



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : Παντελής Δ. Μήτσιου
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Αν. Καθ. Αθανάσιος Λουκάς

Βόλος 2005



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4857/1
Ημερ. Εισ.: 01-08-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΠΣΕ - ΦΠΑΠ
2005
ΜΗΤ

***Αφιερωμένο στην Κατερίνα, την Αφροδίτη
τον Ανδρέα και τη Δήμητρα***

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Και να που έφτασα στο τέλος αυτής της πορείας. Μια πορεία δύσκολη αλλά συναρπαστική. Γεμάτη χαρές και λύπες αλλά κύρια μεστή και πλήρη γνώσεων. Μια πορεία που θα ήταν αδύνατο να διανύσω και ολοκληρώσω χωρίς την υπομονή, το κουράγιο και την αγάπη της γυναίκας μου Κατερίνας και των παιδιών μου Αφροδίτης, Ανδρέα και Δημήτρας. Θέλω γι' αυτό να τους ευχαριστήσω ιδιαίτερα.

Ευχαριστώ όλους τους καθηγητές μου σ' αυτή την πορεία για τις γνώσεις τους που μου πρόσφεραν απλόχερα .

Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον Καθηγητή μου Θανάση Λουκά για την υπομονή του, την επιμονή του, την φιλία του και τις γνώσεις του. Χωρίς αυτόν τίποτα δεν θα ήταν δυνατό να γίνει όπως έγινε. Θανάση σ' ευχαριστώ.

Ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Νικόλαο Δαλέζιο γιατί πίστεψε σε όλους εμάς, και πάλεψε για όλους εμάς.

Ευχαριστώ τους Χρήστο Δομενικιώτη και Λάμπρο Βασιλειάδη γιατί μοιράστηκαν μαζί μου τις γνώσεις και την εμπειρία τους.

Ευχαριστώ τον Χρήστο Ζαραγκότα γιατί με ανέχτηκε και με βοήθησε. Χρήστο, ευχαριστώ.

Ευχαριστώ όλους τους συμφοιτητές μου για την απίθανη παρέα τους.

Ευχαριστώ την αδελφή μου Στέλλα για την αγάπη της και τη στήριξή της.

Ιδιαίτερα θέλω, τέλος, να ευχαριστήσω τους γονείς μου Δημήτρη και Αφροδίτη γιατί μ' έκαναν αυτό που είμαι, για την πίστη τους σ' εμένα, για τις θυσίες τους γιατί είναι πάντα δίπλα μου όταν τους χρειάζομαι. Σ' αυτούς αφιερώνω και την παρούσα μου εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	- 1 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 3 -
1.1 Αντικείμενο μελέτης	- 3 -
1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση	- 3 -
1.3 Διάρθρωση της εργασίας	- 11 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	- 12 -
2.1 Περιοχή μελέτης	- 12 -
2.2 Γεωλογικά χαρακτηριστικά	- 14 -
2.3 Υδρογραφικό δίκτυο. Υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία	- 15 -
2.4 Σταθμοί και δεδομένα	- 16 -
2.5 Δεδομένα Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας	- 18 -
2.6 Διοικητικά στοιχεία	- 19 -
2.7 Χρήσεις γης	- 22 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	- 24 -
3.1 Εισαγωγή	- 24 -
3.2 Εξατμισοδιαπνοή	- 29 -
3.3 Κανονικοποιημένος δείκτης φυτικής βλάστησης (NDVI)	- 30 -
3.4 Αριθμός καμπύλης CN.	- 31 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.	- 34 -
4.1. Χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS)	- 35 -
4.1.1. Εισαγωγή Γεωλογικής Πληροφορίας	- 39 -
4.1.2. Επεξεργασία ψηφιακού χάρτη χρήσεων γης.	- 40 -
4.1.3. Δημιουργία ψηφιακού χάρτη με χρήσεις γης και γεωλογικό υπόβαθρο.	- 40 -
4.2. Βασικοί υπολογισμοί	- 42 -
4.2.1. Μέθοδος θερμοβαθμίδας	- 42 -
4.2.2. Μέθοδος βροχοβαθμίδας	- 44 -
4.2.3. Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή	- 46 -
4.2.4. Συμπλήρωση χρονοσειρών	- 48 -

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

4.3.	Εφαρμογή του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου	- 49 -
4.4.	Ο δείκτης NDVI	- 53 -
4.5.	Συντελεστής τήξης χιονιού.	- 55 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ - ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - 57 -

5.1	Επιπτώσεις της χωρικής διακριτοποίησης στην υδρολογική προσομοίωση.	- 57 -
5.1.1	Αδρομερές (lumped) μοντέλο	- 57 -
5.1.2	Κατανεμημένο (distributed) μοντέλο με φατνίο 16 x 16 km	- 61 -
5.1.3	Κατανεμημένο (distributed) μοντέλο με φατνίο 8 x 8 km	- 64 -
5.1.4	Σύγκριση αποτελεσμάτων των μοντέλων που επιλύθηκαν με τον Solver	- 69 -
5.1.5	Κατανεμημένο (distributed) μοντέλο με φατνίο 8 x 8 km. Επίλυση με Direct Optimizer.	- 76 -
5.1.6	Κατανεμημένα (distributed) μοντέλα με φατνίο 4x4 km και 2x2 km. Επίλυση με Direct Optimizer.	- 78 -
5.2	. Επίπτωση των τιμών των παραμέτρων του αδρομερούς (lumped) μοντέλου στην κατανεμημένη προσομοίωση.	- 89 -
5.3	. Επίπτωση εκτιμημένων παραμέτρων στην κατανεμημένη προσομοίωση.	- 90 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - 95 -

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - 99 -

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι - 105 -

Πίνακες	- 105 -
---------	---------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ - 120 -

Χάρτες	- 120 -
--------	---------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο μελέτης

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής του άνω ρου του ποταμού Ενιππέα με τη χρήση μαθηματικού μοντέλου σε αδρομερή και κατανεμημένη προσομοίωση με χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών και δορυφορικών δεδομένων. Στόχος της εργασίας είναι να εξεταστεί: α) η αποτελεσματικότητα του μοντέλου στην προσομοίωση του υδατικού ισοζυγίου είτε η λεκάνη θεωρείται ως ένας ομογενής - ως προς τα γεγονότα εισόδου – χώρος, οπότε εξετάζεται αδρομερώς είτε θεωρείται ότι τα γεγονότα κατανέμονται ανομοιογενώς στο χώρο και στο χρόνο οπότε εξετάζεται διακριτοποιημένη, β) να δειχτεί η χρησιμότητα των Σ.Γ.Π. σε όλες τις φάσεις μιας μελέτης υδατικού ισοζυγίου και γ) να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης δεικτών βλάστησης, εδώ ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης NDVI, στην εκτίμηση υδρομετεωρολογικών παραμέτρων .

1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Από το 1948, όταν ο Thornthwaite ανέπτυξε το πρώτο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου, μέχρι σήμερα, η διεθνής επιστημονική κοινότητα καταβάλλει προσπάθειες να προσομοιώσει μαθηματικά όλες τις διεργασίες που συμμετέχουν στον κύκλο υετόπτωση – απορροή. Στον

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

μισό και πλέον αυτόν αιώνα έχει αναπτυχθεί πληθώρα μοντέλων όλων των χρονικών κλιμάκων - ωριαία, ημερήσια, μηνιαία, ετήσια ή και εποχικά – και κάθε βαθμού πολυπλοκότητας. Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον τρόπο που προσεγγίζουν τα υδρολογικά γεγονότα στο χρόνο και το χώρο. Έτσι, ως προς το χρόνο, αναπτύχθηκαν μοντέλα που περιλαμβάνουν ένα μεμονωμένο γεγονός βροχόπτωσης και την από αυτό προκαλούμενη απορροή και μοντέλα που εξετάζουν πλήρεις χρονοσειρές παρατηρήσεων ενός ή περισσότερων μεταβλητών και την χρονική εξέλιξη της απορροής. Ως προς το χώρο, αναπτύχθηκαν μοντέλα που θεωρούν το χώρο ομοιογενή ήτοι οι μεταβλητές εισόδου ή και εξόδου δεν μεταβάλλονται σε δεδομένο χώρο, συνήθως λεκάνη απορροής και μοντέλα που θεωρούν ότι οι μεταβλητές εισόδου ή και εξόδου κατανέμονται στο χώρο της λεκάνης σε ομοιόμορφα τμήματα με κοινά τοπογραφικά, μορφολογικά ή απλά γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Τα πρώτα αποκαλούνται αδρομερή (lumped) και τα δεύτερα κατανεμημένα (distributed) μοντέλα.

Τα απλά αδρομερή υδρολογικά, παραμετρικά ή εμπειρικά, τα οποία ενοποιούν τα ετερογενή χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής και προσομοιώνουν την μετατροπή της βροχόπτωσης σε απορροή, είναι γενικά εύκολα στην εφαρμογή τους και απαιτούν περιορισμένα δεδομένα εισόδου. Αν και μια τέτοια προσέγγιση οδηγεί πολλές φορές σε γενίκευση των χαρακτηριστικών μιας λεκάνης απορροής, τέτοια μοντέλα είναι απλά στη χρήση τους, αποδοτικά στην εφαρμογή τους και είναι χρήσιμα εργαλεία για μηχανικούς και επιστήμονες που ασχολούνται με τη διαχείριση υδατικών πόρων (Perrin et al, 2001).

Το μηνιαίο μοντέλο του *Thornthwaite* (1948) αναθεωρήθηκε αργότερα από τους *Thornthwaite and Mather* (1955, 1957). Έκτοτε αδρομερή μοντέλα προσαρμόστηκαν, αναθεωρήθηκαν και εφαρμόστηκαν σε ένα ευρύ φάσμα υδρολογικών προβλημάτων (*Gabos and Gasparri, 1983; Alley, 1984, 1985; Vandewiele et al, 1992; Vandewiele and NilarWin, 1992*). Πρόσφατα, παρόμοια μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν στη διερεύνηση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών (*Arnall, 1992, Panagoulia and Dimou, 1997; Yates and Srzepak, 1998; Guo et al 2002*). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν στην μακροχρόνια πρόγνωση απορροής (*Alley, 1985; Xu and Vandewiele, 1995*). Παρ' όλο που σε παρόμοιες εφαρμογές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ωριαία ή ημερήσια υδρολογικά μοντέλα, επειδή ο όγκος τόσο των απαιτούμενων δεδομένων όσο και των παραμέτρων αυτών είναι μεγάλος, προτιμούνται τα αντίστοιχα μηνιαία μοντέλα.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Με την αυξανόμενη χρήση των μηνιαίων μοντέλων στην προσπάθεια αντιμετώπισης μεγάλου εύρους υδρολογικών προβλημάτων, καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια εξέλιξης τόσο των μοντέλων αυτών καθ' εαυτών όσο και των τεχνικών εκτίμησης των εμπλεκομένων σ' αυτά παραμέτρων. Μια ποικιλία μοντέλων και αλγορίθμων εκτίμησης παραμέτρων έχει αναπτυχθεί που περιλαμβάνει σχετικά πολύπλοκα στη σύλληψη μοντέλα με 10 έως 15 παραμέτρους για άνυδρες περιοχές της Αφρικής (π.χ. *Pitman, 1973*) μέχρι πολύ απλά μοντέλα με 2 έως 5 παραμέτρους για υγρές περιοχές της εύκρατης ζώνης (*Vandewiele et al, 1992*). Καίτοι η εμπειρία που συσσωρεύτηκε από τον μεγάλο αριθμό μοντέλων είναι σημαντική, υπάρχει μια συνεχής ανάγκη αναβάθμισης των και ελέγχου των στην πράξη. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να δοθεί η ευκαιρία στους χρήστες των μοντέλων να εξοικειωθούν με αυτά και να αναπτυχθεί μια καλή γνώση της ευαισθησίας τους στην πράξη, των αδυναμιών τους και των ισχυρών τους σημείων.

Πέρα από την συνεχή και πολύτιμη αυτή συσσώρευση γνώσεων στο στενό χώρο της υδρολογίας, τεχνικές και δυνατότητες άλλων περισσότερο ή λιγότερο συγγενικών επιστημονικών πεδίων έρχονται να προσφέρουν τις ανεκτίμητες υπηρεσίες τους. Έτσι, θεωρείται δεδομένη πλέον και εκ των ουκ άνευ η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των λογισμικών στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων η οποία παρέχει την δυνατότητα ταχύτητας και αξιόπιστης επεξεργασίας τεράστιου όγκου δεδομένων. Τελευταία, χρησιμοποιούνται πληροφορίες που αποκτήθηκαν με δορυφορική τηλεπισκόπηση για την εκτίμηση μεταβλητών που υπεισέρχονται στη μελέτη υδατικού ισοζυγίου. Μια τέτοια εξέλιξη θα μπορούσε να βοηθήσει στην κατεύθυνση της αποτελεσματικότητας των μοντέλων, αφού θα μείωνε τον αριθμό των παραμέτρων. Επιπρόσθετα, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ίσως τα μοναδικά εργαλεία στην ανάπτυξη διακριτοποιημένων μοντέλων. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, δίνουν επίσης την δυνατότητα επιφανειακής ολοκλήρωσης σημειακών μετρήσεων αφού ενσωματώνουν εργαλεία χωρικής στατιστικής ανάλυσης.

Η παρούσα εργασία έχει σαν σκοπό την περιληπτική παρουσίαση τόσο «παραδοσιακών» μηνιαίων μοντέλων υδατικού ισοζυγίου όσο και νεώτερων που χρησιμοποιούν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό τις νέες τεχνολογίες και συγκεκριμένα αυτές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Στο τέλος θα επιχειρηθεί να διερευνηθούν οι τάσεις και να περιγραφούν τα αναμενόμενα βήματα στην εξέλιξη των υπαρχόντων και στην ανάπτυξη νέων μοντέλων προσομοίωσης υετόπτωσης – απορροής.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία υετόπτωσης – απορροής στα γεωγραφικά όρια μιας γενικά θεωρημένης λεκάνης ή μιας υπολεκάνης απορροής είναι πολλές μεν γνωστές και καταγραμμένες δε από την επιστήμη της υδρολογίας. Αυτά που εν πολλοίς διαφοροποιούνται είναι η σημαντικότητα κάθε παράγοντα που εμπλέκεται σ' αυτές τις διεργασίες για κάθε συγκεκριμένη λεκάνη (για συντομία, στο εξής όταν αναφερόμαστε σε λεκάνη θα εννοούμε είτε τέτοια είτε υπολεκάνη απορροής) και το είδος και η ένταση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των παραγόντων που υπεισέρχονται στη διαδικασία από τη στιγμή της εμφάνισης του γεγονότος της υετόπτωσης μέχρι την δημιουργία και καταγραφή της απορροής στην έξοδο της λεκάνης. Όποια κι αν ήταν η αιτία ανάπτυξης των Μηνιαίων Μοντέλων Υδατικού Ισοζυγίου, αυτή που επικράτησε στην πορεία εξέλιξής τους είναι η ακριβώς η διερεύνηση της σημαντικότητας των υδρολογικών μεταβλητών σε διαφορετικές λεκάνες απορροής. Πολλά Μηνιαία Μοντέλα Υδατικού Ισοζυγίου έχουν αναπτυχθεί που έχουν είτε αποκλειστικά είτε σε συνδυασμό αυτό τον σκοπό. Περιληπτική περιγραφή τους ακολουθεί στις επόμενες παραγράφους.

Γενικά, η βροχόπτωση αποτελεί την κυριότερη παράμετρο στην εξίσωση υδατικού ισοζυγίου. Η εύρεση μιας σχέσης μεταξύ της βροχόπτωσης πάνω από ένα σημείο και την εξ αυτής προκαλούμενη ροή σε ένα ποτάμι, είναι ένα από τα θεμελιώδη υδρολογικά προβλήματα. Στις περισσότερες χώρες, υπάρχουν συνήθως αρκετές καταγραφές βροχόπτωσης, αλλά τα δεδομένα παροχών είναι συχνά είτε ελλιπή είτε αναξιόπιστα είτε, πολλές φορές, ανύπαρκτα. Η ανάγκη εκτίμησης των ποτάμιων παροχών έχει σταθεί αφορμή για την εκπόνηση πολλών ερευνών. Ένας σημαντικό αριθμός Μηνιαίων Μοντέλων Υδατικού Ισοζυγίου αναπτύχθηκε με μοναδικό δεδομένο εισόδου τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και μάλιστα την βροχόπτωση.

Ο *Snyder* (1963) ανέπτυξε το μοντέλο Tennessee Valley Authority (TVA) για την πρόβλεψη των μηνιαία διαθέσιμων ποσοτήτων νερού στη λεκάνη του Tennessee. Το μοντέλο διαχωρίζει την απορροή σε τρεις συνιστώσες: 1) την άμεση απορροή, που υπολογίζεται σαν κλάσμα της βροχόπτωσης συγκεκριμένου μήνα 2) την με χρονική υστέρηση ή δευτερεύουσα απορροή η οποία υπολογίζεται ως γραμμική συνάρτηση της επιφανειακής αποθήκευσης και 3) μια συνάρτηση του χρόνου για την οποία έγινε η παραδοχή ότι δεν αλληλεπιδρά με τις άλλες συνιστώσες.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Ο *Kuczera* (1982) χρησιμοποίησε μια προσαρμοσμένη έκδοση του μοντέλου του *Fiering* (1967) για την περιγραφή μιας υδρολογίας λεκάνης στην Florida των Ενωμένων Πολιτειών. Η μηνιαία βροχόπτωση p_t χρησιμοποιήθηκε ως μοναδικό δεδομένο εισόδου και χωρίστηκε σε τρία μέρη με τη χρήση δύο παραμέτρων a και b . Τα τρία αυτά μέρη είναι: η αναμενόμενη εξατμισοδιαπνοή bp_t , η αναμενόμενη φόρτιση του υδροφορέα ap_t (με υστέρηση ενός χρονικού διαστήματος) και η αναμενόμενη άμεση απορροή $(1-a-b)p_t$. Μια τρίτη παράμετρος c χρησιμοποιήθηκε για να προσομοιώσει την βασική απορροή η οποία είναι κλάσμα c του αποθηκευμένου νερού m_{t-1} στην αρχή του μήνα: cm_{t-1} .

Ένα χρονικά μεταβαλλόμενο μοντέλο εξελίχθηκε από τους *Gabos and Gaspari* (1983). Είναι ένα απλό γραμμικό αποθηκευτικό μοντέλο. Το μοντέλο χρησιμοποιεί δύο παραμέτρους για να διαχωρίσει την απορροή σε τρία μέρη, ήτοι την άμεση απορροή, την διήθηση και την εξατμισοδιαπνοή με παρόμοιο τρόπο όπως στο προηγούμενο μοντέλο. Άλλες δυο παράμετροι χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της υπεδάφιας αποθήκευσης. Οι πρώτες δύο παράμετροι είναι χρονικά μεταβαλλόμενες.

Οι *Tuffuor and Labadie* (1973) χρησιμοποίησαν μη γραμμικά χρονικά μεταβαλλόμενο μοντέλο για την προσομοίωση μηνιαίων δεδομένων στην Ghana. Το μοντέλο έχει $3 \times n$ παραμέτρους που πρέπει να προσδιοριστούν, όπου n (από 1 έως 12) ο αριθμός των εποχών που πρέπει να οριστούν ανά έτος.

Το κοινό στα παραπάνω μοντέλα είναι ότι η εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται ως κλάσμα της βροχόπτωσης και το απομένον τμήμα της εμπειρικά διαχωρίζεται σε διήθηση ή / και άμεση απορροή. Οι διαφορές τους βρίσκονται στο αν το κλάσμα είναι χρονικά μεταβαλλόμενο ή μη και στο αν οι εξισώσεις είναι γραμμικές ή μη γραμμικές. Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής ως κλάσμα της βροχόπτωσης, προφανώς δεν είναι αξιόπιστη, ειδικά σε μηνιαία κλίμακα αφού είναι σύνηθες η αυτή να είναι μεγαλύτερη της βροχόπτωσης, ειδικά κατά τους μήνες που ακολουθούν την εποχή των βροχών και δεδομένου ότι η βροχόπτωση είναι άκρως μεταβαλλόμενο φαινόμενο στα περισσότερα μέρη του κόσμου. Παρ' όλα αυτά, τα συγκεκριμένα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αδρά εργαλεία στον σχεδιασμό των υδατικών πόρων σε αυτές τις περιοχές όπου άλλα μετεωρολογικά δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα.

Η εμπλοκή δεδομένων θερμοκρασίας σε Μηνιαία Μοντέλα Υδατικού Ισοζυγίου επιτρέπει τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής όχι σαν κλάσμα δεδομένης βροχόπτωσης αλλά και σαν συνάρτηση της θερμοκρασίας. Τέσσερα τέτοια Μηνιαία Μοντέλα Υδα-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

τικού Ισοζυγίου εξετάστηκαν σε συγκριτική μελέτη των από τον *Alley* (1984) και τους *Vandewiele et al* (1992). Το πρώτο μοντέλο είναι το T-μοντέλο των *Thornthwaite and Mather's* (1955). Πρόκειται για μοντέλο που χρησιμοποιεί δύο δυνατές «αποθήκες» ύδατος: τον «δείκτη εδαφικής υγρασίας» m_t και το «περίσσευμα ύδατος» v_t . Το μοντέλο χρησιμοποιεί δύο παραμέτρους: την υδατοϊκανότητα του εδάφους a_1 και τη σταθερά αποθήκευσης a_2 για v_t . Το δεύτερο είναι το Τα-μοντέλο του *Alley* (1984). Ουσιαστικά πρόκειται για προσαρμογή του προηγούμενου μοντέλου με την διαφορά ότι ένα κλάσμα a_3 της βροχόπτωσης μετατρέπεται αυτόματα σε άμεση απορροή. Το υπόλοιπο της βροχόπτωσης ακολουθεί την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω. Το τρίτο είναι το abcd μοντέλο του *Thoma's* (1981). Υπάρχουν δύο δεξαμενές αποθήκευσης και σ' αυτό το μοντέλο: η αποθήκευση στον υπόγειο υδροφορέα και στην εδαφική υγρασία. Το τέταρτο είναι το P-μοντέλο των *Palmer* (1965) και *Alley* (1984) που χρησιμοποιεί ένα μοντέλο υδατικού ισοζυγίου για να αναπτύξει έναν δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας.

Το κοινό στα παραπάνω μοντέλα είναι ότι η θερμοκρασία χρησιμοποιείται στην εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής με την μέθοδο που εισηγήθηκε ο *Thornthwaite*. Μαζί με την βροχόπτωση, αποτελούν τα δεδομένα εισόδου των μοντέλων. Διαφέρουν ως προς τον τρόπο εκτίμησης της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και τον υπολογισμό της εδαφικής υγρασίας και της φόρτισης του υπόγειου υδροφορέα.

Ο *Alley* (1984) ανέφερε ότι και τα τέσσερα μοντέλα ανταποκρίθηκαν ικανοποιητικά στην προσομοίωση της ετήσια απορροής αλλά λιγότερο καλά στην μηνιαία. Οι κύριες αδυναμίες τους είναι: (1) η μη πραγματική προσομοίωση της εδαφικής υγρασίας (2) οι παράμετροι έχουν πολύ μεγάλο βαθμό συσχέτισης και (3) σε αρκετές περιπτώσεις κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης μερικές παράμετροι έχουν την τάση να ξεπερνούν τα φυσικά όρια διακύμανσής των. Μια συγκριτική μελέτη εκπονημένη από τους *Vandewiele et al.* (1992) επιβεβαίωσε πλήρως τα συμπεράσματα του *Alley* (1984).

Η μηνιαία επιφανειακή βροχόπτωση και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή έχουν χρησιμοποιηθεί ως δεδομένα εισόδου στα περισσότερα μηνιαία μοντέλα βροχόπτωσης – απορροής. Αυτά τα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί σε ποικιλία κλιματικών περιοχών και σε εκτεταμένο εύρος εφαρμογών με σημαντικές διαφορές τόσο στην πολυπλοκότητά τους όσο και στην σπουδαιότητά τους.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Ένα παράδειγμα μοντέλου για την παραγωγή μηνιαίων τιμών απορροής για περιοχές της Νότιας Αφρικής είναι το μοντέλο του *Pitman* (1973, 1978). Το συγκεκριμένο είναι δημοφιλές στις περισσότερες χώρες της Αφρικής. Χρησιμοποιεί δώδεκα παραμέτρους για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, της συγκράτησης, της επιφανειακής απορροής, της εδαφικής υγρασίας και της απορροής από το επιφανειακό και τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα.

Ο *Roberts* (1979) ανέπτυξε ένα μοντέλο βασισμένο στο ωριαίο μοντέλο των *Krzystofowicz and Diskin* (1978). Αυτό έχει δύο αποθηκεύσεις: την συγκράτηση και την εδαφική υγρασία και χρησιμοποιεί οχτώ παραμέτρους. Το ασυνήθιστο στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι ότι η βασική απορροή δεν θεωρείται συνάρτηση της εδαφικής υγρασίας αλλά της συνολικής απορροής μειώνοντας την εξάρτηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου από τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας τα οποία σχεδόν ποτέ δεν αναπαράγονται με ακρίβεια (*Roberts, 1979*). Ο *Hughes* (1982) αναθεώρησε το ημερήσιο μοντέλο του *Roberts*, (1979) και το μετέτρεψε σε μηνιαίο. Το μοντέλο διατηρεί μια παρόμοια δομή όπως και το προαναφερθέν αλλά το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι ότι η αποθήκευση της εδαφικής υγρασίας με δοχείο διαφόρων σχημάτων. Οι *Salas et al* (1986) ανέπτυξε ένα μηνιαίο μοντέλο με σκοπό να προσομοιάσει τις ποικίλες υδρολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν μέρος σε μια λεκάνη απορροής σε μηνιαία ή εποχική χρονική κλίμακα. Το μοντέλο είναι χωρικά κατανεμημένο σε μηνιαία χρονική κλίμακα και υποθέτει ότι η λεκάνη μπορεί να διαιρεθεί σε κάποιο αριθμό υπολεκανών. Το μοντέλο χρησιμοποιεί 11 συνολικά παραμέτρους μερικές από τις οποίες καθορίζονται κατά την βελτιστοποίηση του μοντέλου και άλλες εκτιμώνται κατά την κρίση του χρήστη ή με την μέθοδο της δοκιμής και απόρριψης.

Τα τέσσερα παραπάνω μοντέλα είναι ντετερμινιστικά και έχουν σχετικά πολύπλοκη δομή σε ότι αφορά την μηνιαία προσομοίωση. Αρκετά απλούστερα μοντέλα έχουν καταγραφεί τελευταία. Οι *Abulohom et al* (2001) πρότειναν ένα Μηνιαίο Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου που διακρίνει την απορροή σε δύο συνιστώσες: την άμεση και τη βασική απορροή. Το μοντέλο χρησιμοποιεί πέντε παραμέτρους εκ των οποίων οι τρεις προσδιορίζονται με βελτιστοποίηση και άλλες δύο παίρνουν διακριτές τιμές. Το μοντέλο κρίνεται αρκετά αποτελεσματικό παρά τον πολύ υψηλό βαθμό συσχέτισης μεταξύ των παραμέτρων που χρησιμοποιεί. Οι *Giakoumakis et al* (1991) πρότειναν ένα μοντέλο που θεωρεί ότι όλες οι διεργασίες του υδατικού ισοζυγίου λαμβάνουν χώρα στην ανώτερη επιφανειακή ζώνη του εδάφους. Με τη θεώρηση αυτής της ζώνης ως δεξαμενή αποθήκευσης, υπολογίζονται η ποσότητα της βαθιάς διή-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

θησης, της εδαφικής υγρασίας και της απορροής. Το μοντέλο χρησιμοποιεί δύο παραμέτρους: τον συντελεστή βαθιάς διήθησης και τη μέγιστη εδαφική υγρασία.

Οι *Loukas et al* (2004) χρησιμοποίησαν το μοντέλο που προτάθηκε από τον *Abulohom* και τους συνεργάτες του με την προσθήκη μιας υπορουτίνας που συνυπολογίζει στο υδατικό ισοζύγιο την χιονόπτωση και την τήξη του χιονιού. Επιπρόσθετα, έγινε προσπάθεια μείωσης του αριθμού των παραμέτρων, υπολογίζοντας την πραγματική εξατμισοδιαπνοή έμμεσα με τη χρήση του κανονικοποιημένου διαφορικού δείκτη βλάστησης (NDVI) από δορυφορικά δεδομένα.

Οι *Vandewiele et al.* (1992) και *Xu* (1992) πρότειναν μια σειρά μοντέλων τα οποία αποτελούν διαφορετικές προσεγγίσεις του Μηνιαίου Μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου που προτάθηκε από τους *Van der Beken and Byloos* (1977). Ο αριθμός των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή των υδρολογικών φαινομένων είναι στις περισσότερες των περιπτώσεων τρεις και σπανίως τέσσερις. Το μοντέλο εφαρμόστηκε με επιτυχία σε αρκετές και αρκετά διαφοροποιημένες ως προς τις κλιματικές συνθήκες λεκάνες. Οι *Makhlouf and Michel* (1994) ανέφεραν ένα διπαραμετρικό Μηνιαίο Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου για λεκάνες της Γαλλίας, το GR2M, το οποίο προέκυψε από το ημερήσιο μοντέλο απορροής των *Edijatno and Michel* (1989).

Ο *Haan* (1972) ανέπτυξε ένα μοντέλο για την προσομοίωση μηνιαίων παροχών το οποίο χρησιμοποιεί ημερήσια δεδομένα. Η εκτιμημένη μέση δυνητική εξατμισοδιαπνοή και η ημερήσια βροχόπτωση χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα εισόδου. Το μοντέλο έχει δύο αποθήκες και χρησιμοποιεί τέσσερις παραμέτρους: τον μέγιστο δυνατό ρυθμό διήθησης, το μέγιστο δυνατό ρυθμό κατείσδυσης τη μέγιστη χωρητικότητα του τμήματος της εδαφικής υγρασίας η οποία είναι λιγότερο διαθέσιμη για εξάτμιση και μια σταθερά που καθορίζει το κλάσμα του κατεισδύοντος ύδατος που τελικά απορρέει. Το μοντέλο αναπτύχθηκε για μικρές λεκάνες απορροής αφού δεν λαμβάνεται υπόψη η χρονική υστέρηση από την βροχόπτωση μέχρι την εμφάνιση απορροής. Ο *Kuczera* (1983b) ανέπτυξε ένα Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου από αυτό που χρησιμοποιήθηκε από τους *Langford et al.* (1978) για τη λεκάνη του Slip Creek, το οποίο υπολογίζει την μηνιαία απορροή από ημερήσια δεδομένα. Το μοντέλο χρησιμοποιεί δύο αποθήκες: μια ταχείας απόκρισης η οποία συνεισφέρει στην άμεση απορροή και την εδαφική που συνεισφέρει στην βασική απορροή. Οι απώλειες κατείσδυσης υπεισήλθαν στο μοντέλο επειδή μελέτες ετήσιου υδατικού ισοζυγίου κατέδειξαν ότι δεν παρατηρείται η συνο-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

λική απορροή η οποία παράγεται σε μια λεκάνη. Συνολικά, το μοντέλο περιέχει εννιά παραμέτρους. Οι *McMahon and Mein* αναθεώρησαν το μοντέλο του *Boughton* (1973) συμπεριλαμβάνοντας μια ρουτίνα βασικής απορροής με χαρακτηριστικά διπλής υποχώρησης και το χρησιμοποίησαν στην εκτίμηση μηνιαίων παροχών του *Thomson*. Ως δεδομένα εισόδου χρησιμοποιήθηκαν ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης και μηνιαία εξατμισοδιαπνοή. Το μοντέλο έχει τρεις δεξαμενές αποθήκευσης και χρησιμοποιεί δέκα παραμέτρους. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στην προσομοίωση ημερήσιας απορροής όταν υπάρχουν δεδομένα ημερήσιων παροχών αρκετών ετών ώστε να καθίσταται δυνατή η βαθμονόμηση του μοντέλου.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από έξη Κεφάλαια και δύο Παραρτήματα, τα εξής: Κεφάλαιο 1^ο *Εισαγωγή*, όπου περιγράφεται το αντικείμενο της μελέτης και γίνεται μια συνοπτική αναφορά σχετικά με τη βιβλιογραφία σε θέματα μηνιαίων μοντέλων υδατικού ισοζυγίου. Κεφάλαιο 2^ο *Περιοχή Μελέτης και Δεδομένα*, όπου περιγράφεται η περιοχή της λεκάνης από γεωγραφική, γεωλογική, υδρογεωλογική, διοικητική και χρήσεων γης άποψη. Επίσης αναλύονται τα δεδομένα της μελέτης, και ο τρόπος συλλογής των. Κεφάλαιο 3^ο *Υδρολογικό μοντέλο*, όπου παρουσιάζεται το υδρολογικό μοντέλο και αναλύονται οι βασικές θεωρητικές αρχές στις οποίες στηρίχθηκε η μελέτη. Κεφάλαιο 4^ο *Μεθοδολογία*, όπου περιγράφονται και αναλύονται όλες οι διαδικασίες και βήματα που χρησιμοποιήθηκαν στους απαραίτητους υπολογισμούς της εργασίας. Κεφάλαιο 5^ο *Παρουσίαση Σχολιασμός Αποτελεσμάτων* όπου παρουσιάζονται, αναλύονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα του προηγούμενου Κεφαλαίου. Κεφάλαιο 6^ο *Συμπεράσματα*, όπου παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα. *Παράρτημα I Πίνακες* με ενδεικτικούς πίνακες, *Παράρτημα II Χάρτες*.

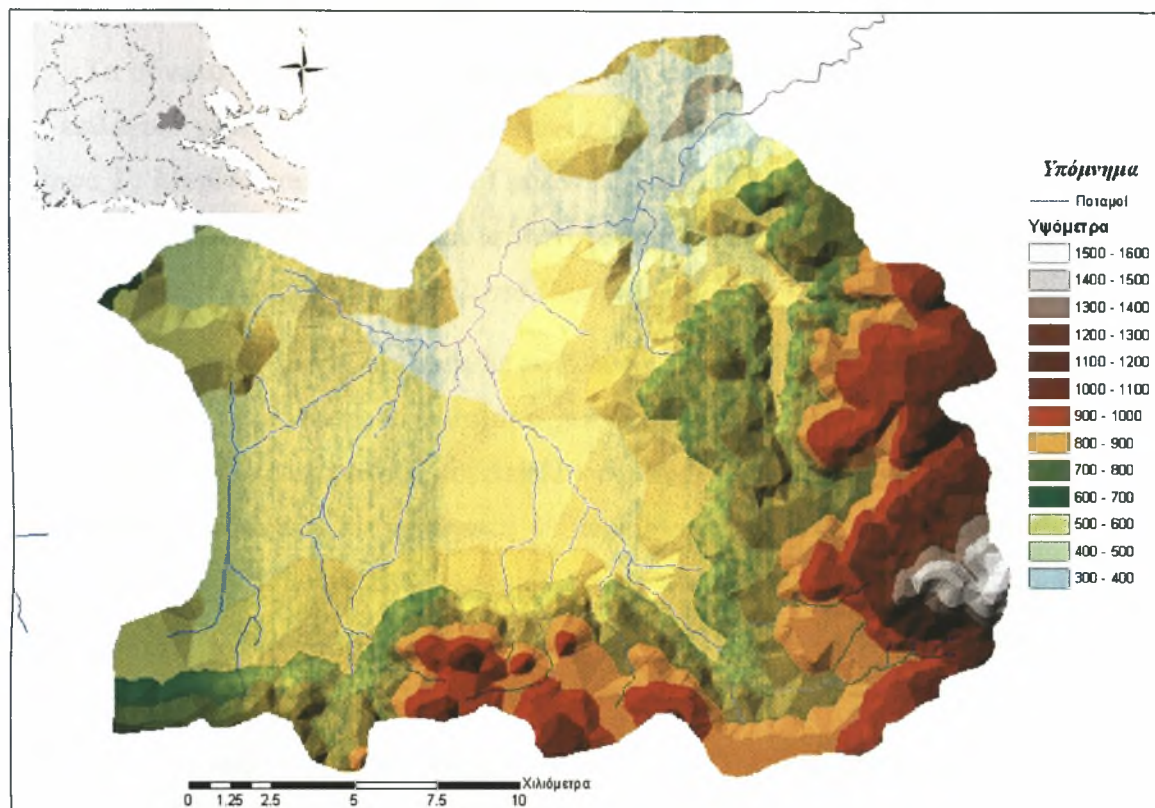
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕ- ΔΟΜΕΝΑ

2.1 Περιοχή μελέτης

Ο Ενιπέας είναι ο μεγαλύτερος σε μήκος παραπόταμος του Πηνειού ποταμού. Με συνολικό μήκος που ξεπερνά τα 280 km διασχίζει και ζωοδοτεί περιοχές τριών νομών πριν συναντήσει τον Πηνειό, στα όρια της κωμόπολης της Φαρκαδόνας του Νομού Τρικάλων, και μαζί συνεχίσουν την πορεία προς τη θάλασσα. Πηγάζει από τους ορεινούς όγκους της Όθρυος και των βουνών της Γούρας που οριοθετούν την Θεσσαλία προς νότο και τη Στερεά προς βορρά και διασχίζοντας τις λοφοσειρές του Ναρθακίου (Κασιδιάρη), συνεχίζει την πορεία του στην πεδιάδα των Φαρσάλων. Η λεκάνη που ορίζεται ακριβώς από αυτό το τμήμα του ποταμού, από τις πηγές του δηλαδή έως την τέως κοινότητα Σκοπιάς της επαρχίας Φαρσάλων του Νομού Λάρισας, είναι ο γεωγραφικός χώρος της παρούσας μελέτης και θα αναφέρεται στο εξής ως λεκάνη του άνω ρου του Ενιπέα και για συντομία λεκάνη Σκοπιάς.

Η λεκάνη οριοθετείται νότια από τις βουνοκορφές της Όθρυος, δυτικά από το έξαρμα Γόλιανης – Μεταλλείων, που τη διαχωρίζει από τη λεκάνη της αποξηρανθείσης λίμνης της Ξυνιάδας, ανατολικά από τις βουνοκορφές της Γούρας και βόρεια από τις παρυφές του Κασιδιάρη. Διοικητικά, η έκταση μοιράζεται σε δύο περιφέρειες - της Ανατολικής Στερεάς και της Θεσσαλίας - και σε τρεις Νομούς, της Φθιώτιδας της Μαγνησίας και της Λάρισας.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Χάρτης 2.1. Ανάγλυφο της λεκάνης απορροής

Η λεκάνη της Σκοπιάς με μέγεθος περίπου 410 km², αποτελεί υπολεκάνη της μείζονος λεκάνης του Πηνειού έκτασης περίπου 9.500 km². Η περιοχή παρουσιάζει γεωμορφολογική ποικιλία με υψόμετρο που κυμαίνεται από 300 έως 1600 μέτρα και μέσο υψόμετρο περίπου 675 μέτρα. Αποτελείται από ένα αγχι-πεδινό τμήμα κεντρικά και βόρεια, τον ορεινό όγκο της Όθρυς νότια και ανατολικά και χαμηλές λοφοσειρές δυτικά και βόρεια (Χάρτης 1.).

Το ορεινό ανατολικό και νότιο- νοτιοανατολικό τμήμα της καλύπτονται κυρίως από δάση πλατύφυλλων και κωνοφόρων και καταλαμβάνουν το 55 % της συνολικής έκτασης της λεκάνης, ενώ το κεντρικό, βόρειο και δυτικό τμήμα της είναι κύρια καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Εκτός από ένα μικρό τμήμα στα δυτικά, που αποτελεί το 7 % της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης και στο οποίο υπάρχει οργανωμένο αρδευτικό δίκτυο, το υπόλοιπο της αρόσιμης έκτασης ή αρδεύεται ελλιπώς, είτε από επιφανειακούς είτε κυρίως από υπόγειους υδάτινους πόρους, με αντλητικά συγκροτήματα ή δεν αρδεύεται.

2.2 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Το σύνολο της λεκάνης της Σκοπιάς ανήκει στην Υποελαγονική Ζώνη. Σύμφωνα με τον Γεωλογικό χάρτη της περιοχής που συντάχθηκε μεταξύ των ετών 1954 – 1956 από τον Δόκτορα Γ. Μαρίνο του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους και εκδόθηκε το 1957, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που την αποτελούν (από τους παλαιότερους προς τους νεότερους) είναι οι παρακάτω (Χάρτης 2. στο Παράρτημα III):

- Σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιόλιθους (Τριαδικό-Ιουρασικό). Πρόκειται για λιθολογικά ποικιλότυπο σχηματισμό που αποτελείται από κερατολίθους, αργιλικούς σχιστόλιθους, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθους, όλα σε λεπτά εναλλασσόμενα στρώματα με παρεμβολές μεγάλων όγκων-στρωμάτων ασβεστόλιθων. Επίσης υπάρχουν παρεμβολές οφιόλιθων και οφιολιθικών τόφφων. Απαντά στο δυτικό και νότιο τμήμα της λεκάνης. Πρόκειται για αδιαπέρατο σχηματισμό με εξαίρεση τα ασβεστολιθικά στρώματα που είναι περατά.
- Μεγάλες ασβεστολιθικές μάζες με οφιόλιθους (Τριαδικό-Ιουρασικό). Πρόκειται για συμπαγείς ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, οι οποίοι εμφανίζονται κυρίως στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης.
- Οφιόλιθοι. Συνιστά ενιαίο σχηματισμό με σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Όμως υπάρχουν τεράστιες συμπαγείς οφιολιθικές μάζες. Περιλαμβάνει λιθολογικά το σύνολο σχεδόν των οφιολιθικών πετρωμάτων: περιδοτίτες, δουνίτες, ολιβινίτες, γάββρους, σερπεντινίτες, διαβάσες, δολερίτες, τόφφους αυτών, πορφυρίτες, κεροστιλβίτες, σπιλίτες, βασάλτες, κ.λ.π. Περιέχουν κοιτάσματα ή εμφανίσεις χρωμιτών. Οι σχηματισμοί αυτοί στο σύνολό τους είναι κατά κανόνα αδιαπέρατοι. Απαντούν σε μεγάλη έκταση επίσης στο νότιο και δυτικό τμήμα της λεκάνης.
- Ασβεστόλιθος (Ανωκρητιδικός). Είναι επικλισιγενής πάνω στους προηγούμενους σχηματισμούς. Είναι κυρίως παχυστρωματώδης έως μαζώδης, τεφρός, τεφρομέλας. Στη βάση του φέρει κροκαλοπαγές επίκλιση ή και μαργαϊκά στρώματα. Απαντά σχεδόν σε όλη την έκταση της λεκάνης, αλλά σε πολύ μικρές εκτάσεις. Δεν έχει μεγάλο πάχος και είναι ιδιαίτερα περατός σχηματισμός.
- Φλύσχης (Ανωκρητιδικός). Αποτελεί στρωματογραφική συνέχεια του ασβεστόλιθου. Αποτελείται λιθολογικά από αργιλικούς σχιστόλιθους, αργιλικούς ψαμμίτες, κροκα-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

λοπαγή, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθους σε παρεν-
στρώσεις μικρού πάχους κατά θέσεις και χωρίς πλευρική συνέχεια. Ο σχηματισμός σε
γενικές γραμμές είναι αδιαπέρατος. Έχει όμως και στρώματα με κάποια περατότητα.
Απαντά σε μεγάλη έκταση στο βόρειο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης.

- Νεογενές αδιαίρετο. Αποτελείται κυρίως από μάργες, αργίλους, χαλίκια, κροκαλοπα-
γή, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, κ.λ.π. Έχει θαλάσσια ή και λιμναία προέλευση, ενώ
το πάχος του δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Είναι σχηματισμός ημιπερατός. Κατά θέσεις,
ανάλογα με τη λιθολογία, έχει μεγάλη ή μικρή περατότητα. Εμφανίζεται στο κεντρικό
και νότιο τμήμα της λεκάνης, βόρεια των οικισμών Μακρολίβαδο και Παλαμάς. Η έ-
κταση που καταλαμβάνει δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη.
- Αλλουβιακές προσχώσεις (Τεταρτογενές). Είναι προσχώσεις διάφορες (άργιλοι, αμ-
μάργιλοι, αμμοχάλικα, αργιλοχάλικα, κροκάλες, χαλαροί ψαμμίτες, πλευρικά κορρή-
ματα, κώνοι κορρημάτων, υλικά κοίτης και ποταμοχειμάρια φερτά υλικά). Έχουν πά-
χος από λίγα μέτρα έως περίπου 200 m. Κατά στρώματα (όπου υπάρχουν άμμοι, χαλί-
κια, κ.λ.π.) είναι πολύ περατός σχηματισμός, ενώ σε άλλα στρώματα (άργιλοι, κ.λ.π.)
είναι αδιαπέρατος σχηματισμός. Εμφανίζεται σε πολύ μεγάλη έκταση στο κεντρικό
πεδινό τμήμα της λεκάνης

2.3 Υδρογραφικό δίκτυο. Υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής εμφανίζει δενδροειδές σχήμα και είναι αρκετά
πυκνό ιδίως στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της λεκάνης. Από τους γεωλογικούς σχηματι-
σμούς που περιγράφηκαν παραπάνω, οι τριαδικο-ιουρασικοί, αλλά κυρίως οι ανωκρητιδικοί
ασβεστόλιθοι είναι υδατοπερατοί και αφενός έχουν μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης του νε-
ρού των κατακρημνισμάτων, αφετέρου είναι καλοί υδροφορείς με πλούσια υδροφορία. Επί-
σης οι τεταρτογενείς προσχώσεις που καλύπτουν το κεντρικό και μεγαλύτερο τμήμα της λε-
κάνης έχουν στρώσεις υδροπερατές κι έτσι έχουν υδροφορία, η οποία όμως δεν χαρακτηρίζε-
ται ως ιδιαίτερα πλούσια. Κατά τα άλλα, οι οφιόλιθοι και οι σχιστοκερατόλιθοι είναι αδιαπέ-
ρατοι από το νερό, ενώ ο φλύσχης εμφανίζει κατά τόπους πολύ περιορισμένη υδροφορία. Έ-
τσι, συμπερασματικά, στο κεντρικό πεδινό αλλουβιακό τμήμα της λεκάνης αναπτύσσεται κα-
λή υδροφορία με λίγα περιφερειακά ασβεστολιθικά υδροφόρα στρώματα. Θα πρέπει εδώ να
τονιστεί ότι εδαφολογικοί χάρτες της περιοχής δεν έγινε δυνατό να βρεθούν, έτσι οι αναφορές

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

στην διήθηση και βαθιά κατείσδυση προς βαθύτερα εδαφικά στρώματα του νερού των κατακρημνισμάτων βασίζεται σε εκτιμήσεις βασισμένες σε ανάλογα εδάφη άλλων περιοχών.

