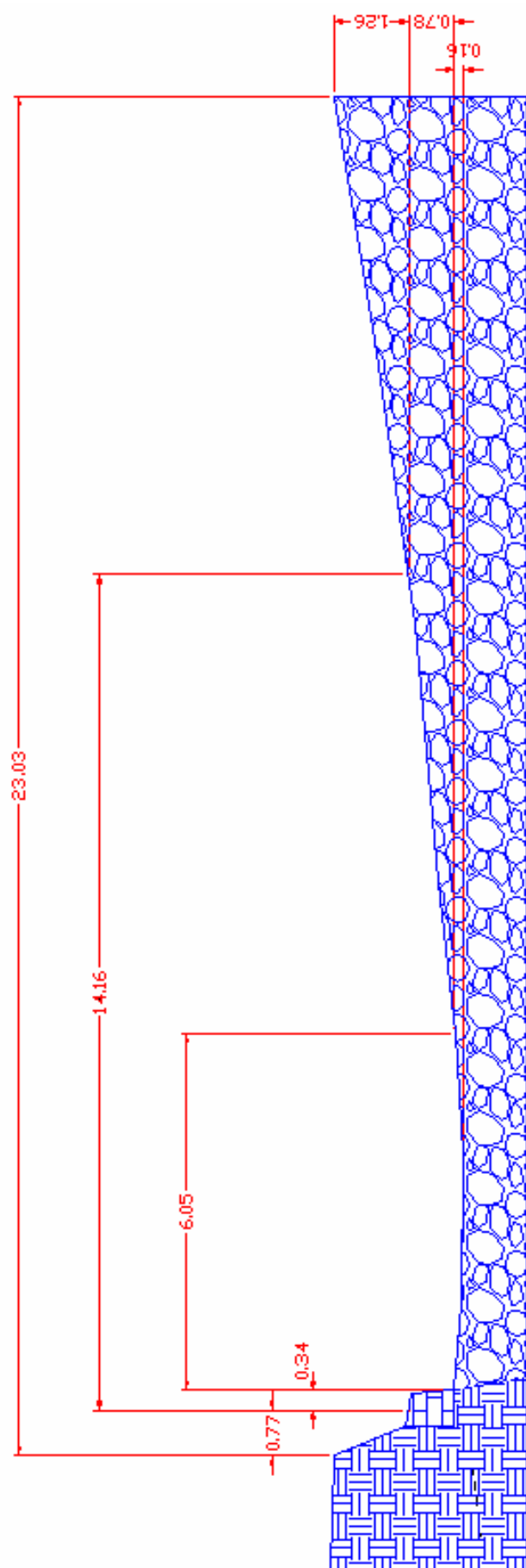
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ AutoCAD.





Διατομή Μεσκλών





Διατομή Δρακινών