2.4 Σταθμοί και δεδομένα

Τα υδρομετεωρολογικά στοιχεία εκτιμήθηκαν με τη βοήθεια δεδομένων των παρακάτω μετεωρολογικών σταθμών:

- Μετεωρολογικός σταθμός Λάρισας, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 73 m. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο δεδομένα βροχόπτωσης. Τα δεδομένα θερμοκρασίας του σταθμού δεν χρησιμοποιήθηκαν επειδή, όπως και τα δεδομένα του Σωτηρίου Λάρισας και μετρήσεων που προέρχονται από σταθμούς που βρίσκονται στην βορειοδυτική – νοτιοανατολική διεύθυνση Λάρισας - Βόλου, φαίνεται να έχουν χαρακτηριστικά τα οποία δεν συμφωνούν με αυτά των γειτονικών στη λεκάνη της Σκοπιάς σταθμών και οδηγούν σε λάθη την εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας της λεκάνης.
- Μετεωρολογικός σταθμός Δομοκού, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 615 m. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τόσο βροχόπτωσης όσο και θερμοκρασίας. Ο μετεωρολογικός σταθμός Δομοκού χρησιμοποιήθηκε ως σταθμός αναφοράς στην επιφανειακή ολοκλήρωση της θερμοκρασίας.
- Μετεωρολογικός σταθμός Φαρσάλων, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 138 m. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο δεδομένα βροχόπτωσης. Τα βροχομετρικά δεδομένα του σταθμού δεν χρησιμοποιήθηκαν γιατί απέχουν πολύ από την γενικότερη πορεία των βροχοπτώσεων της ευρύτερης περιοχής. Πιθανά το μικροκλίμα των Φαρσάλων είναι τέτοιο που δίνει βροχοπτώσεις που δεν είναι χαρακτηριστικές της περιοχής.
- Μετεωρολογικός σταθμός Χαλκιάδων, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 250 m. Χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης.
- Μετεωρολογικός σταθμός Τρίλοφου, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 580 m. Χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης.
- Μετεωρολογικός σταθμός Ζαπτείου, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 170 m. Χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης.
- Μετεωρολογικός σταθμός Σκοπιάς, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 580 m. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τόσο βροχόπτωσης όσο και θερμοκρασίας.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Μετεωρολογικός σταθμός Μύρων, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 320 m. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τόσο βροχόπτωσης όσο και θερμοκρασίας.
- Μετεωρολογικός σταθμός Ανάβρας, εγκαταστημένος σε υψόμετρο 700 m. Χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης. Ο συγκεκριμένος σταθμός χρησιμοποιήθηκε ως σταθμός αναφοράς στην επιφανειακή ολοκλήρωση της βροχόπτωσης.

Ο σταθμός της Ανάβρας είναι μοναδικός εντός των ορίων της λεκάνης. Κοντινός στη λεκάνη – σχεδόν αγγίζει τα όριά της, και με υψόμετρο κοντά στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι ο σταθμός του Δομοκού.

Τα διαθέσιμα από τους παραπάνω σταθμούς δεδομένα κατακρημνισμάτων και θερμοκρασίας, αναφέρονται στο χρονικό διάστημα μεταξύ των υδρολογικών ετών 1960 – 61 έως 2001 - 02.

Τα δεδομένα χιονόπτωσης παρήχθησαν με τη χρήση του μοντέλου κατά τη διαδικασία βαθμονόμησής του, καθώς σχετικές μετρήσεις δεν υπήρχαν. Η υπορουτίνα που χρησιμοποιήθηκε καθώς και όλη η μέθοδος, παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενα κεφάλαια. Τα δεδομένα της εξατμισοδιαπνοής εκτιμήθηκαν με την μέθοδο που παρουσίασε ο Thornthwaite, αναλυτική παρουσίαση της οποίας ακολουθεί σε επόμενο Κεφάλαιο.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Χάρτης 2.2. Μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς θερμοβαθμίδας και βροχοβαθμίδας

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στα δεδομένα παροχής καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία βαθμονόμησης και πιστοποίησης του μοντέλου. Μετρήσεις παροχής από τον σταθμημετρικό σταθμό της Σκοπιάς υπάρχουν για την περίοδο από το Σεπτέμβριο του 1971 έως και τον Μάιο του 1993. Η χρονοσειρά δεν είναι πλήρης έχοντας μεγάλα κενά που φτάνουν και στους 17 μήνες. Η καταγραφή των ενδείξεων γινόταν από μη εξειδικευμένο προσωπικό. Τα παραπάνω καθιστούν τα δεδομένα λιγότερο αξιόπιστα αλλά καθόσον είναι τα μοναδικά διαθέσιμα, χρησιμοποιήθηκαν ως έχουν.

2.5 Δεδομένα Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας

Τα βασικά δεδομένα του ΣΓΠ ήταν το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) και ψηφιακή απεικόνιση των χρήσεων γης κατά CORINE της υπό μελέτη λεκάνης απορροής. Από φύλλο χάρτη 1:50 000 των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής, ψηφιοποιήθηκε το γεωλογικό υπόβαθρο και εισήχθη η ανάλογη πληροφορία (Μαρίνης 1954-1957). Οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών λήφθηκαν από μελέτη του επιβλέποντα Αν. καθ. Αθ. Λουκά. Η διοικητι-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

κή διαίρεση, το οδικό δίκτυο, οι θέσεις των οικισμών και το υδρογραφικό δίκτυο λήφθηκαν από δίσκο ακτίνας (CD) συνοδευτικό του βιβλίου «Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του λογισμικού ArcGIS» των Κ. Κωστόπουλου και Ν. Ανδρουλάκη (2003).

2.6 Διοικητικά στοιχεία

Εντός των ορίων της λεκάνης δεν υπάρχει αστικό κέντρο. Η πιο κοντινή κωμόπολη, η οποία εξυπηρετεί διοικητικά ένα μεγάλο μέρος των οικισμών της λεκάνης, είναι η κωμόπολη του Δομοκού, έδρα της ομώνυμης επαρχίας του νομού Φθιώτιδας. Ο Δήμος Δομοκού καταλαμβάνει επίσης το μεγαλύτερο ποσοστό (σχεδόν 59%) της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής Μικρότερο ή μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής έκτασης της λεκάνης, εκτός του Δήμου Δομοκού, ανήκει και στους Δήμους: Ναρθακίου Ν. Λάρισας, Λαμιέων, Ξυνιάδας, Στυλίδας και Λειανοκλαδίου Ν. Φθιώτιδας και στην κοινότητα Ανάβρας του Ν. Μαγνησίας (*Χάρτης 3. του Παραρτήματος III*). Οι οικισμοί της λεκάνης είναι οι: Λεύκα, Μαντασιά, Πολυδέντρι, Νέα Μάκριση, Καρυές, Φιλιάδες, Άγιος Γεώργιος, Παλαμάς, Μακρολίβαδο, Μελιταία, Νεοχώριο (Ν. Φθιώτιδας), Σκοπιά (Ν. Λάρισας) και Ανάβρα (Ν. Μαγνησίας) (*Χάρτης 4. του Παραρτήματος III*). Ο συνολικός πληθυσμός των οικισμών της λεκάνης είναι κατά τι μικρότερος των 4.500 κατοίκων, σύμφωνα με την απογραφή του 2001.

Η περιοχή είναι αραιοκατοικημένη αφού η πυκνότητα του πληθυσμού είναι ένας κάτοικος ανά 91,5 περίπου στρέμματα. Από την σύγκριση των πληθυσμιακών στοιχείων των τριών τελευταίων απογραφών, (*Πίνακας 2.1.*) φαίνεται ότι η περιοχή ακολουθεί την γενικότερη τάση που παρατηρείται σε όλες τις αγροτικές περιοχές της επικράτειας και χαρακτηρίζεται από συνεχή μείωση του πληθυσμού.

Από τη μελέτη των στοιχείων της απογραφής του 2001 ως προς την ηλικιακή σύνθεση του πληθυσμού της περιοχής όπως φαίνεται στο *Γράφημα 2.1.* προκύπτουν τα παρακάτω:

- Ο πληθυσμός είναι γερασμένος. Η πλειοψηφία του πληθυσμού συγκεντρώνεται στις ηλικιακές ομάδες 60-64, 65-69 και 70-74 ετών. Η ανοδική τάση που εμφανίζεται στις ηλικιακές ομάδες μέχρι και 34 ετών μένει να αποδειχτεί αν είναι παγιωμένη και πραγματική τάση πληθυσμιακής αύξησης ή αν απλά δείχνει ότι η ύπαιθρος λειτουργεί σαν προσωρινή «αποθήκη» ανέργων πριν την ένταξή τους στον οικονομικά ενεργό πληθυσμό.

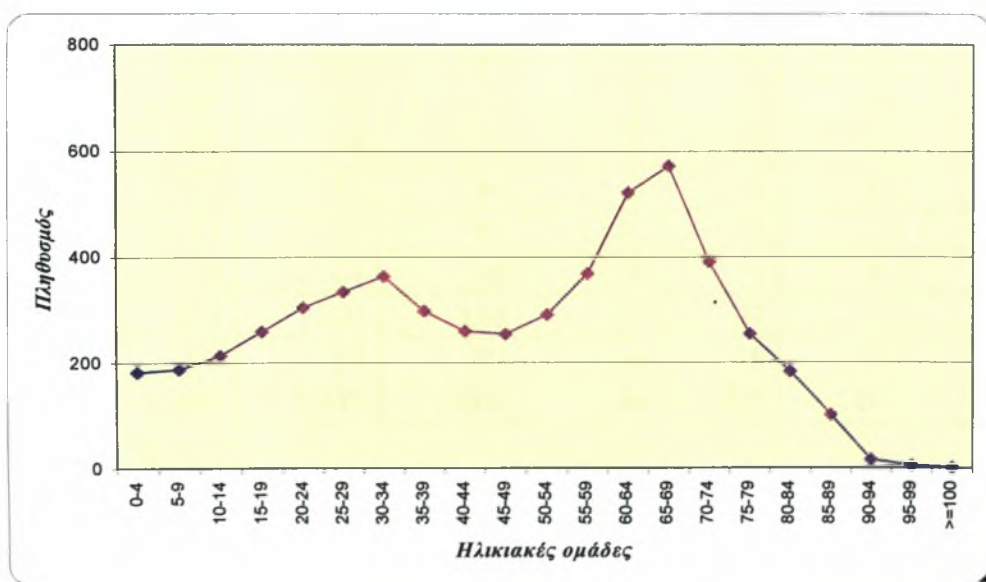
**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

- Το ποσοστό του πληθυσμού που έχει υπερβεί τα 18 έτη που θεωρείτε η ηλικία ένταξης στην παραγωγή είναι 76,72 %. Εξ αυτών, οικονομικά ενεργοί είναι μόλις το 33,3% και οι συνταξιούχοι ή οικονομικά ανενεργοί αγγίζουν το 43,42%. Το παραπάνω στοιχείο είναι ενδεικτικό ότι στα επόμενα χρόνια η περιοχή θα έρθει αντιμέτωπη με το φάσμα της ερήμωσης αν η πορεία δεν αντιστραφεί.

Πίνακας 2.1. : Πληθυσμός οικισμών της λεκάνης απογραφών 1981-1991-2001

Οικισμός	Πληθυσμός απογραφής		
	1981	1991	2001
Άγιος Γεώργιος	275	217	380
Νέα Μακρίση	296	147	144
Λεύκα	396	236	325
Παλαμάς	368	419	359
Πολυδένδρι	159	102	100
Καρνές	414	325	318
Μακρολίβαδο	235	258	205
Μαντασιά	521	411	336
Φιλιαδών	523	460	514
Μελιταία	352	390	304
Νεοχώρι	231	159	193
Σκοπιά	380	332	307
Ανάβρα	661	899	987
Σύνολα	4.811	4.355	4.472

ΕΣΥΕ 1995



Γράφημα 2.1. Γραφική απεικόνιση της κατανομής του πληθυσμού του Δήμου Δομοκού σε ηλικιακές ομάδες

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Η οικονομία της περιοχής είναι σχεδόν αποκλειστικά αγροτική. Από τους 1.489 οικονομικά ενεργούς κατοίκους των οικισμών της περιοχής, οι 1.100 ή ποσοστό 73,88 % απασχολούνται στον πρωτογενή τομέα, 86 ή ποσοστό 5,78 % στον δευτερογενή, 227 ή ποσοστό 15,25 % στον τριτογενή και 57 ή ποσοστό 3,83 % δηλώνουν άνεργοι. Τέλος, 19 ή ποσοστό 1,28 % δεν δηλώνουν τομέα απασχόλησης, ανεβάζοντας τον αριθμό των εν δυνάμει ανέργων σε 76 (*Πίνακας 2.2.*).

Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις φτάνουν τα 187.336 στρέμματα. Από αυτά, 133.000 στρέμματα ή περίπου το 69% καταλαμβάνουν καλλιέργειες δημητριακών (κυρίως σιτάρι και κριθάρι). Στην υπόλοιπη έκταση καλλιεργούνται κυρίως ντομάτα καλαμπόκι, ζαχαρότευτλα, καπνός, λαχανικά και μικρές εκτάσεις με δενδρώδεις καλλιέργειες.

Πίνακας 2.2. : Στοιχεία απασχόλησης κατοίκων των οικισμών της λεκάνης

Δημοτικό Διαμέρισμα	Οικονομικώς ενεργοί							Οικονομικώς μη ενεργοί
	Σύνολο	Απασχολούμενοι ανά τομέα					Άνεργοι	
		Σύνολο	Πρωτογενής	Δευτερογενής	Τριτογενής	Άγνωστος	Σύνολο	
Σκοπιάς	110	102	72	12	16	2	8	162
Ανάβρας	249	245	216	7	19	3	4	278
Καρυών	138	136	117	2	17	0	2	136
Λεύκας	109	101	87	2	10	2	8	104
Μακρολιβάδου	88	87	78	1	8	0	1	93
Μαντασιάς	111	104	84	5	13	2	7	199
Μελιταιάς	105	104	73	9	21	1	1	163
Νέας Μακρίσης	64	62	37	3	20	2	2	65
Νεοχωρίου	57	57	44	7	6	0	0	115
Παλαμά	135	125	85	12	26	2	10	179
Πολυδενδρίου	25	24	18	0	6	0	1	50
Φυλιαδώνος	207	200	130	20	47	3	7	280
Αγ. Γεωργίου	91	85	59	6	18	2	6	118
	1 489	1 432	1 100	86	227	19	57	1 942

ΕΣΥΕ 1995

2.7 Χρήσεις γης

Η λεκάνη καλύπτεται σε ποσοστό 45,64 % από καλλιεργούμενες εκτάσεις. Στην υπόλοιπη περιοχή επικρατεί η αραιά θαμνώδης βλάστηση. Σε ορισμένα τμήματα, κυρίως τα ορεινά νοτιοανατολικά και νότια, κυριαρχεί η πυκνή δενδρώδης βλάστηση. Ένα μικρό ποσοστό τέλος καλύπτουν γυμνές εκτάσεις με εποχιακή χορτολιβαδική βλάστηση.

Οι τύποι της φυτοκάλυψης που απαντώνται στην περιοχή, σύμφωνα με την κατανομή χρήσεων γης κατά CORINE, είναι οι εξής (*Χάρτης 5. του Παραρτήματος ΙΙΙ*):

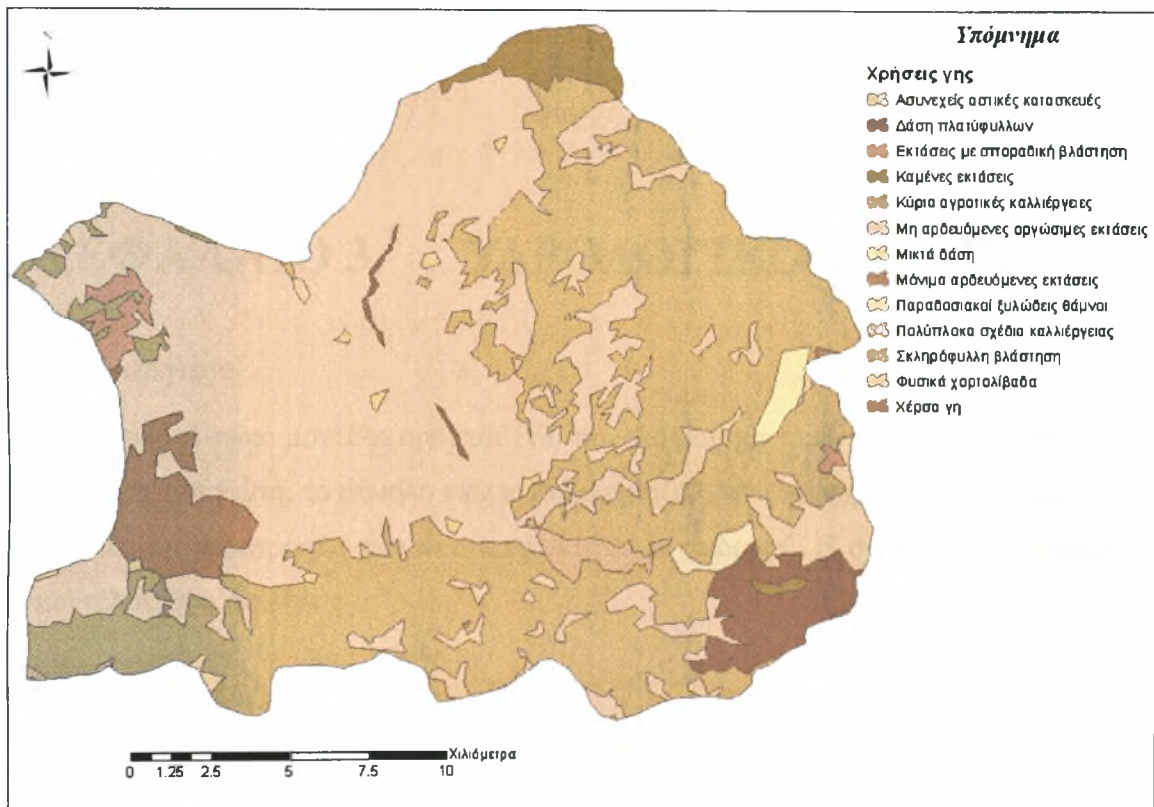
- Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις
- Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις
- Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας
- Εκτάσεις καλυμμένες από καλλιέργειες σε συνδυασμό με άλλους τύπους φυτοκάλυψης
- Δάση πλατύφυλλων
- Μικτά δάση
- Φυσικά χορτολίβαδα
- Χέρσα γη
- Σκληρόφυλλη βλάστηση
- Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι
- Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση
- Καμένες εκτάσεις
- Ασυνεχείς αστικές εκτάσεις

Η έννοια της ασυνέχειας των αστικών εκτάσεων περιγράφει την χαρακτηριστική μορφή δόμησης των οικισμών της ελληνικής υπαίθρου. Βασικό χαρακτηριστικό της περιοχής αποτελεί ο κίνδυνος απερίθωσης που δημιουργεί η αποψίλωση περιοχών προς απόδοση καλλιεργούμενων εκτάσεων, η καλλιέργεια κάθετα στις ισοϋψείς, η καταστροφή της φυσικής βλάστησης μεταξύ των ιδιοκτησιών (δεντροφρακτών) και η εντατική καλλιέργεια όλων σχεδόν των επικλινών λοφωδών τμημάτων της. Για το λόγο αυτό υπάρχει πρόταση να παύσει η καλλιέργεια δημητριακών στις επικλινείς περιοχές και να αντικατασταθεί από δενδρώδεις ή άλλες περιβαλλοντικά συμβατές καλλιέργειες, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει την άμεση μεταβολή του υπάρχοντος υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής. Σ' αυτή την κατεύθυνση μπορεί να συμβάλει και η σύνδεση των χορηγούμενων επιδοτήσεων με την εφαρμογή των κανόνων της ορθής γεωργικής πρακτικής.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας οι χρήσεις γης ομαδοποιήθηκαν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αραιά Δάση
- Πυκνά δάση
- Αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις
- Μη αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις
- Λιβάδια
- Χέρσος
- Οικισμοί



Χάρτης 2.3. Χρήσεις γης κατά CORINE

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

3.1 Εισαγωγή

Ως υδρολογικό μοντέλο ορίζεται ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων, που απεικονίζουν, κατά προσέγγιση, το σύνολο των αλληλοσχετιζόμενων φαινομένων, που υπεισέρχονται στη διαδικασία μετατροπής των κατακρημνίσεων σε απορροή. Η σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου έχει ως εξής :



Σχήμα 3.1 Γενική αναπαράσταση υδρολογικού μοντέλου

όπου ως **Είσοδος** νοούνται οι μετεωρολογικές μεταβλητές (κατακρημνίσματα, θερμοκρασία κ.λ.π.), **Εξισώσεις Συστήματος** ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων που απεικονίζουν τις φυσικές διεργασίες μετατροπής των κατακρημνίσεων σε απορροή (κατακράτηση, εξατμισοδιαπνοή, διήθηση, επιφανειακή απορροή, ενδιάμεση απορροή, εδαφική υγρασία, αποθήκευση στον υπόγειο υδροφορέα) και **Εξοδος** η απορροή.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Τα μοντέλα υετόπτωσης – απορροής ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το είδος των εξισώσεων που περιλαμβάνουν, το χρονικό βήμα, τη λειτουργία τους σε πραγματικό χρόνο κ.λ.π.

Η συνηθέστερη ταξινόμηση των μοντέλων είναι:

1 α. Το μοντέλο ενός μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος που περιλαμβάνει ως είσοδο ένα μεμονωμένο γεγονός βροχής και ως έξοδο, ένα υδρογράφημα πλημμύρας.

1 β. Το συνεχές μοντέλο, που περιλαμβάνει ως είσοδο μια ή περισσότερες χρονοσειρές μίας ή περισσότερων μετεωρολογικών μεταβλητών και ως έξοδο αντίστοιχη χρονοσειρά παροχής.

2 α. Τα ενιαία ή αδρομερή μοντέλα (lumped) που βασίζονται στην υπόθεση της ομοιόμορφης κατανομής των μετεωρολογικών δεδομένων εισόδου και εξόδου, στη επιφάνεια της λεκάνης απορροής.

2 β. Τα κατανεμημένα μοντέλα (distributed) που, σε αντίθεση με τα αδρομερή, βασίζονται στην υπόθεση της χωρικής κατανομής των μεγεθών εισόδου και εξόδου στην λεκάνη απορροής. Στα μοντέλα αυτά, η λεκάνη διαχωρίζεται σε τμήματα με ομοιόμορφα τοπογραφικά ή άλλα χαρακτηριστικά (Τσακίρης 1995).

Απλά αδρομερή μοντέλα, παραμετρικά ή εμπειρικά, τα οποία ενοποιούν τα ετερογενή χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής και προσομοιώνουν την μετατροπή της βροχόπτωσης σε απορροή, είναι γενικά εύκολα στην εφαρμογή τους και απαιτούν περιορισμένα δεδομένα εισόδου.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο UTHBAL για τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής. που αναπτύχθηκε από τους Λουκάς και συνεργάτες (2003) και έχει εφαρμοσθεί σε Λεκάνες της Κύπρου (Λουκάς και συνεργάτες, 2003), της Κρήτης (Christodoulaki et al, 2003) και της Θεσσαλίας (Loukas and Vasiliades, 2005).

Στο παραπάνω μοντέλο, ως δεδομένα εισόδου, χρησιμοποιούνται χρονοσειρές μέσης μηνιαίας επιφανειακής βροχόπτωσης, μέσης μηνιαίας επιφανειακής θερμοκρασίας και μέσης μηνιαίας επιφανειακής και μέσης μηνιαίας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου διαχωρίζει τα κατακρημνίσματα σε βροχόπτωση και χιονόπτωση. Το ποσοστό των συνολικών μηνιαίων κατακρημνισμάτων που θεωρείται ως χιονόπτωση εκτιμάται από

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

μια σχέση που βασίζεται στη μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα (Semadeni-Davies, 1997; Knight *et al.*, 2001):

$$\left. \begin{aligned} \%S &= 0 & \text{if } T &\geq 12.22^{\circ}C \\ \%S &= \frac{1}{(1.35^T * 1.61) + 1} & \text{if } -10^{\circ}C &\leq T \leq 12.22^{\circ}C \\ \%S &= 1 & \text{if } T &\leq -10^{\circ}C \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

όπου, %S είναι το μηνιαίο ποσοστό των κατακρημνισμάτων που πέφτει υπό τη μορφή του χιονιού και T η μέση μηνιαία θερμοκρασία.

Η τήξη του χιονιού κατά τον μήνα J, SM(J) εκτιμάται με τη χρήση της απλής μεθόδου βαθμοί – ημέρα (WMO, 1986):

$$SM(J) = C_m \cdot T(J) \quad (2)$$

όπου, T η μέση μηνιαία θερμοκρασία και C_m η σταθερά του ρυθμού της μηνιαίας τήξης (mm/°C ανά μήνα).

Το ισοδύναμο νερό του χιονιού της αθροιστικής χιονοκάλυψης εκτιμάται από τη σχέση:

$$SWE_{sp}(J) = SWE_{sp}(J-1) + S(J) - SM(J) \quad (3)$$

όπου, S(J) το χιόνι που πέφτει κατά τον μήνα J ίσο με:

$$S(J) = \%S \cdot P(J) \quad (4)$$

όπου, P(J) τα συνολικά κατακρημνίσματα κατά τον μήνα J.

Το μοντέλο διαχωρίζει την συνολική απορροή της λεκάνης σε τρεις συνιστώσες: την επιφανειακή, την ενδιάμεση και τη βασική απορροή χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό εδαφικής υγρασίας. Πρωταρχική προτεραιότητα του μοντέλου είναι η εκπλήρωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή E_a του μήνα J εξαρτάται από τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία και τη μέση επιφανειακή δυναμική εξατμισοδιαπνοή E_p του ίδιου μήνα, J. Η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή εκτιμάται με τη χρήση της σχέσης που προτάθηκε από τους Vandewiele and Win (1998):

$$E_a(J) = \min \left\{ E_p(J) \left(1 - \alpha^{Smoist(J)/E_p(J)} \right), Smoist(J) \right\} \quad (5)$$

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

όπου, $S_{moist}(J)$ η διαθέσιμη εδαφική υγρασία του μήνα J για την εκπλήρωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, α μια παράμετρος υπολογισμού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ($0 \leq \alpha \leq 1$), και $E_p(J)$ η δυνητική εξατμισοδιαπνοή του μήνα J .

Η επιφανειακή απορροή, SR του μήνα J υπολογίζεται ως:

$$SR(J) = (1 - K) \cdot (AS_{moist}(J) - S_{max}) \quad \text{αν } AS_{moist}(J) > S_{max} \quad (6)$$

ή

$$SR(J) = 0 \quad \text{αν } AS_{moist}(J) \leq S_{max} \quad (7)$$

όπου, $AS_{moist}(J)$ η εναπομείνασα εδαφική υγρασία του μήνα J μετά την εκπλήρωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ($S_{moist}(J) - E_a(J)$), $S_{max} = \frac{25400}{CN} - 254$, η μέγιστη εδαφική υγρασία,

CN είναι ο Αριθμός Καμπύλης (Curve Number) της U.S. Soil Conservation Service (U.S. Soil Conservation Service, 1972), και K η παράμετρος της βαθιάς διήθησης.

Η βαθιά διήθηση, D του μήνα J υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$D(J) = K \cdot (AS_{moist}(J) - S_{max}) \quad \text{αν } AS_{moist}(J) > S_{max} \quad (8)$$

ή

$$D(J) = 0 \quad \text{αν } AS_{moist}(J) \leq S_{max} \quad (9)$$

Η διαθέσιμη εδαφική υγρασία του μήνα J , N_{moist} , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{moist}(J) = AS_{moist}(J) - SR(J) - D(J) \quad (10)$$

Η ενδιάμεση απορροή από την εδαφική υγρασία, MR , του μήνα J υπολογίζεται ως:

$$MR(J) = \beta \cdot [N_{moist}(J-1) + N_{moist}(J)] \quad (11)$$

όπου, β η παράμετρος της ενδιάμεσης απορροής ($0 \leq \beta \leq 1$).

Η εναπομείνασα εδαφική υγρασία στο τέλος του μήνα J , NS_{moist} , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$NS_{moist}(J) = N_{moist}(J) - MR(J) \quad (12)$$

Η διαθέσιμη εδαφική υγρασία για την εκπλήρωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής του επόμενου ($J+1$) είναι:

$$S_{moist}(J+1) = PSM(J+1) + NS_{moist}(J) \quad (13)$$

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

όπου,

$$PSM(J+1) = R(J+1) + SM(J+1) \text{ και } R(J+1) = [1 - \%S(J+1)] \cdot P(J+1) \quad (14)$$

Η βασική απορροή, Q_g , του μήνα J υπολογίζεται από την βαθιά διήθηση, D , του προηγούμενου μήνα $J-1$, σύμφωνα με τη σχέση:

$$Q_g(J) = \gamma \cdot D(J-1) \quad (15)$$

όπου, γ μια παράμετρος για τη βασική απορροή ($0 \leq \gamma \leq 1$).

Η φόρτιση του υπόγειου υδροφορέα R_g , μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση (14) ως:

$$R_g(J) = D(J-1) - \gamma \cdot D(J-1) \quad (16)$$

Τέλος, η συνολική επιφανειακή απορροή, Q_{sim} , είναι το άθροισμα των τριών συνιστωσών της απορροής, της επιφανειακής της ενδιάμεσης και της βασικής:

$$Q_{sim}(J) = SR(J) + MR(J) + Q_g(J) \quad (17)$$

Το μοντέλο UTHBAL έχει έξι παραμέτρους οι οποίες θα πρέπει να εκτιμηθούν με τη διαδικασία της βαθμονόμησης (calibration). Οι τέσσερις από αυτές λαμβάνουν συνεχείς τιμές και οι δύο διακριτές. Οι παράμετροι αυτοί είναι:

α) C_m από την οποία εξαρτάται η ποσότητα που συνεισφέρετε στην απορροή και προέρχεται από την τήξη του χιονιού.

β) CN ο αριθμός καμπύλης της Soil Conservation Method (SCS, 1972) που παίρνει τιμές από 0 έως 100

γ) k ο συντελεστής κατεΐσδυσης ($0 \leq k \leq 1$).

δ) αAET συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής που παίρνει τιμές από 0 έως 1

ε) CONMR ο συντελεστής ενδιάμεσης απορροής ($0 \leq \beta \leq 1$) και

στ) CONGROUND ο συντελεστής βασικής απορροής ή συντελεστής εκροής του υδροφορέα ($0 \leq \gamma \leq 1$).

Το μοντέλο λειτουργεί ως αδρομερές (lumped) μηνιαίο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου και μετατρέπεται εύκολα σε κατανεμημένο (distributed) με τη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας.

3.2 Εξατμισοδιαπνοή

Γενικά, εξάτμιση είναι το φαινόμενο μέσω του οποίου ένα υλικό (στην περίπτωσή μας το νερό) μεταπίπτει από την υγρή ή στερεή κατάσταση, στην αέρια. Στις φυτοκαλυμμένες περιοχές ένα σημαντικό μέρος του εξατμιζόμενου νερού είναι νερό που προέρχεται από τη διαπνοή των φυτών. Η απ' ευθείας εξάτμιση και η διαπνοή γίνονται ταυτόχρονα στη φύση και είναι δύσκολο να διαχωριστούν. Ως εκ τούτου, ο όρος εξατμισοδιαπνοή ET χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη συνολική διεργασία μεταφοράς ύδατος στην ατμόσφαιρα από φυτοκαλυμμένη επιφάνεια.

Μια άλλη, ευρύτερα χρησιμοποιούμενη, έννοια είναι αυτή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής ET_p , όρος με τον οποίο περιγράφεται ο μέγιστος ρυθμός εξατμισοδιαπνοής από φυτοκαλυμμένη επιφάνεια που έχει επάρκεια νερού, κάτω από ορισμένες μετεωρολογικές συνθήκες. Κατά τον Penman (Penman et al. 1956), ως πραγματική εξατμισοδιαπνοή, ET_p , ορίζεται η εξάτμιση μιας εκτεταμένης επιφάνειας μικρού ύψους πράσινης βλάστησης που σκιάζει απόλυτα το έδαφος, ενιαίου ύψους και με πλήρη επάρκεια νερού. Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι αυτή παριστά το μέγιστο της δυνατής απώλειας νερού λόγω εξάτμισης από μια φυτοκαλυμμένη επιφάνεια. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι κύρια μετεωρολογικοί, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική υγρασία και ο άνεμος. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ή απλά εξατμισοδιαπνοή, πέραν των παραγόντων που επηρεάζουν την δυνητική, επηρεάζεται και από πρόσθετους παράγοντες. Ο σημαντικότερος είναι η επάρκεια εδαφικής υγρασίας και έπονται άλλοι, όπως η πυκνότητα της φυτικής βλάστησης που μπορεί να εκφραστεί και σαν ποσοστό της φυλλικής επιφάνειας σε σχέση με την αντίστοιχη εδαφική επιφάνεια, ή το φαινολογικό στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

Η μέτρηση της φυσικής εξατμισοδιαπνοής έχει αποδειχτεί και δύσκολη και δαπανηρή ως διαδικασία. Για το λόγο αυτό έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες ανάπτυξης εμπειρικών ή ημιεμπειρικών μοντέλων υπολογισμού της. Στα περισσότερα μοντέλα εκτίμησης της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής από φυτοκαλυμμένες επιφάνειες είναι απαραίτητη η εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής ET_p . Αυτό γίνεται είτε με θεώρηση των διεργασιών που σχετίζονται με τη ροή του νερού μέσα από το σύστημα έδαφος – φυτό – ατμόσφαιρα είτε εμπειρικά με συσχετίσεις.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Τα εμπειρικά μοντέλα που βασίζονται σε συσχετίσεις έχουν μικρές απαιτήσεις σε μετεωρολογικά δεδομένα και εφαρμόζονται με αρκετή επιτυχία σε τοπική κλίμακα. Η ακρίβειά τους ελαττώνεται αισθητά αν εφαρμοσθούν έξω από την περιοχή βαθμονόμησής τους.

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Thornthwaite που βασίζεται στη θερμοκρασία του αέρα. Η μέθοδος παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα λόγω υποεκτίμησης της υπολογιζόμενης εξατμισοδιαπνοής όταν η προσλαμβανόμενη από την γη ακτινοβολία λαμβάνει την μέγιστη τιμή της (καλοκαιρινοί μήνες) με συνέπεια να τίθεται εκτός φάσης το φθινόπωρο. Ως εξήγηση (Van Wijk and D.A. Devries, 1954; Pelton et al., 1960) θεωρείται η υστέρηση της ετήσιας πορείας της θερμοκρασίας ως προς την ακτινοβολία. Η υποεκτίμηση αυτή της εξατμισοδιαπνοής μεγιστοποιείται στα ξηρά και ημίξηρα κλίματα. Η χρήση της μεθόδου σε μικρά χρονικά διαστήματα μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά λάθη. Η μέθοδος είναι επιτυχής για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (μηνός και άνω) λόγω αυτοσυσχέτισης των όμοιων συναρτήσεων θερμοκρασίας και ακτινοβολίας σε μεγάλες χρονικές περιόδους.

Η μέθοδος Thornthwaite προτιμήθηκε κύρια λόγω του γεγονότος ότι το μόνο δεδομένο εισόδου που απαιτείται είναι τιμές θερμοκρασίας. Αναλυτικά η μέθοδος και ο τρόπος υπολογισμού της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής τόσο για τη λεκάνη όσο και για τις διακριτοποιήσεις, παρουσιάζεται σε επόμενα κεφάλαια.

3.3 Κανονικοποιημένος δείκτης φυτικής βλάστησης (NDVI)

Η χρήση δορυφορικών εικόνων για τον προσδιορισμό δεικτών βλάστησης οι οποίοι μετρούν το ποσοστό της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας από την χλωροφύλλη των φυτών εφαρμόζεται ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Ο κανονικοποιημένος δείκτης φυτικής βλάστησης (NDVI) βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε περιπτώσεις όπου μετράται η ποσότητα βλάστησης. Ο NDVI υπολογίζεται από την σχέση (Tucker, 1979):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (3.18)$$

όπου NIR και R είναι η φασματικές αποκρίσεις των φυτοκαλυμμένων επιφανειών στις συχνότητες του κοντινού υπέρυθρου και του ερυθρού αντίστοιχα. Με δεδομένο ότι η χλωροφύλλη απορροφά ακτινοβολία στην περιοχή 0,62 – 0,7 μm και η πράσινη επιφάνεια των φύλλων αντανακλά στην περιοχή 0,74 – 1,1 μm, μπορεί να ειπωθεί ότι ο NDVI είναι ένας αξιόπιστος δείκτης της πυκνότητας της χλωροφύλλης στο φύλλο καθώς και του ποσοστού πυκνό-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

τητας της φυτικής βλάστησης. Είναι, λοιπόν, ο NDVI δείκτης άρρηκτα συνδεδεμένος τόσο με την αύξηση της φυτικής μάζας όσο και με τα φαινολογικά στάδια ανάπτυξης του φυτού. Για παράδειγμα, διαχρονική αύξηση της τιμής του δείκτη αντικατοπτρίζει την αύξηση των βιοχημικών και φυσιολογικών ρυθμών ανάπτυξης των φυτών (έντονη βλάστηση, ανθοφορία, καρποφορία) λόγω έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Αντίθετα, βαθμιαία πτώση της υποδηλώνει καταπόνηση από ανεπάρκεια ύδατος ή από υπερβολικά υψηλές για την εποχή ή τα φυτά θερμοκρασίες.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο NDVI αποτυγχάνει στην εκτίμηση βλάστησης όταν το ποσοστό της φυλλικής επιφάνειας σε σχέση με την αντίστοιχη εδαφική επιφάνεια είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Έτσι, όταν η φυλλική επιφάνεια είναι μικρότερη του 20 % της εδαφικής, η τιμή NDVI «δείχνει» γυμνό έδαφος. Για το λόγο αυτό η εκτίμηση φυτικής βλάστησης σε ξηροφυτικές περιοχές με τη χρήση του NDVI είναι επισφαλής.

3.4 Αριθμός καμπύλης CN.

Είναι δεδομένο ότι η εκτίμηση του περισσεύματος της βροχής ενός γεγονός βροχόπτωσης αποτελεί ένα δύσκολο πρόβλημα. Η υπηρεσία Soil Conservation Service (SCS) παρουσίασε μια μέθοδο υπολογισμού του περισσεύματος δεδομένης βροχόπτωσης με τη βοήθεια τριών μεταβλητών: του ύψους βροχής, της αρχικής κατάστασης υγρασίας του εδάφους και του υδρολογικού συμπλόκου εδάφους – φυτοκάλυψης (SCS, 1972). Σύμφωνα με τα παραπάνω προτάθηκε η εξίσωση

$$S_{\max} = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.19)$$

όπου S_{\max} η μέγιστη εδαφική υγρασία, και CN ο αριθμός καμπύλης της SCS που παίρνει τιμές από 0 έως 100.

Με βάση το συνολικό ύψος βροχόπτωσης των προηγούμενων 5 ημερών, διακρίνονται τρεις χαρακτηριστικές κατηγορίες αρχικής υγρασίας εδάφους (**Πίνακας 3.1**) :

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Πίνακας 3.1. Κατηγορίες με βάση την υγρασία εδάφους

<i>Κατηγορία</i>	<i>Υψος βροχόπτωσης 5 ημερών</i>	
	<i>Χειμερινή περίοδος</i>	<i>Περίοδος βλάστησης</i>
<i>I</i>	<i><13</i>	<i><35</i>
<i>II</i>	<i>13-28</i>	<i>35-53</i>
<i>III</i>	<i>>28</i>	<i>>53</i>

Από υδρολογική άποψη, οι κατηγορίες εδαφών είναι:

Κατηγορία A

Εδάφη με υψηλή βασική διηθητικότητα και υψηλή διαπερατότητα. Συνήθως αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη.

Κατηγορία B

Εδάφη με μέτρια βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα που αποτελούνται από μέσης μέχρι ελαφράς σύστασης εδάφη.

Κατηγορία C

Εδάφη με μικρή βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα που αποτελούνται από μέσης μέχρι βαριάς σύστασης εδάφη.

Κατηγορία D

Εδάφη με πολύ μικρή βασική διηθητικότητα και διαπερατότητα. Περιλαμβάνουν κυρίως αργιλώδη εδάφη, εδάφη με υψηλή στάθμη υπόγειων υδάτων ή με αδιαπέρατο στρώμα.

Το σύμπλοκο εδάφους – φυτοκάλυψης που αντιπροσωπεύει τον τύπο του εδάφους από υδρολογική άποψη και την κατηγορία της φυτοκάλυψης και χρήσης γης μπορεί να εκφραστεί με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN που προκύπτει για την κατηγορία αρχικής υγρασίας II του **Πίνακα 3.1**.

Η Soil Conservation System πινακοποίησε τους αριθμούς CN για μια ποικιλία συνθηκών με την υπόθεση αρχικής υγρασίας κατηγορίας II και αρχικές απώλειες 0,20S. Επειδή οι κατηγορίες χρήσεων γης και φυτοκάλυψης που περιέχονται στον πίνακα της SCS δεν είναι τόσο αντιπροσωπευτικές για τις Ελληνικές συνθήκες και επειδή από την εμπειρία χρήσης της μεθόδου προέκυψαν πολλές αδυναμίες, χρησιμοποιήθηκε η πινακοποίηση που προτάθηκε από τον Wanielista (1978) που στηρίζεται στις ίδιες αρχικές υποθέσεις. Στον **Πίνακα 3.2**.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

που ακολουθεί, παρατίθενται οι χρήσεις γης που σε γενικές γραμμές παρατηρούνται στη λεκάνη που μελετάται στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 3.2. Αριθμός καμπύλης CN (Wanielista, 1978)

Χρήσεις γης	Υδρολογικός τύπος εδάφους			
	A	B	C	D
<i>Καλλιεργημένες εκτάσεις</i>				
-Χωρίς έργα συντήρησης	72	81	88	91
-Με έργα συντήρησης	62	71	78	81
<i>Ορεινοί βοσκότοποι</i>				
-Κακή κατάσταση	68	79	86	89
-Καλή κατάσταση	39	61	74	80
<i>Λιβαδικές εκτάσεις</i>				
-Καλή κατάσταση	30	58	71	78
<i>Δασικές εκτάσεις</i>				
-Αραιή συστάδα	45	66	77	83
-Πυκνή συστάδα	25	55	70	77
<i>Ελεύθερες εκτάσεις</i>				
-Καλή κατάσταση	39	61	74	80
-Μέτρια κατάσταση	49	69	79	84
<i>Οικιστικές περιοχές</i>				
με μέσο μέγεθος οικοπέδου 1500 m ²	57	72	81	86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.

Τα πρωτογενή δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της υπό μελέτη λεκάνης απορροής, οι χρήσεις γης κατά CORINE, το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, δεδομένα NDVI για φατνία μεγέθους 8 x 8 km παραχθέντα από δορυφορικές εικόνες του Προηγμένου Ραδιόμετρου Πολύ Υψηλής Ανάλυσης της Εθνικής Ατμοσφαιρικής και Ωκεάνιας Διοίκησης (NOAA/AVHRR) των Η.Π.Α, χρονοσειρές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης της περιόδου 1960-1961 έως 2001-2002 των σταθμών Φαρσάλων, Μύρων, Σκοπιάς και Δομοκού (θερμοκρασία), Λάρισας, Ζαπτείου, Χαλκιάδων, Μύρων, Σκοπιάς, Τριλόφου, Δομοκού και Ανάβρας (βροχόπτωση), και μη συνεχείς χρονοσειρές παροχής του ποταμού Ενιπέα ετών 1973-1993 στο σταθμό μέτρησης Σκοπιάς.

Η λεκάνη μελετήθηκε τόσο αδρομερώς, ως όλο, όσο και διακριτοποιημένη με διάφορα μεγέθη φατνίων. Η επιλογή του μεγέθους των φατνίων έγινε ώστε να παρέχεται η δυνατότητα περαιτέρω έρευνας στο μέλλον αλλά και λαμβάνοντας υπόψη αντικειμενικές δυσκολίες όπως οι υπολογιστικές δυνατότητες του χρησιμοποιούμενου λογισμικού (Excel). Έτσι, για παράδειγμα, το φατνίου μεγέθους πλευράς 8 km επελέγη επειδή συμπίπτει με το μέγεθος των φατνίων των δορυφορικών εικόνων του Προηγμένου Ραδιόμετρου Πολύ Υψηλής Ανάλυσης της Εθνικής Ατμοσφαιρικής και Ωκεάνιας Διοίκησης (NOAA/AVHRR) των Η.Π.Α., που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής σε συνάρ-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

τηση με το δείκτη βλάστησης (NDVI). Με βάση αυτή τη διακριτοποίηση, επελέγησαν τα υπόλοιπα μεγέθη φατίου, με πλευρά υποπολλαπλάσια και πολλαπλάσια των 8 km. Σοβαρά υπόψη λήφθηκε η διαφοροποίηση δεικτών όπως ο συντελεστής κατεΐσδυσης ή ο αριθμός καμπύλης CN ή των γεγονότων εισόδου εντός ή μεταξύ των φατιών. Θεωρήθηκε ότι με μεγαλύτερου μεγέθους ανάλυση (ή αντίστοιχα μικρότερου μεγέθους φατίου) θα προέκυπταν φατνία με σημαντική αλληλοεπικάλυψη πληροφορίας και υπερβολικό υπολογιστικό φορτίο που θα καθιστούσε το μαθηματικό μοντέλο πρακτικά μη χρησιμοποιήσιμο. Οι διακριτοποιήσεις που τελικά μελετώνται είναι μεγέθους πλευράς φατίου 16, 8, 4 και 2 km. Τέλος, το μοντέλο δομήθηκε και για τη διακριτοποίηση του 1 km χωρίς να βαθμονομηθεί απλά για σύγκριση αποτελεσμάτων και έλεγχο.

4.1. Χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS)

Τα Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας προσομοιώνουν στοιχεία του γεωγραφικού χώρου, όπως αυτά διατάσσονται στην πραγματικότητα, και συνδέουν τη γεωγραφική πληροφορία με βάση δεδομένων. Η προσομοίωση του γεωγραφικού χώρου γίνεται τόσο σε δισδιάστατη όσο και σε τρισδιάστατη μορφή. Τα ΣΓΠ δηλαδή, αποτελούν μία εξέλιξη της ψηφιακής χαρτογράφησης και, επομένως, έχουν άμεση εξάρτηση από τις τοπογραφικές πληροφορίες.

Η βάση δεδομένων μπορεί να περιέχει οποιαδήποτε πληροφορία για στοιχεία του γεωγραφικού χώρου και να συνδέεται με άλλες ανάλογες πληροφορίες χωρίς να δεσμεύεται από αυτές ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα με τη μορφή πίνακα, τόσο για μεμονωμένα στοιχεία του χώρου όσο και για συνδυασμό τους σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Τα ΣΓΠ προσφέρουν μια σειρά πλεονεκτημάτων στην υλοποίηση εφαρμογών, που συνοψίζονται στα εξής:

- ✓ Συνδυάζουν τη διαχείριση βάσης δεδομένων με τη γραφική απεικόνιση χαρτών και
- ✓ άλλες πληροφορίες στο χώρο.
- ✓ Επιτρέπουν άμεση πρόσβαση σε ακριβείς πληροφορίες.
- ✓ Επιτρέπουν ταυτόχρονη ενημέρωση του γραφικού μέρους και της βάσης δεδομένων.
- ✓ Έχουν τη δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων από και σε άλλα λογισμικά.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Σε ότι αφορά τη χρήση τους σε υδρολογικές εφαρμογές, οι τεχνικές που υποστηρίζονται από τα ΣΓΠ προσφέρουν δυνατότητες όπως:

- ✓ Παρεμβολή και επιφανειακή ολοκλήρωση υδρολογικών μεταβλητών.
- ✓ Εξαγωγή μορφολογικών χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής.
- ✓ Εξαγωγή υδρολογικών ιδιοτήτων λεκάνης απορροής με βάση την επιφάνεια υψομέτρου (συγκέντρωση ροής, υδρογραφικό δίκτυο).
- ✓ Συσχέτιση απορροής με δεδομένα λεκάνης (εδαφολογία, φυτοκάλυψη, γεωλογία, χρήσεις γης).

Από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης απορροής του άνω ρου του ποταμού Ενιπέα (**Σχήμα 4.1.**) και με τη χρήση του εργαλείου *Convert from raster to TIN* της υπορουτίνας 3D Analyst του λογισμικού *ArcMap 8.1*, δημιουργήθηκε «ανάγλυφη» επιφάνεια της λεκάνης μορφής TIN (Triangulated irregular network – Ακανόνιστο Τριγωνικό Δίκτυο) (**Σχήμα 4.2.**) Η επιφάνεια TIN είναι απεικόνιση παραγμένη από ακανόνιστα κατανεμημένα στο χώρο σημεία ή γραμμές. Ο κατάλογος δεδομένων TIN περιλαμβάνει τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των σημείων και των γειτονικών τους τριγώνων. Σε κάθε σημείο αντιστοιχούν συντεταγμένες x, y και z με τη z να περιέχει ως πληροφορία το υψόμετρο. Τα σημεία αυτά συνδέονται με πλευρές και σχηματίζουν μη αλληλοεπικαλυπτόμενα τρίγωνα τα οποία χρησιμοποιούνται ώστε να αναπαραστήσουν την επιφάνεια. Μια επιφάνεια TIN ονομάζονται επίσης και Ακανόνιστο Τριγωνικό Μοντέλο Επιφάνειας.

Όπως προαναφέρθηκε, η λεκάνη μελετήθηκε τόσο αδρομερώς όσο και διακριτοποιημένη σε φατνία. Η διακριτοποίηση της λεκάνης έγινε με τη χρήση του εργαλείου *Convert from TIN to raster* της υπορουτίνας 3D Analyst του λογισμικού *ArcMap 8.1* με μέγεθος πλευράς φατνίου 16, 8, 4, 2 και 1 km. και πλήθος φατνίων 4, 12, 42, 168 και 644 αντίστοιχα. Ενδεικτικά, η διακριτοποιημένη απεικόνιση σε μορφή raster παρουσιάζεται στο **Σχήμα 4.3.** Η περιεχόμενη γεωγραφική πληροφορία στα ψηφιδωτά (raster) αρχεία είναι οι συντεταγμένες και το υψόμετρο του γεωμετρικού κέντρου του φατνίου (το σύνολο των εικόνων παρατίθεται στο Παράρτημα II του 2^{ου} Μέρους)

Χρησιμοποιώντας τα εργαλεία που περιλαμβάνονται στο λογισμικό *ArcToolbox 8.1* και συγκεκριμένα το εργαλείο *Export from Raster to ASCII* η πληροφορία αυτή εξήχθη σε μορφή πινάκων (μητρώων) μεγέθους 2x2, 3x4, 6x7, 12x14 και 23x28 (γραμμές x στήλες) για

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

τις αντίστοιχες διακριτοποιήσεις, προκειμένου να αποδοθούν σε κάθε φατνίο οι τιμές βροχό-
πτωσης, θερμοκρασίας και εξατμισοδιαπνοής που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρό της. Εν-
δεικτικά, η μήτρα της διακριτοποίησης 8x8 km παρουσιάζεται στον *Πίνακα 4.1*.



Σχήμα 4.1. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης Σκοπιάς. Οι διαβαθμίσεις του γκρι αποτυπώνουν το υψόμετρο.



Σχήμα 4.2. Ανάγλυφο της λεκάνης Σκοπιάς

Στην πρώτη γραμμή του πίνακα αναγράφεται ο αριθμός των στηλών. Ακολουθεί ο αριθμός των γραμμών, οι συντεταγμένες της κάτω αριστερής γωνίας της διακριτοποίησης σε μέτρα σύμφωνα με το Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ '87, το μέγεθος της πλευράς φατνίου

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

σε μέτρα και ο συμβολισμός (-9999) των φατνίων που δεν περιέχουν πληροφορία (nodata). Τέλος, αναγράφονται οι τιμές του μέσου υψόμετρου κάθε φατνίου σε μέτρα.

Πίνακας 4.1. Περιεχόμενη πληροφορία (υψόμετρο) στα raster αρχεία

ncols	4		
nrows	3		
xllcorner	347881.8		
yllcorner	4312370		
cellsize	8000		
NODATA_value	-9999		
-9999	-9999	415.4936	-9999
-9999	500	500	1072.799
-9999	-9999	-9999	-9999



Σχήμα 4.3. Διακριτοποιημένη λεκάνη απορροής του άνω ρου του ποταμού Ενιπέα. Μέγεθος φατνίου 1x1 km.

Σκοπός της εργασίας - όπως προαναφέρθηκε - είναι να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα συγκεκριμένου μοντέλου στην προσομοίωση της υδρολογικής συμπεριφοράς της λεκάνης. Για τον σκοπό αυτό η λεκάνη μελετήθηκε και αδρομερώς, υποθέτοντας ομοιόμορφη κατανομή τόσο των μεγεθών εισόδου (βροχή, θερμοκρασία, εξατμισοδιαπνοή κ.τ.λ.) όσο και εξόδου (απορροή), αλλά και διακριτοποιημένη - κατά τα προλεχθέντα - με χωρική κατανομή των γεγονότων εισόδου. Χωρική κατανομή της απορροής στην παρούσα εργασία δεν επιχειρήθηκε.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

4.1.1. Εισαγωγή Γεωλογικής Πληροφορίας

Για την απεικόνιση του γεωλογικού υπόβαθρου χρησιμοποιήθηκε φύλλο χάρτη 1:50.000 που συντάχθηκε μεταξύ των ετών 1954 – 1956 από τον Δόκτωρα Γ. Μαρίνο του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους και εκδόθηκε το 1957. Ο χάρτης σαρώθηκε με ανάλυση 300 στιγμών ανά ίντσα (dps – dots per inch) και αποθηκεύτηκε σε αρχείο εικόνας *.tif. Το αρχείο εισήχθη στο λογισμικό ArcMap 8.1, και γεωαναφέρθηκε στο Σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87 με την εισαγωγή τεσσάρων σημείων ελέγχου με δεδομένες συντεταγμένες. Το σύστημα συντεταγμένων των φύλλων χάρτου 1:50.000 είναι το HATT με συντεταγμένες της μορφής φ° και λ° . Για τη μετατροπή τους σε ΕΓΣΑ '87 χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό COORD_GR έκδοση 1.5.2 του Γιάννη Κ. Συγγρού το οποίο συμπεριλαμβάνεται στον συνοδευτικό δίσκο ακτίνας (CD) του βιβλίου «Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του λογισμικού ArcGIS» των Κ. Κωστόπουλου και Ν. Ανδρουλάκη (2003). Στη συνέχεια με το λογισμικό ArcCatalog δημιουργήθηκε σχηματικό αρχείο πολυγώνων (Shapefile) που αναπαριστά τα πολύγωνα του κάθε γεωλογικού σχηματισμού. Για την εισαγωγή της πληροφορίας στο σχηματικό αρχείο, δηλαδή για την ψηφιοποίηση του φύλλου χάρτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος σημειακής κατάδειξης ή μέθοδος των σημείων. Σ' αυτήν, χρησιμοποιώντας το ποντίκι και με διαδοχικές ακριβείς καταδείξεις (clicks) επί των περιγραμμάτων των πολυγώνων του χάρτη, δημιουργείται σειρά σημείων τα οποία συνενούμενα αναπαριστούν την περίμετρο.

Με την ολοκλήρωση της ψηφιοποίησης, από το λογισμικό δημιουργήθηκε αυτόματα πίνακας ιδιοτήτων (Attribute Table) του ψηφιακού χαρτογραφικού επίπεδου των πολυγώνων των γεωλογικών σχηματισμών. Οι αρχικά περιεχόμενη πληροφορία στον πίνακα αυτό είναι ένας κωδικός (ID) ο οποίος αποδόθηκε από το λογισμικό σε κάθε πολύγωνο που ψηφιοποιήθηκε. Στον πίνακα προστέθηκαν και συμπληρώθηκαν πεδία ονομασίας και περιγραφής των γεωλογικών σχηματισμών που αντιστοιχούν σε κάθε πολύγωνο. Κατά τη διαδικασία αυτή, ομοειδείς – για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας – γεωλογικοί σχηματισμοί καταχωρήθηκαν με την ίδια ονομασία και περιγραφή. Στη συνέχεια με τη χρήση του εργαλείου γεωεπεξεργασίας «Διόρθωση οντοτήτων βασισμένη σε μια ιδιότητα» (Dissolve features based on an attribute), δημιουργήθηκε νέο σχηματικό αρχείο στο οποίο τα γειτονικά πολύγωνα που περιέχουν ομοειδείς γεωλογικούς σχηματισμούς συνενώθηκαν. Τέλος, το διορθωμένο αρχείο με τη χρήση του λογισμικού ArcCatalog εισήχθη σε Γεωγραφική Βάση Δεδομένων (Geodatabase)

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

και ο Πίνακας Χαρακτηριστικών του σχηματικού αρχείου συμπληρώθηκε αυτόματα με το εμβαδόν των πολυγώνων (σε m^2) και το μήκος της περιμέτρου των.

4.1.2. Επεξεργασία ψηφιακού χάρτη χρήσεων γης.

Ο χάρτης χρήσεων γης κατά CORINE όπως προαναφέρθηκε, δόθηκε από τον επιβλέποντα. Οι απεικονισμένες χρήσεις γης σε αυτόν ήταν αρχικά πολλές και λεπτομερείς και εν πολλοίς άχρηστες για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, οπότε ανέκυψε ανάγκη ομαδοποίησης. Για το σκοπό αυτό προστέθηκε πεδίο στον πίνακα χαρακτηριστικών του σχηματικού αρχείου χρήσεων γης. Στο πεδίο αυτό αποδόθηκε μια ενδεικτική τιμή για κάθε ομάδα χρήσεως γης. Με βάση αυτή την «ιδιότητα», και με το εργαλείο γεωεπεξεργασίας «Διόρθωση οντοτήτων βασισμένη σε μια ιδιότητα» (Dissolve features based on an attribute), δημιουργήθηκε νέο σχηματικό αρχείο που περιέχει την επιθυμητή πληροφορία. Τέλος, το διορθωμένο αρχείο εισήχθη σε Γεωγραφική Βάση Δεδομένων (Geodatabase) και ο Πίνακας Χαρακτηριστικών του σχηματικού αρχείου συμπληρώθηκε αυτόματα με το εμβαδόν των πολυγώνων χρήσης γης (σε m^2) και το μήκος της περιμέτρου των.

4.1.3. Δημιουργία ψηφιακού χάρτη με χρήσεις γης και γεωλογικό υπόβαθρο.

Προκειμένου να αποδοθούν τιμές αριθμού καμπύλης CN που αντιστοιχούν στις διαφορετικές χρήσεις γης της λεκάνης της Σκοπιάς, χρειάζεται ταυτόχρονα η πληροφορία του γεωλογικού υπόβαθρου, γιατί όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο ο αριθμός καμπύλης CN εξαρτάται τόσο από τις συνθήκες φυτοκάλυψης και χρήσης γης όσο και από την υδρολογική κατηγορία του υποκείμενου εδαφικού στρώματος. Για το λόγο αυτό, τα δύο χαρτογραφικά επίπεδα ενώθηκαν με το εργαλείο γεωεπεξεργασίας «Ένωση δύο επιπέδων» (Union two layers). Ο πίνακας χαρακτηριστικών του νέου σχηματικού αρχείου περιέχει πολύγωνα που ανήκουν ταυτόχρονα σε μια κατηγορία χρήσεως γης και ένα γεωλογικό υπόβαθρο. Στον πίνακα προστέθηκαν πέντε νέα πεδία : πεδίο καταχώρισης υδρολογικής κατηγορίας εδάφους, καταχώρισης αριθμού καμπύλης CN σύμφωνα με τον πίνακα του Wanielista, πεδίο καταχώρισης συντελεστή κατείσδυσης και δύο πεδία στα οποία υπολογίστηκε η συνεισφορά του κάθε πολυγώνου στον υπολογισμό του σταθμικού μέσου όρου των CN και k, ήτοι για κάθε εγγραφή των πεδίων – που αντιστοιχεί σε ένα πολύγωνο – πολλαπλασιάστηκε η τιμή CN (ή k αντίστοιχα) με την έκταση του πολυγώνου και το αποτέλεσμα διαιρέθηκε με την έκταση της λεκάνης. Στην ουσία υπολογίστηκε η συνεισφορά του κάθε πολυγώνου στον υπολογισμό

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

της μέσης σταθμικής τιμής CN και k της λεκάνης. Το άθροισμα των επί μέρους αυτών εγγραφών δίνει τις μέσες τιμές CN και k της λεκάνης της Σκοπιάς που είναι:

$$CN_{\text{composite}} = 60.5162 \text{ και } k_{\text{composite}} = 0.6009$$

Για τις ανάγκες της εργασίας εκτός από τις μέσες τιμές σε επίπεδο λεκάνης, χρειάστηκε να υπολογιστούν και οι μέσες σταθμικές τιμές των παραπάνω παραμέτρων και για τα 12 φατνία της διακριτοποίησης των 8 km. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν 12 γεωαναφερμένα με σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ '87 σχηματικά αρχεία με το περίγραμμα των φατνίων. Στη συνέχεια με το εργαλείο γεωεπεξεργασίας «Αποκοπή ενός επιπέδου με βάση ένα άλλο» (Clip one layer based on another) αποκόπηκαν τα τμήματα του ενιαίου χάρτη χρήσεων γης και γεωλογικού υπόβαθρου που αντιστοιχούν στα φατνία των 8 km. Η εργασία που περιγράφηκε παραπάνω επαναλήφθηκε 12 φορές και οι σταθμικοί μέσοι όροι των CN και k για κάθε φατνίο παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.2**

Πίνακας 4.2. Πίνακας μέσων σταθμικών τιμών CN και k των φατνίων 8 km

Φατνίο	Cn_{comp}	k_{comp}
10	68.898	0.6566
11	75.799	0.6054
12	77.045	0.4917
13	39.762	0.7550
20	73.999	0.5823
21	69.751	0.8336
22	68.880	0.6076
23	73.757	0.6816
30	76.886	0.1500
31	71.886	0.2357
32	56.238	0.5195
33	85.274	0.6328

4.2. Βασικοί υπολογισμοί

Άμεσα αποκτημένη (από μετρήσεις) μετεωρολογική πληροφορία για τη λεκάνη δεν υπάρχει αφού μόνο ένας μετεωρολογικός σταθμός, αυτός της Ανάβρας Μαγνησίας (υψόμετρο 700m) βρίσκεται εντός των ορίων της. Αν και το υψόμετρο του σταθμού βρίσκεται αρκετά κοντά στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης, εν τούτοις αυτός, λόγω της θέσης του, δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικός για τη λεκάνη. Έτσι, οι απαιτούμενες πληροφορίες μπορούν να εκτιμηθούν έμμεσα με μεθόδους που χρησιμοποιούν δεδομένα γειτονικών σταθμών. Για την εκτίμηση επελέγησαν οι μέθοδοι της θερμοβαθμίδας και της βροχοβαθμίδας για την απλότητα των υπολογισμών και την ικανοποιητική εκτίμηση των μεγεθών.

4.2.1. Μέθοδος θερμοβαθμίδας

Η μέθοδος της θερμοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι η θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου. Ως θερμοβαθμίδα ορίζεται ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας με το ύψος και εκφράζεται σε °C /100m

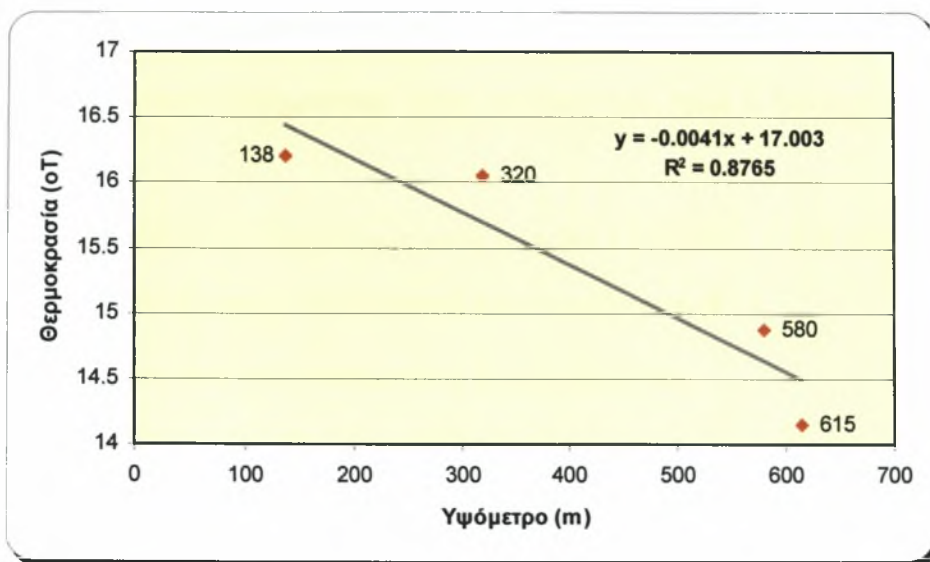
Από την εξέταση του μέσου όρου της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών που παρατίθενται στον **Πίνακα 4.3.** και για παρατηρήσεις των υδρολογικών ετών 1960-1961 έως και 2001-2002, γίνεται φανερό ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου.

Πίνακας 4.3. Μέση ετήσια θερμοκρασία γειτονικών σταθμών της λεκάνης απορροής του άνω ρου Ενιπέα

Μετεωρολογικός Σταθμός	Υψόμετρο m	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία °C
Φαρσάλων	138	16.20750913
Μύρων	320	16.05366707
Σκοπιάς	580	14.87946819
Δομοκού	615	14.15264629

Από τα παραπάνω δεδομένα προέκυψε η σχέση μεταβολής της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας με το υψόμετρο (**Σχήμα 4.4.**) :

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 4.4. Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας / υψόμετρον τεσσάρων σταθμών

$$T = -0,00406411 \cdot H + 17,003 \quad \text{με} \quad R^2=0,8765 \quad (4.1)$$

όπου T η μέση ετήσια θερμοκρασία σε °C και H το υψόμετρο σε m.

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, για κάθε αύξηση του υψόμετρον κατά 100 m, η θερμοκρασία μειώνεται κατά 0,406411 °C.

Για την εκτίμηση της θερμοκρασίας κάθε ψηφίδας για τις διάφορες διακριτοποιήσεις της λεκάνης (μέγεθος πλευράς ψηφίδας 1,2 και 8 km) χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του σταθμού του Δομοκού ο οποίος βρίσκεται πολύ κοντά στη λεκάνη και το υψόμετρό του (615 m) είναι αρκετά κοντά στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης (657 m).

Η εκτίμηση των μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας για κάθε έτος γίνεται με τη χρήση των σχέσεων :

$$T_k = T_{T(k)} - \frac{(H_x - H_0) \cdot 0.406411}{100} \quad (4.2)$$

και

$$T_i^k = \frac{T_k \cdot T_{T(i)}^k}{T_{T(k)}} \quad (4.3)$$

όπου:

$T_{T(k)}$ μέση ετήσια θερμοκρασία στο σταθμό Δομοκού κατά το έτος k,

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

T_k μέση ετήσια θερμοκρασία στο υπό εκτίμηση υψόμετρο κατά το έτος k ,

T_i^k η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά το μήνα i του έτους k στο υπό εκτίμηση υψόμετρο,

$T_{T(i)}^k$ η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά το μήνα i του έτους k στο σταθμό Δομοκού, 0,406411 η θερμοβαθμίδα όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση (4.1)

H_x το υψόμετρο στο οποίο εκτιμάται η θερμοκρασία και

H_0 το υψόμετρο του σταθμού αναφοράς.

4.2.2. Μέθοδος βροχοβαθμίδας

Η υψομετρική μέθοδος ή μέθοδος της βροχοβαθμίδας στηρίζεται στην ίδια λογική με αυτή της μεθόδου της θερμοβαθμίδας και, αναλογικά, ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Η βροχοβαθμίδα εκφράζεται σε mm βροχόπτωσης ανά 100m μεταβολή υψόμετρου. Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια απλή γραμμική σχέση που συσχετίζει τα υψόμετρα των σταθμών με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού και, εφόσον υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης $r > 0,70$) οι σχέσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της θερμοκρασίας και του ύψους βροχόπτωσης σε οποιοδήποτε υψόμετρο. (Παπαμιχαήλ 2001).

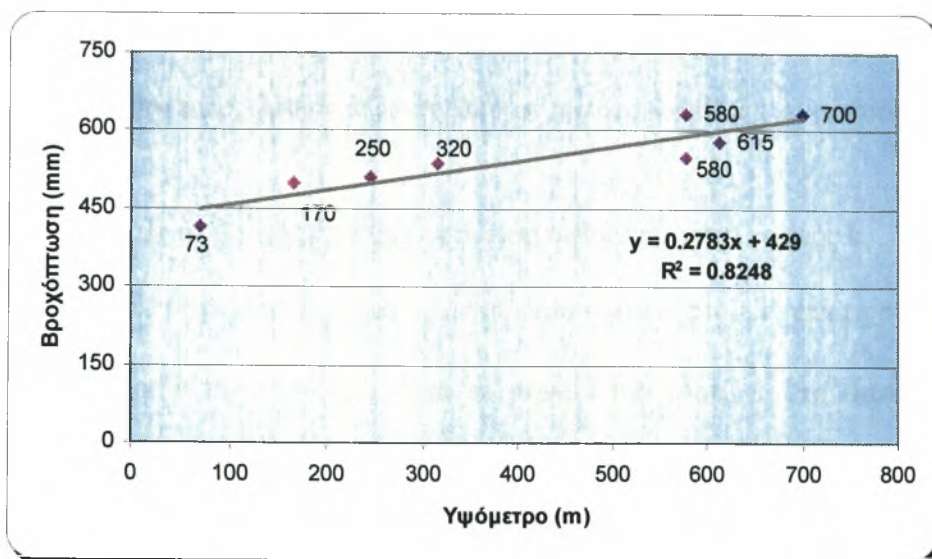
Από την εξέταση των μέσων όρων του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης των σταθμών που παρατίθενται στον **Πίνακα 4.4.** και για παρατηρήσεις των υδρολογικών ετών 1960-1961 έως και 2001-2002, γίνεται φανερό ότι τη ετήσιο ύψος βροχής αυξάνεται με την αύξηση του υψόμετρου.

Πίνακας 4.4. Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης γειτονικών σταθμών της λεκάνης απορροής του άνω ρου Ενιπέα

Μετεωρολογικός Σταθμός	Υψόμετρο m	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση mm
Λάρισας	73	414.6690476
Ζαππείου	170	499.9624404
Χαλκιάδων	250	508.9686967
Μύρων	320	535.4807985
Σκοπιάς	580	547.2363398
Δομοκού	615	577.0187717
Ανάβρας	700	631.309157

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Από τα παραπάνω δεδομένα προέκυψε η σχέση μεταβολής του μέσου ετήσιου ύψους βροχής με το υψόμετρο (Σχήμα 4.5.)



Σχήμα 4.5. Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης / υψομέτρου επτά σταθμών

$$P = 0,2783 \cdot H + 0,8248 \quad \text{με} \quad R^2=0,8248 \quad (4.4)$$

όπου P το ετήσιο ύψος βροχής σε mm και H το υψόμετρο σε m.

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, για κάθε αύξηση του υψομέτρου κατά 100 m, το ύψος βροχής αυξάνεται κατά 27,83 mm.

Για την εκτίμηση της βροχόπτωσης κάθε ψηφίδας για τις διάφορες διακριτοποιήσεις της λεκάνης (μέγεθος πλευράς ψηφίδας 1,2 και 8 km) χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του σταθμού του Δομοκού ο οποίος βρίσκεται πολύ κοντά στη λεκάνη και το υψόμετρό του (615 m) είναι αρκετά κοντά στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης (675 m). Ο σταθμός Δομοκού προτιμήθηκε αντί αυτού της Σκοπιάς γιατί, αν και ο οικισμός Σκοπιάς βρίσκεται εντός των ορίων της λεκάνης, ο ομώνυμος βροχομετρικός σταθμός τοποθετείται εκτός αυτών και σε υψόμετρο κατά πολύ χαμηλότερο (580 m) του μέσου υψομέτρου της λεκάνης.

Η εκτίμηση των μηνιαίων τιμών ύψους βροχόπτωσης για κάθε έτος γίνεται με τη χρήση των σχέσεων :

$$P_k = P_{T(k)} - \frac{(H_x - H_0) \cdot 27.83}{100} \quad (4.5)$$

και

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

$$P_i^k = \frac{P_k \cdot P_{T(i)}^k}{P_{T(k)}} \quad (4.6)$$

όπου:

$P_{T(k)}$ το ετήσιο ύψος βροχής στο σταθμό αναφοράς (σταθμός Δομοκού) κατά το έτος k ,

P_k το ετήσιο ύψος βροχής στο υπό εκτίμηση υψόμετρο κατά το έτος k ,

P_i^k το μηνιαίο ύψος βροχής κατά το μήνα i του έτους k στο υπό εκτίμηση υψόμετρο,

$P_{T(i)}^k$ το μηνιαίο ύψος βροχής κατά το μήνα i του έτους k στο σταθμό αναφοράς (σταθμός Δομοκού), όλα σε mm

27,83 η βροχοβαθμίδα όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση (4.4)

H_x το υψόμετρο στο οποίο εκτιμάται η θερμοκρασία και

H_0 το υψόμετρο του σταθμού αναφοράς.

4.2.3. Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση του Thornwaite:

$$ET_p = 1.6 \cdot Ld \cdot \left(\frac{10 \cdot T_a}{I} \right)^a \quad (4.7)$$

όπου T_a η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα,

a ορίζεται από την εξίσωση:

$$a = 0,0000000675 I^3 - 0,000077 I^2 + 0,01792 I + 0,49239 \quad (4.8)$$

I , δείκτης θερμοκρασίας που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{T_n}{5} \right)^{1.514} \quad (T_n \text{ η μέση κανονική μηνιαία θερμοκρασία}) \quad (4.9)$$

και Ld διορθωτικός συντελεστής που είναι συνάρτηση του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους της υπό εξέταση περιοχής και δίνεται από τον τύπο:

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

$$L_d = \frac{\ell_1}{12} \cdot \frac{N}{30} \quad (4.10)$$

όπου ℓ_1 είναι η πραγματική διάρκεια της ημέρας (σε ώρες) και N ο αριθμός των ημερών του μήνα.

Από τις μεταβλητές της εξίσωσης, η μέση μηνιαία θερμοκρασία, ο συντελεστής α και ο δείκτης θερμοκρασίας μπορούν να υπολογισθούν από τα μετεωρολογικά δεδομένα τόσο των σταθμών όσο και τα εκτιμηθέντα με τις μεθόδους που περιγράφηκαν παραπάνω.

Για τον προσδιορισμό του διορθωτικού συντελεστή L_d , υπολογίστηκε η πραγματική διάρκεια της ημέρας ℓ_1 ως εξής:

Κατ' αρχάς, υπολογίστηκε η γωνία κλίσης δ του ηλίου από την σχέση:

$$\sin\delta = 0,39795 \cos[0,98563(N-173)] \quad (4.11)$$

όπου N ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους (Ιουλιανή ημέρα) της οποίας υπολογίζουμε το δ . Η ακρίβεια υπολογισμού της δ με την παραπάνω σχέση είναι της τάξης της 1° . Ως γωνία κλίσης του ηλίου, ορίζεται η γωνία που σχηματίζει το άνωσπυρο γης – ήλιου με το επίπεδο του Ισημερινού.

Γνωρίζοντας την γωνία κλίσης του ηλίου, υπολογίστηκε η ώρα ανατολής του από τη σχέση :

$$H_{sr} = \arccos(-\tan L \tan \delta) \quad (4.12)$$

όπου L το γεωγραφικό πλάτος της υπό εξέταση λεκάνης και $L = 39^\circ 04'$.

Η ώρα ανατολής, όπως υπολογίστηκε παραπάνω, εκφράζεται σε μοίρες, ως απόσταση της θέσης του ήλιου στον ορίζοντα κατά την ανατολή από τη θέση του κατά το ηλιακό μεσημέρι. Για την μετατροπή των μοιρών σε ώρες, χρησιμοποιείται η αντιστοιχία $1h = 15^\circ$. Άρα η ώρα ανατολής θα είναι ίση με:

$$\Omega_{\text{ρα ανατολής}} = 12 - H_{sr}/15 \quad (4.13)$$

Η ώρα δύσης H_{ss} , του ηλίου είναι η συμμετρική της ανατολής απόσταση ως προς το μεσημέρι δηλ.:

$$\Omega_{\text{ρα δύσης}} = 12 + H_{sr}/15 \quad (4.14)$$

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Γνωρίζοντας τις ώρες ανατολής και δύσης του ηλίου για κάθε ημέρα, εύκολα υπολογίζεται η διάρκεια της ημέρας και, τελικά, ο συντελεστής διόρθωσης L_d ο οποίος έχει όπως στον **Πίνακα 4.5** :

Πίνακας 4.5. Διορθωτικός συντελεστής L_d για την λεκάνη απορροής Σκοπιάς
(Γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 04'$)

Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ
0.944	0.825	0.802	0.828	0.826	1.009
Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ
1.081	1.213	1.224	1.242	1.159	1.019

Στον υπολογισμό των μηνιαίων τιμών εξατμισοδιαπνοής, χρησιμοποιήθηκε μια αντιπροσωπευτική τιμή πραγματικής διάρκειας ημέρας ανά μήνα από τον **Πίνακα 4.6.** που παρατίθεται:

Πίνακας 4.6. Αντιπροσωπευτική της πραγματικής διάρκειας Ιουλιανή ημέρα
για κάθε μήνα

Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ
289	318	345	18	46	75	105	135	162	199	229	259

4.2.4. Συμπλήρωση χρονοσειρών

Με την παραπάνω περιγραφείσα μεθοδολογία αποδόθηκαν τιμές θερμοκρασίας ύψους βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής σε δεδομένο υψόμετρο, σαν συνάρτηση αντίστοιχων δεδομένων από παρατηρήσεις τιμών. Από τα ψηφιδωτά αρχεία (raster) ήταν ήδη γνωστό το μέσο υψόμετρο κάθε φατνίου όλων των διακριτοποιήσεων καθώς και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης. Έτσι, σχηματίστηκαν χρονοσειρές θερμοκρασίας, ύψους βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής για χρονική περίοδο 42 ετών, από τον Οκτώβριο του 1960 έως και τον Σεπτέμβριο του 2002.

Ως σταθμός αναφοράς, χρησιμοποιήθηκε για μεν την επιφανειακή ολοκλήρωση της θερμοκρασίας ο μετεωρολογικός σταθμός Δομοκού για δε την επιφανειακή ολοκλήρωση της βροχόπτωσης εκείνος της Ανάβρας. Ο μετεωρολογικός σταθμός Δομοκού βρίσκεται σε υψόμετρο 615 m στα όρια του οροπεδίου του Δομοκού και μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αντιπροσωπευτικός των θερμοκρασιακών μεταβολών της λεκάνης απορροής του άνω ρου του ποταμού Ενιπέα αφού το υψόμετρό του βρίσκεται πολύ κοντά στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης που είναι 675 m. Προτιμήθηκε έναντι αυτού της Ανάβρας, αν και ο τελευταίος βρίσκεται ε-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

ντός των ορίων της λεκάνης, επειδή ο δεύτερος βρίσκεται εντός δασικής έκτασης στα ανατολικά ορεινά της λεκάνης και θεωρήθηκε ότι δεν θα έδινε αληθή εικόνα της διακύμανσης της θερμοκρασίας στη λεκάνη. Ο μετεωρολογικός σταθμός της Ανάβρας, ως σταθμός αναφοράς εκτίμησης της επιφανειακής βροχόπτωσης, επελέγη γιατί το υψόμετρό του βρίσκεται μόλις 25 μέτρα υψηλότερα από το μέσο υψόμετρο της λεκάνης και, σε ότι αφορά την βροχόπτωση, είναι αντιπροσωπευτικός της λεκάνης. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, παρατίθενται στους *Πίνακες I.1 και I.2 του Παραρτήματος I*. Στο *Παράρτημα I* της παρούσας παρατίθεται το σύνολο των πινάκων θερμοκρασίας, ύψους βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής που υπολογίστηκαν στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης με την υπόθεση της ομοιόμορφης κατανομής τους σε όλη την λεκάνη και, ενδεικτικά, μερικοί από τους πίνακες των διάφορων διακριτοποιήσεων.

4.3. Εφαρμογή του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου

Τόσο το αδρομερές (lumped) όσο και το κατανεμημένο (distributed) μηνιαία μοντέλα προσομοίωσης απορροής, επιλύθηκαν με τη χρήση δύο «εργαλείων» επίλυσης μη γραμμικών μοντέλων: Του ενσωματωμένου στο Excel εργαλείου «Επίλυση» (Solver) και του Direct Optimizer. Συνοπτικά, οι διαφορές ανάμεσα στις δύο ρουτίνες είναι:

- Ο Direct Optimizer έχει εφαρμογή σε προβλήματα ακόμα και με ένα εκατομμύριο μεταβλητές αλλά είναι αργός σε μικρά προβλήματα. Ο Solver περιορίζει τον αριθμό των μεταβλητών σε 100 αλλά είναι συνήθως ταχύς σε μικρά προβλήματα.
- Ο Direct Optimizer βασίζεται σε προσαρμογή του αλγορίθμου ευθείας αναζήτησης Hooke-Jeeves. Ο Solver βασίζεται σε δυναμικά τετραγωνικά μοντέλα.
- Ο Direct Optimizer υποστηρίζει απλούς περιορισμούς για τις μεταβλητές σε αντίθεση με τον Solver που θέτει εξεζητημένους και πολύπλοκους περιορισμούς.
- Ο Direct Optimizer έχει σχεδιαστεί για μη γραμμική βελτιστοποίηση σε αντίθεση με τον Solver που αντιμετωπίζει τόσο μη γραμμικά όσο και ακέραια ή γραμμικά προβλήματα.

Το εργαλείο «Επίλυση» (Solver) του Microsoft Excel χρησιμοποιεί τον κώδικα μη γραμμικής βελτιστοποίησης, μειωμένης γενικευμένης κλίσης (Generalized Reduced Gradient ή GRG2), που ανέπτυξαν ο Leon Lasdon του Πανεπιστημίου του Texas, στο Austin και ο Allan Waren του Πανεπιστημίου του Cleveland.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Η μέθοδος που ακολουθεί το εργαλείο Solver στους υπολογισμούς για την εύρεση της μέγιστης λύσης της αντικειμενικής συνάρτησης 4.14 είναι εν πολλοίς η γνωστή μέθοδος επίλυσης γραμμικών, ακέραιων ή μη γραμμικών που ανάγονται σε γραμμικά, Simplex. Σύμφωνα με αυτή, εισάγεται στο σύστημα μια βασική λύση y_i για κάθε μεταβλητή x_i . Με μεταβολή των μεταβλητών της αντικειμενικής συνάρτησης κατά λ υπολογίζονται τιμές της συνάρτησης και επιλέγεται εκείνη που δίνει την μεγαλύτερη αύξηση της τιμής της αντικειμενικής ενώ απαλείφεται η μεταβλητή της βασικής λύσης η οποία συνεισφέρει λιγότερο στην μεγιστοποίηση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται με διαφοροποίηση του λ μέχρι να μην προκύπτει περαιτέρω αύξηση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης για οποιαδήποτε μεταβολή των τιμών των μεταβλητών.

Ο πρωτότυπος αλγόριθμος Hooke-Jeeves, τον οποίο χρησιμοποιεί με μερικές προσαρμογές ο Direct Optimizer, εκτελείται σε δύο φάσεις. Πρώτα επιλέγεται ένα σχετικά μεγάλο βήμα δ . Έπειτα ερευνάται αν η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης αυξάνεται με αύξηση ή μείωση της τιμής κάθε μεταβλητής κατά δ . Αν η αύξηση μιας μεταβλητής κατά δ έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα, τότε αφήνεται στην νέα της τιμή και η μείωσή της δεν εξετάζεται. Είναι δυνατό σε αυτή τη φάση όλες οι μεταβλητές να μείνουν ανέπαφες. Με βάση την παρούσα φάση x_i και την προηγούμενη x_{i-1} , το αλγόριθμος εισάγει την υπόθεση $x_i + (x_i - x_{i-1})$. Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης που αντιστοιχεί στη νέα τιμή της μεταβλητής συγκρίνεται με την f_{x_i} . Αν η νέα τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι μικρότερη της f_{x_i} , τότε η υπόθεση μεταβάλλεται με το x_{i+1} στη θέση του x_i κ.ο.κ. Σε διαφορετική περίπτωση, το βήμα δ μειώνεται συνήθως στο $\frac{1}{2}$ και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Με το εργαλείο Solver, η μηνιαία απορροή της λεκάνης προσομοιώθηκε χρησιμοποιώντας το παραπάνω μοντέλο υδατικού ισοζυγίου αδρομερώς (lumped) και διακριτοποιημένη σε φατνία μεγέθους πλευράς 16 και 8 km. Η προσομοίωση σε μικρότερες διακριτοποιήσεις δεν ήταν δυνατή λόγω περιορισμών του Solver σε σχέση με τον αριθμό των εκτιμώμενων παραμέτρων. Με το εργαλείο Direct Optimizer η μηνιαία απορροή της λεκάνης προσομοιώθηκε αδρομερώς και διακριτοποιημένη σε φατνία μεγέθους πλευράς 16, 8, 4 και 2 km. Παρουσίαση και σύγκριση των αποτελεσμάτων παρατίθεται σε επόμενα κεφάλαια.

Για κάθε μια από τις παραπάνω προσομοιώσεις, οι παράμετροι του μοντέλου βελτιστοποιήθηκαν στη διαδικασία της βαθμονόμησης (calibration) του μοντέλου και η αποδοτικότητα του μοντέλου ελέγχθηκε στη διαδικασία πιστοποίησης (validation) με τη μέθοδο του

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

χωριστού δείγματος (split sample test). Η μέθοδος αυτή είναι μια ανεξάρτητη χωρίς προκατάληψη (unbiased) μέθοδος ελέγχου των προσομοιώσεων. Το μοντέλο βαθμονομήθηκε και οι παράμετροι βελτιστοποιήθηκαν για έξι υδρολογικά έτη, ήτοι από τον Οκτώβριο του 1981 έως και τον Σεπτέμβριο του 1987 και πιστοποιήθηκαν / ελέγχθηκαν για έξι υδρολογικά έτη, ήτοι από τον Οκτώβριο του 1976 έως και τον Σεπτέμβριο του 1981. Οι παράμετροι των μοντέλων προσαρμόστηκαν στις βέλτιστες τιμές τους με ελαχιστοποίηση των αποκλίσεων μεταξύ παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής. Η αντικειμενική συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε για την βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του μοντέλου είναι η model efficiency (Eff) η οποία έχει προταθεί από τους Nash και Sutcliffe (1970) και η οποία έχει ευρεία εφαρμογή στις υδρολογικές προσομοιώσεις:

$$Eff = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs_i} - Q_{sim_i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs_i} - \overline{Q_{obs_i}})^2} \quad (4.15)$$

όπου, Q_{obs_i} η παρατηρημένη απορροή του μήνα i , Q_{sim_i} η προσομοιωμένη απορροή του μήνα i , $\overline{Q_{obs_i}}$ ο μέσος όρος των τιμών της μηνιαίας παρατηρημένης απορροής.

Εκτός από την αντικειμενική συνάρτηση χρησιμοποιήθηκαν και διάφορες άλλες στατιστικές παράμετροι στον έλεγχο της πιστότητας της προσομοίωσης της απορροής όπως:

ο συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination) R^2 ,

$$R^2 = \left\{ \frac{n \left(\sum_{i=1}^n Q_{obs_i} \cdot Q_{sim_i} \right) - \sum_{i=1}^n Q_{obs_i} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{sim_i}}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n Q_{obs_i}^2 - \left(\sum_{i=1}^n Q_{obs_i} \right)^2 \right] \cdot \left[n \sum_{i=1}^n Q_{sim_i}^2 - \left(\sum_{i=1}^n Q_{sim_i} \right)^2 \right]}} \right\}^2 \quad (4.16)$$

η σύγκριση μεταξύ της μέσης παρατηρημένης και της μέσης προσομοιωμένης απορροής, και

η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ των παρατηρημένων και προσομοιωμένων όγκων απορροής (percentage volume difference, %DV), η οποία υπολογίζεται από τον τύπο:

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

$$DV\% = \frac{\sum_{i=1}^n Qsim_i - \sum_{i=1}^n Qobs_i}{\sum_{i=1}^n Qobs_i} \cdot 100\% \quad (4.17)$$

Τέλος, έγινε οπτικός έλεγχος των παρατηρημένων και προσομοιωμένων υδρογραφημάτων απορροής καθώς και έλεγχος των διαγραμμάτων διασποράς της απορροής για τις περιόδους βαθμονόμησης και πιστοποίησης.

Οι προσομοιώσεις που τελικά παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία είναι κατά σειρά:

A) Αδρομερής με βελτιστοποίηση παραμέτρων. Υπολογίστηκαν τα γεγονότα εισόδου (μέση μηνιαία θερμοκρασία, μέση μηνιαία επιφανειακή βροχόπτωση και μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή) στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφηκαν παραπάνω. Το μοντέλο βαθμονομήθηκε με βελτιστοποίηση των τιμών των μεταβλητών του παραμέτρων και τα αποτελέσματα πιστοποιήθηκαν διαφορετική χρονική περίοδο.

B) Κατανεμημένη με βελτιστοποίηση παραμέτρων. Η λεκάνη μελετήθηκε σε τέσσερις διακριτοποιήσεις με μέγεθος φατνίου 16 x 16 km, 8 x 8 km, 4 x 4 km και 2 x 2 km. Για κάθε μία από αυτές τις διακριτοποιήσεις το μοντέλο βαθμονομήθηκε με βελτιστοποίηση των τιμών των παραμέτρων και έγινε πιστοποίηση των αποτελεσμάτων. Στη διαδικασία βελτιστοποίησης χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο διαφορετικά εργαλεία επίλυσης μη γραμμικών συστημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Γ) Κατανεμημένη με εκτίμηση παραμέτρων.

1. Χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των παραμέτρων που υπολογίστηκαν κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης του αδρομερούς μοντέλου. Μελετήθηκε η απόκριση του μοντέλου στις τιμές αυτές, σε όλες τις διακριτοποιήσεις. Εξετάστηκε τόσο η ύπαρξη όσο και η σημαντικότητα διαφοροποίησης της αποτελεσματικότητας του μοντέλου.

2. Χρησιμοποιήθηκαν εκτιμημένες τιμές των παραμέτρων από χαρτογραφικά (k) ή δορυφορικά και χαρτογραφικά δεδομένα (CN) , ή εκτιμημένες τιμές που προέκυψαν ύστερα από στατιστική ανάλυση των υπολογισμένων από το μοντέλο τιμών (Cm) και έγινε αντικατάσταση των τιμών της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής που υπολογίστηκε από το μοντέλο με αυτές που υπολογίστηκαν από τη σχέση AET-NDVI που περιγράφεται παρακάτω. Μελετή-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

θηκε η απόκριση του μοντέλου στη διακριτοποίηση μεγέθους φατινίου 8 x 8 km λόγω της ύπαρξης τιμών NDVI.

4.4. Ο δείκτης NDVI

Μία από τις κυριότερες αδυναμίες των μοντέλων προσομοίωσης υδατικού ισοζυγίου είναι το μεγάλο πλήθος των προς εκτίμηση παραμέτρων. Η προσπάθεια έμμεσης εκτίμησης κάποιων από αυτές με τη χρήση γνωστών μεγεθών με τα οποία μπορεί να συνδέονται με απλές σχέσεις είναι στοιχείο συνεχούς έρευνας.

Η επιφανειακή εξατμισοδιαπνοή είναι ένας από τους πλέον σημαντικούς αγνώστους στους υπολογισμούς περιοχικού υδατικού ισοζυγίου και στην μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των λεκανών απορροής. Γενικά, αυτή η μεταβλητή υπολογίζεται μέσω εκτιμημένων μεταβλητών του υδατικού ισοζυγίου, όπως, για παράδειγμα, η εδαφική υγρασία. Η άμεση εκτίμηση μεταβλητών σχετιζόμενων με το περιοχικό υδατικό ισοζύγιο είναι εκ των πραγμάτων ο κύριος περιοριστικός παράγοντας στην λειτουργική διασύνδεση των επιφανειακών διαδικασιών σε περιοχές με ελλιπή ή λίγα δεδομένα. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ΑΕΤ) και η εδαφική υγρασία πάρα πολύ δύσκολα εκτιμώνται χωρίς αρκετές και συχνά γενικές υποθέσεις. Επιπλέον, σε μοντέλα όπου οι λεκάνες θεωρούνται ως ομοιόμορφες και ομογενείς ως προς την κατανομή των γεγονότων εισόδου και εξόδου, σπάνια παρακολουθείται η εδαφική υγρασία σε κλίμακα λεκάνης αν και η ΑΕΤ εκτιμάται σ' αυτήν την κλίμακα. Από τη στιγμή που σε πολλές κλίμακες λεκάνης η ΑΕΤ εκτιμάται από την κατάσταση της υγρασίας του εδάφους, ανακύπτει το ερώτημα της μετάβασης από σημειακές μετρήσεις εδαφικής υγρασίας σε ΑΕΤ κλίμακας λεκάνης. Τρέχουσες έρευνες τηλεπισκόπησης της εδαφικής υγρασίας (Schultz and Engman, 2000; Mendoza et al., 2002) παρέχουν πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα και ίσως δώσουν μια λύση. Η προσέγγιση που εκτιμά ανεξάρτητα την πραγματική εξατμισοδιαπνοή σε επίπεδο λεκάνης απορροής θα μπορούσε να αυξήσει σημαντικά την απόδοση και την αξιοπιστία του μοντέλου καθόσον η γνώση τιμών ΑΕΤ θα μείωνε τον αριθμό των προς εκτίμηση μεταβλητών / παραμέτρων και επίσης οι βελτιστοποιημένες παράμετροι του μοντέλου θα μπορούσαν να ισχυροποιηθούν με τη βοήθεια ανεξάρτητα παραχθέντων τιμών ΑΕΤ. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθόσον παλαιότερες μελέτες (Jakeman and Hornberger, 1993; Perrin et al., 2001) έδειξαν ότι ο αριθμός των μεταβλητών / παραμέτρων που θα μπορούσαν να εκτιμηθούν αποτελεσματικά από πληροφορίες που παρέχονται από αρχεία βροχόπτωσης και απορροής είναι πολύ περιορισμένος.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Οι χρησιμοποιούμενες για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής μέθοδοι ποικίλουν από στατιστικές – ημιεμπειρικές προσεγγίσεις έως εκτιμήσεις βασισμένες στις φυσικές ιδιότητες της λεκάνης. Πρόσφατα αριθμητικά μοντέλα προτείνουν την προσομοίωση της ροής θερμότητας και ύδατος δια μέσου του εδάφους της βλάστησης και της ατμόσφαιρας (Kustas and Norman, 1995; Bastiaanssen et al., 1998). Στατιστικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται επίσης στην εκτίμηση και παρακολούθηση της εξατμισοδιαπνοής, ανάλυση συμμεταβολής μεταξύ της εξατμισοδιαπνοής (υπολογισμένης από μετεωρολογικά δεδομένα) και του κανονικοποιημένου διαφορικού δείκτη βλάστησης (NDVI) παραχθέντος από δορυφορικές εικόνες (για παράδειγμα μέσω AVHRR). Μια τέτοια προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής στην Αργεντινή (Di Bella et al., 2000).

Στις μέρες μας, τεχνικές βασισμένες στην δορυφορική τηλεπισκόπηση σε συνεργασία με κλασσικές θεωρητικές προσεγγίσεις που περιγράφουν τη φυσική των αλληλεπιδράσεων εδάφους – ατμόσφαιρας, χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση ιδιοτήτων της διεπιφάνειας εδάφους – ατμόσφαιρας. Μια πρόσφατη εξέλιξη είναι η προσέγγιση δείκτη βλάστησης / θερμοκρασίας, VIT (Moran et al., 1994; Yang et al., 1997) η οποία χρησιμοποιείται στην εκτίμηση των ρυθμών εξατμισοδιαπνοής τόσο πλήρως όσο και μερικώς φυτοκαλυμμένων επιφανειών. Η εφαρμογή της προσέγγισης VIT γίνεται προβληματική σε κλίμακα λεκάνης απορροής εξ' αιτίας δυσκολιών στον ορισμό των αντιπροσωπευτικών τιμών δυναμικής εξατμισοδιαπνοής και στην απόκτηση μερικής φυτοκάλυψης και επιφανειακής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια συνθηκών νεφοκάλυψης. Εναλλακτική και εύκολη στην εφαρμογή μέθοδος είναι η χρήση δορυφορικά παραχθέντος δείκτη βλάστησης για την εκτίμηση της επιφανειακής εξατμισοδιαπνοής.

Δείκτης ευρείας χρήσης είναι ο NDVI. Ο NDVI θεωρείται ευαίσθητος στις αλλαγές συνθηκών βλάστησης επειδή επηρεάζεται ευθέως από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην χλωροφύλλη (Tucker et al., 1985). Επειδή η κατάσταση της χλωροφύλλης επηρεάζει μια σειρά μια σειρά περιβαλλοντικών παραγόντων, ο NDVI έχει συσχετισθεί εμπειρικά με τα παρακάτω συστατικά του υδρολογικού κύκλου σε μεγάλο εύρος χωρικών και χρονικών κλιμάκων: εδαφική υγρασία, κατακρημνίσματα και εξατμισοδιαπνοή (Kerr et al., 1989; Davenport and Nicholson, 1993; Kustas et al., 1994; Sandholt and Andersen, 1993; Mora and Iverson, 1998; Szilagyi, 2000; Szilagyi, 2002).

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Διάφοροι ερευνητές έχουν δοκιμάσει την εφαρμοσιμότητα του NDVI στην εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Η ανάπτυξη της σχέσης NDVI προς ET βασίζεται στην εφαρμογή υδρολογικών – οικολογικών μοντέλων και / ή στη σύγκριση των δεδομένων του NDVI και της ΑΕΤ. Η σύγκριση αυτή δείχνει γενικά μια σταθερή και στατιστικά ισχυρή εποχική σχέση μεταξύ NDVI και ΑΕΤ. Για παράδειγμα, οι Running και Nemani (1988) συμμετέβαλαν τιμές NDVI προς εβδομαδιαίους ρυθμούς δασικής εξατμισοδιαπνοής υπολογισμένους από οικολογικό μοντέλο και βρήκαν γραμμική σχέση μεταξύ τους. Οι Seevers και Ottmann (1994) χρησιμοποίησαν τιμές NDVI Θεματικού Χαρτογράφου για την εκτίμηση της ΑΕΤ διαφόρων αρδευόμενων καλλιεργειών σε επιλεγμένες ημέρες και ο Nicholson και οι συνεργάτες του (1996) κατέδειξαν ότι η σχέση NDVI – ΑΕΤ είναι ισχυρή κυρίως σε υγρά περιβάλλοντα. Ο Szilagyi και οι συνεργάτες του (1998) επεσήμανε ότι η συσχέτιση δεν εξασθενεί απαραίτητα με την αύξηση της ξηρασίας του περιβάλλοντος ισχυριζόμενος ότι θα πρέπει να θεωρηθεί μια χρονική υστέρηση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Οι παραπάνω αναφερόμενες μελέτες κατέδειξαν την εφαρμοσιμότητα της χρήσης του NDVI για την εκτίμηση της ET σε μία τοποθεσία, μια περιοχή, μια λεκάνη ή μια ολόκληρη χώρα (Szilagyi, 2002). Επιπλέον, οι παραπάνω μελέτες, υποδεικνύουν μια γενικά ισχυρή σχέση μεταξύ NDVI και ΑΕΤ η οποία είναι γραμμική ή σχεδόν γραμμική στη φύση. Στην παρούσα εργασία, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή της διακριτοποιημένης (8 x 8) λεκάνης που εκτιμήθηκε στη διαδικασία βαθμονόμησης του αντίστοιχου κατανεμημένου μοντέλου, συσχέτισθηκε με τη χρήση πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (MLR) με τη μέση τιμή των μέγιστων μηνιαίων τιμών του NDVI της ίδιας διακριτοποίησης. Αναλογικά συσχέτισθηκε και η πραγματική εξατμισοδιαπνοή που εκτιμήθηκε από το αδρομερές μοντέλο με τη μέση τιμή NDVI της λεκάνης.

4.5. Συντελεστής τήξης χιονιού.

Στην προσπάθεια για περαιτέρω μείωση του πλήθους των παραμέτρων, αναζητήθηκαν σχέσεις μεταξύ των εκτιμημένων με τη διαδικασία βελτιστοποίησης του μοντέλου παραμέτρων και είτε φυσικών χαρακτηριστικών της λεκάνης είτε άλλων δεδομένων. Εάν αποδειχθεί ότι αυτές οι παράμετροι μπορούν να εκτιμηθούν έμμεσα από άλλα δεδομένα, τότε ο αριθμός των αγνώστων παραμέτρων του μοντέλου θα μειωθεί δραστικά και το μοντέλο θα γίνει πιο αποτελεσματικό στην προσομοίωση του υδατικού ισοζυγίου.

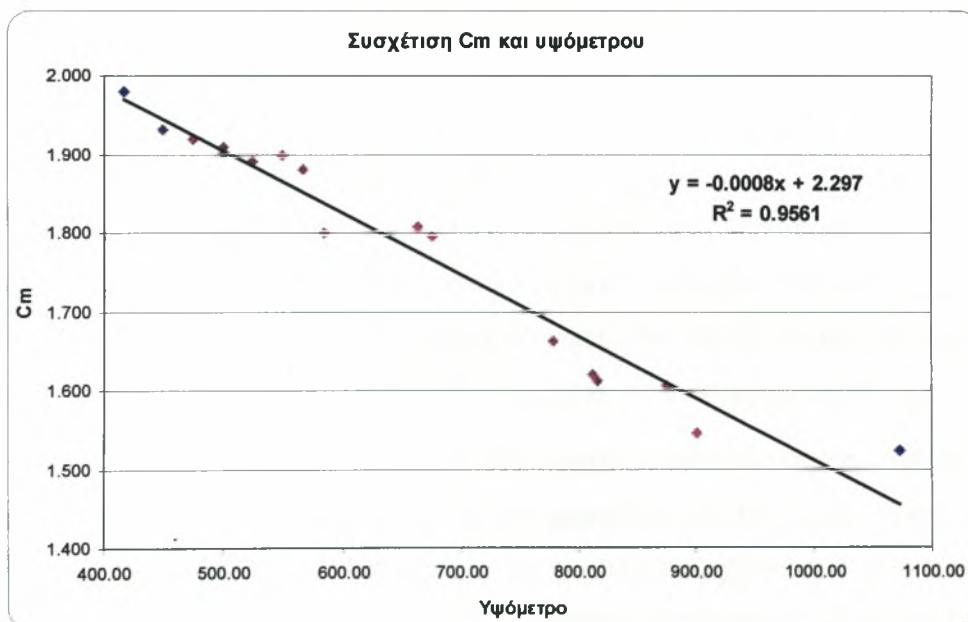
ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Για την εκτός μοντέλου εκτίμηση του αριθμού καμπύλης CN και του συντελεστή κατείσδυσης k , ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στην *ενότητα 4.1.3.* του παρόντος 4^{ου} Κεφαλαίου, όπου και παρατίθενται οι εκτιμηθείσες τιμές.

Όπως προαναφέρθηκε, ο συντελεστής τήξης του χιονιού εξαρτάται κύρια από την μορφολογία της περιοχής και την φυτοκάλυψη. Από απλή επισκόπηση των τιμών C_m που εκτιμήθηκαν από τα μοντέλα lumped, 16 και 8 km κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης με τον Solver, φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των C_m και υψομέτρου:

$$C_m = -0.0008H + 2.297 \quad (4.17)$$

Η σχέση δείχνει να είναι αρκετά ισχυρή, αφού ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι $R = 0.9778$ (Σχήμα 4.6.). Παρ' όλ' αυτά, η σχέση αυτή αντιμετωπίζεται με σκεπτικισμό καθότι, όταν έγινε προσπάθεια επιβεβαίωσής της από τα αποτελέσματα βαθμονόμησης με τον Direct Optimizer, απέτυχε και επιπρόσθετα εκεί η συσχέτιση C_m -υψομέτρου ήταν ανύπαρκτη. Βέβαια, όπως θα αναλυθεί στα επόμενα, οι τιμές των παραμέτρων που εκτιμώνται με τον Direct Optimizer δεν έχουν φυσική σημασία και ίσως αυτό να είναι λόγος μη επιβεβαίωσης της σχέσης 4.16



Σχήμα 4.6. Γραμμική σχέση C_m -υψομέτρου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ - ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Επιπτώσεις της χωρικής διακριτοποίησης στην υδρολογική προσομοίωση.

5.1.1 Αδρομερές (lumped) μοντέλο

Ως δεδομένα εισόδου χρησιμοποιήθηκαν οι χρονοσειρές θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής όπως αυτές εκτιμήθηκαν στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης με τις μεθόδους που περιγράφηκαν παραπάνω. Η παροχή είχε μετρηθεί σε m^3/sec και χρειάστηκε να αναχθεί στην επιφάνεια της λεκάνης σε ύψος ύδατος ανά μήνα εκφρασμένο σε mm.

Ένα σοβαρό πρόβλημα που ανέκυψε τόσο κατά τη διάρκεια επεξεργασίας των δεδομένων όσο και σε όλες τις φάσεις εφαρμογής του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου είναι η ασυνέχεια των δεδομένων παροχής. Επιχειρήθηκε να βρεθεί κοινή χρονική περίοδος στην οποία θα υπήρχαν δεδομένα παροχής από το σταθμό μέτρησης της Σκοπιάς αλλά και δορυφορικά δεδομένα για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με τη βοήθεια του κανονικοποιημένου δείκτη φυτικής βλάστησης NDVI. Κάτι τέτοιο δεν στάθηκε απόλυτα δυνατό, γι' αυτό το μοντέλο βαθμονομήθηκε μεν σε περίοδο όπου υπήρχαν δορυφορικά δεδομένα (1981-1987) αλλά πιστοποιήθηκε σε άλλη περίοδο (1975 -1981) με ελλιπή ή ανύπαρκτα δο-

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

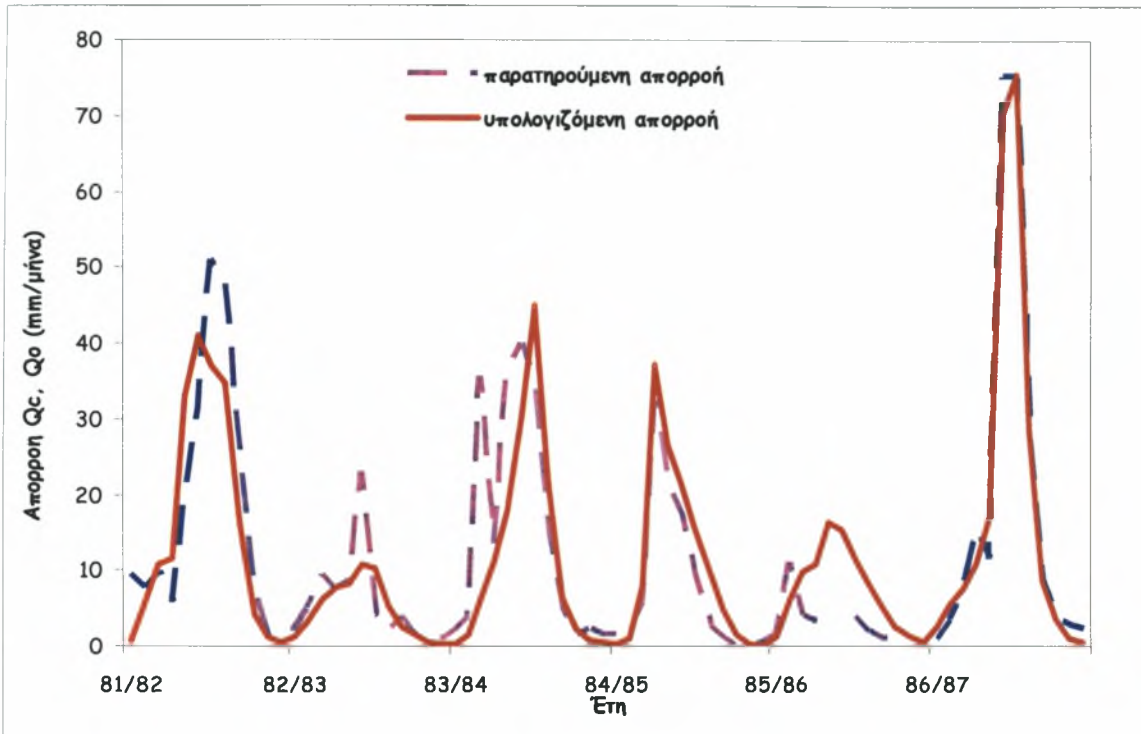
ρυφορικά δεδομένα. Το γεγονός της μη συνέχειας των δεδομένων παροχής επιτρέπει την έκφραση της υπόθεσης ότι ακόμα και τα υπάρχοντα πρέπει να αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό ως προς την αξιοπιστία τους.

Παρά τις όποιες δυσκολίες που προαναφέρθηκαν, το μοντέλο προσομοίωσε καλά την απορροή της λεκάνης του άνω ρου του Ενιπέα (*Σχήματα 5.1. και 5.3.*). Ειδικά για την περίοδο βαθμονόμησης όλες οι στατιστικές παράμετροι έλεγχου του μοντέλου κυμάνθηκαν σε πολύ καλά επίπεδα (*Πίνακας 5.1*). Για την χρονική περίοδο ελέγχου και πιστοποίησης, τα αποτελέσματα χωρίς να είναι αποθαρρυντικά, δεν ικανοποίησαν (*Σχήματα 5.2. και 5.4.*). Αυτό εν μέρει εξηγείται από την ανομοιόμορφη κατανομή των τιμών παροχής των δύο χρονικών περιόδων. Η περίοδος πιστοποίησης περιλαμβάνει τρία συνεχόμενα ξηρά έτη με χαμηλές παροχές (82-83 έως 85-86) και τρία αρκετά υγρά έτη. Η μέση παροχή της εξαετίας ανέρχεται σε 13,88 mm. Η περίοδος βαθμονόμησης περιλαμβάνει έτη λίγο ως πολύ σταθερά αλλά με μέση παροχή εξαετίας 12,15 mm. Δυστυχώς, οι διαθέσιμες τιμές παροχής αφορούν μικρό σχετικά χρονικό διάστημα με πολλά κενά. Επιπρόσθετα, επειδή οι μετρήσεις δεν γίνονται από εξειδικευμένο και ειδικά εντεταλμένο προσωπικό, ελέγχονται και ως προς την αξιοπιστία τους. Όλα τα παραπάνω δυσχεραίνουν τόσο τους υπολογισμούς όσο και την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων. Σε γενικές γραμμές, το μοντέλο δείχνει να αντιμετωπίζει δυσκολίες στην προσομοίωση όταν η μέγιστη μηνιαία παροχή εντός έτους δεν ξεπερνά τα 30 mm και όταν στο ίδιο έτος παρουσιάζονται περισσότερα από ένα τοπικά ακρότατα.

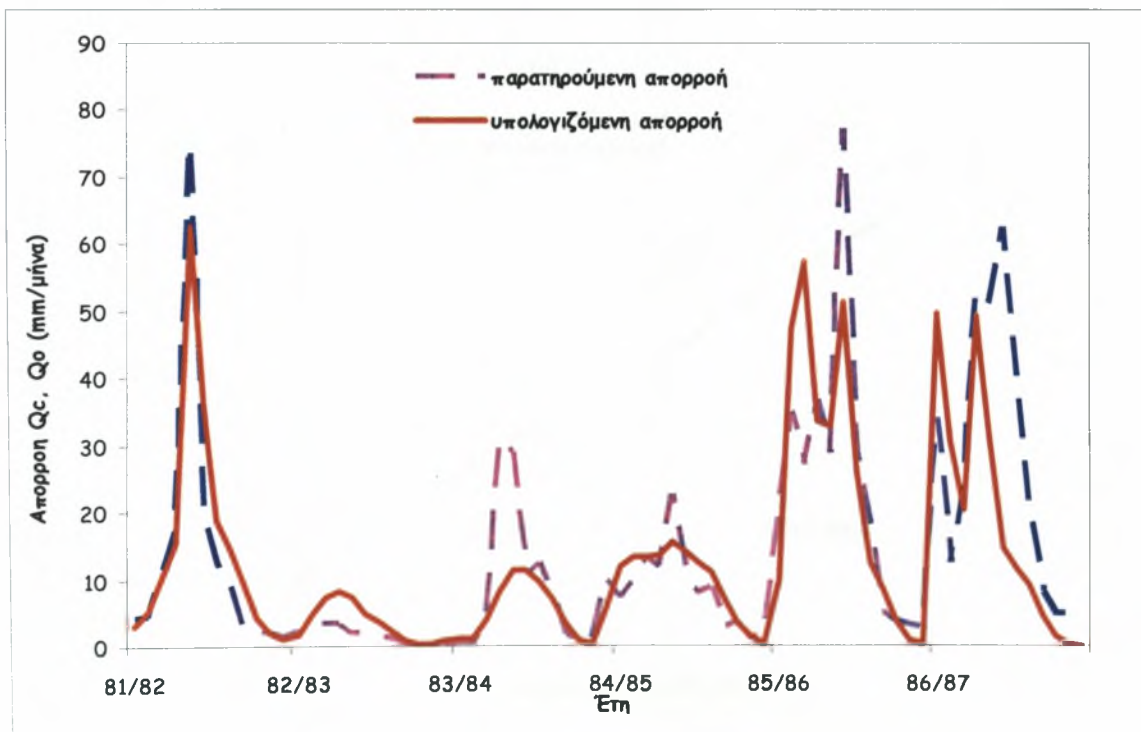
Πίνακας 5.1. Στατιστικά μεγέθη αδρομερούς προσομοίωσης

Αδρομερής προσομοίωση			
Εργαλείο επίλυσης: Solver			
Περίοδος βαθμονόμησης			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.837	-2.81%	0.837	11.81/12.15
Περίοδος ελέγχου			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.635	-8.74%	0.644	12.67/13.88

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

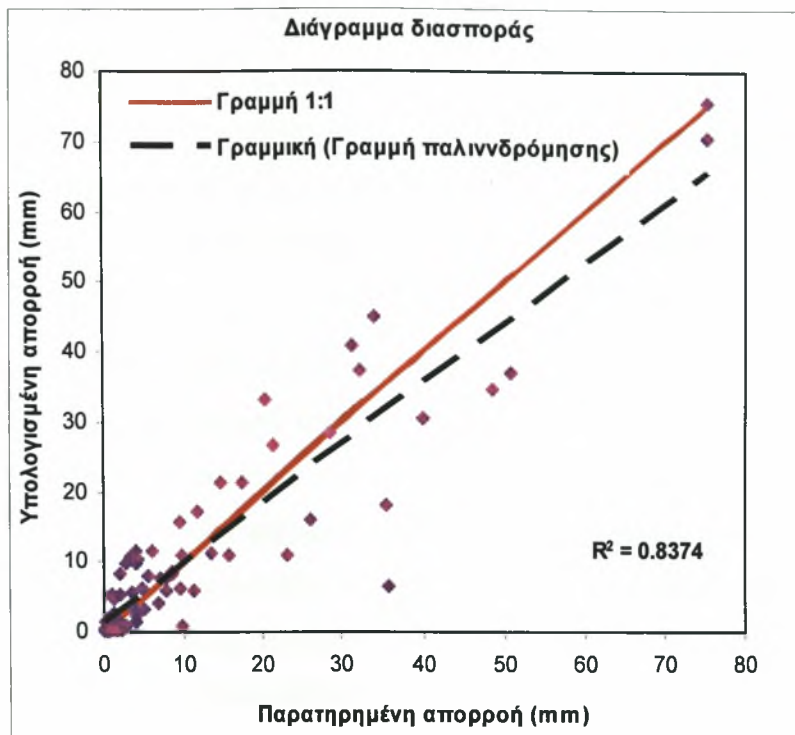


Σχήμα 5.1. Σύγκριση παρατηρημένης και αδρομερώς υπολογισμένης απορροής στην περίοδο βαθμονόμησης

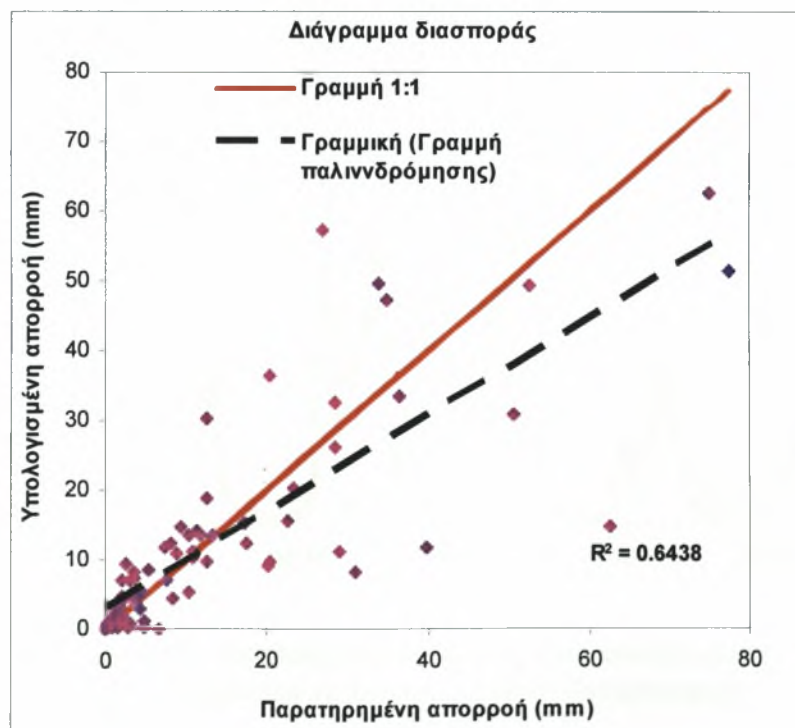


Σχήμα 5.2. Σύγκριση παρατηρημένης και αδρομερώς υπολογισμένης απορροής στην περίοδο πιστοποίησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.3. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και αδρομερώς υπολογισμένης απορροής στην περίοδο βαθμονόμησης

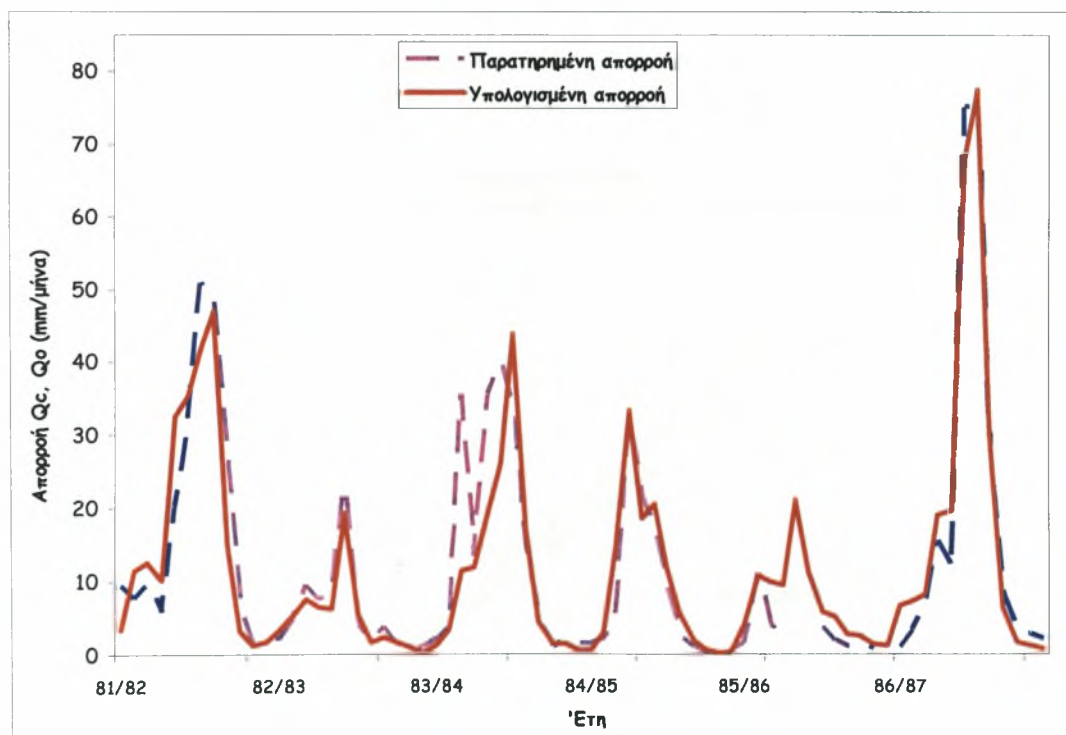


Σχήμα 5.4. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και αδρομερώς υπολογισμένης απορροής στην περίοδο πιστοποίησης

5.1.2 Κατανεμημένο (distributed) μοντέλο με φατνίο 16 x 16 km

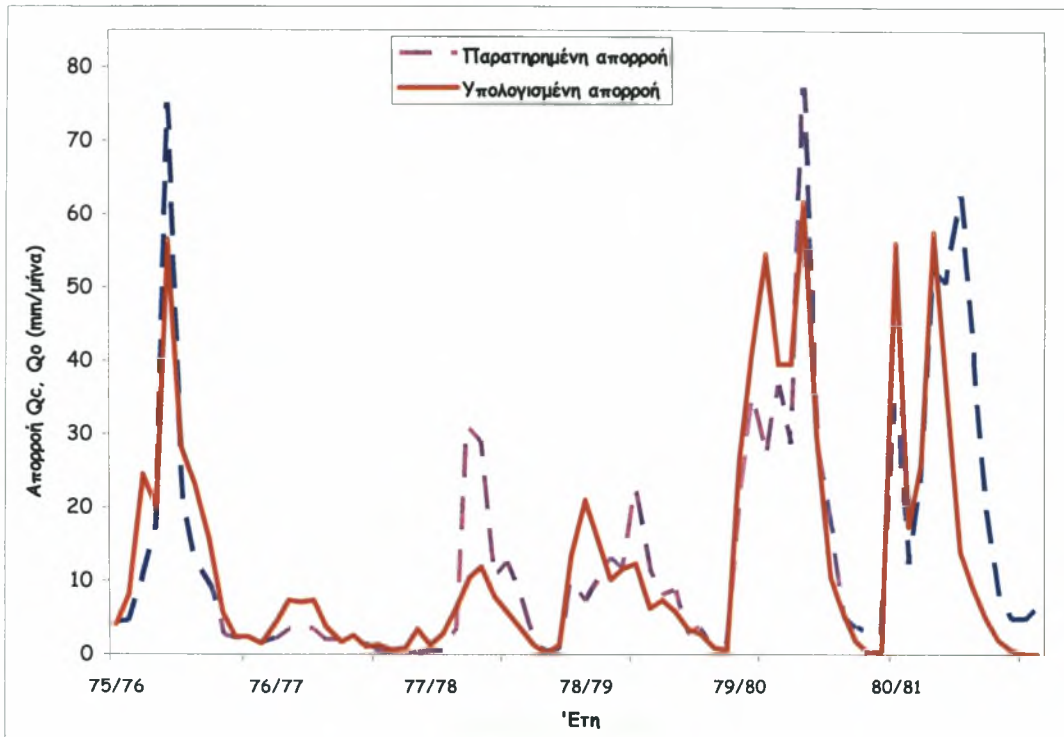
Από την διακριτοποίηση της λεκάνης απορροής, προέκυψαν συνολικά τέσσερα φατνία μεγέθους πλευράς 16 km. Για κάθε φατνίο, με τη χρήση του λογισμικού ArcMap, υπολογίστηκε το μέσο υψόμετρο και, με τις μεθόδους που έχουν ήδη περιγραφεί, εκτιμήθηκαν η βροχοπτώση, θερμοκρασία και εξατμισοδιαπνοή και χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου του μοντέλου.

Το κατανεμημένο μοντέλο 16 x 16 km, για την περίοδο βαθμονόμησης, προσομοίωσε την απορροή ικανοποιητικότερα από το αδρομερές (Σχήματα 5.5. και 5.7.). Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (για συντομία στο εξής θα αναφέρεται ως αποτελεσματικότητα του μοντέλου) έφτασε το 0,888 υπολειπόμενη μόλις 0,112 μονάδες από τη μέγιστη τιμή της. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο προσομοιώνει σχεδόν κατά 90 % την πραγματικότητα. Παρ' όλα αυτά, στην περίοδο πιστοποίησης αν και υπήρξε βελτίωση, (Σχήματα 5.6 και 5.8), η αποτελεσματικότητα εξακολούθησε να είναι χαμηλή αλλά ικανοποιητική.

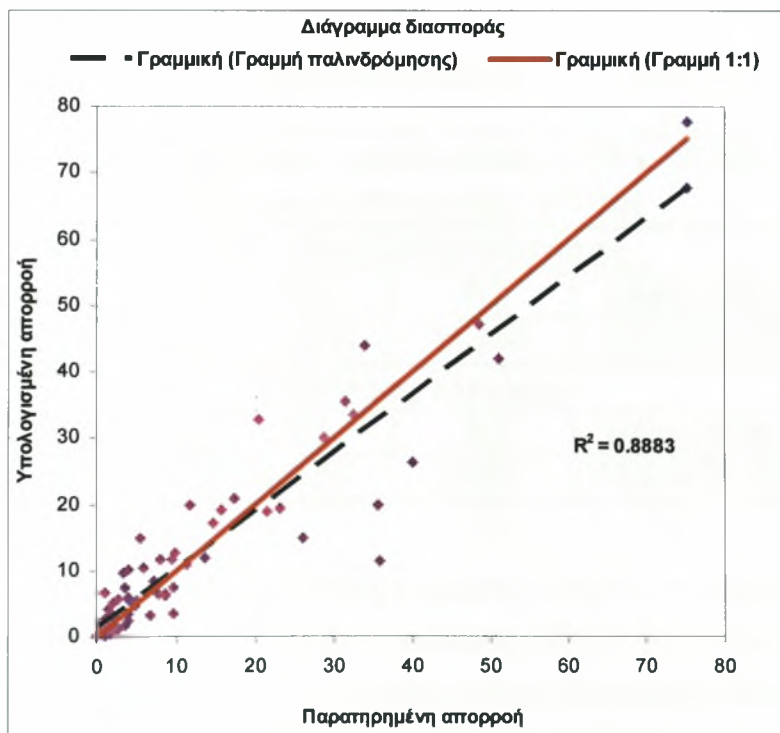


Σχήμα 5.5. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 16 km στην περίοδο βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

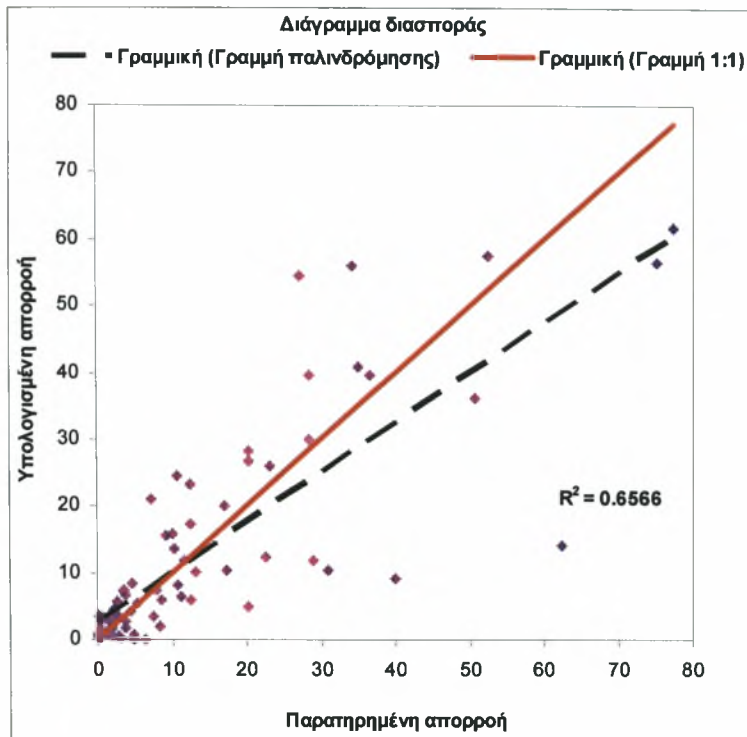


Σχήμα 5.6. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 16 km στην περίοδο πιστοποίησης



Σχήμα 5.7. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 16 km στην περίοδο βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.8. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 16 km στην περίοδο πιστοποίησης

Πίνακας 5.2. Στατιστικά μεγέθη κατανεμημένης προσομοίωσης 16 x 16 km

Κατανεμημένη προσομοίωση 16 x 16 km			
Εργαλείο επίλυσης: Solver			
Περίοδος βαθμονόμησης			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.888	-0.43%	0.888	12.10/12.15
Περίοδος ελέγχου			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.642	-6.32%	0.657	13.00/13.88

Στο σημείο που παρατηρήθηκε σαφής βελτίωση, η οποία είναι εμφανής στο συγκριτικό γράφημα πραγματικής και υπολογισμένης απορροής, είναι στην προσομοίωση με μέγιστη ετήσια απορροή κάτω των 30 mm. Τα στατιστικά μεγέθη της περιόδου βαθμονόμησης κινήθηκαν σε πολύ καλά επίπεδα, με το DV να παίρνει τιμές μικρότερες της μονάδας και την μέση τιμή της υπολογισμένης απορροής να πλησιάζει κατά 0,05 mm την μέση τιμή της παρατη-

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

ρημένης απορροής. Τα στατιστικά μεγέθη της περιόδου πιστοποίησης δεν ικανοποίησαν (*Πίνακας 5.2*).

5.1.3 Κατανεμημένο (distributed) μοντέλο με φατνίο 8 x 8 km

Από την διακριτοποίηση της λεκάνης απορροής, προέκυψαν συνολικά δώδεκα φατνία μεγέθους πλευράς 8 km. Για κάθε φατνίο, με τη χρήση του λογισμικού ArcMap, υπολογίστηκε το μέσο υψόμετρο και, με τις μεθόδους που έχουν ήδη περιγραφεί, εκτιμήθηκαν τα δεδομένα εισόδου (βροχόπτωση, θερμοκρασία, εξατμισοδιαπνοή) του μοντέλου.

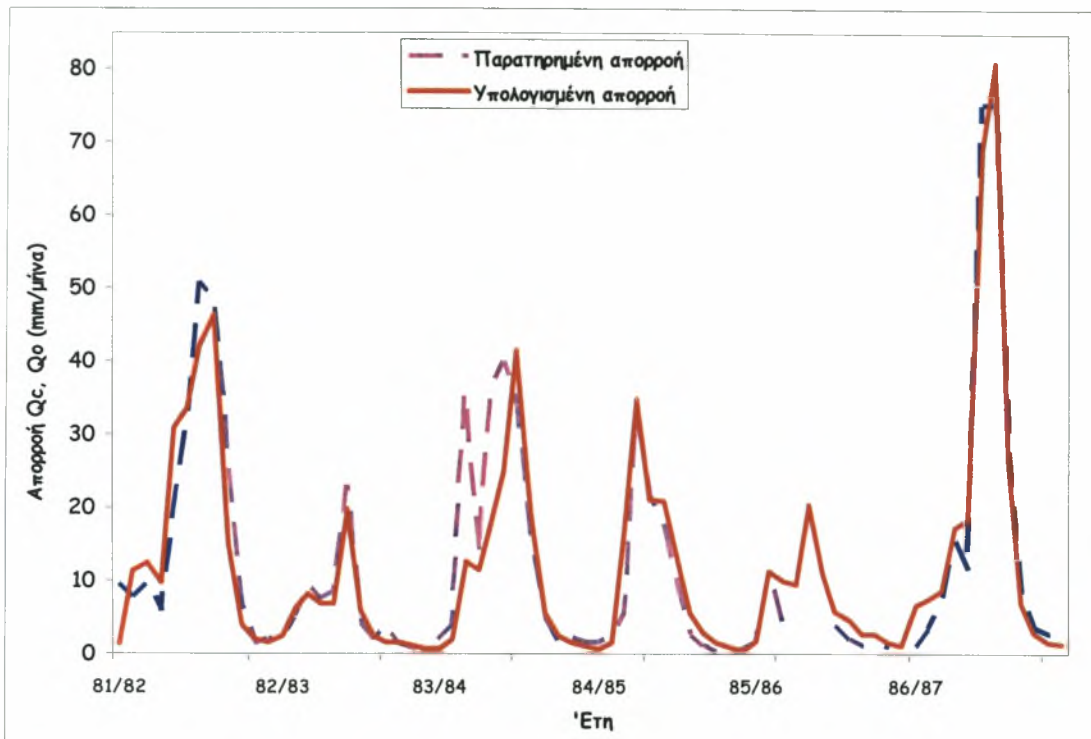
5.1.3.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης απορροής 8x8 km γραφικά και στατιστικά.

Δεν παρατηρήθηκε καμιά ουσιαστική μεταβολή στην αποτελεσματικότητα του μοντέλου σε σχέση με την προηγούμενη (μικρότερη) διακριτοποίηση. Όσα αναφέρθηκαν ήδη στα προηγούμενα, ισχύουν στο μεγαλύτερο ποσοστό τους και εδώ. Γεγονός είναι ότι το μοντέλο επιχειρεί να προσομοιώσει έτη με περισσότερα του ενός τοπικά ακρότατα. (*Σχήματα 5.9., 5.10., 5.11. και 5.12.*). Κάτι που θα πρέπει να αναφερθεί και να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι το γεγονός ότι από μια πρώτη ανάγνωση των αποτελεσμάτων, οι τιμές των παραμέτρων φαίνεται να έχουν «φυσική σημασία», δηλαδή δεν είναι απλά «ποσότητες» για τις οποίες η συνάρτηση αποτελεσματικότητας λαμβάνει την μέγιστη τιμή της, αλλά δείχνουν να ακολουθούν τα φυσικά χαρακτηριστικά των φατνίων στα οποία αντιστοιχούν. Είναι εμφανές επίσης ότι οι παράμετροι μεταβάλλονται ομαλά στο διάστημα των ορίων χωρίς να εντοπίζονται γύρω ή κοντά στα όρια διακύμανσής των, εκτός των συντελεστών ενδιάμεσης και βασικής απορροής. Τα στατιστικά μεγέθη (*Πίνακας 5.3*) δεν διαφοροποιήθηκαν ουσιαστικά από τα ήδη αναφερθέντα στην προηγούμενη παράγραφο.

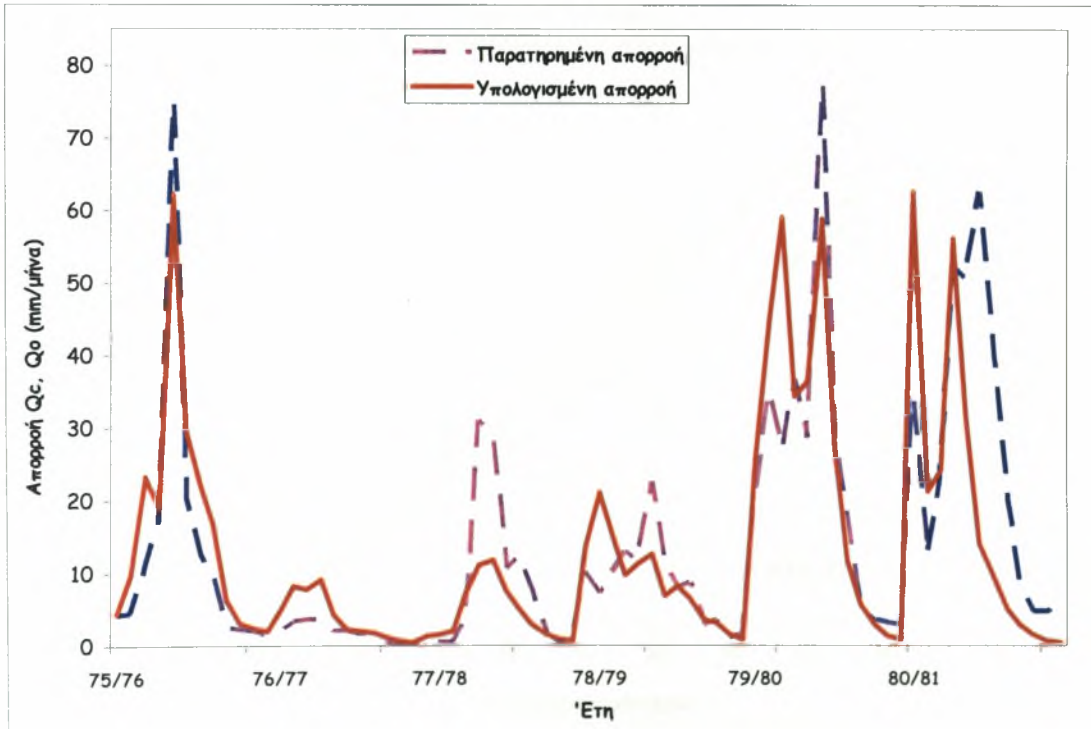
Πίνακας 5.3. Στατιστικά μεγέθη κατανεμημένης προσομοίωσης 8 x 8 km

Κατανεμημένη προσομοίωση 8 x 8 km			
Εργαλείο επίλυσης: Solver			
Περίοδος βαθμονόμησης			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.889	-0.49%	0.889	12.09/12.15
Περίοδος ελέγχου			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.613	-4.98%	0.633	13.19/13.88

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

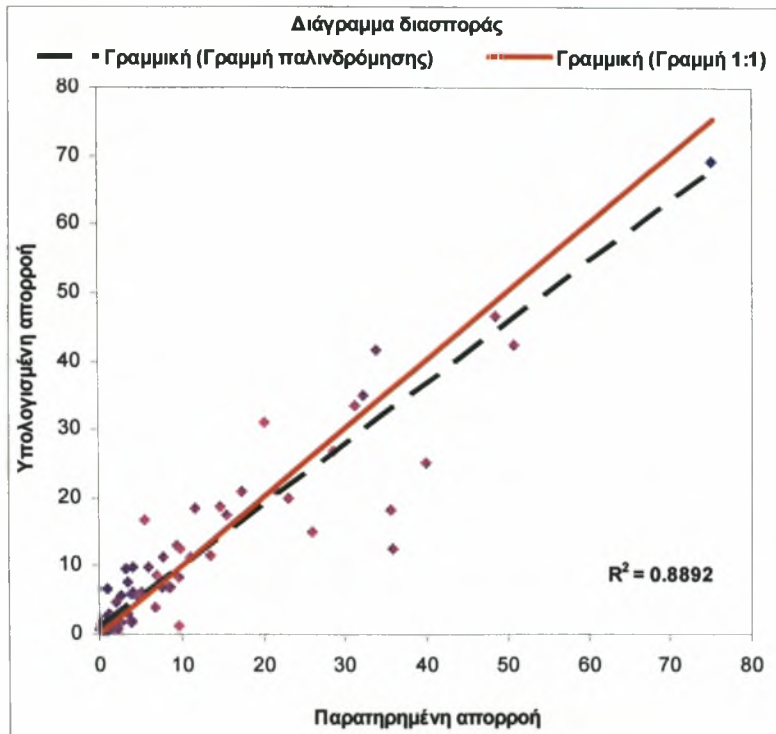


Σχήμα 5.9. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής
φατνίου 8 km στην περίοδο βαθμονόμησης

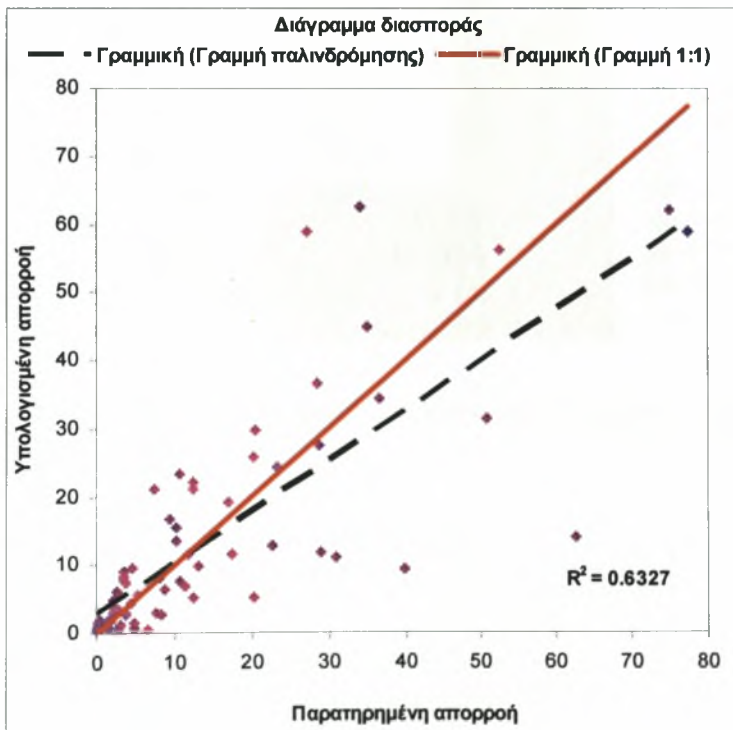


Σχήμα 5.10. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής
φατνίου 8 km στην περίοδο πιστοποίησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.11. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 8 km στην περίοδο βαθμονόμησης

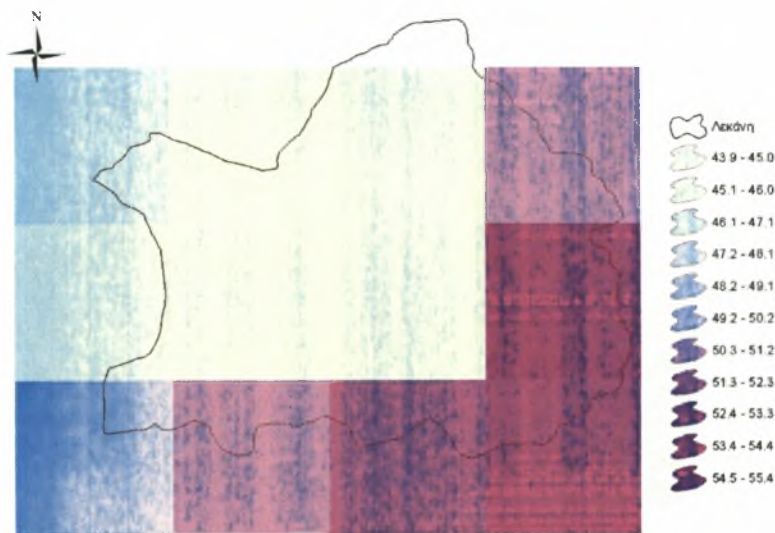


Σχήμα 5.12. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 8 km στην περίοδο πιστοποίησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

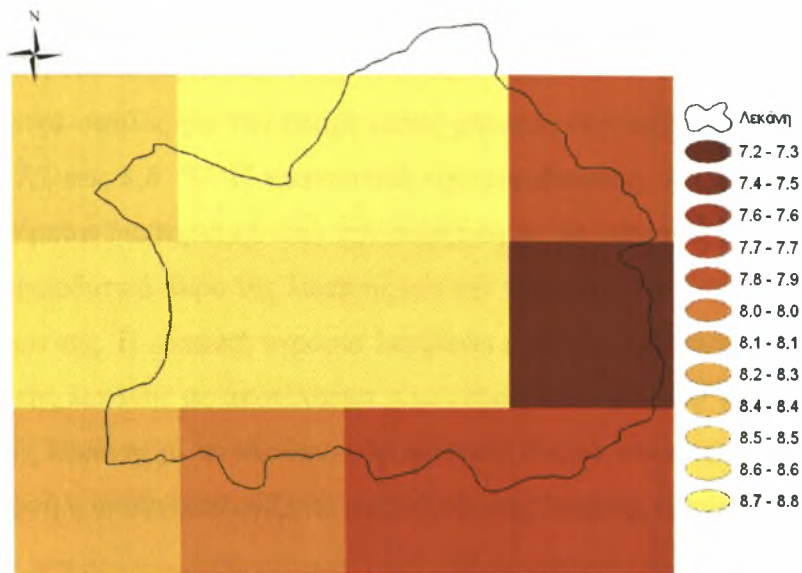
5.1.3.2. Χωρική σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης απορροής 8x8 km

Από την διακριτοποίηση της λεκάνης απορροής, προέκυψαν συνολικά δώδεκα φατνία μεγέθους πλευράς 8 km. Βέβαια, μόνο δύο από τα φατνία περικλείονται εξ' ολοκλήρου στη λεκάνη. Για κάθε φατνίο, με τη χρήση του λογισμικού ArcMap, υπολογίστηκε το μέσο υψόμετρο και, με τις μεθόδους που έχουν ήδη περιγραφεί, εκτιμήθηκαν η υετόπτωση, η θερμοκρασία και εξατμισοδιαπνοή και χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου του μοντέλου. Κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης του μοντέλου η υετόπτωση διαχωρίστηκε σε χιονόπτωση και βροχόπτωση. Τα γεγονότα εισόδου κατανέμονται λογικά στο χώρο, με τα κατακρημνίσματα να παρουσιάζονται αυξημένα στα ανατολικά και νότια ορεινά τμήματα της λεκάνης και τη θερμοκρασία να παίρνει τις υψηλότερες τιμές της στα βόρεια και κεντρικά πεδινά τμήματά της με χαμηλό υψόμετρο (Σχήματα 5.13, 5.14, 5.15 και 5.16).



Σχήμα 5.13. Χωρική κατανομή υετόπτωσης Δεκεμβρίου 1981

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.14. Χωρική κατανομή μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας Δεκεμβρίου 1981



Σχήμα 5.15. Χωρική κατανομή μηνιαίας δυναμικής εξατμισοδιαπνοής Δεκεμβρίου 1981



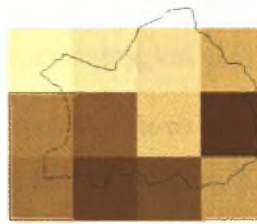
Σχήμα 5.16. Χωρική κατανομή κατακρημισμάτων Δεκεμβρίου 1981

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Στην συγκεκριμένη προσομοίωση, το μοντέλο στην έξοδό του και για τον μήνα Δεκέμβριο του 1981, έδωσε μηδενικές τιμές συσσώρευσης χιονιού. Τούτο εν μέρει δικαιολογείται από τις σχετικά υψηλές για την εποχή μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ανά φατνίο που κυμάνθηκαν από 7,2 έως 8,8 °C. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, όπως υπολογίστηκε από το μοντέλο, κατανέμεται διαφορετικά από την δυνητική με τις μέγιστες τιμές της να εντοπίζονται και στο βορειοδυτικό άκρο της λεκάνης και την ελάχιστη στο κεντρικό – δυτικό και όχι στο βόρειο τμήμα της. Η εδαφική υγρασία λαμβάνει μεγάλες τιμές ειδικά στο ανατολικό και νότιο τμήματα της λεκάνης με αποτέλεσμα η απορροή κάθε φατνίου να μηδενίζεται. Το κεντρικό τμήμα της λεκάνης με το πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο, συνεισφέρει περισσότερο στην συνολική απορροή η οποία υπολογίζεται στην έξοδο της λεκάνης (*Σχήμα 5.17*)



Πραγματική εξατμισοδιαπνοή



Εδαφική υγρασία



Απορροή

Σχήμα 5.17. Χωρική κατανομή γεγονότων εξόδου Δεκεμβρίου 1981

5.1.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων των μοντέλων που επιλύθηκαν με τον Solver

Στον πίνακα που ακολουθεί (*Πίνακας 5.4.*), παρατίθενται τόσο οι τιμές που έλαβαν οι μεταβλητές (παράμετροι) των προσομοιώσεων που περιγράφηκαν στα προηγούμενα όσο και οι επιδόσεις τους. Από τον πίνακα γίνεται φανερό ότι για την χρονική περίοδο βαθμονόμησης, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης βελτιώνεται με την αύξηση της διακριτοποίησης. Το κατανεμημένο μοντέλο φατνίου 8 x 8 km είναι το πιο αποτελεσματικό στην προσομοίωση της απορροής. Πέραν της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης, που φτάνει στο 0,89 και οι άλλες στατιστικές παράμετροι κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα: ο συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination) R^2 , του οποίου η τιμή ταυτίστηκε με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ των παρατηρημένων και προσομοιωμένων όγκων απορροής (percentage volume difference, %DV), η οποία υπολογίστηκε σε μόλις 0,488 % , η μέση τιμή της προσομοιωμένης απορροής η οποία εκτιμήθηκε σε 12,09 mm τη στιγμή που η μέση τιμή της παρατηρημένης ήταν 12,15 mm.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο για την περίοδο ελέγχου και πιστοποίησης των αποτελεσμάτων. Σ' αυτήν ούτε το αδρομερές ούτε τα κατανεμημένα μοντέλα πέτυχαν ικανοποιητικές επιδόσεις. Αν και οι υπόλοιπες στατιστικές παράμετροι ικανοποίησαν, οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Το κατανεμημένο μοντέλο φατνίου 16x16 km, έδωσε τιμή αντικειμενικής συνάρτησης 0,642 που αποτελεί την καλύτερη επίδοση. Στο ίδιο μοντέλο η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ των παρατηρημένων και προσομοιωμένων όγκων απορροής (percentage volume difference, %DV) υπολογίστηκε σε -6,316 % ο συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination) R^2 σε 0,657 και η μέση τιμή της προσομοιωμένης απορροής εκτιμήθηκε σε 13,00 mm έναντι 13,88 mm της παρατηρημένης. Όλα τα παραπάνω, γίνονται εμφανή στα συγκριτικά γραφήματα (Σχήματα 5.18 και 5.22) όπου η αποτελεσματικότητα όλων των προσομοιώσεων στην περίοδο βαθμονόμησης είναι υψηλή σε αντίθεση με την περίοδο πιστοποίησης και ελέγχου που αυτή αστοχεί σημαντικά.

Γενικά, στα υγρά ή με ένα τοπικό ακρότατο έτη (Σχήματα 5.20. και 5.24.) τα μοντέλα ανταποκρίνονται πολύ καλά και στις δύο περιόδους, βαθμονόμησης και πιστοποίησης. Στα σχετικά ξηρά έτη με μέγιστη παροχή έτους μικρότερη των 30 mm, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην προσομοίωση, ειδικά για την περίοδο ελέγχου και πιστοποίησης (Σχήματα 5.21. και 5.22.). Δυσκολίες φαίνεται να αντιμετωπίζουν και στην προσομοίωση ετών με απότομες μεταβολές του ύψους της παροχής. Τέλος, τα κατανεμημένα μοντέλα προσομοιώνουν ικανοποιητικότερα την απορροή χωρίς αυτό να σημαίνει ότι το αδρομερές μοντέλο υστερεί σημαντικά. Η αδυναμία του μοντέλου να ανταποκριθεί στην περίοδο πιστοποίησης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι εμφανής τόσο από τις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης και των άλλων στατιστικών μεγεθών ελέγχου όσο και από τα γραφήματα παρατηρημένης – υπολογισμένης απορροής.

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

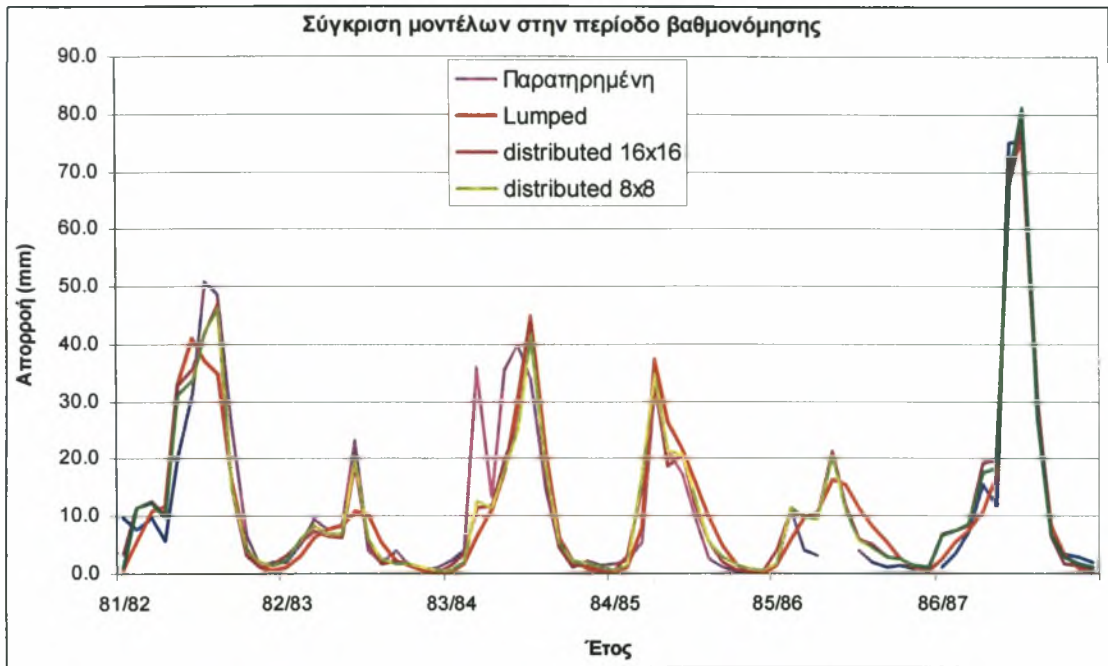
Πίνακας 5.4. Συνοπτική εικόνα των αποτελεσμάτων των επιλυθέντων με τον Solver μοντέλων

	Βαθμονόμηση				Πιστοποίηση				Όλη η περίοδος			
	R ²	DV	meanQo	meanQc	R ²	DV	meanQo	meanQc	R ²	DV	meanQo	meanQc
Λεκάνη	0.837				0.635				0.729			
	0.837	-2.812	12.150	11.810	0.644	-8.739	13.880	12.670	0.733	-6.034	13.030	12.250
16 x 16	0.888				0.642				0.757			
	0.888	-0.425	12.150	12.100	0.657	-6.316	13.880	13.000	0.761	-3.628	13.030	12.560
8 x 8	0.889				0.613				0.742			
	0.889	-0.488	12.150	12.090	0.633	-4.977	13.880	13.190	0.747	-2.929	13.030	12.650

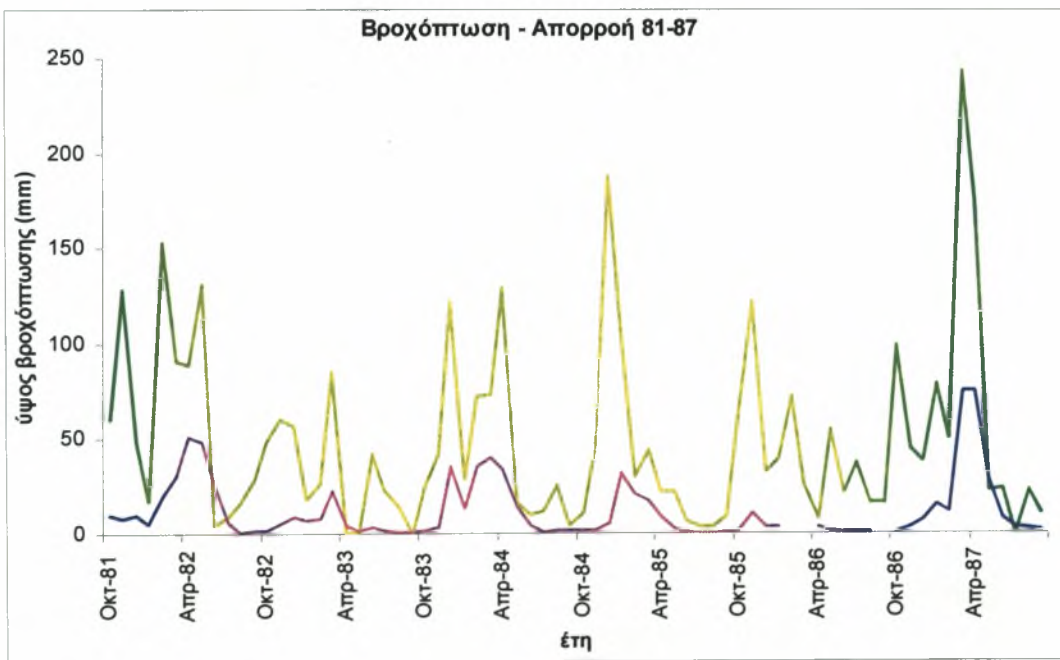
Υψόμετρο	φατνίο	Smax	Cm	CN	k	aAET	conmr	congroud	
549.20	10	172.19	1.899	59.60	0.66	0.44	0.219	0.109	8 x 8
447.79	11	155.65	1.932	62.00	1.00	0.45	0.167	0.003	
415.49	12	257.39	1.979	49.67	0.97	0.31	0.000	0.666	
815.59	13	246.74	1.612	50.73	0.74	0.17	0.000	0.483	
523.83	20	199.35	1.891	56.03	0.87	0.91	0.000	0.000	
500.00	21	213.76	1.909	54.30	0.83	0.91	0.001	0.000	
500.00	22	275.24	1.900	47.99	0.23	0.67	0.068	0.129	
1072.80	23	324.23	1.524	43.93	0.23	0.69	0.000	0.000	
664.22	30	199.32	1.808	56.03	0.69	0.90	0.000	0.000	
778.85	31	234.40	1.664	52.01	0.92	0.90	0.000	0.000	
875.09	32	301.33	1.606	45.74	0.24	0.72	0.000	0.002	
900.63	33	350.82	1.546	42.00	0.24	0.58	0.041	0.070	
474.28	ur	156.87	1.920	61.82	1.00	0.48	0.162	0.000	16 x 16
566.83	ul	289.50	1.880	46.73	0.49	0.24	0.013	1.000	
584.51	dr	199.62	1.800	55.99	0.83	1.00	0.000	0.000	
812.44	dl	289.58	1.621	46.73	0.35	0.73	0.000	0.000	
675.52	Λεκάνη	187.52	1.796	57.53	0.71	0.41	0.038	0.162	Λεκάνη

Μια προσεκτική εποπτική μελέτη των συγκριτικών διαγραμμάτων βροχόπτωσης – απορροής των περιόδων βαθμονόμησης και πιστοποίησης (*Γραφήματα 5.19 και 5.23*) μπορεί να δώσει μια εξήγηση. Παρατηρείται, για παράδειγμα, ότι ύψος βροχής σχεδόν 400 mm, η μέγιστη της δωδεκαετίας, δεν ακολουθείται από ανάλογο όγκου απορροή. Γενικά, η «ασυμφωνία» βροχής και την εξ' αυτής προκαλούμενη απορροή είναι εντονότερη στην περίοδο πιστοποίησης. Τούτο μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους όπως λάθη στην εκτίμηση της επιφανειακής θερμοκρασίας και βροχόπτωσης ή λάθη στις μετρήσεις της απορροής. Για τα δεύτερα, δεν υπάρχει λύση. Για τα πρώτα, πέραν των αδυναμιών της μεθόδου της βαθμίδας, ανασχετικός και έντονα περιοριστικός παράγοντας είναι το γεγονός της ανυπαρξίας μετεωρολογικών σταθμών στην περίμετρο της λεκάνης.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΔΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

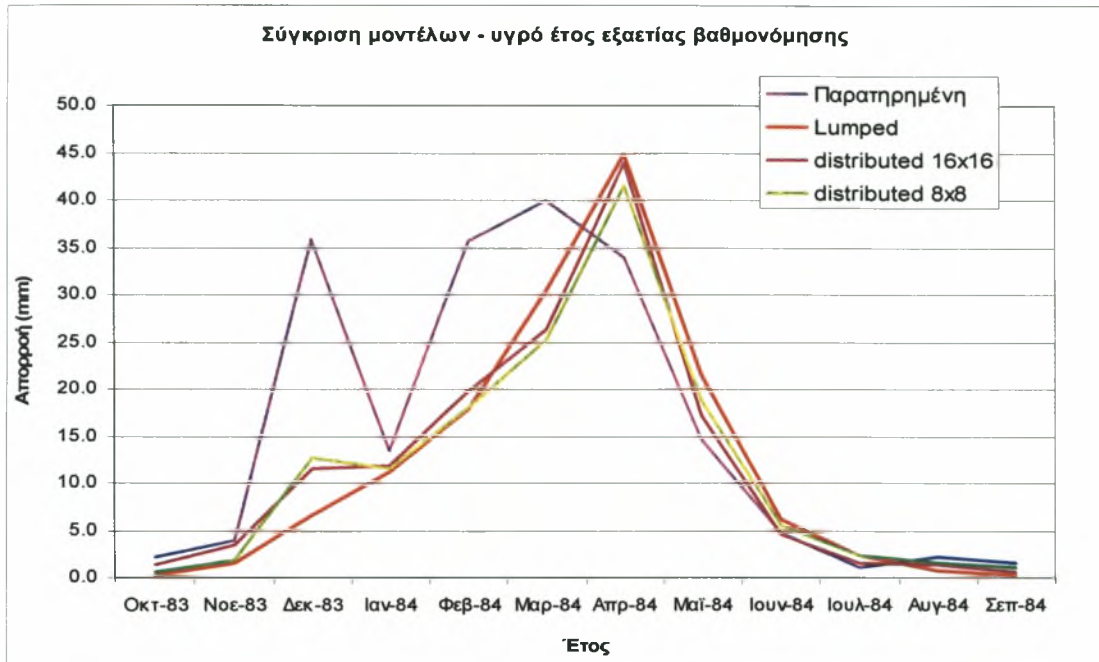


Σχήμα 5.18. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης από όλα τα μοντέλα απορροής στην περίοδο βαθμονόμησης

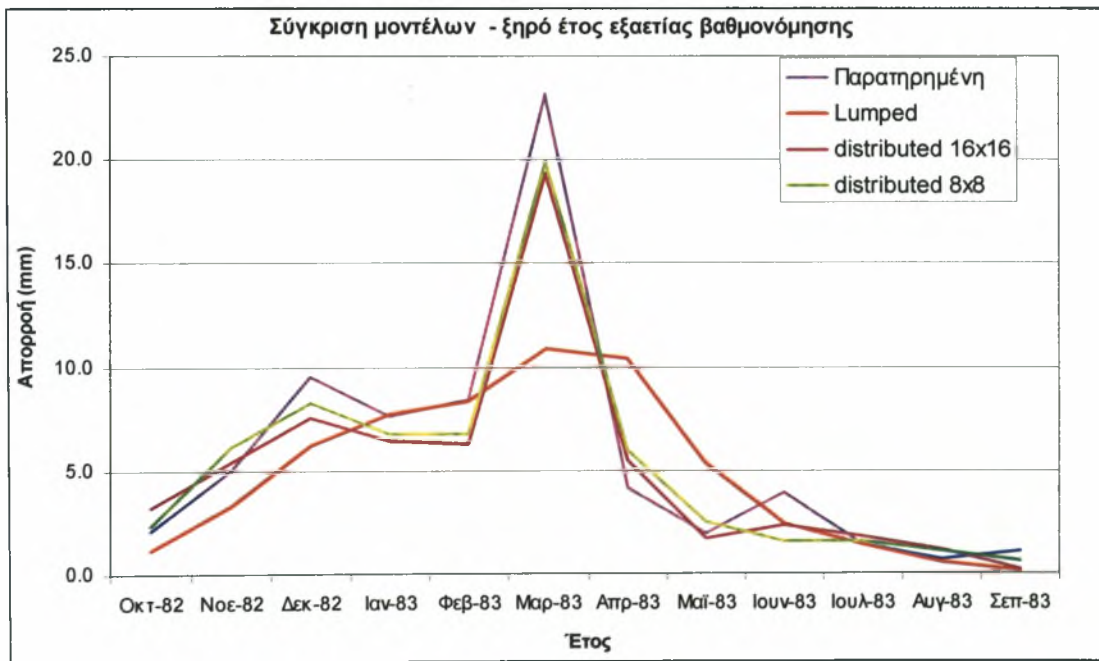


Σχήμα 5.19. Συγκριτικό διάγραμμα βροχόπτωσης – απορροής στην περίοδο βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

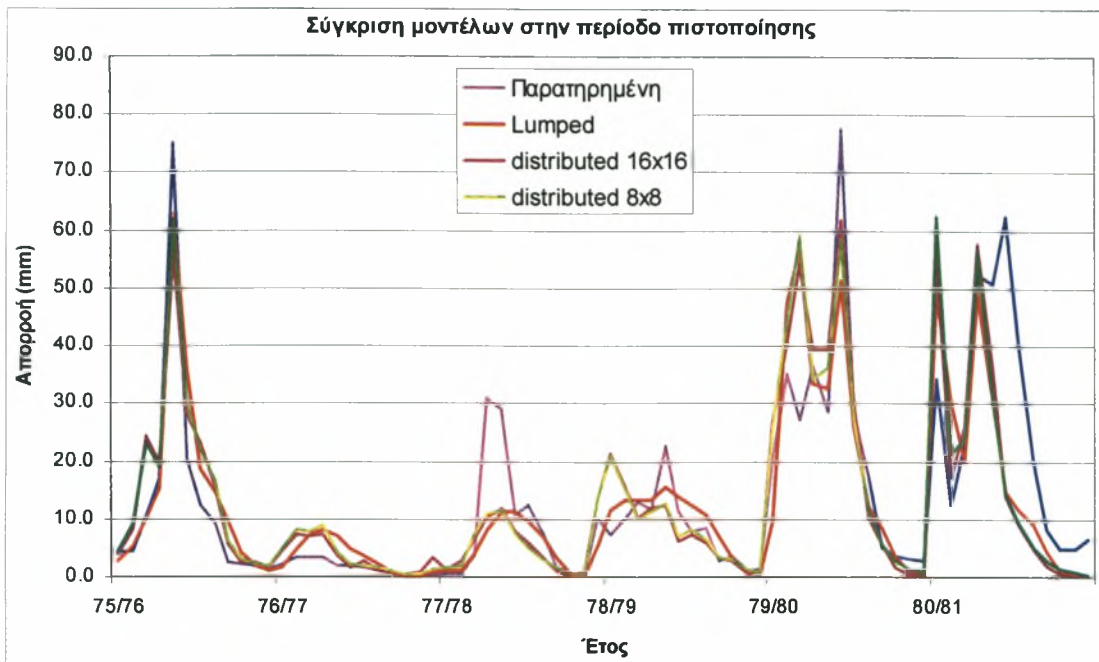


Σχήμα 5.20. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης από όλα τα μοντέλα απορροής σε υγρό έτος της περιόδου βαθμονόμησης

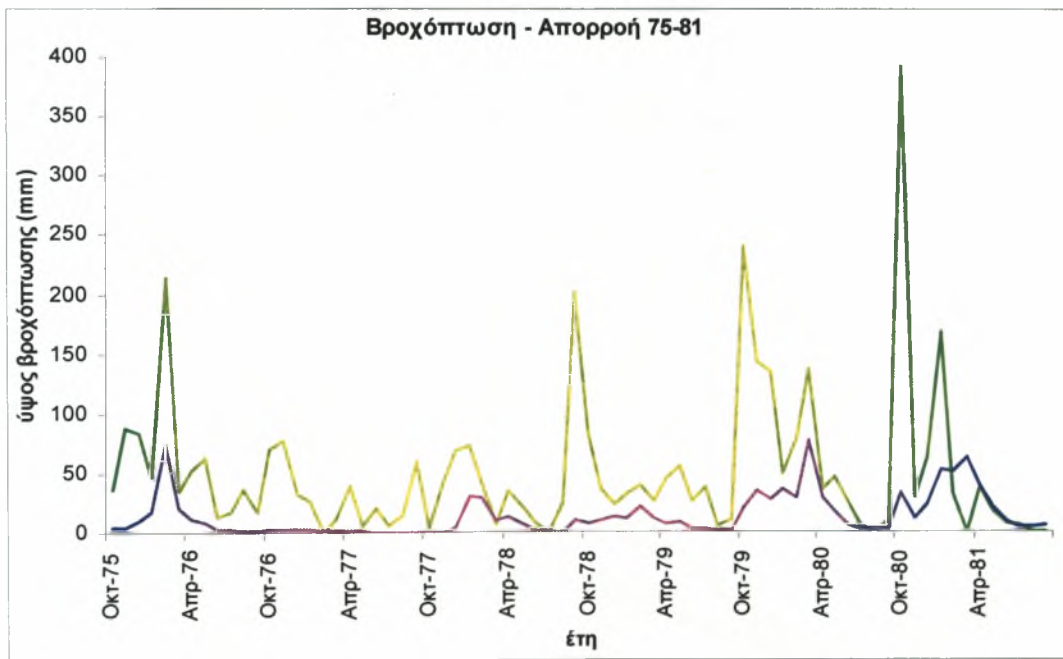


Σχήμα 5.21. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης από όλα τα μοντέλα απορροής σε ξηρό έτος της περιόδου βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

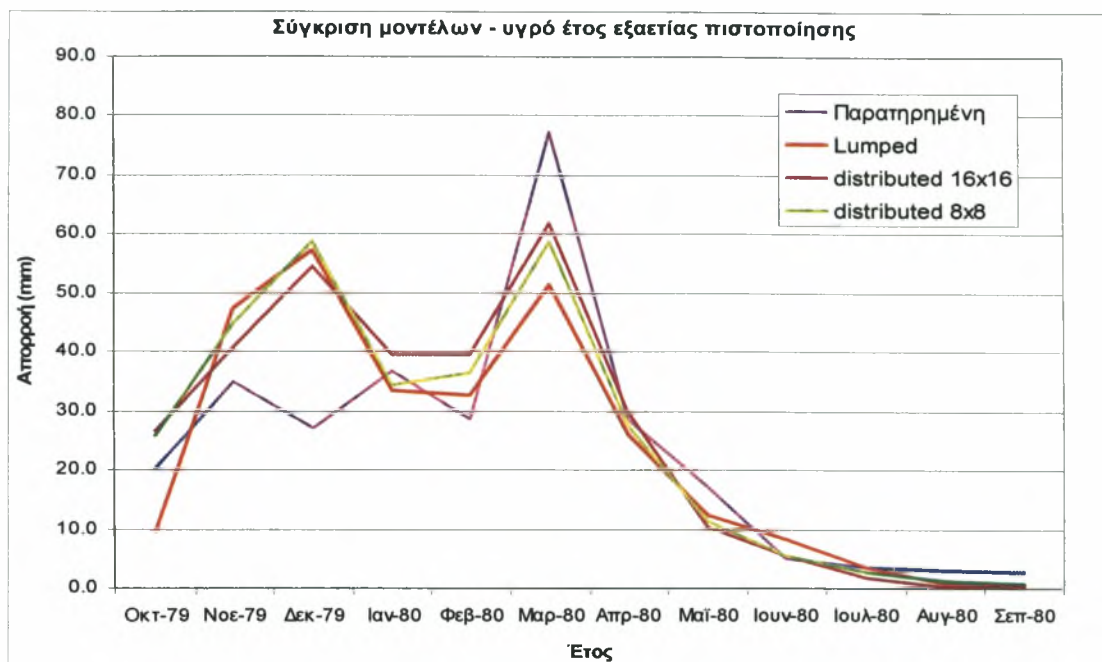


Σχήμα 5.22. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης από όλα τα μοντέλα απορροής στην περίοδο πιστοποίησης

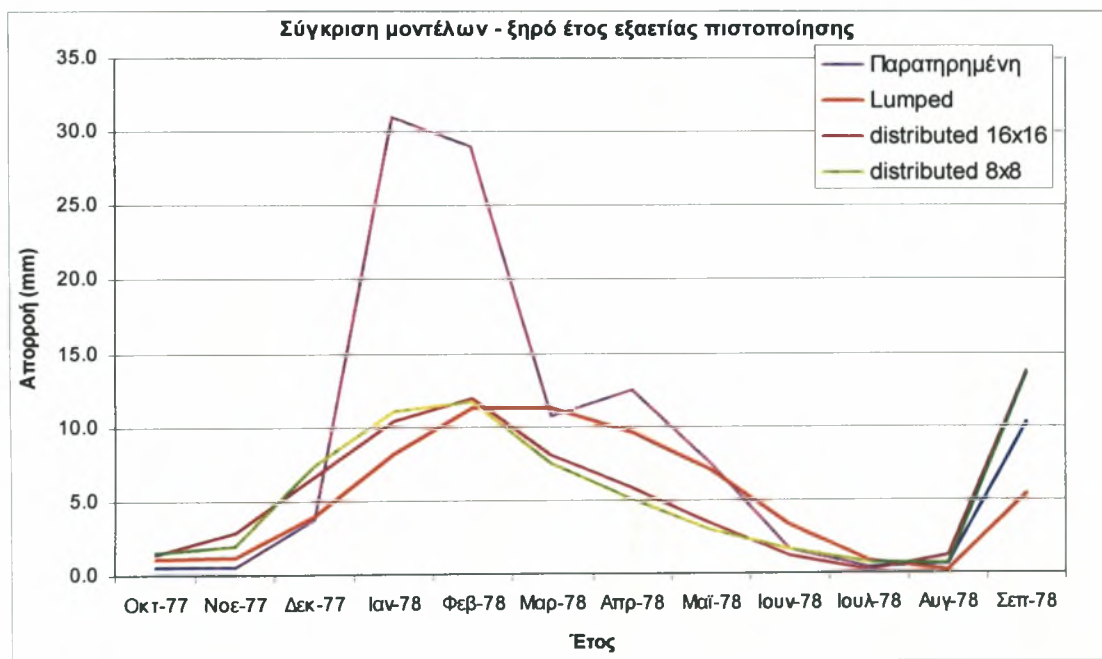


Σχήμα 5.23. Συγκριτικό διάγραμμα βροχόπτωσης – απορροής στην περίοδο πιστοποίησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



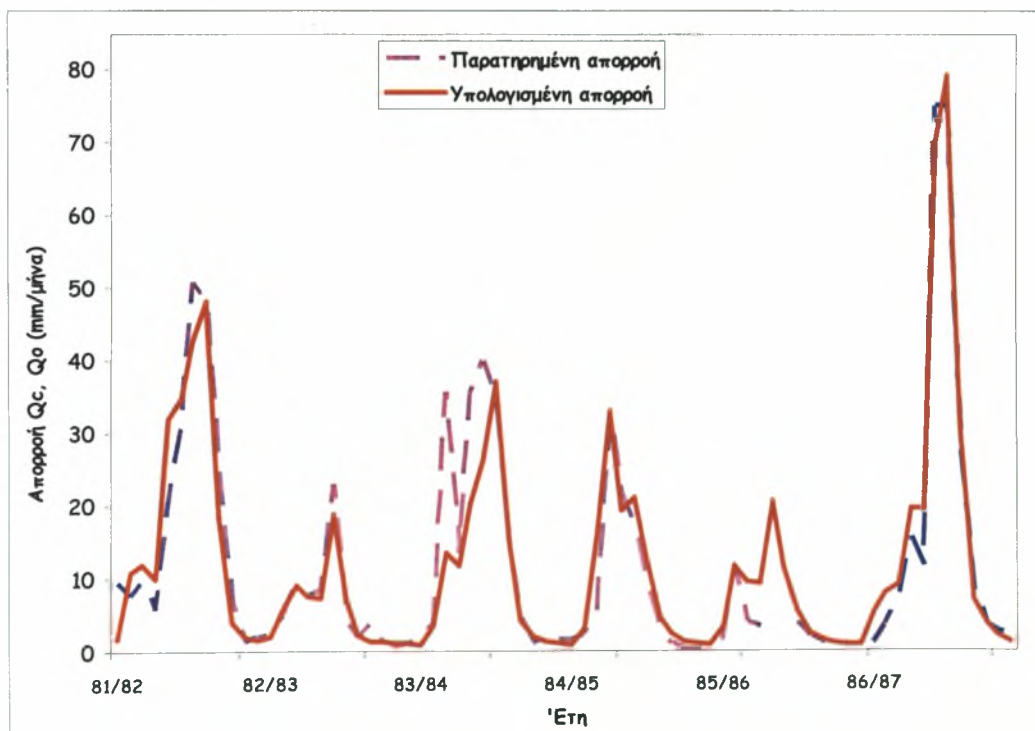
Σχήμα 5.24. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης από όλα τα μοντέλα απορροής σε υγρό έτος της περιόδου πιστοποίησης



Σχήμα 5.25. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης από όλα τα μοντέλα απορροής σε ξηρό έτος της περιόδου πιστοποίησης

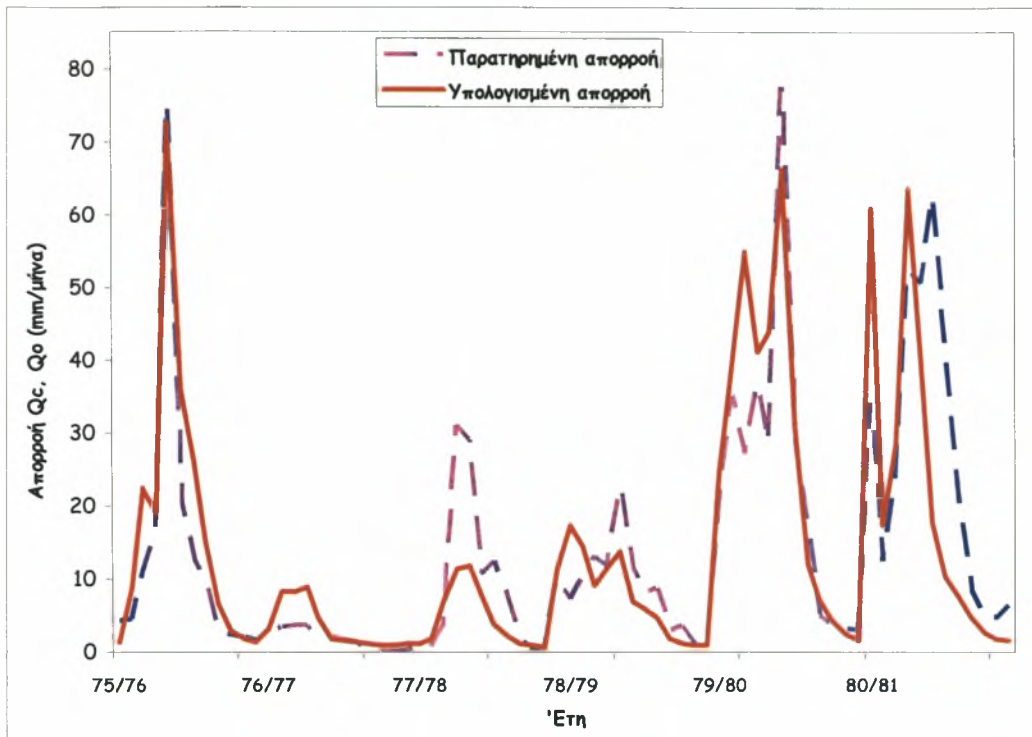
5.1.5 Κατανεμημένο (distributed) μοντέλο με φατνίο 8 x 8 km. Επίλυση με Direct Optimizer.

Το κατανεμημένο μοντέλο 8 km, για την περίοδο βαθμονόμησης, προσομοίωσε την απορροή ικανοποιητικότερα από το αδρομερές (Γραφήματα 5.26 και 5.28). Η αποτελεσματικότητα του μοντέλου έφτασε το 0,906 με σημαντική βελτίωση και στην περίοδο πιστοποίησης όπου η τιμή της συνάρτησης αποτελεσματικότητας έλαβε την τιμή 0,667 (Γραφήματα 5.27 και 5.29). Όλες οι στατιστικές παράμετροι του μοντέλου κυμάνθηκαν σε πολύ ικανοποιητικά έως άριστα επίπεδα. Οι μέσες τιμές υπολογισμένης και παρατηρημένης απορροής τόσο για την περίοδο βαθμονόμησης όσο και για την περίοδο πιστοποίησης, για παράδειγμα, σχεδόν ταυτίστηκαν. (Πίνακας 5.5) Το μεγάλο πρόβλημα είναι και παραμένει η «αφύσικη» διακύμανση των τιμών που λαμβάνουν οι παράμετροι όταν το μοντέλο επιλύεται με τη χρήση του Direct Optimizer. Φαίνεται ότι το συγκεκριμένο εργαλείο επίλυσης μπορεί να ανιχνεύσει τη βέλτιστη μαθηματικά λύση αλλά λόγω των μικρών δυνατοτήτων του σε ότι αφορά τη θέσπιση περιορισμών διακύμανσης, δίνει μη πραγματικές τιμές παραμέτρων. Όλες οι υπόλοιπες κατανεμημένες προσομοιώσεις (4 x 4 km και 2 x 2 km), επιλύονται με το εργαλείο Direct Optimizer, καθόσον, λόγω του πλήθους των παραμέτρων, το Solver δεν λειτουργεί.

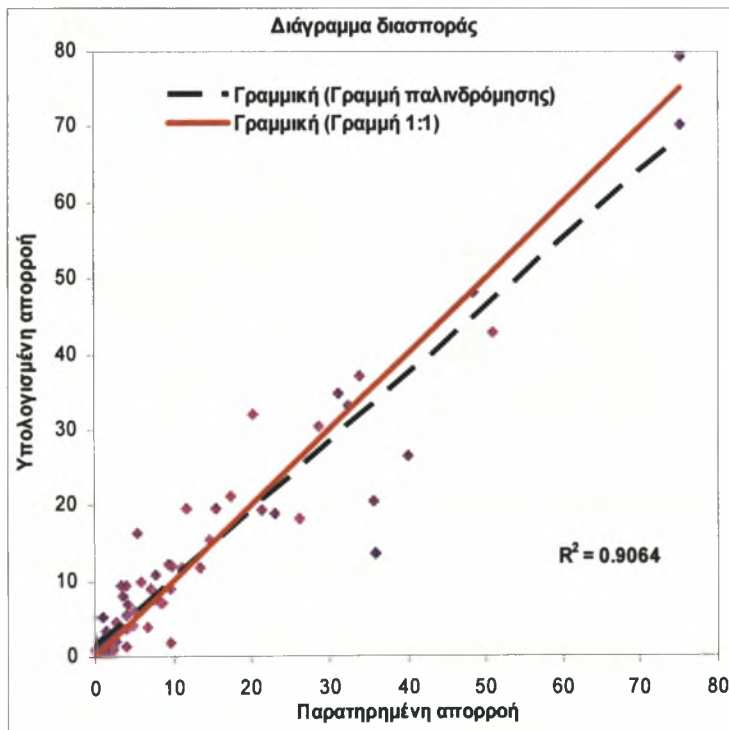


Σχήμα 5.26. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 8 km στην περίοδο βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

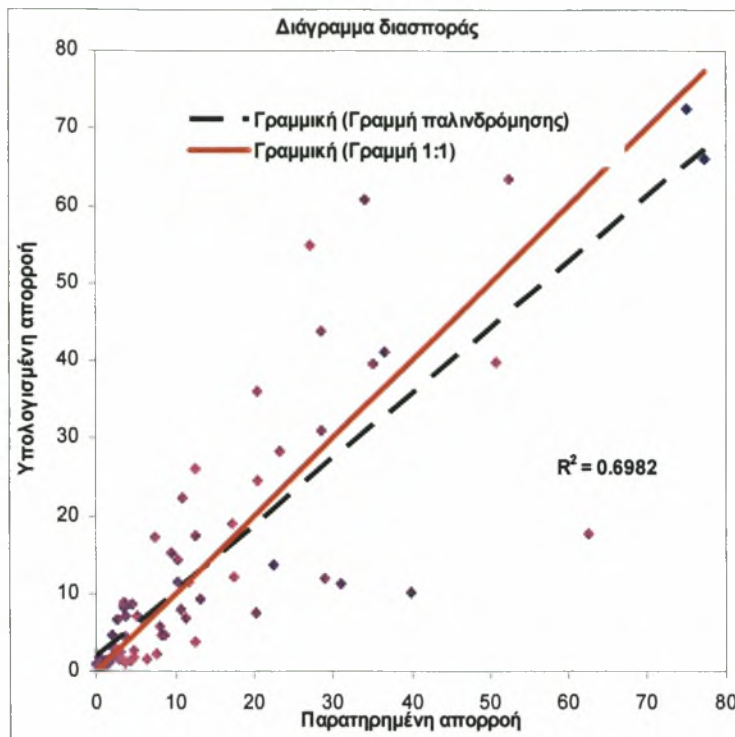


Σχήμα 5.27. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φαντίου 8 km στην περίοδο πιστοποίησης



Σχήμα 5.28. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φαντίου 8 km στην περίοδο βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.29. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 8 km στην περίοδο πιστοποίησης

Πίνακας 5.5. Στατιστικά μεγέθη κατανεμημένης προσομοίωσης 8 x 8 km

Κατανεμημένη προσομοίωση 8 x 8 km			
Εργαλείο επίλυσης: Direct Optimizer			
Περίοδος βαθμονόμησης			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.906	0.23%	0.906	12.18/12.15
Περίοδος ελέγχου			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.667	-1.06%	0.698	13.73/13.88

5.1.6 Κατανεμημένα (distributed) μοντέλα με φατνίο 4x4 km και 2x2 km.

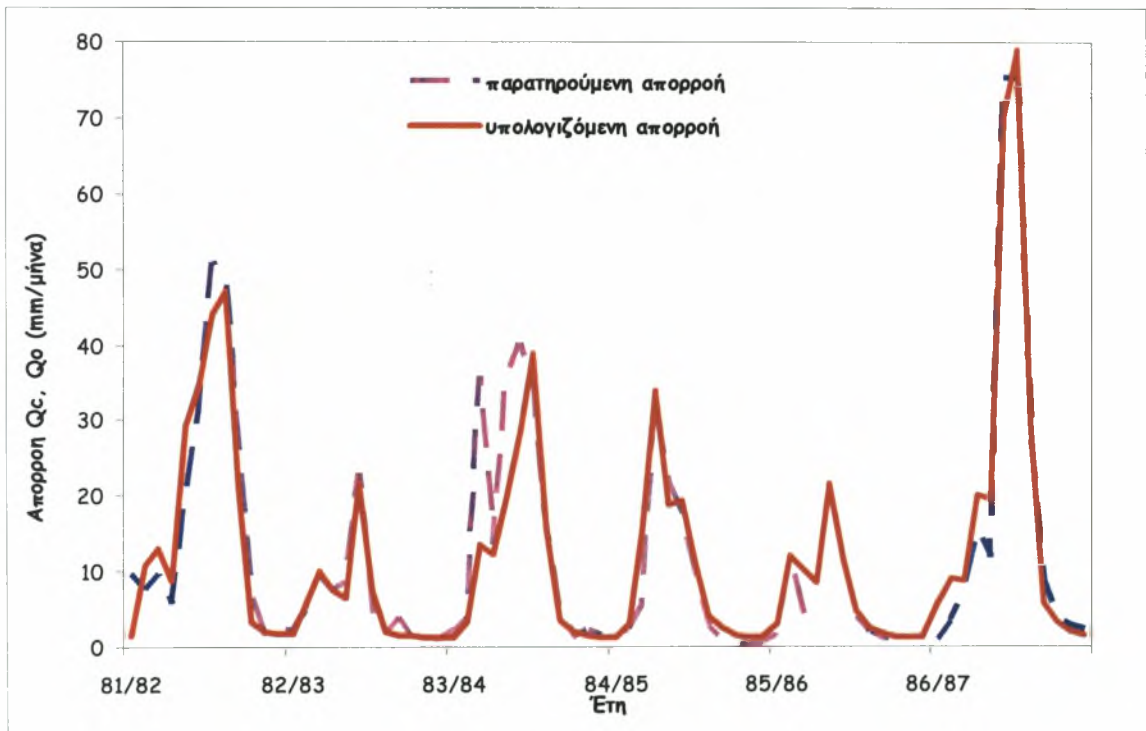
Επίλυση με Direct Optimizer.

5.1.6.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης απορροής 4x4 και 2x2 km γραφικά και στατιστικά.

Με την αύξηση της διακριτοποίησης, αυτό που προκύπτει ως γενική παρατήρηση είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας του μοντέλου για την περίοδο βαθμονόμησης. Δεν

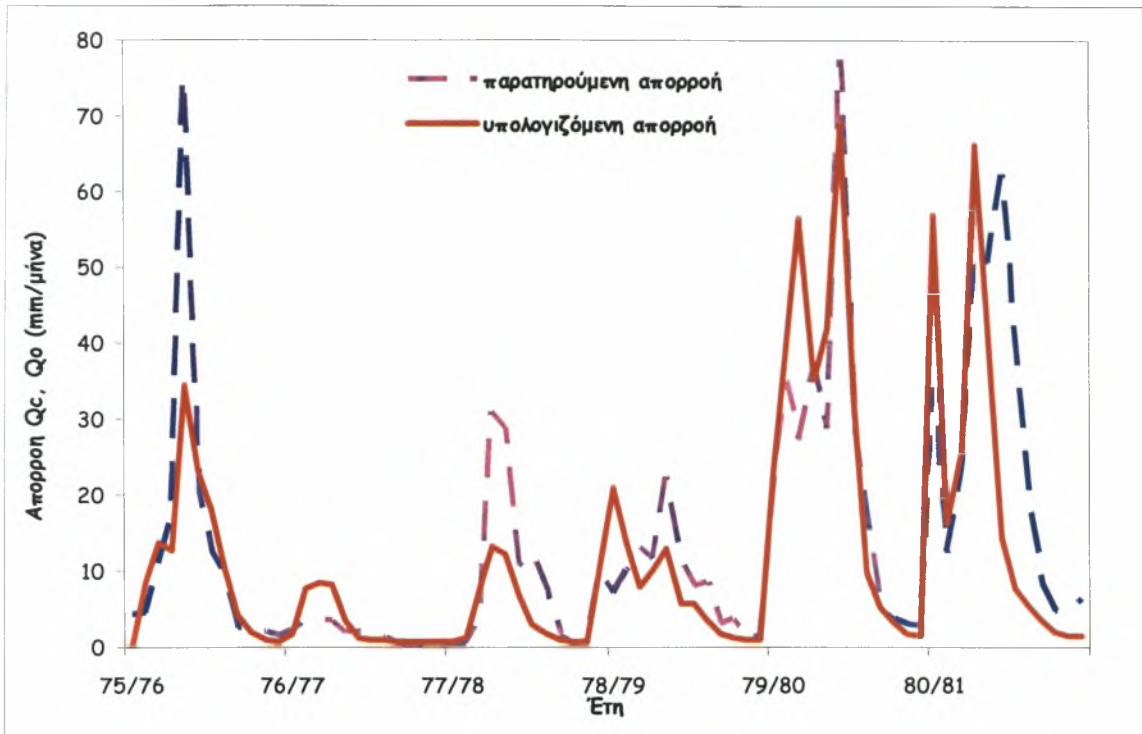
ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

συμβαίνει όμως το ίδιο για την περίοδο πιστοποίησης. Εδώ, οι τιμές της συνάρτησης αποτελεσματικότητας φαίνεται να περιστρέφονται γύρω από το 0,6 άλλοτε κινούμενες χαμηλότερα από αυτό το όριο άλλοτε ελαφρά υψηλότερα. Στο κατανεμημένο μοντέλο 4 km και για την περίοδο βαθμονόμησης, η αποτελεσματικότητα έφτασε το 0,914 (Σχήματα 5.30 και 5.32). Στην ίδια περίοδο στο μοντέλο των 2 km η αποτελεσματικότητα ήταν 0,926 (Σχήματα 5.34 και 5.36). Η βελτίωση ήταν συνεχής και άγγιξε πραγματικά εντυπωσιακά ποσοστά Δεν συνέβη το ίδιο για την περίοδο πιστοποίησης όπου η τιμή της συνάρτησης αποτελεσματικότητας κυμάνθηκε σε τιμές χαμηλότερες του 0,6 και συγκεκριμένα 0,599 και 0,293 αντίστοιχα (Σχήματα 5.31, 5.33, 5.35 και 5.37 και Πίνακες 5.6 και 5.7).

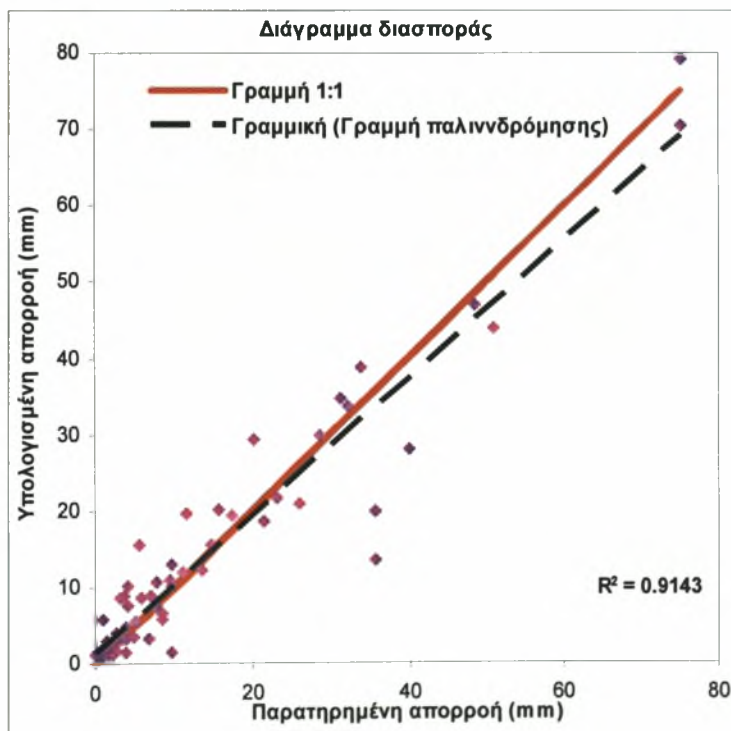


Σχήμα 5.30. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 4 km στην περίοδο βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

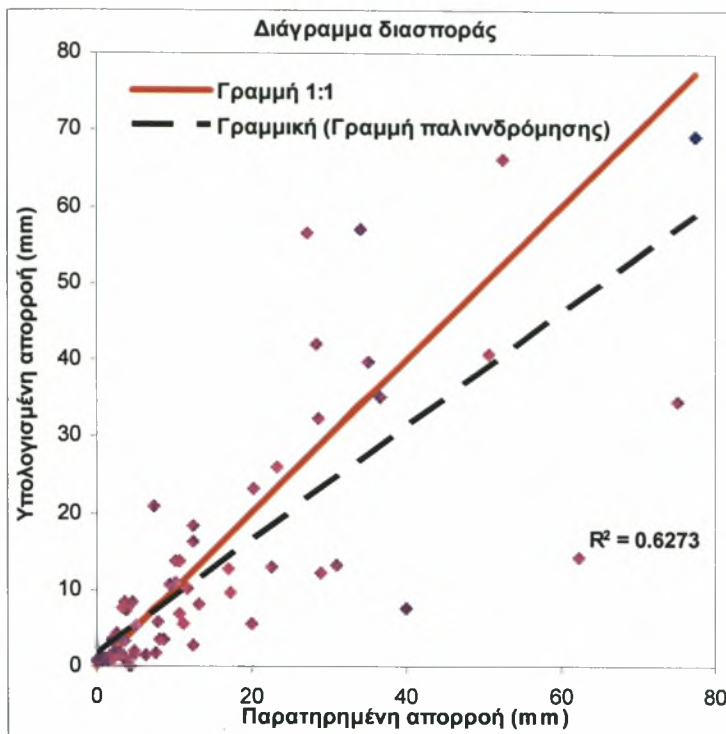


Σχήμα 5.31. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 4 km στην περίοδο πιστοποίησης



Σχήμα 5.32. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 4 km στην περίοδο βαθμονόμησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

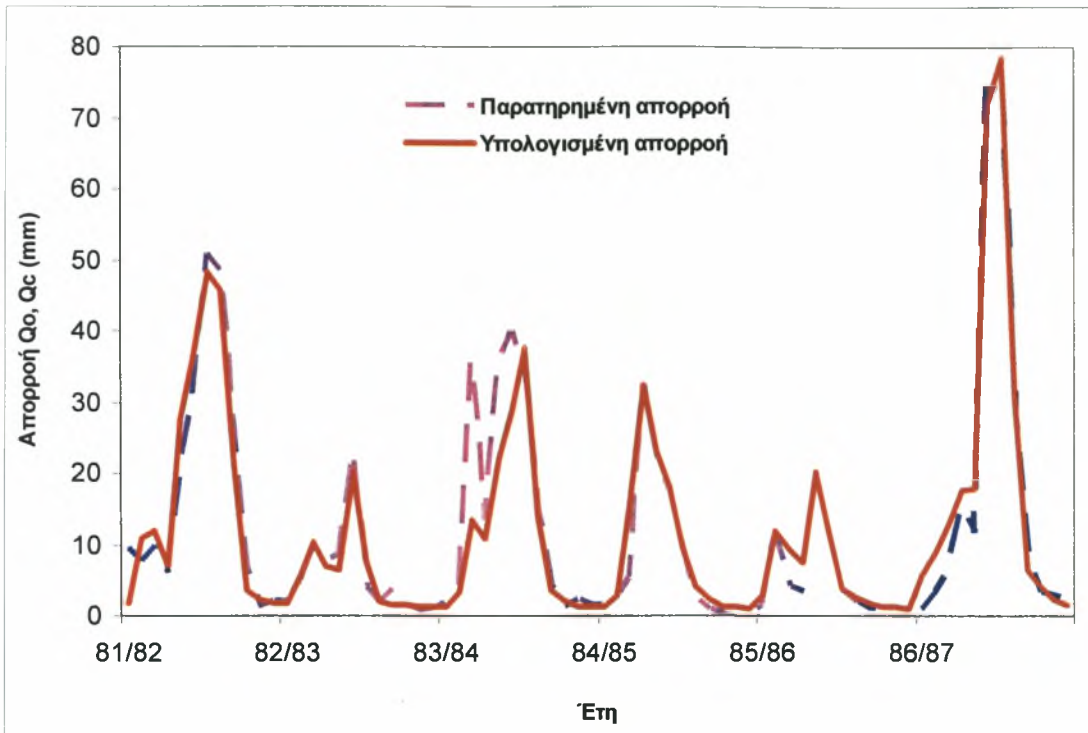


Σχήμα 5.33. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 4 km στην περίοδο πιστοποίησης

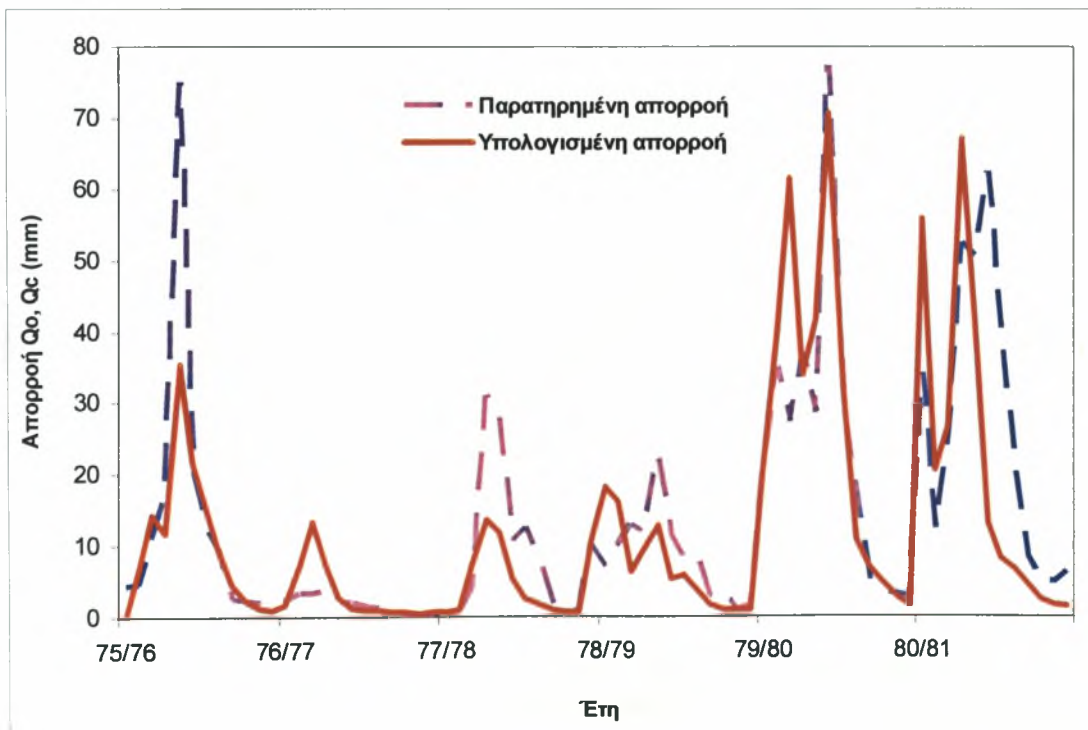
Πίνακας 5.6. Στατιστικά μεγέθη κατανεμημένης προσομοίωσης 4 x 4 km

Κατανεμημένη προσομοίωση 4 x 4 km			
Εργαλείο επίλυσης: Direct Optimizer			
Περίοδος βαθμονόμησης			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.914	0.37%	0.915	12.00/12.15
Περίοδος ελέγχου			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.599	-12.00%	0.628	12.21/13.88

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

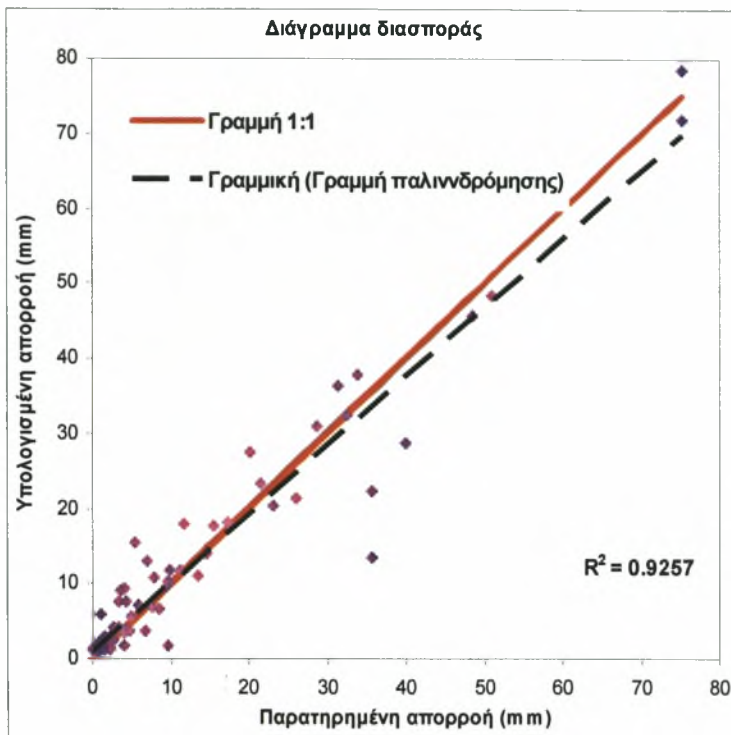


Σχήμα 5.34. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 2 km στην περίοδο βαθμονόμησης

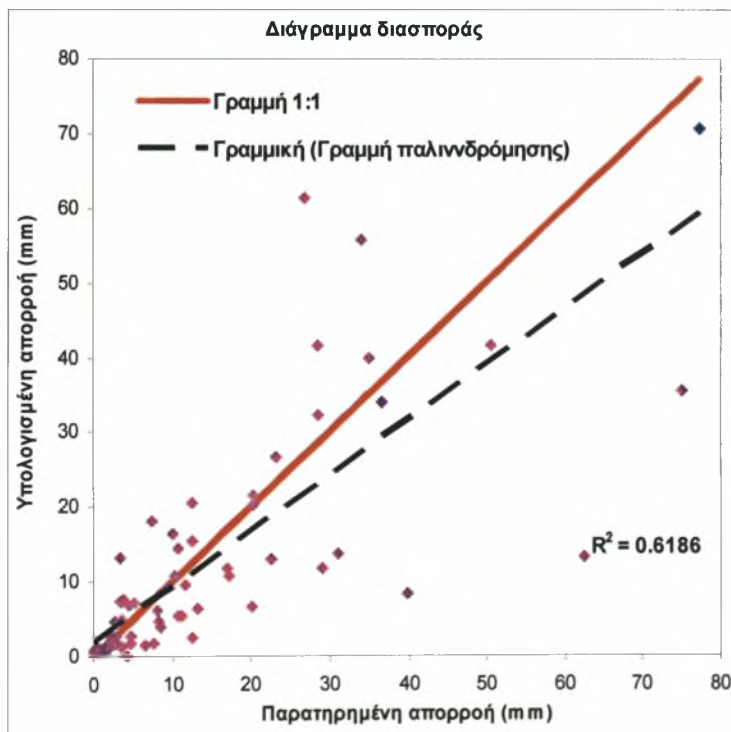


Σχήμα 5.35. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατνίου 2 km στην περίοδο πιστοποίησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.36. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατινίου 2km στην περίοδο βαθμονόμησης



Σχήμα 5.37. Διάγραμμα διασποράς παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής φατινίου 2km στην περίοδο πιστοποίησης

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

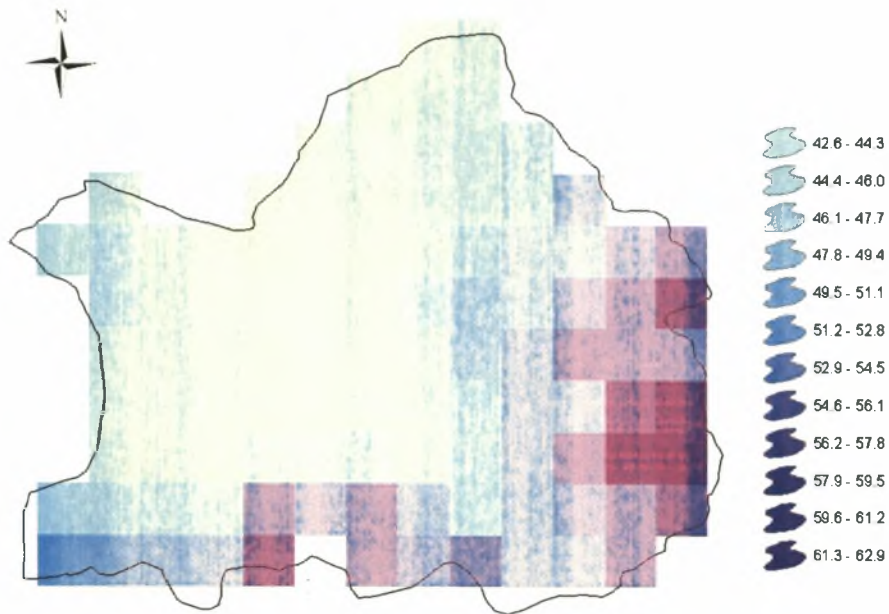
Πίνακας 5.7 Στατιστικά μεγέθη κατανεμημένης προσομοίωσης 2 x 2 km

Κατανεμημένη προσομοίωση 2x2 km			
Εργαλείο επίλυσης: Direct Optimizer			
Περίοδος βαθμονόμησης			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.926	0.32%	0.926	12.19/12.15
Περίοδος ελέγχου			
Efficiency	DV	R2	μέση τιμή
0.585	-11.74%	0.619	12.25/13.88

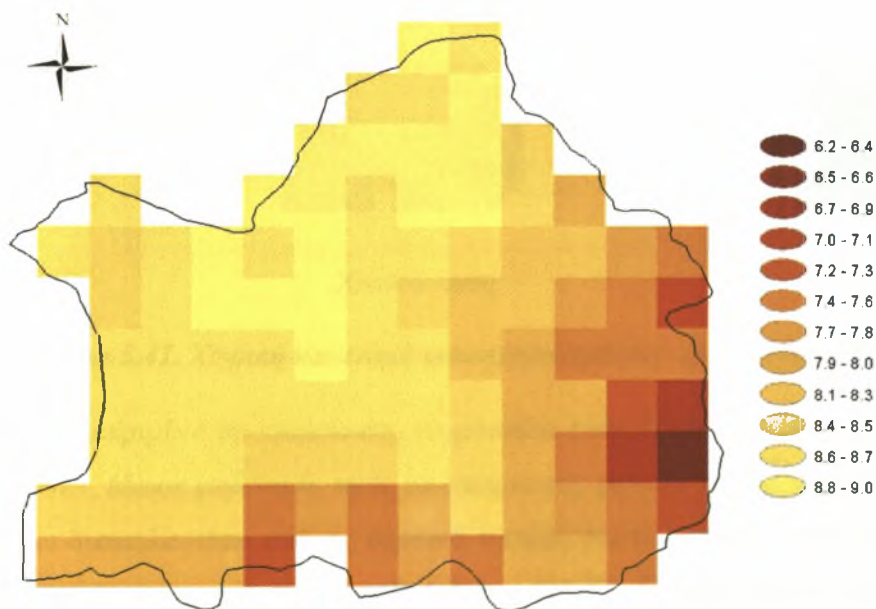
5.1.6.2. Χωρική σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης απορροής 2x2 km.

Από την διακριτοποίηση της λεκάνης απορροής, προέκυψαν συνολικά 37 φατνία μεγέθους πλευράς 4 km και 168 φατνία μεγέθους πλευράς 2 km. Για κάθε φατνίο, με τη χρήση του λογισμικού ArcMap, υπολογίστηκε το μέσο υψόμετρο και, με τις μεθόδους που έχουν ήδη περιγραφεί, εκτιμήθηκαν η υετόπτωση, η θερμοκρασία και εξατμισοδιαπνοή και χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου του μοντέλου. Κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης του μοντέλου η υετόπτωση διαχωρίστηκε σε χιονόπτωση και βροχόπτωση. Χωρική σύγκριση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης έγινε μόνο για την κατανεμημένη προσομοίωση της διακριτοποίησης των 2 km καθώς δίνει οπτικά καλύτερη εικόνα από αυτή των 4 km. Τα γεγονότα εισόδου κατανέμονται λογικά στο χώρο, με τα κατακρημνίσματα να παρουσιάζονται αυξημένα στα ανατολικά και νότια ορεινά τμήματα της λεκάνης και τη θερμοκρασία να παίρνει τις υψηλότερες τιμές της στα βόρεια και κεντρικά πεδινά τμήματά της με χαμηλό υψόμετρο (Σχήματα 5.38 έως 5.41).

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.38. Χωρική κατανομή νετόπτωσης Δεκεμβρίου 1981

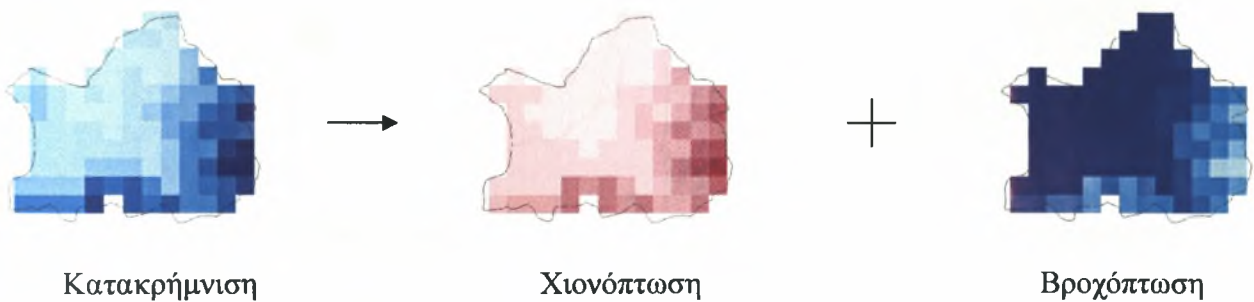


Σχήμα 5.39. Χωρική κατανομή θερμοκρασίας Δεκεμβρίου 1981

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.40. Χωρική κατανομή δυναμικής εξαμισοδιαπνοής Δεκεμβρίου 1981

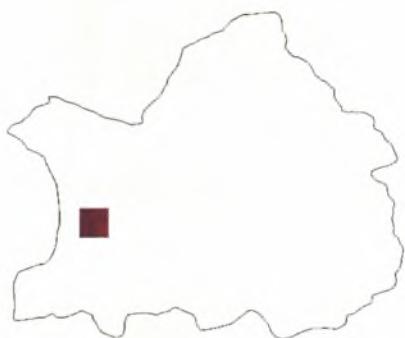


Σχήμα 5.41. Χωρική κατανομή κατακρημνισμάτων Δεκεμβρίου 1981

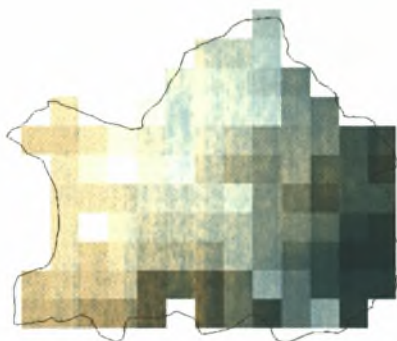
Στην συγκεκριμένη προσομοίωση, το μοντέλο στην έξοδό του και για τον μήνα Δεκέμβριο του 1981, έδωσε μηδενικές τιμές συσσώρευσης χιονιού σε όλα εκτός ενός φατνίου. Τούτο εν μέρει δικαιολογείται από τις σχετικά υψηλές για την εποχή μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ανά φατνίο που κυμάνθηκαν από 6,2 έως 9,0 °C. Η πραγματική εξαμισοδιαπνοή, όπως υπολογίστηκε από το μοντέλο, ακολουθεί σε γενικές γραμμές την κατανομή της δυναμικής. Η εδαφική υγρασία δεν φαίνεται να ακολουθεί κάποια σχέση στην κατανομή της στο χώρο. Από τον συνδυασμό πραγματικής εξαμισοδιαπνοής και εδαφικής υγρασίας προέρχεται η χωρική κατανομή της απορροής. Έτσι, σε φατνία όπου συνδυάζονται υψηλές τιμές εδαφι-

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

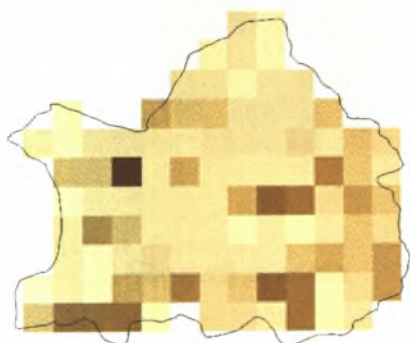
κής υγρασίας και πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, η απορροή μηδενίζεται. Παρ' όλα αυτά φαίνεται ότι το κεντρικό τμήμα της λεκάνης με το πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο, συνεισφέρει περισσότερο στην συνολική απορροή η οποία υπολογίζεται στην έξοδο της λεκάνης (Σχήμα 5.42). Στην εποπτική εξέταση των κατανομών των γεγονότων εξόδου φαίνεται εν μέρει και η αδυναμία του εργαλείου επίλυσης του μοντέλου, Direct Optimizer, να δώσει τιμές με φυσική σημασία στις παραμέτρους. Η συσσώρευση χιονιού για παράδειγμα, σε φατνίο με χαμηλό σχετικά υψόμετρο δεν έχει καμία λογική. Το ίδιο συμπεραίνεται και από την χωρική κατανομή τόσο της εδαφικής υγρασίας όσο και της απορροής. Ενισχύεται έτσι η από την αρχή διατυπωμένη άποψη ότι το συγκεκριμένο εργαλείο επίλυσης δίνει μεν πολύ καλά μαθηματικά αποτελέσματα αλλά υστερεί στην αποτύπωση μιας φυσικής εικόνας της λεκάνης απορροής. Η εκτίμηση μέρους των παραμέτρων είτε με τη συσχέτισή τους με άλλες, - γνωστές - παραμέτρους είτε μέσα από θεματικούς χάρτες ίσως βελτιώσει αυτή την αδυναμία.



Συσσώρευση χιονιού



Πραγματική εξατμισοδιαπνοή



Εδαφική υγρασία

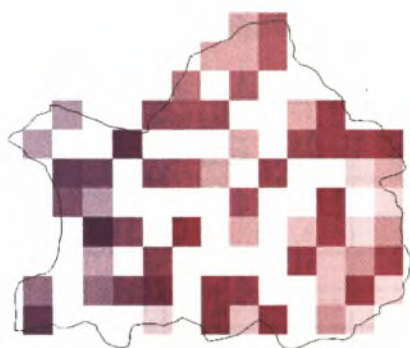


Υπολογισμένη απορροή

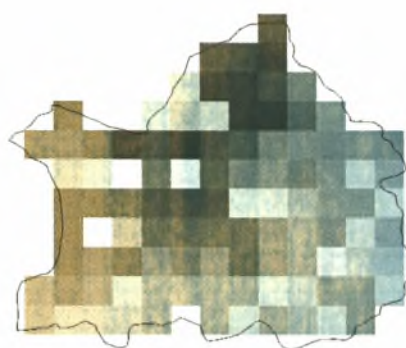
Σχήμα 5.42. Χωρική κατανομή γεγονότων εξόδου Δεκεμβρίου 1981

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

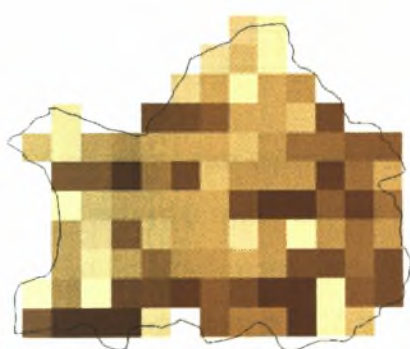
Τα παραπάνω γίνονται φανερά στην συγκριτική εξέταση των γεγονότων εξόδου της προσομοίωσης των 2 x 2 km για τον μήνα Απρίλιο του 1982 (Σχήμα 5.43). Εδώ, η συσσώρευση χιονιού, για παράδειγμα, δεν ακολουθεί καμιά συσχέτιση ούτε με την μέση θερμοκρασία του φατνίου ούτε με το μέσο υψόμετρο αυτού όπως θα ήταν απόλυτα λογικό να συμβαίνει. Το ίδιο ισχύει και για την υπολογισμένη απορροή κάθε φατνίου. Μπορεί η έξοδος της συγκεκριμένης προσομοίωσης να είναι συνολικά υψηλής αποτελεσματικότητας αλλά στη χωρική κατανομή των γεγονότων εξόδου του μοντέλου δεν υπάρχει καμιά φυσική συνέπεια.



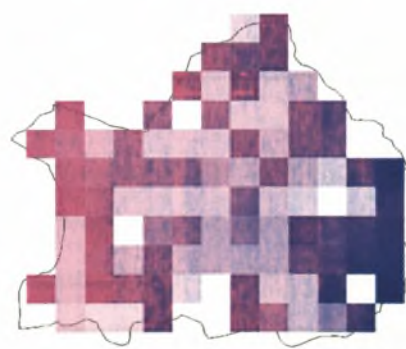
Συσσώρευση χιονιού



Πραγματική εξατμισοδιαπνοή



Εδαφική υγρασία



Υπολογισμένη απορροή

Σχήμα 5.43. Χωρική κατανομή γεγονότων εξόδου Απριλίου 1982

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

5.2. Επίπτωση των τιμών των παραμέτρων του αδρομερούς (lumped) μοντέλου στην κατανεμημένη προσομοίωση.

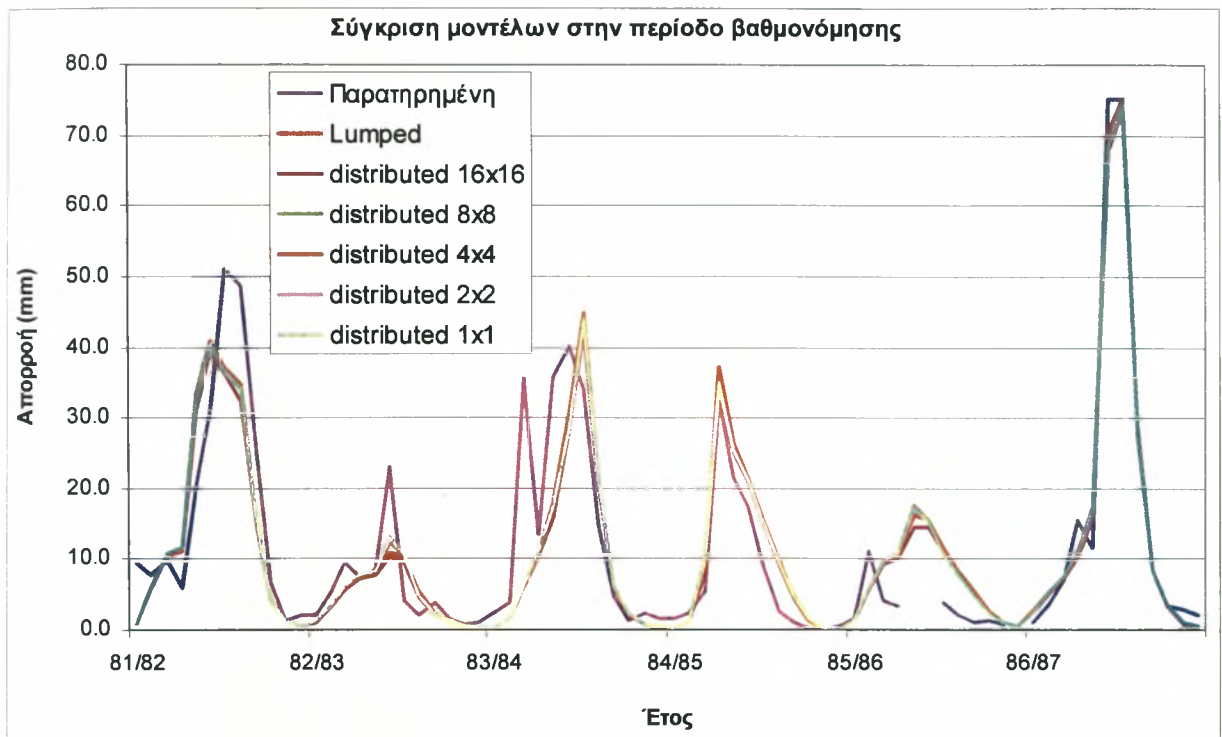
Οι τιμές των παραμέτρων που εκτιμήθηκαν με το αδρομερές μοντέλο, εισήχθησαν για έλεγχο στα κατανεμημένα μοντέλα όλων των διακριτοποιήσεων που δομήθηκαν γι' αυτόν ακριβώς το λόγο. Έτσι, δοκιμάστηκαν μοντέλα των διακριτοποιήσεων μεγέθους πλευράς φατνίου 16, 8, 4, 2 και 1 km. Στον **Πίνακα 5.7** που ακολουθεί, παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της παραπάνω διαδικασίας.

Πίνακας 5.8. Συνοπτική εικόνα των αποτελεσμάτων απόκρισης των κατανεμημένων μοντέλων στις τιμές που προέκυψαν από την βαθμονόμηση του αδρομερούς μοντέλου.

	Βαθμονόμηση				Πιστοποίηση				Όλη η περίοδος			
	R ²	DV	meanQo	meanQc	R ²	DV	meanQo	meanQc	R ²	DV	meanQo	meanQc
Λεκάνη	0.837				0.635				0.729			
	0.837	-2.812	12.150	11.810	0.644	-8.739	13.880	12.670	0.733	-6.034	13.030	12.250
16 x 16	0.833				0.639				0.730			
	0.836	-7.591	12.150	11.230	0.651	-13.129	13.880	12.060	0.736	-10.602	13.030	11.650
8 x 8	0.838				0.636				0.730			
	0.839	-3.764	12.150	11.700	0.644	-9.534	13.880	12.560	0.734	-6.901	13.030	12.140
4 x 4	0.838				0.630				0.727			
	0.839	-4.451	12.150	11.610	0.640	-11.599	13.880	12.270	0.732	-8.338	13.030	11.950
2 x 2	0.838				0.630				0.728			
	0.839	-4.198	12.150	11.640	0.640	-11.335	13.880	12.310	0.732	-8.078	13.030	11.980
1 x 1	0.838				0.631				0.728			
	0.839	-4.477	12.150	11.610	0.641	-11.653	13.880	12.260	0.732	-8.379	13.030	11.940

Από τον πίνακα φαίνεται ότι υπάρχει μια σταθερότητα ως προς την τιμή της συνάρτησης αποτελεσματικότητας και για τις δύο περιόδους, βαθμονόμησης και πιστοποίησης. Για την περίοδο βαθμονόμησης, η τιμή της συνάρτησης γίνεται μικρότερη (0,833) για την κατανεμημένη προσομοίωση των 16 km και για όλες τις άλλες κατανεμημένες προσομοιώσεις γίνεται 0,838. Για την περίοδο πιστοποίησης η διακύμανση είναι το ίδιο μικρή σε εύρος αλλά ποικίλει για τις διάφορες διακριτοποιήσεις από 0,630 έως 0,639. Από τις υπόλοιπες στατιστικές παραμέτρους ελέγχου, το DV λαμβάνει την καλύτερη τιμή του στην κατανεμημένη προσομοίωση των 8 km και στις δύο περιόδους. Σε γενικές γραμμές, η προσομοίωση των 8 km αποκρίνεται καλύτερα στις τιμές των παραμέτρων του αδρομερούς μοντέλου.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Σχήμα 5.44. Επίπτωση των τιμών των παραμέτρων του αδρομερούς στα κατανεμημένα μοντέλα

5.3. Επίπτωση εκτιμημένων παραμέτρων στην κατανεμημένη προσομοίωση.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πολλές παράμετροι των μοντέλων μπορούν να εκτιμηθούν εκτός της διαδικασίας βαθμονόμησης. Αν κάτι τέτοιο επιτευχθεί, ο αριθμός των παραμέτρων που υπολογίζονται στη διαδικασία βαθμονόμησης θα μειωθεί και η αποτελεσματικότητα και εφαρμοστικότητα των μοντέλων θα βελτιωθεί. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, έγινε προσπάθεια εκτίμησης των παρακάτω παραμέτρων: της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με την αναζήτηση σχέσης AET – NDVI σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.4. του 4^{ου} Κεφαλαίου, του αριθμού καμπύλης CN με εκτίμηση από τους πίνακες του Wanielista και την ταυτόχρονη χρήση δορυφορικών εικόνων και Σ.Γ.Π. , του συντελεστή κατείσδυσης k με τη χρήση γεωλογικής πληροφορίας και Σ.Γ.Π. και του συντελεστή τήξης χιονιού σύμφωνα με τη σχέση που προέκυψε από τη συσχέτισή του με το υψόμετρο Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές πραγματικής εξατμισοδιαπνοής όπως αυτές προέκυψαν από τη σχέση NDVI – AET, οι τιμές του αριθμού καμπύλης CN που εκτιμήθηκαν με τη βοήθεια των ΣΓΠ και του πίνακα του Wanielista, οι τιμές του συντελεστή κατείσδυσης k (παράγραφος 4.1.3. του 4^{ου} Κεφαλαίου

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

ου) και, τέλος οι τιμές του συντελεστή τήξης του χιονιού όπως προέκυψαν από τη σχέση τους με το υψόμετρο (παράγραφος 4.5 του 4^{ου} Κεφαλαίου) .

Από την συσχέτιση της υπολογισμένης από τα μοντέλα κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και του δείκτη NDVI, προέκυψε η παρακάτω σχέση μεταξύ ΑΕΤ και μέσου NDVI λεκάνης:

$$AET=0,3066NDVI+a_1x_1+a_2x_2+...+a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12} \quad (5.1)$$

όπου α₁ και χ₁ όπως στον **Πίνακα 5.9**:

Πίνακας 5.9. Τιμές συντελεστών α₁ και χ₁ ανά μήνα της εξίσωσης 5.1

	α1	α2	α3	α4	α5	α6	α7	α8	α9	α10	α11	α12
Ιανουάριος	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φεβρουάριος	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μάρτιος	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Απρίλιος	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Μάιος	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ιούνιος	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ιούλιος	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Αύγουστος	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Σεπτέμβριος	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Οκτώβριος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Νοέμβριος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	χ1	χ2	χ3	χ4	χ5	χ6	χ7	χ8	χ9	χ10	χ11	χ12
	-579.656	-581.515	-575.629	-550.232	-526.904	-524.720	-548.962	-567.686	-576.814	-562.436	-570.829	-578.667

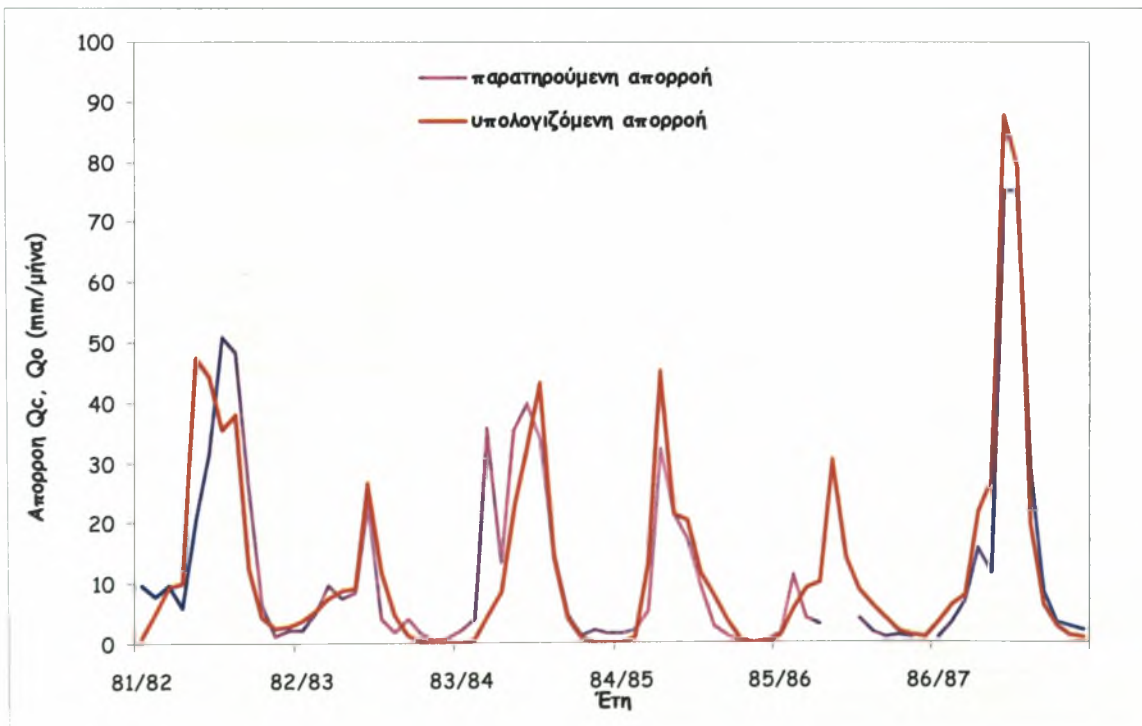
Ο συντελεστής προσδιορισμού της παραπάνω σχέσης R², είναι 0.8734 και η συσχέτιση θεωρείται ισχυρή. Ανάλογες δώδεκα σχέσεις υπολογίσθηκαν για κάθε φατνίο του κατανεμημένου μοντέλου των 8 km. Στην περίπτωση αυτή οι συντελεστές προσδιορισμού δεν ήταν ικανοποιητικοί για όλες τις σχέσεις. Σε δύο περιπτώσεις, των φατνίων (1,0) και (1,1), το R² παίρνει τιμές 0,5133 και 0,5746 αντίστοιχα. Στα υπόλοιπα φατνία ο R² κυμαίνεται από 0,7782 ως 0,9634. Σύμφωνα με αυτές, υπολογίσθηκαν τιμές πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Σύμφωνα επίσης με μεθόδους που περιγράφηκαν παραπάνω, εκτιμήθηκαν τιμές CN, k και Cm. Οι εκτιμημένες παράμετροι εισήχθησαν στο αδρομερές και στο κατανεμημένο 8 x 8 km μοντέλα.

Για το αδρομερές, η αποτελεσματικότητα του μοντέλου κινήθηκε γενικά πτωτικά με εντονότερη μείωση στην περίοδο πιστοποίησης. Αν και τα αποτελέσματα δεν είναι απογοητευτικά εν' τούτοις δεν ικανοποιούν. Βέβαια υπάρχει ένα σοβαρό μειονέκτημα, ειδικά στον

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

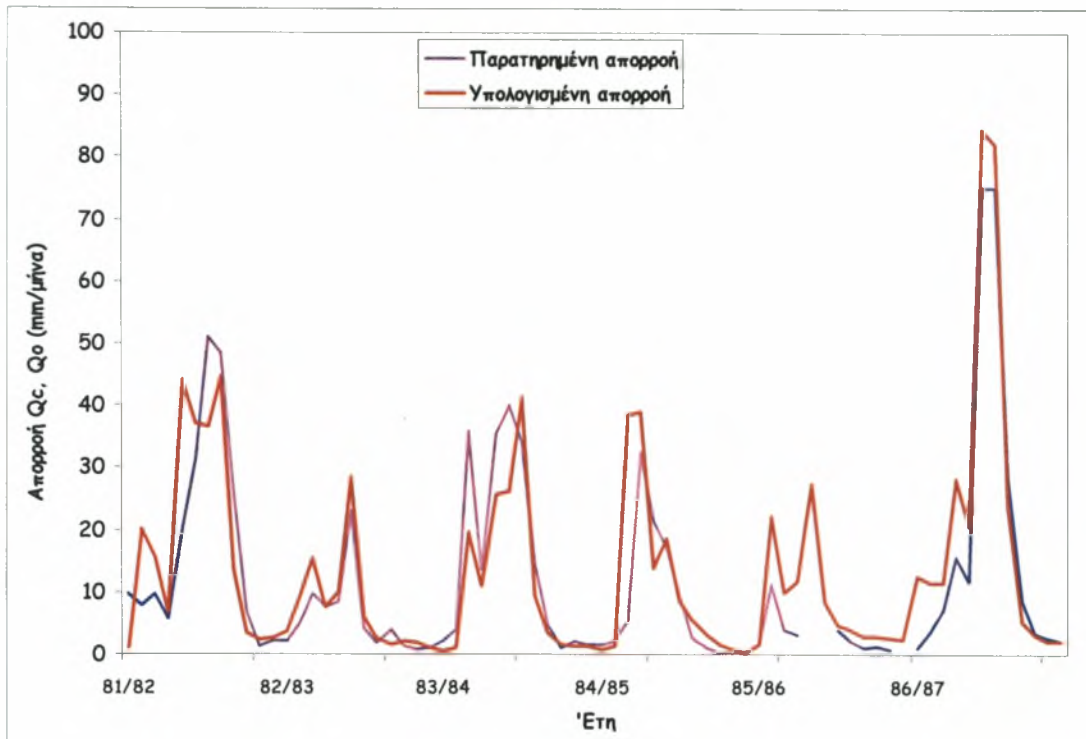
τρόπο εκτίμησης του αριθμού καμπύλης CN αλλά και του k . Επειδή εδαφολογικός χάρτης δεν υπήρχε διαθέσιμος, ο υδρολογικός τύπος του εδάφους, από τον οποίο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η τιμή της CN, εκτιμήθηκε από το γεωλογικό υπόβαθρο. Αυτό πιθανά οδήγησε σε σοβαρά λάθη τους υπολογισμούς και, τελικά, σε μερική αστοχία το μοντέλο. Για τον ίδιο λόγο αλλά και επειδή σχετική βιβλιογραφία με ενδεικτικές τιμές συντελεστή κατεΐσδυσης για τους διάφορους τύπους εδαφών ή/και γεωλογικών σχηματισμών δεν βρέθηκε, η εκτίμηση του k δεν πρέπει να θεωρείται αξιόπιστη.

Η παραπάνω περιγραφείσα διαδικασία εφαρμόστηκε αναλογικά και στο κατανεμημένο 8x8 μοντέλο. Σ' αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα ειδικά στην περίοδο πιστοποίησης ήταν απογοητευτικά. Επαναλαμβάνεται όμως για μια ακόμη φορά ότι τόσο η φύση της λεκάνης καθ' εαυτήν όσο και των μετρήσεων «προδιέγραφαν» εξ' αρχής μια τέτοια εξέλιξη. Τα αποτελέσματα των δυο παραπάνω προσομοιώσεων με χρήση εκτιμημένων παραμέτρων, παρατίθενται στον **Πίνακα 5.10**, σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των αντίστοιχων εξαπαραμετρικών προσομοιώσεων.



Σχήμα 5.45. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής αδρομερούς προσομοίωσης με εκτιμημένες παραμέτρους

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



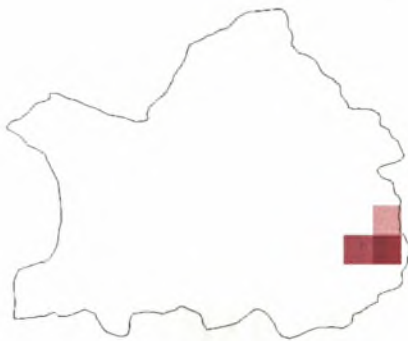
Σχήμα 5.46. Σύγκριση παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής κατανεμημένης προσομοίωσης 8x8 km με εκτιμημένες παραμέτρους

Πίνακας 5.10. Σύγκριση αποτελεσμάτων εκτιμημένων παραμέτρων στην αδρομερή και κατανεμημένη προσομοίωση

	Βαθμονόμηση				Πιστοποίηση			
	R ²	DV	meanQo	meanQc	R ²	DV	meanQo	meanQc
Λεκάνη	0.837				0.635			
	0.837	-2.812	12.150	11.810	0.644	-8.739	13.880	12.670
Λεκάνη με εκτίμηση ΑΕΤ, CN, k, Cm	0.786				0.546			
	0.812	2.726	12.150	12.490	0.609	-9.416	13.880	12.570
8 x 8	0.889				0.613			
	0.889	-0.488	12.150	12.090	0.633	-4.977	13.880	13.190
8 x 8 με εκτίμηση ΑΕΤ, CN, k, Cm	0.780				0.452			
	0.810	12.309	12.150	13.650	0.574	-14.118	13.880	11.920

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στην εκτίμηση του δείκτη C_m . Όπως είδαμε από την χωρική κατανομή της συσσώρευσης χιονιού όπως αυτή υπολογίστηκε κατά την διαδικασία βαθμονόμησης του κατανεμημένου μοντέλου με μέγεθος φατινίου 2×2 km, δεν υπήρχε καμμία λογική η φυσική συνέπεια. Αντικαθιστώντας την υπολογισμένη τιμή C_m με την εκτιμηθείσα σύμφωνα με τη σχέση (4.17) ξανασχεδιάστηκαν οι χάρτες χωρικής κατανομής της συσσώρευσης χιονιού για τους μήνες Δεκέμβριος 1981 και Απρίλιος 1982.



Συσσώρευση χιονιού Δεκεμβρίου 1981



Συσσώρευση χιονιού Απριλίου 1982

Σχήμα 5.47. Χωρική κατανομή συσσώρευσης χιονιού Δεκεμβρίου 1981 και Απριλίου 1982

Η εικόνα που δίνει η χρήση της σχέσης (4.17) είναι πολύ καλύτερη και βρίσκεται σε απόλυτη συνέπεια με τη γεωμορφολογία της περιοχής. Επιπλέον, οι επιδόσεις του μοντέλου δεν υστερούν καθόλου αφού η αποτελεσματικότητα του μοντέλου στην περίοδο βαθμονόμησης κινείται σε επίπεδα πάνω από 0,9 (0,914) και στην περίοδο πιστοποίησης παραμένει αυξητικά ικανοποιητική και κινείται σε επίπεδα πάνω από 0,6 (0,619).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων όπως αυτά παρουσιάστηκαν παραπάνω, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Είναι σαφές ότι με την αύξηση της διακριτοποίησης αυξάνεται η αποτελεσματικότητα του μοντέλου στην περίοδο βαθμονόμησης. Στην περίοδο πιστοποίησης δεν συμβαίνει κάτι ανάλογο, αντίθετα παρατηρείται κάμψη των τιμών. (*Πίνακας 6.1*) Όπως ήδη αναφέρθηκε, τούτο πιθανόν να οφείλεται στους παρακάτω λόγους:

- Στην περιοχή δεν υπάρχουν εγκαταστημένοι μετεωρολογικοί σταθμοί και οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για την εκτίμηση τόσο της μέσης θερμοκρασίας όσο και της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης να οδήγησαν σε λάθη.
- Οι μετρήσεις της παροχής στην έξοδο της λεκάνης ήταν μη συνεχείς και ελεγχόμενες για την αξιοπιστία τους.

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Πίνακας 6.1. Σύγκριση αποτελεσματικότητας της αδρομερούς και των κατανεμημένων προσομοιώσεων στις περιόδους βαθμονόμησης και πιστοποίησης

	Βαθμονόμηση	Πιστοποίηση	
Λεκάνη	<i>0.837</i>	<i>0.635</i>	Solver
16 x 16	<i>0.888</i>	<i>0.642</i>	Solver
8 x 8	<i>0.889</i>	<i>0.613</i>	Solver
4 x 4	<i>0.914</i>	<i>0.599</i>	Direct Optimizer
2 x 2	<i>0.926</i>	<i>0.585</i>	Direct Optimizer

Γενικά πάντως το μοντέλο προσομοίωσε πολύ καλά τη λεκάνη αδρομερώς και σχεδόν άριστα κατανεμημένη. Ο μεγάλος αριθμός των προς εκτίμηση παραμέτρων δρα ανασταλτικά λόγω των περιορισμών που τίθενται από το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην επίλυση του μοντέλου (Excel και Solver). Η προσφυγή στο εργαλείο επίλυσης Direct Optimizer μπορεί να έλυσε το πρόβλημα της μαθηματικής επίλυσης αλλά έδωσε τιμές παραμέτρων που μακράν απέχουν από τις αναμενόμενες βάσει των χαρακτηριστικών της λεκάνης (γεωμορφολογία, χρήσεις γης, έδαφος κ.ά.)

2. Η αντικατάσταση των τιμών των παραμέτρων του αδρομερούς στα κατανεμημένα μοντέλα δεν οδήγησε σε καμία ουσιαστική διαφοροποίηση την αποτελεσματικότητα του μοντέλου και στις δύο περιόδους (βαθμονόμησης και πιστοποίησης). Η όποια διακύμανση των τιμών δεν θεωρείται άξια λόγου.

Πίνακας 6.2. Επίπτωση των τιμών των παραμέτρων του αδρομερούς στην κατανεμημένη προσομοίωση

	Βαθμονόμηση	Πιστοποίηση
Λεκάνη	<i>0.837</i>	<i>0.635</i>
16 x 16	<i>0.833</i>	<i>0.639</i>
8 x 8	<i>0.838</i>	<i>0.636</i>
4 x 4	<i>0.838</i>	<i>0.630</i>
2 x 2	<i>0.838</i>	<i>0.630</i>
1 x 1	<i>0.838</i>	<i>0.631</i>

3. Η προσπάθεια μείωσης των παραμέτρων με εκτίμηση μέρους αυτών συνάντησε τις παρακάτω δυσκολίες:

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Δεν βρέθηκαν εδαφολογικοί χάρτες της περιοχής. Για την εκτίμηση του αριθμού καμπύλης CN και του συντελεστή βαθιάς κατεΐσδυσης k , χρησιμοποιήθηκε γεωλογικός χάρτης. Οι τιμές που εκτιμήθηκαν για τις παραπάνω παραμέτρους ελέγχονται σοβαρά για την ακρίβειά τους.
- Η περιοχή δεν καλύπτεται αποκλειστικά από φυσική δασική ή άλλη βλάστηση. Το μεγαλύτερο μέρος της καλύπτεται από καλλιεργήσιμες εκτάσεις οι οποίες αρδεύονται έστω και ελλιπώς. Η εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σε παρόμοιες περιπτώσεις δυσχεραίνεται σημαντικά.

Η αντικατάσταση των τιμών των παραμέτρων με εκτιμημένες στο αδρομερές μοντέλο να μεν οδήγησε σε πτώση τις τιμές της αποτελεσματικότητας αλλά προσομοίωσε ικανοποιητικά την απορροή και στις δύο περιόδους. Στο κατανεμημένο μοντέλο, η αποτελεσματικότητα στην περίοδο βαθμονόμησης ήταν καλή. Δεν συμβαίνει το ίδιο στην περίοδο πιστοποίησης.

Πίνακας 6.2. Επίπτωση εκτιμημένων τιμών των παραμέτρων στην αδρομερή και κατανεμημένη προσομοίωση

	Βαθμονόμηση	Πιστοποίηση
Λεκάνη	<i>0.837</i>	<i>0.635</i>
Λεκάνη με εκτίμηση	<i>0.786</i>	<i>0.546</i>
8 x 8	<i>0.889</i>	<i>0.613</i>
8 x 8 με εκτίμηση	<i>0.780</i>	<i>0.452</i>

Αντικείμενο μιας άλλης εργασίας θα μπορούσε να είναι η μελέτη της ίδιας ή άλλης λεκάνης απορροής με τις παρακάτω διαφοροποιήσεις ως προς την παρούσα:

Συνδυασμός της μεθόδου της βροχοβαθμίδας και των πολυγώνων Thiessen στην εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης. Η μέθοδος της βροχοβαθμίδας έχει το μειονέκτημα ότι μεταφέρει σφάλματα ή μικροκλιματικές ιδιαιτερότητες του σταθμού αναφοράς σε όλη τη λεκάνη.

Εκτίμηση του αριθμού καμπύλης CN με τη χρήση εδαφολογικών χαρτών ή και αποτελεσμάτων τυχόν υπάρχουσας υδρογεωλογικής μελέτης της περιοχής της λεκάνης απορροής.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Ανάπτυξη του μοντέλου σε περιβάλλον GIS με τη χρήση της υποστηριζόμενης από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών γλώσσας προγραμματισμού Visual Basic και υπορουτινών υδρολογικής πληροφορίας (hydro).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abulohom, M.S., Shah, S.M.S., Ghumman, A.R., 2001. Development of a rainfall-runoff model, its calibration and validation. *Water Resour. Manage.* 15 (3), 149–163.
- Alley, W. M.: 1984, On the treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting and aquifer recharge in monthly water balance models, *Water Resour. Res.* 20(8), 1137–1149.
- Alley, W. M.: 1985, Water balance models in onemonthahead stream flow forecasting *Water Resour. Res.* 21(4), 597–606.
- Arnall, N. W.: 1992, Factors controlling the effects of climate change on river flow regimes in a humid temperate environment, *J. Hydrol.* 132, 321–342.
- Boughton, W. C.: 1973, A mathematical catchment model for estimating runoff, *J. Hydrol.* 7(3), 75–100.
- Christodoulaki, S., A. Loukas, L. Vasiliades, L. and N.R. Dalezios (2003). "Water Balance Modeling Using Digital Gis Data" International Symposium "G/S and Remote Sensing: Environmental Applications", Volos, 7-9 November 2003. (Το άρθρο είναι υπό δημοσίευση στα πρακτικά του συνεδρίου).
- Davenport, M.L., Nicholson, S.E., 1993. On the relationship between rainfall and normalized difference vegetation index for diverse vegetation types in East Africa. *Int. J. Remote Sens.* 14, 2369–2389
- Di Bella, C.M., Rebella, C.M., Paruelo, J.M., 2000. Evapotranspiration estimates using NOAAAVHRR imagery in the Pampa region of Argentina. *Int. J. Remote Sens.* 21 (4), 791–797.
- Edijatno, and Michel, C.: 1989, Un modele pluiedebit journalier `a trois paramteres, *Houille Blanche* 2, 113–121.
- Fiering, M. B.: 1967, Streamflow Synthesis, *Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.*
- Gabos, A. and Gasparri, L.: 1983, Monthly runoff model for regional planning, *Water Internat.* 8, 42–45.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Guo, S., 1992. Monthly water balance models for climate change impact study. Proceedings of First National Post-doctoral Conference, *National Defense Industry Press, Beijing* pp. 2034–2037.
- Guo, S., 1995. Impact of climatic change on hydrological balance and water resource systems in the Dongjiang Basin, China. Modeling and Management of Sustainable Basin-Scale Water Resource (*Proceedings of a Boulder Symposium, July 1995 LAHS Publ. no. 231, 1995*).
- Haan, C. T.: 1972, A water yield model for small watersheds, *Water Resour. Res.* 8(1), 28–69. 48 C.Y.
- Hughes, D. A.: 1982, Conceptual catchment model parameter transfer studies using monthly data from the Southern Cape Coastal lakes Region, *Report 1/82, Hydrological Research Unit, Rhodes University, Grahamstown*.
- Hughes, D. A.: 1989, Estimation of the parameters of an isolated event conceptual model from physical catchment characteristics, *Hydrol. Sci. J.* 34(5), 539–557.
- Jakeman, A.J., Hornberger, G.M., 1993. How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model. *Water Resour. Res.* 29 (8), 2637–2649.
- Kerr, Y.H., Imbernon, J., Dedieu, G., Hautecoeur, O., Lagouarde, J.P., Seguin, B., 1989. NOAA AVHRR and its uses for rainfall and evapotranspiration monitoring. *Int. J. Remote Sens.* 10, 847– 854.
- Knight, C.G., Chang, H., Staneva, P.M., Kostov, D., 2001. A simplified basin model for simulating runoff: the Struma River *GIS. Prof. Geogr.* 53 (4), 533–545.
- Krzysztofowicz, R. and Diskin, M. H.: 1978, A moisture accounting watershed model for single storm events based on time area concept, *J. Hydrol.* 37, 261–294.
- Kuczera, G.: 1982, On the relationship between the reliability of parameter estimates and hydrologic time series data used in calibration, *Water Resour. Res.* 18(1), 146–154.
- Kuczera, G.: 1983a, Improved parameter inference in catchment models, 1. Evaluating parameter uncertainty, *Water Resour. Res.* 19(5), 1151–1162.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Kuczera, G.: 1983b, Improved parameter inference in catchment models, 2, Combining different kinds of hydrologic data and testing their compatibility, *Water Resour. Res.* 19(5), 1163–1172.
- Kustas, W.P., Perry, E.M., Doraiswamy, P.C., Moran, M.S., 1994. Using satellite remote sensing to extrapolate evapotranspiration estimates in time and space over a semiarid rangeland basin. *Remote Sens. Environ.* 49, 275–286.
- Kustas, W.P., Norman, J.M., 1995. Use remote sensing for evapotranspiration monitoring over land surface. *Int. J. Remote Sens.* 41(4), 517–530.
- Langford, K. J., Duncan, H. P. and Heeps, D. P.: 1978, Forecasting streamflow and storage using a soil dryness index model. *Rep. MMBWW0031*, Melbourne and Metrop. Board of Works, Melbourne, Victoria.
- Loukas, A., Vasiliades, L., Domenikiotis, C., Dalezios, N.R., 2005, Basin-wide actual evapotranspiration estimation using NOAA/AVHRR satellite data, *Phys. Chem. Earth*, 30, 69–79.
- Loukas, A., and L. Vasiliades (2005). “Identification of the Relationship Between Meteorological and Hydrological Drought.” EGU General Assembly, 24-29 April 2005, Vienna, Austria (Geophysical Research Abstracts, V 01. 7).
- Loukas, A., N. Mylopoulos, L. Vasiliades, H. Tamanas, J. Polylcretis, and A. Dimitriou (2005). “Sustainable Water Resources Management in Pinios River and Lake Karla Basins, Thessaly” “6th International Conference "Sharing a common vision for our water resources", Menton, 7-10 September 2005. (Περιλαμβάνεται στο CD των πρακτικών του συνεδρίου).
- Makhlouf, Z. and Michel, C.: 1994, A two parameter monthly water balance model for French watersheds, *J. Hydrol.* 162, 299–318.
- Mendoza, M., Bocco, G., Bravo, M., 2002. Spatial prediction in hydrology: status and implications in the estimation of hydrological processes for applied research. *Progr. Phys. Geog.* 26 (3), 319–338.
- Mora, F., Iverson, L.R., 1998. On the sources of vegetation activity variation, and their relation with water balance in Mexico. *Int. J. Remote Sens.* 19 (10), 1843–1871.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Moran, M.S., Clarke, T.R., Inoue, Y., Vidal, A., 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sens. Environ.* 49, 246–263.
- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part-1: a discussion of principles. *J. Hydrol.* 10 (3), 282–290.
- Nicholson, S.E., Lare, A.R., Marengo, J.A., Santos, P., 1996. A revised version of Lettau's evapoclimatology model. *J. Appl. Meteorol.* 35, 549–561.
- Palmer, W. C.: 1965, Meteorologic drought Research Paper, *US Weather Bureau*, 45, p. 58
- Panagoulia, D., Dimou, G., 1997. Linking space-time scale in hydrological modeling with respect to global climate change: Part 1. Models, model properties and experimental design. *J. Hydrol.* 194, 15–37.
- Perrin, C., Michel, C. & Andreassias, V.: 2001, Does a large number of parameters enhance model performance? Comparative assessment of common catchment model structures on 429 catchments, *J. Hydrol.*, 242, 275-301
- Pitman, W. V.: 1973, A mathematical model for generating monthly river flows from meteorological data in South Africa. Report 2/73, *Hydrological Research Unit, University of the Witwatersrand, Johannesburg*
- Pitman, W. V.: 1978, Flow generation by catchment models of differing complexity – a comparison of performance, *J. Hydrol.* 38, 59–70.
- Roberts, P. J. T.: 1978, A comparison of the performance of selected conceptual models of the rainfall runoff process in semiarid catchments near Grahamstown, *Report 1/78, Hydrological Research Unit, Rhodes University, Grahamstown.*
- Roberts, P. J. T.: 1979, Model FLEXIFIT: A conceptual rainfall runoff model for the extension of monthly runoff records. *Dept. of Environment Affairs, Hydrological Research Institute, Tech. Report TR98.*
- Running, S.W., Nemani, R.R., 1988. Relating seasonal patterns of the AVHRR vegetation index to simulated photosynthesis and transpiration of forests in different climates. *Remote Sens. Environ.* 24, 347–367.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Salas, J. D., Tabios III, G. Q. and Obeysekera, J. T. B.: 1986, Seasonal model for watershed simulation, *Users Manual, Dept. of Civil Engineering, Colorado State University*.
- Sandholt, I., Andersen, H.S., 1993. Derivation of actual evapotranspiration in the Senegalese Sahel, using NOAA-AVHRR data during the 1987 growing season. *Remote Sens. Environ.* 46, 164–172.
- Schultz, G.A., Engman, E.T. (Eds.), 2000. Remote Sensing in Hydrology and Water Management. *Springer*, Berlin.
- Seevers, P.M., Ottmann, R.W., 1994. Evapotranspiration estimation using a normalized difference vegetation index transformation of satellite data. *Hydrol. Sci. J.* 39, 333–345.
- Semadeni-Davies, A., 1997. Monthly snowmelt modelling for largescale climate change studies using the degree day approach. *Ecol. Model.* 101, 303–323.
- Snyder, F. F.: 1963, A water yield model derived from monthly runoff data. *International Association of Scientific Hydrology Publication No. 63*, pp. 18–30.
- Szilagyi, J., Rundquist, D.C., Gosselin, D.C., Parlange, M.B., 1998. NDVI relationship to monthly evaporation. *Geophys. Res. Lett.* 25, 1753–1756.
- Szilagyi, J., 2000. Can a vegetation index derived from remote sensing be indicative of areal transpiration? *Ecol. Model.* 127, 65–79.
- Szilagyi, J., 2002. Vegetation indices to aid areal evapotranspiration estimations. *J. Hydrol. Eng.* 7 (5), 368–372.
- Thomas, H. A.: 1981, Improved method for national water assessment, *Report WR15249270, U.S. Water Resource Council, Washington, D. C.*
- Thornthwaite, C.W.: 1948, An approach toward a rational classification of climate, *Geogr. Rev.* 38(1), 55–94.
- Thornthwaite, C. W. and Mather, J. R.: 1955, The water balance, *Publ. Climatol. Lab. Climatol. Dresel Inst. Technol.* 8(8), 1–104.
- Thornthwaite, C. W. and Mather, J. R.: 1957, Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance, *Publ. Climatol. Lab. Climatol. Dresel Inst. Technol* 10(3), 185–311.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Tsakiris, G., 1995, *Water Resources :Engineering Hydrology*, *Symmetry Publishing*, Athens (in Greek).
- Tucker, C.J., Vanpraet, C.L., Sharman, M.J., Ittersum, G., 1985. Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel: 1980–1984. *Remote Sens. Environ.* 17, 233–249.
- Tuffuor, S. and Labadie, J. W.: 1973, A nonlinear time variant rainfall runoff model for augmenting monthly data, *Water Resour. Res.* 19(6), 1161–1166.
- U.S. Soil Conservation Service, 1972, *National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology*, Washington D.C.
- Van der Beken, A. and Byloos, J.: 1977, A monthly water balance model including deep infiltration and canal losses, *Hydrol. Sci. Bull.* 22(3), 341–351.
- Vandewiele, G. L., Xu, C.Y. and NiLarWin: 1992, Methodology and comparative study of monthly water balance models in Belgium, China and Burma, *J. Hydrol.* 134, 315–347.
- Vandewiele, G. L. and NiLarWin: 1993, Monthly water and snow balance models on basin scale, in K. Banasik and A. Zbikowski (eds.), *Runoff and Sediment Yield Modelling, Warsaw*, pp. 83–88.
- Vandewiele, G.L., Win, N.-L., 1998. Monthly water balance models for 55 basins in 10 Countries. *Hydrol. Sci. J.* 43 (5), 687–699.
- Xu, C.Y. and Vandewiele, G. L.: 1995, Parsimonious monthly rainfall runoff models for humid basins with different input requirements, *Adv. Water Resour.* 18, 39–48.
- Yang, W., Yang, L., Merchant, J.W., 1997. An assessment of AVHRR:NDVI-ecoclimatological relations in Nebraska, USA. *Int. J. Remote Sens.* 18, 2161–2180.
- Ε.Σ.Υ.Ε. Απογραφικά δελτία 1995
- Λουκάς, Α., Α. Βασιλειάδης, και Ν. Μπαστρογιάννης (2003). “Υδρολογική Προσομοίωση Υδατικού Ισοζυγίου Λεκάνης Απορροής Γερμασόγειας, Κύπρος.” Πρακτικά Ημερίδας «Μελέτες και Έρευνες Υδατικών Πόρων στον Κυπριακό Χώρο, Λευκωσία, Κύπρος, 20 Ιουνίου 2003, pp. 83-114.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακες

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Πίνακας 1.1. Παροχή Εννιπέα στο σταθμό Σκοπιάς

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1970-71	0.85	0.67	0.73	3.7	8.65	5.97	3.5	2.69	0.58	0.66	0.57	1.45
1971-72												
1972-73						8.46	4.22	2.61	1.23	0.09	0.13	0.16
1973-74	0.2	1.34	0.87	0.79	2	2.33	1.59	1.77	3	0.51	0.54	0.33
1974-75	0.66	0.72	1.65	2.62	12.74	3.13	1.97	1.43	0.41	0.34	0.3	0.24
1975-76	0.34	0.54	0.53	0.54	0.33	0.31	0.25	0.19	0.07	0	0	0.04
1976-77	0.08	0.08	0.58	4.76	4.93	1.64	1.98	1.16	0.27	0.07	0.11	1.63
1977-78	1.12	1.61	2.02	1.8	3.83	1.73	1.27	1.32	0.46	0.56	0.16	0.23
1978-79	3.12	5.56	4.16	5.62	4.86	11.86	4.54	2.66	0.82	0.56	0.46	0.44
1979-80	5.25	1.97	3.58	8.04	8.6	9.58	6.32	3.1	1.31	0.73	0.73	1.02
1980-81	1.48	1.24	1.5	0.9	3.45	4.81	8.07	7.44	4.14	1.03	0.2	0.33
1981-82	0.33	0.8	1.47	1.17	1.44	3.55	0.66	0.3	0.63	0.22	0.11	0.17
1982-83	0.34	0.63	5.49	2.07	6.05	6.14	5.39	2.25	0.75	0.18	0.34	0.25
1983-84	0.25	0.35	0.84	4.98	3.65	2.66	1.49	0.41	0.18	0.04	0.01	0.09
1984-85	0.23	1.77	0.62	0.5			0.63	0.31	0.17	0.2	0.13	
1985-86	0.16	0.56	1.08	2.39	1.98	11.52	11.91	4.4	1.35	0.53	0.42	0.34
1986-87	0.36	1.03	0.98	0.96	1.42	2.52			0.37	0.12	0.07	0.09
1987-88	0.13	0.45	3.9	3.3	1.63	3.35	1.36	0.7	0.48	0.6	0.22	0.19
1988-89	0.2	0.24	0.44	0.53	0.42	0.28	0.25	0.2	0.04			
1989-90							4.15	2.14	0.86	0.37	0.11	0.14
1990-91	0.23	0.53	0.65	0.52	1.14	1.16	1.42	1.11	0.87	0.46	0.02	0.13
1991-92	0.16	0.18	0.1	0.16	0.34	1.86	0.67	0.96				
1992-93	0.85	0.67	0.73	3.7	8.65	5.97	3.5	2.69	0.58	0.66	0.57	1.45

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

*Πίνακας 1.2. Θερμοκρασίες μετεωρολογικού σταθμού Δομοκού
ετών 1961 έως 2002 (Σταθμός Αναφοράς)*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	17.0	12.3	9.1	4.9	4.7	10.0	14.8	17.9	22.6	24.4	24.7	20.6	15.3
1961-62	15.2	11.9	5.7	5.1	3.4	9.2	12.6	19.3	22.5	25.4	26.3	22.0	14.9
1962-63	15.0	12.6	4.7	4.3	5.9	6.8	12.1	16.3	22.3	25.2	26.0	22.1	14.4
1963-64	14.9	11.9	7.1	3.4	4.7	8.4	12.1	16.2	21.6	23.5	23.7	19.4	13.9
1964-65	16.5	11.1	7.0	5.4	1.5	7.8	11.2	16.1	21.9	25.1	22.6	21.5	14.0
1965-66	13.5	10.1	7.3	4.1	9.6	8.2	13.9	16.8	21.0	25.4	25.9	20.7	14.7
1966-67	19.6	11.5	6.7	4.1	3.7	8.5	12.0	17.5	20.9	23.2	25.2	20.5	14.5
1967-68	16.6	10.8	6.6	2.3	7.1	7.2	14.1	19.6	20.8	24.5	23.5	20.9	14.5
1968-69	14.1	11.0	6.1	4.3	7.2	7.5	11.1	19.5	22.6	23.5	24.6	21.2	14.4
1969-70	13.8	11.2	7.1	6.4	7.3	9.1	14.8	15.8	22.0	23.9	24.7	20.3	14.7
1970-71	14.5	11.6	6.4	6.1	4.3	6.6	11.8	19.1	23.2	22.6	24.0	18.3	14.0
1971-72	12.6	10.5	6.8	4.0	4.4	8.9	13.5	17.5	23.2	23.5	23.0	18.8	13.9
1972-73	11.3	11.1	3.6	2.9	5.9	4.8	11.7	19.7	21.8	25.1	22.2	20.5	13.4
1973-74	14.8	9.0	6.3	3.6	6.3	7.6	10.0	16.4	21.8	24.5	23.7	20.3	13.7
1974-75	16.1	9.5	5.9	4.8	3.3	10.3	13.6	18.2	21.1	23.8	22.3	21.7	14.2
1975-76	14.7	8.4	4.9	6.2	3.7	6.7	12.8	15.8	20.4	23.1	20.9	19.4	13.1
1976-77	15.2	9.7	5.8	5.4	11.0	10.3	12.9	19.4	23.1	26.2	24.8	18.3	15.2
1977-78	14.0	12.4	4.0	2.7	7.2	9.2	11.6	17.0	23.0	24.9	24.0	18.1	14.0
1978-79	12.6	7.4	8.1	4.8	6.4	10.8	10.8	17.4	23.3	23.6	23.3	20.6	14.1
1979-80	13.5	10.1	7.6	2.7	4.1	7.9	10.7	15.2	21.9	25.4	23.9	20.1	13.6
1980-81	16.0	12.5	6.5	1.9	4.7	11.3	13.1	16.1	24.3	23.6	23.3	20.7	14.5
1981-82	17.7	7.9	8.3	5.4	2.5	6.9	10.8	16.2	23.5	23.9	24.3	21.3	14.1
1982-83	14.8	8.3	7.0	5.2	2.9	8.2	14.8	18.7	19.2	23.5	22.2	19.2	13.7
1983-84	12.9	7.4	5.1	5.8	3.9	6.0	9.1	17.5	20.8	23.5	21.5	20.9	12.9
1984-85	17.9	9.6	4.2	4.5	3.0	6.3	14.0	18.9	22.5	24.2	24.5	20.1	14.1
1985-86	12.6	11.2	7.9	5.9	5.4	6.9	14.4	16.7	21.5	23.6	24.7	20.6	14.3
1986-87	14.4	7.5	4.0	5.7	5.7	3.8	11.2	15.2	21.9	25.7	23.5	23.2	13.5
1987-88	12.7	9.6	6.2	6.4	5.3	7.7	11.3	17.8	23.2	26.3	25.3	20.8	14.4
1988-89	13.9	5.5	4.2	3.6	6.4	10.1	15.3	16.0	20.7	21.5	23.9	20.4	13.5
1989-90	13.6	9.3	6.1	3.8	7.3	11.5	13.7	17.0	22.5	25.2	23.1	20.0	14.4
1990-91	15.7	11.3	5.0	3.3	3.7	8.8	10.2	14.2	23.0	23.2	22.2	20.6	13.4
1991-92	15.6	9.9	0.7	4.6	4.5	7.4	13.1	15.0	21.3	22.4	25.0	19.5	13.3
1992-93	18.6	11.1	3.9	4.7	2.1	7.7	12.9	16.9	22.9	24.9	25.1	20.9	14.3
1993-94	17.4	7.8	7.7	6.0	3.5	10.6	13.4	17.8	22.0	22.6	24.4	22.3	14.6
1994-95	16.4	8.4	5.3	4.2	8.5	8.2	12.3	18.0	24.0	23.6	22.7	20.1	14.3
1995-96	17.8	6.6	8.6	5.0	4.7	4.8	11.2	19.0	23.0	24.0	23.7	12.3	13.4
1996-97	12.7	10.5	7.0	4.7	5.7	7.2	9.0	19.1	24.0	25.3	23.2	19.8	14.0
1997-98	12.7	10.4	6.1	5.4	7.3	6.4	14.5	16.6	21.8	25.7	24.9	20.0	14.3
1998-99	15.4	9.7	4.0	5.2	3.9	8.2	13.7	20.4	24.6	24.6	24.9	20.2	14.6
1999-00	16.5	10.4	6.9	2.9	5.4	8.0	14.8	19.1	22.7	25.6	24.1	21.1	14.8
2000-01	14.2	12.5	8.4	5.6	6.3	13.4	13.0	17.8	22.9	25.6	24.7	21.6	15.5
2001-02	16.9	8.4	1.6	2.5	8.5	10.6	11.9	18.1	23.5	25.6	24.3	19.0	14.2
M.T.	15.0	10.0	6.0	4.5	5.3	8.2	12.5	17.4	22.3	24.3	23.9	20.2	14.2
T.A.	1.9	1.8	1.8	1.2	2.0	1.9	1.6	1.5	1.1	1.1	1.2	1.7	0.6

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Πίνακας 1.3.. Υψος βροχόπτωσης μετεωρολογικού σταθμού Ανάβρας
ετών 1961 έως 2002(Σταθμός Αναφοράς)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	21.4	38.4	112.8	73.2	18.4	84.3	51.4	37.6	31.7	22.7	15.3	15.4	522.6
1961-62	124.1	46.7	89.0	17.1	59.5	54.9	17.4	32.8	26.1	13.1	15.2	153.0	648.8
1962-63	100.3	114.3	99.2	50.8	87.5	52.3	52.1	57.1	16.9	37.5	17.9	17.4	703.2
1963-64	182.2	49.6	69.7	41.1	19.9	84.6	23.4	72.2	22.8	19.5	14.4	2.5	601.8
1964-65	44.7	72.9	74.5	48.8	66.5	70.9	36.3	54.5	15.4	41.4	14.8	2.5	543.2
1965-66	27.0	81.7	64.0	137.2	23.7	69.0	31.5	44.5	38.6	6.8	19.9	25.0	568.9
1966-67	18.5	145.3	60.4	57.3	31.6	41.3	30.1	73.2	10.7	31.3	15.4	47.0	562.0
1967-68	18.1	47.2	93.3	98.8	61.0	59.6	19.1	64.5	18.1	6.1	19.2	16.0	521.0
1968-69	119.5	73.8	134.6	67.6	84.7	99.3	16.4	20.5	10.4	6.1	14.1	48.9	695.9
1969-70	8.2	47.9	108.7	43.3	40.7	68.6	14.2	37.6	16.9	37.0	21.5	22.6	467.3
1970-71	40.6	52.3	68.7	63.5	81.5	112.9	37.0	16.4	18.2	17.9	15.7	32.0	556.7
1971-72	60.3	55.8	64.2	94.4	89.9	47.7	80.9	28.1	33.4	34.4	23.2	45.4	657.6
1972-73	93.0	37.0	47.2	22.6	47.7	79.7	27.8	19.5	12.2	25.5	21.1	28.1	461.4
1973-74	81.7	46.5	29.9	19.7	116.7	35.5	46.0	40.0	52.1	0.8	3.5	13.7	486.1
1974-75	33.8	51.8	62.1	46.5	119.7	27.5	76.0	61.5	109.7	6.4	18.5	81.0	694.5
1975-76	37.2	88.0	83.9	46.9	214.7	34.9	52.7	63.0	12.5	17.2	36.9	17.5	705.4
1976-77	70.2	78.3	32.7	26.6	0.0	11.6	40.5	6.3	20.8	5.6	14.0	60.9	367.5
1977-78	4.2	42.0	69.8	73.6	41.4	7.1	36.0	22.0	8.0	0.0	24.3	203.4	531.8
1978-79	83.0	37.3	23.5	32.4	39.9	27.0	45.8	56.2	26.0	38.7	5.6	10.3	425.7
1979-80	241.0	144.0	135.7	49.3	79.6	137.3	36.8	47.3	25.4	6.3	0.0	9.8	912.5
1980-81	393.3	29.5	63.6	169.1	32.1	0.6	37.6	17.7	7.5	5.2	0.0	0.0	756.2
1981-82	60.3	128.3	48.9	17.7	153.1	90.6	88.8	131.6	4.4	9.3	16.4	28.4	777.8
1982-83	48.8	60.7	57.1	18.6	26.8	85.3	0.0	0.5	42.7	23.3	15.0	0.0	378.8
1983-84	25.2	42.6	122.1	29.6	72.8	73.7	129.4	16.8	10.3	11.6	25.5	4.8	564.4
1984-85	11.1	45.9	188.8	106.5	30.7	43.7	21.9	21.7	6.7	3.9	3.3	9.6	493.8
1985-86	65.3	122.0	32.9	39.1	72.6	25.6	8.3	55.4	22.1	38.0	16.4	16.7	514.4
1986-87	98.8	45.2	39.0	79.2	50.4	244.4	175.4	23.0	23.5	0.4	22.5	11.0	812.8
1987-88	97.7	94.0	34.6	30.4	103.6	82.3	63.8	36.4	12.0	3.4	0.4	7.0	565.6
1988-89	56.7	150.1	121.9	4.9	42.0	138.3	34.3	62.5	29.1	93.8	11.1	4.1	748.8
1989-90	94.2	29.9	86.0	9.6	52.2	28.1	22.5	79.0	8.2	1.1	75.9	12.3	499.0
1990-91	30.9	116.3	191.7	166.4	47.7	94.3	125.9	83.2	2.8	42.4	91.2	11.9	1004.7
1991-92	29.3	92.8	159.6	10.2	121.0	69.5	113.5	115.1	75.3	82.6	0.0	9.0	877.9
1992-93	28.8	77.6	93.9	84.2	99.4	83.3	50.6	118.9	46.3	0.0	3.4	0.0	686.4
1993-94	3.4	204.1	30.3	130.0	167.8	62.7	75.4	93.1	25.1	5.8	16.7	0.0	814.4
1994-95	225.2	115.0	48.5	229.3	2.1	142.7	32.8	42.5	9.7	34.7	7.5	32.3	922.3
1995-96	8.9	39.6	68.6	62.7	65.2	72.2	13.1	70.3	0.0	35.7	70.9	24.5	531.7
1996-97	78.9	27.7	83.1	196.0	10.0	151.2	44.6	42.1	16.3	11.4	45.7	3.7	710.7
1997-98	59.7	50.5	89.7	26.9	91.7	95.4	6.4	94.1	13.0	10.2	0.0	20.3	557.9
1998-99	13.8	219.7	102.7	45.1	94.1	121.4	45.6	61.9	25.9	26.8	17.7	32.0	806.7
1999-00	48.6	74.2	83.3	35.4	92.9	48.5	44.7	35.2	25.5	25.6	14.1	62.3	590.3
2000-01	46.1	40.2	70.5	123.4	74.9	40.3	64.2	51.1	25.1	52.7	18.7	2.5	609.7
2001-02	9.9	33.6	86.9	39.9	43.2	91.8	88.7	62.9	25.3	37.2	19.0	118.4	656.8
M.T.	70.1	76.0	81.6	65.8	68.4	73.6	49.0	51.7	23.4	22.1	19.6	30.1	631.3
T.A.	74.7	46.4	40.0	52.8	44.7	45.7	36.5	30.2	19.8	21.0	19.4	41.6	150.4

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

*Πίνακας 1.4. Εκτιμημένη θερμοκρασία λεκάνης (υψόμετρο 675,518 m)
ετών 1961 έως 2002*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	16.7	12.1	9.0	4.9	4.7	9.9	14.6	17.6	22.2	24.0	24.3	20.3	15.0
1961-62	15.0	11.7	5.6	5.0	3.4	9.1	12.4	19.0	22.1	24.9	25.9	21.6	14.6
1962-63	14.8	12.3	4.6	4.2	5.8	6.7	11.9	16.1	22.0	24.7	25.6	21.7	14.2
1963-64	14.6	11.6	7.0	3.3	4.7	8.3	11.9	15.9	21.2	23.1	23.2	19.0	13.7
1964-65	16.2	11.0	6.9	5.4	1.5	7.7	11.0	15.8	21.5	24.6	22.2	21.1	13.7
1965-66	13.3	10.0	7.2	4.0	9.4	8.0	13.6	16.5	20.7	24.9	25.5	20.4	14.5
1966-67	19.2	11.4	6.6	4.1	3.7	8.4	11.8	17.2	20.5	22.8	24.8	20.2	14.2
1967-68	16.4	10.7	6.5	2.3	6.9	7.1	13.9	19.3	20.4	24.1	23.1	20.6	14.3
1968-69	13.8	10.9	6.0	4.2	7.0	7.3	10.9	19.2	22.2	23.1	24.2	20.8	14.1
1969-70	13.6	11.1	7.0	6.2	7.2	8.9	14.6	15.5	21.6	23.5	24.3	20.0	14.5
1970-71	14.2	11.4	6.3	6.0	4.2	6.5	11.6	18.8	22.8	22.2	23.5	18.0	13.8
1971-72	12.3	10.3	6.7	3.9	4.3	8.7	13.3	17.2	22.8	23.1	22.6	18.5	13.6
1972-73	11.1	10.9	3.5	2.8	5.8	4.7	11.5	19.3	21.4	24.6	21.8	20.1	13.1
1973-74	14.5	8.8	6.2	3.5	6.2	7.5	9.8	16.1	21.4	24.1	23.3	19.9	13.4
1974-75	15.8	9.3	5.8	4.7	3.2	10.1	13.4	17.9	20.7	23.4	21.9	21.3	14.0
1975-76	14.4	8.2	4.8	6.1	3.6	6.6	12.6	15.5	20.0	22.7	20.5	19.0	12.8
1976-77	15.0	9.5	5.7	5.3	10.8	10.1	12.7	19.1	22.7	25.8	24.4	18.0	14.9
1977-78	13.8	12.2	3.9	2.7	7.1	9.0	11.4	16.7	22.6	24.5	23.6	17.8	13.8
1978-79	12.4	7.3	8.0	4.7	6.3	10.6	10.6	17.1	22.9	23.2	22.9	20.2	13.8
1979-80	13.3	9.9	7.5	2.7	4.0	7.8	10.5	14.9	21.5	24.9	23.5	19.7	13.3
1980-81	15.7	12.3	6.4	1.9	4.6	11.1	12.9	15.8	23.9	23.2	22.9	20.3	14.3
1981-82	17.4	7.8	8.2	5.3	2.5	6.8	10.6	15.9	23.1	23.5	23.9	20.9	13.8
1982-83	14.5	8.2	6.9	5.1	2.8	8.1	14.5	18.4	18.9	23.1	21.8	18.9	13.4
1983-84	12.7	7.3	5.0	5.7	3.8	5.9	8.9	17.2	20.4	23.1	21.1	20.5	12.6
1984-85	17.6	9.4	4.1	4.4	2.9	6.2	13.8	18.6	22.1	23.8	24.1	19.8	13.9
1985-86	12.4	11.0	7.8	5.8	5.3	6.8	14.2	16.4	21.1	23.2	24.3	20.2	14.0
1986-87	14.1	7.4	3.9	5.6	5.6	3.7	11.0	14.9	21.5	25.2	23.1	22.8	13.2
1987-88	12.5	9.4	6.1	6.3	5.2	7.6	11.1	17.5	22.8	25.9	24.9	20.4	14.1
1988-89	13.6	5.4	4.1	3.5	6.3	9.9	15.0	15.7	20.3	21.1	23.5	20.0	13.2
1989-90	13.4	9.1	6.0	3.7	7.2	11.3	13.5	16.7	22.1	24.8	22.7	19.7	14.2
1990-91	15.4	11.1	4.9	3.2	3.6	8.6	10.0	13.9	22.6	22.8	21.8	20.2	13.2
1991-92	15.3	9.7	0.7	4.5	4.4	7.3	12.9	14.7	20.9	22.0	24.5	19.1	13.0
1992-93	18.3	10.9	3.8	4.6	2.1	7.6	12.7	16.6	22.5	24.5	24.7	20.5	14.1
1993-94	17.1	7.7	7.6	5.9	3.4	10.4	13.2	17.5	21.6	22.2	24.0	21.9	14.4
1994-95	16.1	8.2	5.2	4.1	8.4	8.1	12.1	17.7	23.6	23.2	22.3	19.7	14.1
1995-96	17.5	6.5	8.5	4.9	4.6	4.7	11.0	18.6	22.6	23.6	23.3	12.0	13.1
1996-97	12.5	10.4	6.9	4.6	5.6	7.1	8.9	18.7	23.6	24.9	22.8	19.5	13.8
1997-98	12.5	10.3	6.0	5.3	7.2	6.3	14.3	16.3	21.5	25.3	24.5	19.7	14.1
1998-99	15.1	9.5	4.0	5.1	3.9	8.0	13.5	20.1	24.1	24.2	24.5	19.9	14.3
1999-00	16.2	10.3	6.7	2.8	5.3	7.8	14.5	18.7	22.3	25.2	23.7	20.7	14.5
2000-01	14.0	12.3	8.3	5.5	6.2	13.2	12.8	17.5	22.5	25.2	24.3	21.3	15.3
2001-02	16.6	8.2	1.5	2.4	8.4	10.4	11.7	17.8	23.1	25.2	23.8	18.7	14.0
M.T.	14.8	9.8	5.9	4.4	5.2	8.1	12.3	17.1	21.9	23.9	23.5	19.9	13.9
T.A.	1.9	1.7	1.8	1.2	2.0	1.9	1.6	1.5	1.1	1.1	1.2	1.6	0.6

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

*Πίνακας 1.5. Εκτιμημένο ύψος βροχόπτωσης λεκάνης (υψόμετρο 675,518 m)
ετών 1961 έως 2002*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	21.1	37.9	111.3	72.3	18.2	83.2	50.8	37.1	31.3	22.4	15.1	15.2	515.8
1961-62	122.8	46.2	88.0	16.9	58.9	54.3	17.2	32.5	25.8	13.0	15.0	151.4	642.0
1962-63	99.3	113.2	98.2	50.3	86.7	51.7	51.6	56.6	16.7	37.1	17.7	17.2	696.4
1963-64	180.1	49.1	68.9	40.6	19.7	83.6	23.1	71.4	22.5	19.3	14.2	2.5	595.0
1964-65	44.2	72.0	73.6	48.2	65.7	70.0	35.8	53.8	15.2	40.9	14.6	2.5	536.4
1965-66	26.7	80.7	63.2	135.6	23.4	68.1	31.1	43.9	38.1	6.7	19.6	24.7	562.1
1966-67	18.3	143.6	59.6	56.6	31.2	40.8	29.7	72.3	10.6	30.9	15.2	46.4	555.2
1967-68	17.9	46.5	92.1	97.5	60.2	58.8	18.8	63.7	17.8	6.0	19.0	15.8	514.2
1968-69	118.4	73.0	133.3	66.9	83.8	98.3	16.3	20.3	10.3	6.0	13.9	48.5	689.1
1969-70	8.1	47.2	107.1	42.6	40.1	67.6	14.0	37.1	16.7	36.5	21.2	22.3	460.5
1970-71	40.1	51.7	67.9	62.7	80.5	111.5	36.6	16.2	17.9	17.7	15.5	31.6	549.9
1971-72	59.7	55.2	63.5	93.4	88.9	47.2	80.1	27.8	33.0	34.1	22.9	44.9	650.8
1972-73	91.6	36.4	46.5	22.3	47.0	78.5	27.4	19.2	12.0	25.1	20.8	27.7	454.6
1973-74	80.6	45.8	29.5	19.4	115.1	35.0	45.4	39.4	51.4	0.8	3.5	13.5	479.3
1974-75	33.5	51.3	61.5	46.0	118.5	27.2	75.3	60.9	108.6	6.3	18.3	80.2	687.7
1975-76	36.8	87.1	83.1	46.4	212.6	34.6	52.2	62.4	12.4	17.0	36.5	17.3	698.6
1976-77	68.9	76.8	32.1	26.1	0.0	11.4	39.7	6.2	20.4	5.5	13.7	59.8	360.7
1977-78	4.1	41.5	68.9	72.7	40.9	7.0	35.5	21.7	7.9	0.0	24.0	200.8	525.0
1978-79	81.7	36.7	23.1	31.9	39.3	26.6	45.1	55.3	25.6	38.1	5.5	10.1	418.9
1979-80	239.2	142.9	134.7	48.9	79.0	136.3	36.5	46.9	25.2	6.3	0.0	9.7	905.7
1980-81	389.8	29.2	63.0	167.6	31.8	0.6	37.3	17.5	7.4	5.2	0.0	0.0	749.4
1981-82	59.8	127.2	48.5	17.5	151.8	89.8	88.0	130.4	4.4	9.2	16.3	28.2	771.0
1982-83	47.9	59.6	56.1	18.3	26.3	83.8	0.0	0.5	41.9	22.9	14.7	0.0	372.0
1983-84	24.9	42.1	120.6	29.2	71.9	72.8	127.8	16.6	10.2	11.5	25.2	4.7	557.6
1984-85	10.9	45.3	186.2	105.0	30.3	43.1	21.6	21.4	6.6	3.8	3.3	9.5	487.0
1985-86	64.4	120.4	32.5	38.6	71.6	25.3	8.2	54.7	21.8	37.5	16.2	16.5	507.6
1986-87	98.0	44.8	38.7	78.5	50.0	242.4	173.9	22.8	23.3	0.4	22.3	10.9	806.0
1987-88	96.5	92.9	34.2	30.0	102.4	81.3	63.0	36.0	11.9	3.4	0.4	6.9	558.8
1988-89	56.2	148.7	120.8	4.9	41.6	137.0	34.0	61.9	28.8	92.9	11.0	4.1	741.9
1989-90	92.9	29.5	84.8	9.5	51.5	27.7	22.2	77.9	8.1	1.1	74.9	12.1	492.2
1990-91	30.7	115.5	190.4	165.3	47.4	93.7	125.0	82.6	2.8	42.1	90.6	11.8	997.9
1991-92	29.1	92.1	158.4	10.1	120.1	69.0	112.6	114.2	74.7	82.0	0.0	8.9	871.1
1992-93	28.5	76.8	93.0	83.4	98.4	82.5	50.1	117.7	45.8	0.0	3.4	0.0	679.6
1993-94	3.4	202.4	30.0	128.9	166.4	62.2	74.8	92.3	24.9	5.8	16.6	0.0	807.6
1994-95	223.5	114.2	48.1	227.6	2.1	141.6	32.6	42.2	9.6	34.4	7.4	32.1	915.4
1995-96	8.8	39.1	67.7	61.9	64.4	71.3	12.9	69.4	0.0	35.2	70.0	24.2	524.9
1996-97	78.1	27.4	82.3	194.1	9.9	149.8	44.2	41.7	16.1	11.3	45.3	3.7	703.9
1997-98	59.0	49.9	88.6	26.6	90.6	94.2	6.3	93.0	12.8	10.1	0.0	20.1	551.1
1998-99	13.7	217.8	101.8	44.7	93.3	120.4	45.2	61.4	25.6	26.5	17.5	31.8	799.9
1999-00	48.0	73.3	82.3	35.0	91.8	47.9	44.2	34.8	25.2	25.3	13.9	61.6	583.5
2000-01	45.6	39.7	69.7	122.1	74.1	39.8	63.4	50.5	24.8	52.1	18.5	2.5	602.8
2001-02	9.8	33.2	86.0	39.5	42.8	90.8	87.7	62.3	25.0	36.8	18.8	117.2	650.0
M.T.	69.3	75.2	80.7	65.1	67.6	72.8	48.5	51.1	23.1	21.9	19.3	29.7	624.5
T.A	74.0	46.1	39.6	52.4	44.3	45.3	36.2	29.9	19.6	20.8	19.2	41.1	150.4

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

*Πίνακας Ι.6. Εκτιμημένη εξατμισοδιαπνοή λεκάνης (υψόμετρο 675,518 m)
ετών 1961 έως 2002*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	64.9	35.0	22.1	9.2	8.7	32.0	60.6	89.8	127.6	145.6	137.8	93.0	826.4
1961-62	55.2	33.3	11.0	9.7	5.3	28.2	47.9	100.6	126.6	153.7	151.3	102.0	824.8
1962-63	54.0	36.3	8.2	7.4	12.1	17.9	45.3	78.6	125.6	151.9	148.6	102.7	788.5
1963-64	53.3	33.3	15.2	5.3	8.6	24.6	45.2	77.2	119.1	137.4	129.2	84.7	733.2
1964-65	62.1	30.4	14.9	10.6	1.6	22.1	40.3	76.6	121.8	151.0	121.2	98.8	751.5
1965-66	46.1	26.5	15.8	7.0	24.4	23.6	55.1	82.1	114.8	153.6	147.8	93.7	790.5
1966-67	79.7	32.1	14.0	7.1	6.1	25.1	44.7	86.9	113.9	134.4	141.8	92.1	777.9
1967-68	62.9	29.2	13.7	3.0	15.5	19.7	56.4	102.7	113.0	146.3	127.8	95.1	785.4
1968-69	49.1	30.0	12.1	7.6	15.9	20.7	39.7	102.0	127.4	137.5	136.8	96.6	775.3
1969-70	47.9	30.9	15.2	13.4	16.3	27.6	60.6	74.6	122.8	140.8	137.9	90.8	778.9
1970-71	51.3	32.2	13.1	12.6	7.5	17.2	43.4	98.8	132.7	129.5	131.7	77.9	747.8
1971-72	41.5	27.8	14.3	6.8	7.8	26.7	52.8	86.8	132.9	137.2	124.0	81.0	739.5
1972-73	35.5	30.2	5.6	4.2	11.9	10.8	42.8	103.3	120.9	151.0	117.6	91.9	725.5
1973-74	52.8	22.2	12.8	5.8	13.1	21.2	34.0	78.9	121.0	145.8	129.5	90.7	727.6
1974-75	59.8	24.0	11.6	8.8	5.1	33.1	53.4	92.0	115.4	139.8	118.5	100.1	761.9
1975-76	52.2	20.0	8.8	12.9	6.0	17.6	48.8	74.6	109.6	133.5	107.5	84.7	676.1
1976-77	55.1	24.8	11.3	10.5	29.9	33.2	49.5	101.3	132.1	161.3	138.8	78.0	825.9
1977-78	48.7	35.6	6.5	3.8	16.0	28.0	42.3	83.2	131.0	149.4	132.0	76.6	753.2
1978-79	41.7	16.6	18.5	8.8	13.5	35.5	38.1	86.1	133.5	138.1	126.4	92.7	749.6
1979-80	46.1	26.3	16.8	3.8	7.0	22.4	37.5	70.5	121.8	153.7	131.1	89.3	726.3
1980-81	59.3	36.0	13.4	2.3	8.6	38.0	50.6	76.9	142.1	138.2	126.5	93.5	785.3
1981-82	68.8	18.3	19.2	10.5	3.4	18.4	38.1	77.5	135.2	140.7	134.5	97.4	761.8
1982-83	52.8	19.7	14.9	9.9	4.2	23.7	60.5	95.7	100.4	137.1	117.6	83.5	719.9
1983-84	43.1	16.6	9.3	11.6	6.5	14.9	29.5	86.6	112.7	136.9	112.0	94.5	674.3
1984-85	69.9	24.4	7.0	8.0	4.4	16.1	55.8	97.3	126.8	143.3	136.1	89.4	778.6
1985-86	41.7	30.6	17.8	12.0	10.5	18.4	58.1	81.1	118.7	138.1	137.8	92.8	757.6
1986-87	50.7	17.0	6.5	11.4	11.3	7.6	40.1	70.5	121.7	156.3	127.9	110.3	731.4
1987-88	42.2	24.4	12.5	13.5	10.2	21.6	40.7	89.1	132.8	162.0	142.8	94.1	785.9
1988-89	48.1	10.7	7.0	5.8	13.5	32.1	63.5	76.0	112.1	120.2	131.1	91.3	711.4
1989-90	46.7	23.3	12.2	6.3	16.4	39.0	54.0	83.3	126.9	152.2	124.9	88.8	773.9
1990-91	57.6	31.0	9.1	5.1	6.0	26.2	34.9	63.8	130.8	134.5	117.6	92.6	709.2
1991-92	57.0	25.5	0.5	8.3	8.0	20.3	50.5	69.1	116.8	127.7	140.0	85.4	709.1
1992-93	74.0	30.2	6.3	8.6	2.6	21.6	49.5	82.5	130.2	149.5	141.1	94.8	790.8
1993-94	67.3	18.1	17.3	12.3	5.5	34.4	52.4	89.1	122.9	129.8	135.5	104.3	789.0
1994-95	61.5	20.0	9.9	7.2	20.5	23.9	46.2	90.4	139.4	138.3	121.6	89.4	768.3
1995-96	69.1	14.2	20.2	9.2	8.5	10.7	40.2	97.6	131.2	141.7	129.7	43.2	715.6
1996-97	42.3	28.0	15.1	8.5	11.3	19.5	29.2	98.5	139.3	152.9	125.7	87.5	757.8
1997-98	42.3	27.6	12.1	10.4	16.4	16.5	58.9	80.5	121.3	156.8	139.7	88.9	771.5
1998-99	55.9	24.7	6.6	10.0	6.6	23.5	54.0	109.0	144.3	147.2	139.8	90.3	811.9
1999-00	62.2	27.6	14.5	4.1	10.4	22.7	60.5	98.6	128.4	156.1	133.1	95.9	814.1
2000-01	49.9	36.1	19.6	11.0	13.3	48.7	49.9	89.2	130.1	156.3	138.1	99.7	842.1
2001-02	64.1	20.0	1.7	3.3	20.5	34.4	43.7	91.0	135.4	156.0	134.2	82.6	786.9
M.T.	54.4	26.2	12.2	8.3	10.7	24.3	47.6	86.7	125.3	144.4	131.5	90.5	762.2
T.A	10.1	6.5	4.9	3.1	6.0	8.3	8.9	10.9	9.4	9.9	9.8	10.4	39.6

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

*Πίνακας Ι.7. Εκτιμημένη θερμοκρασία φατνίων 10 διακριτοποίησης 8km (υψόμετρο 549,2 m)
ετών 1961 έως 2002*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	17.3	12.5	9.3	5.0	4.8	10.2	15.0	18.2	23.0	24.9	25.1	21.0	15.5
1961-62	15.5	12.1	5.8	5.2	3.5	9.4	12.8	19.7	22.9	25.8	26.8	22.4	15.1
1962-63	15.3	12.8	4.7	4.3	6.1	6.9	12.4	16.7	22.8	25.6	26.5	22.5	14.7
1963-64	15.2	12.1	7.2	3.5	4.8	8.6	12.4	16.5	22.0	24.0	24.1	19.7	14.2
1964-65	16.8	11.4	7.1	5.6	1.6	8.0	11.4	16.4	22.3	25.6	23.1	21.9	14.3
1965-66	13.7	10.3	7.4	4.2	9.8	8.3	14.1	17.1	21.4	25.8	26.4	21.1	15.0
1966-67	19.9	11.8	6.8	4.2	3.8	8.7	12.3	17.8	21.3	23.6	25.6	20.9	14.7
1967-68	16.9	11.0	6.7	2.4	7.2	7.4	14.4	20.0	21.2	25.0	23.9	21.3	14.8
1968-69	14.3	11.3	6.2	4.4	7.3	7.6	11.3	19.9	23.0	24.0	25.0	21.6	14.6
1969-70	14.1	11.5	7.2	6.5	7.4	9.3	15.1	16.1	22.4	24.3	25.1	20.7	15.0
1970-71	14.8	11.8	6.5	6.2	4.4	6.7	12.0	19.5	23.6	23.0	24.4	18.6	14.3
1971-72	12.8	10.7	6.9	4.1	4.5	9.1	13.8	17.8	23.7	24.0	23.4	19.2	14.2
1972-73	11.5	11.3	3.7	3.0	6.0	4.9	11.9	20.1	22.2	25.6	22.6	20.9	13.7
1973-74	15.1	9.2	6.4	3.7	6.4	7.7	10.2	16.7	22.2	25.0	24.2	20.7	14.0
1974-75	16.4	9.7	6.0	4.9	3.4	10.5	13.9	18.5	21.5	24.2	22.7	22.1	14.5
1975-76	15.0	8.6	5.0	6.3	3.8	6.8	13.1	16.1	20.8	23.6	21.3	19.8	13.4
1976-77	15.5	9.9	5.9	5.5	11.2	10.5	13.1	19.7	23.5	26.7	25.2	18.6	15.4
1977-78	14.3	12.6	4.1	2.8	7.3	9.4	11.8	17.3	23.4	25.4	24.5	18.4	14.3
1978-79	12.8	7.5	8.3	4.9	6.5	11.0	11.0	17.7	23.7	24.0	23.7	21.0	14.4
1979-80	13.8	10.3	7.7	2.8	4.2	8.1	10.9	15.5	22.3	25.9	24.4	20.5	13.9
1980-81	16.3	12.7	6.6	1.9	4.8	11.5	13.3	16.4	24.7	24.0	23.7	21.1	14.8
1981-82	18.0	8.1	8.5	5.5	2.5	7.0	11.0	16.5	23.9	24.4	24.8	21.7	14.3
1982-83	15.1	8.5	7.1	5.3	3.0	8.4	15.1	19.1	19.6	24.0	22.6	19.6	13.9
1983-84	13.2	7.6	5.2	5.9	4.0	6.1	9.3	17.9	21.2	24.0	21.9	21.3	13.1
1984-85	18.2	9.8	4.3	4.6	3.1	6.4	14.3	19.3	22.9	24.7	25.0	20.5	14.4
1985-86	12.8	11.4	8.0	6.0	5.5	7.0	14.7	17.0	21.9	24.0	25.2	21.0	14.6
1986-87	14.7	7.6	4.1	5.8	5.8	3.9	11.4	15.5	22.3	26.2	24.0	23.7	13.8
1987-88	12.9	9.8	6.3	6.5	5.4	7.8	11.5	18.1	23.6	26.8	25.8	21.2	14.7
1988-89	14.2	5.6	4.3	3.7	6.5	10.3	15.6	16.3	21.1	21.9	24.4	20.8	13.7
1989-90	13.9	9.5	6.2	3.9	7.4	11.7	14.0	17.3	22.9	25.7	23.5	20.4	14.7
1990-91	16.0	11.5	5.1	3.4	3.8	9.0	10.4	14.5	23.5	23.7	22.6	21.0	13.7
1991-92	15.9	10.1	0.7	4.7	4.6	7.5	13.4	15.3	21.7	22.9	25.5	19.9	13.5
1992-93	18.9	11.3	4.0	4.8	2.1	7.8	13.1	17.2	23.3	25.4	25.6	21.3	14.6
1993-94	17.8	8.0	7.9	6.1	3.6	10.8	13.7	18.1	22.4	23.0	24.9	22.7	14.9
1994-95	16.7	8.5	5.4	4.3	8.7	8.4	12.6	18.3	24.4	24.1	23.1	20.5	14.6
1995-96	18.1	6.8	8.8	5.0	4.8	4.9	11.4	19.3	23.5	24.5	24.2	12.5	13.7
1996-97	13.0	10.7	7.2	4.8	5.8	7.3	9.2	19.4	24.4	25.8	23.7	20.2	14.3
1997-98	13.0	10.6	6.2	5.5	7.5	6.5	14.8	16.9	22.2	26.2	25.4	20.4	14.6
1998-99	15.7	9.9	4.1	5.3	4.0	8.3	13.9	20.8	25.0	25.1	25.4	20.6	14.8
1999-00	16.8	10.6	7.0	2.9	5.5	8.1	15.1	19.4	23.1	26.1	24.5	21.4	15.0
2000-01	14.5	12.7	8.6	5.7	6.4	13.6	13.2	18.1	23.3	26.1	25.1	22.0	15.8
2001-02	17.2	8.5	1.6	2.5	8.7	10.8	12.1	18.4	24.0	26.1	24.7	19.4	14.5
M.T.	15.3	10.2	6.1	4.6	5.4	8.4	12.8	17.8	22.7	24.8	24.4	20.6	14.4
T.A	1.9	1.8	1.8	1.2	2.1	2.0	1.6	1.5	1.2	1.1	1.2	1.7	0.6

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

*Πίνακας 1.8. Εκτιμημένη βροχόπτωση φατνίου 22 διακριτοποίησης 8km (υψόμετρο 500 m)
ετών 1961 έως 2002*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	19.1	34.3	100.8	65.4	16.5	75.3	45.9	33.6	28.3	20.3	13.7	13.8	467.0
1961-62	113.4	42.7	81.3	15.7	54.4	50.2	15.9	30.0	23.9	12.0	13.9	139.9	593.1
1962-63	92.3	105.3	91.3	46.8	80.6	48.1	47.9	52.6	15.5	34.5	16.4	16.0	647.5
1963-64	165.3	45.1	63.2	37.3	18.1	76.8	21.2	65.5	20.7	17.7	13.1	2.3	546.1
1964-65	40.1	65.5	66.9	43.8	59.7	63.6	32.5	48.9	13.8	37.2	13.3	2.3	487.6
1965-66	24.4	73.7	57.7	123.8	21.4	62.2	28.4	40.1	34.8	6.2	17.9	22.5	513.2
1966-67	16.7	131.0	54.4	51.6	28.5	37.2	27.1	66.0	9.7	28.2	13.8	42.3	506.4
1967-68	16.2	42.1	83.3	88.2	54.5	53.3	17.1	57.6	16.1	5.4	17.2	14.3	465.4
1968-69	110.0	67.9	123.9	62.2	77.9	91.4	15.1	18.9	9.5	5.6	13.0	45.0	640.3
1969-70	7.2	42.2	95.7	38.1	35.8	60.4	12.5	33.1	14.9	32.6	19.0	19.9	411.6
1970-71	36.5	47.1	61.9	57.1	73.4	101.6	33.3	14.8	16.3	16.1	14.1	28.8	501.0
1971-72	55.2	51.1	58.7	86.4	82.3	43.7	74.1	25.7	30.6	31.5	21.2	41.5	602.0
1972-73	81.8	32.5	41.5	19.9	41.9	70.1	24.4	17.1	10.7	22.4	18.6	24.7	405.7
1973-74	72.3	41.2	26.5	17.4	103.3	31.4	40.7	35.4	46.1	0.7	3.1	12.1	430.4
1974-75	31.1	47.6	57.1	42.8	110.1	25.3	69.9	56.6	100.9	5.9	17.0	74.5	638.8
1975-76	34.3	81.1	77.3	43.2	197.8	32.1	48.5	58.0	11.5	15.8	34.0	16.1	649.7
1976-77	59.6	66.4	27.7	22.6	0.0	9.8	34.4	5.3	17.6	4.8	11.9	51.7	311.8
1977-78	3.8	37.6	62.5	65.9	37.1	6.4	32.2	19.7	7.2	0.0	21.8	182.1	476.1
1978-79	72.1	32.4	20.4	28.2	34.7	23.5	39.8	48.9	22.6	33.6	4.9	9.0	370.0
1979-80	226.3	135.2	127.4	46.3	74.7	128.9	34.6	44.4	23.9	5.9	0.0	9.2	856.8
1980-81	364.3	27.3	58.9	156.7	29.7	0.6	34.8	16.4	6.9	4.8	0.0	0.0	700.5
1981-82	56.0	119.1	45.4	16.4	142.1	84.1	82.4	122.2	4.1	8.6	15.2	26.4	722.1
1982-83	41.6	51.8	48.7	15.9	22.9	72.8	0.0	0.4	36.4	19.9	12.8	0.0	323.1
1983-84	22.7	38.4	110.1	26.7	65.6	66.4	116.6	15.1	9.3	10.5	23.0	4.3	508.7
1984-85	9.8	40.7	167.5	94.5	27.2	38.8	19.4	19.3	5.9	3.5	2.9	8.5	438.1
1985-86	58.2	108.8	29.3	34.9	64.7	22.8	7.4	49.4	19.7	33.9	14.6	14.9	458.7
1986-87	92.0	42.1	36.3	73.8	46.9	227.7	163.4	21.4	21.9	0.4	21.0	10.2	757.1
1987-88	88.1	84.7	31.2	27.4	93.4	74.2	57.5	32.8	10.8	3.1	0.4	6.3	509.9
1988-89	52.5	138.9	112.8	4.5	38.9	128.0	31.7	57.9	26.9	86.8	10.3	3.8	693.1
1989-90	83.7	26.6	76.4	8.5	46.4	25.0	20.0	70.2	7.3	1.0	67.4	10.9	443.3
1990-91	29.2	109.9	181.1	157.2	45.1	89.1	118.9	78.6	2.6	40.1	86.1	11.2	949.0
1991-92	27.4	86.9	149.5	9.6	113.3	65.1	106.3	107.8	70.5	77.4	0.0	8.4	822.2
1992-93	26.5	71.3	86.3	77.4	91.3	76.5	46.5	109.3	42.5	0.0	3.1	0.0	630.7
1993-94	3.2	190.1	28.2	121.1	156.3	58.4	70.3	86.7	23.4	5.4	15.6	0.0	758.8
1994-95	211.6	108.1	45.6	215.5	2.0	134.1	30.8	39.9	9.1	32.6	7.0	30.4	866.6
1995-96	8.0	35.5	61.4	56.1	58.4	64.6	11.7	62.9	0.0	32.0	63.5	21.9	476.0
1996-97	72.7	25.5	76.6	180.6	9.2	139.4	41.1	38.8	15.0	10.5	42.1	3.4	655.0
1997-98	53.7	45.5	80.7	24.2	82.6	85.9	5.8	84.7	11.7	9.2	0.0	18.3	502.3
1998-99	12.8	204.5	95.6	42.0	87.6	113.0	42.4	57.7	24.1	24.9	16.5	29.8	751.0
1999-00	44.0	67.2	75.4	32.1	84.2	43.9	40.5	31.9	23.1	23.1	12.8	56.5	534.6
2000-01	41.9	36.5	64.1	112.2	68.1	36.6	58.3	46.4	22.8	47.9	17.0	2.3	554.0
2001-02	9.0	30.7	79.5	36.5	39.6	84.0	81.1	57.6	23.1	34.0	17.4	108.4	601.1
M.T.	64.0	69.3	74.3	60.1	62.3	67.2	44.8	47.1	21.2	20.1	17.8	27.2	575.6
T.A	69.4	43.5	37.1	49.2	41.4	42.7	34.0	27.9	18.2	19.4	17.8	37.6	150.4

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

*Πίνακας 1.9. Εκτιμημένη εξατμισοδιαπνοή φατνίου 33 διακριτοποίησης 8km (υψόμετρο
900,63 m) ετών 1961 έως 2002*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	62.3	34.7	22.6	10.0	9.4	32.3	58.9	85.9	119.2	135.0	127.6	87.6	785.7
1961-62	53.5	33.1	11.7	10.4	6.0	28.7	47.2	95.2	118.1	141.6	138.9	95.4	779.7
1962-63	52.2	35.7	8.9	8.1	12.8	18.7	44.7	75.4	116.9	139.7	136.3	95.7	745.0
1963-64	51.4	32.8	15.7	5.9	9.3	25.0	44.5	73.9	110.8	126.7	119.2	79.6	694.8
1964-65	59.4	30.2	15.5	11.3	2.0	22.7	40.0	73.3	113.3	138.5	112.3	92.0	710.3
1965-66	45.2	26.7	16.4	7.7	24.7	24.2	53.7	78.6	107.6	141.4	135.8	87.9	750.1
1966-67	75.2	31.8	14.7	7.8	6.8	25.6	44.1	82.8	106.6	124.6	130.5	86.4	736.9
1967-68	60.2	29.2	14.4	3.5	16.2	20.5	54.9	96.9	105.9	134.9	118.4	89.1	744.1
1968-69	47.7	29.9	12.7	8.2	16.5	21.4	39.5	96.1	118.4	127.3	126.1	90.3	734.2
1969-70	46.8	30.7	15.8	14.1	16.9	28.1	58.8	72.0	114.7	130.4	127.3	85.5	740.9
1970-71	49.6	31.9	13.7	13.2	8.2	18.0	42.8	93.1	122.7	120.1	121.4	73.7	708.3
1971-72	40.6	27.8	14.8	7.4	8.4	27.1	51.4	82.4	122.7	126.5	114.6	76.4	700.2
1972-73	35.0	29.8	6.2	4.7	12.5	11.5	42.0	96.5	111.9	137.9	108.6	85.6	682.4
1973-74	50.9	22.4	13.3	6.4	13.8	21.7	34.0	75.2	112.3	133.8	119.2	84.7	687.7
1974-75	57.4	24.3	12.3	9.5	5.7	33.2	52.1	87.2	107.8	129.1	110.1	93.3	722.0
1975-76	50.1	20.3	9.4	13.4	6.6	18.2	47.4	71.1	101.9	122.6	99.7	79.1	639.7
1976-77	53.4	25.2	12.1	11.3	30.0	33.4	48.8	96.0	123.1	148.5	128.5	74.4	784.5
1977-78	47.3	34.9	7.2	4.3	16.6	28.3	41.8	79.3	121.2	137.2	121.6	72.6	712.2
1978-79	40.9	17.2	18.9	9.5	14.1	35.4	37.9	81.9	123.5	127.5	116.9	86.8	710.4
1979-80	44.8	26.2	17.3	4.3	7.6	22.9	37.3	67.7	112.9	140.4	120.5	83.5	685.3
1980-81	57.0	35.5	14.0	2.7	9.3	37.8	49.6	73.9	131.3	127.9	117.3	87.6	743.8
1981-82	65.3	18.8	19.6	11.2	3.9	19.1	37.9	74.2	124.9	129.7	123.8	90.8	719.1
1982-83	50.9	20.1	15.4	10.6	4.7	24.1	58.2	90.1	94.2	126.3	108.9	78.5	682.0
1983-84	41.8	17.0	9.9	12.2	7.1	15.6	29.6	81.6	104.4	125.3	103.4	87.5	635.2
1984-85	66.3	24.6	7.7	8.7	5.0	16.9	54.2	91.8	117.7	132.0	125.3	83.9	734.1
1985-86	41.0	30.4	18.3	12.7	11.2	19.1	56.4	77.6	110.7	127.7	126.8	86.9	718.8
1986-87	48.9	17.4	7.1	12.0	12.0	8.4	39.6	67.6	112.7	142.6	117.6	101.6	687.5
1987-88	41.5	24.7	13.1	14.2	10.9	22.3	40.4	84.7	123.0	148.3	131.2	88.1	742.5
1988-89	46.6	11.4	7.6	6.4	14.0	32.1	60.8	72.6	104.3	111.5	120.3	85.1	672.7
1989-90	45.6	23.6	12.8	6.9	17.0	38.7	52.7	79.6	118.0	139.9	115.8	83.5	734.2
1990-91	55.0	30.6	9.7	5.7	6.6	26.5	34.8	61.6	120.5	123.8	108.7	86.2	669.7
1991-92	54.4	25.5	0.6	8.9	8.6	20.9	49.0	66.3	108.3	117.7	127.7	79.8	667.8
1992-93	70.0	30.1	6.9	9.3	3.1	22.3	48.5	78.8	120.8	137.5	129.7	88.7	745.6
1993-94	64.3	18.7	17.8	13.0	6.2	34.5	51.3	84.9	114.7	120.8	125.2	97.2	748.4
1994-95	58.9	20.4	10.5	7.9	21.0	24.5	45.5	85.8	128.7	127.9	112.9	83.9	728.0
1995-96	65.3	14.7	20.4	9.9	9.2	11.4	39.7	91.6	120.8	130.0	119.1	42.2	674.4
1996-97	41.5	28.0	15.6	9.2	12.0	20.2	29.6	92.8	128.4	140.2	116.2	82.1	715.7
1997-98	41.6	27.6	12.8	11.1	17.0	17.3	57.1	77.1	113.1	143.8	128.5	83.6	730.5
1998-99	54.0	25.0	7.2	10.8	7.2	24.1	52.8	102.4	133.2	135.8	128.8	84.9	766.2
1999-00	59.7	27.7	15.1	4.7	11.1	23.4	58.8	93.4	119.6	143.7	123.2	89.9	770.2
2000-01	48.9	35.7	20.2	11.8	14.1	47.9	49.3	85.4	121.6	144.5	128.1	93.7	801.1
2001-02	61.2	20.4	2.0	3.8	21.0	34.4	43.2	86.3	125.2	143.0	123.7	78.0	742.1
M.T.	52.5	26.3	12.8	8.9	11.3	24.7	46.7	82.4	116.4	132.9	121.3	84.8	721.1
T.A	9.1	6.2	4.9	3.1	6.0	8.0	8.2	9.8	8.4	8.7	8.7	9.2	38.5

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Πίνακας Ι.10. Υπολογισμός μέσης σταθμικής τιμής CN και k

ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	k	ΕΚΤΑΣΗ km ²	CN	ΤΥΠΟΣ	CN x % έκτασης	k x % έκτασης
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0156	25	A	0.0010	0.0000
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0002	62.5	BC	0.0000	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0068	62	A	0.0010	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.6436	62	A	0.0972	0.0015
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.0167	74.5	BC	0.0030	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.3079	64.5	BC	0.0484	0.0003
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0097	73.5	CD	0.0017	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.3409	30	A	0.0249	0.0008
Λιβαδικές εκτάσεις	Εκρηξιγενή	0.15	0.0006	74.5	CD	0.0001	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.2376	64.5	BC	0.0373	0.0003
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.1768	79.5	CD	0.0342	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.4934	30	A	0.0361	0.0012
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.1008	74.5	BC	0.0183	0.0001
Δασική	Φλύσσης	0.45	1.8000	62.5	BC	0.2741	0.0020
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0068	62.5	BC	0.0010	0.0000
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0933	79.5	CD	0.0181	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Εκρηξιγενή	0.15	0.4101	74.5	CD	0.0744	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0005	62	A	0.0001	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0441	62	A	0.0067	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.1656	74.5	BC	0.0301	0.0002
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.0515	74.5	BC	0.0093	0.0001
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	1.4662	25	A	0.0893	0.0035
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0589	62.5	BC	0.0090	0.0001
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0199	73.5	CD	0.0036	0.0000
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	1.6283	25	A	0.0992	0.0038
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.1222	74.5	BC	0.0222	0.0001
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0029	73.5	CD	0.0005	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Εκρηξιγενή	0.15	0.3290	74.5	CD	0.0597	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.0161	64.5	BC	0.0025	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0192	81	CD	0.0038	0.0000
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0207	70	C	0.0035	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.0100	64.5	BC	0.0016	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.1279	64.5	BC	0.0201	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.0068	64.5	BC	0.0011	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.9115	81	CD	0.1799	0.0003
Δασική	Φλύσσης	0.45	3.7104	62.5	BC	0.5650	0.0041
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.1534	73.5	CD	0.0275	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.9477	81	CD	0.1870	0.0003
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.1885	64.5	BC	0.0296	0.0002
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.3439	30	A	0.0251	0.0008
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0844	70	C	0.0144	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.1578	81	CD	0.0311	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.3383	81	CD	0.0668	0.0001
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	3.9889	73.5	CD	0.7143	0.0015
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0680	81	CD	0.0134	0.0000

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	1.7419	73.5	CD	0.3119	0.0006
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.1099	40	AB	0.0107	0.0002
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Σχιστόλιθοι	0.25	0.4000	78	C	0.0760	0.0002
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0007	73.5	CD	0.0001	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Σχιστόλιθοι	0.25	0.2593	78	C	0.0493	0.0002
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.1167	40	AB	0.0114	0.0003
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.1493	62	A	0.0225	0.0004
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0988	81	CD	0.0195	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	0.0005	62	AB	0.0001	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0268	78	C	0.0051	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.0993	64.5	BC	0.0156	0.0001
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0180	73.5	CD	0.0032	0.0000
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	4.8717	25	A	0.2967	0.0115
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	1.2527	81	CD	0.2472	0.0005
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.7867	81	CD	0.1552	0.0003
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.3331	64.5	BC	0.0523	0.0004
Λιβαδικές εκτάσεις	Εκρηξιγενή	0.15	0.0152	74.5	CD	0.0028	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	0.1616	62	AB	0.0244	0.0004
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.6606	70	C	0.1127	0.0004
Χέρσος	Ασβεστόλιθος	0.97	0.5801	39	A	0.0551	0.0014
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	0.0581	62	AB	0.0088	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.2214	64.5	BC	0.0348	0.0002
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	1.5970	62	AB	0.2412	0.0035
Οικιστική	Προσχώσεις	0.9	0.1206	39	AB	0.0115	0.0003
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0151	25	A	0.0009	0.0000
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.4325	40	AB	0.0421	0.0009
Λιβαδικές εκτάσεις	Εκρηξιγενή	0.15	0.1211	74.5	CD	0.0220	0.0000
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	2.6902	70	C	0.4588	0.0016
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.3132	70	C	0.0534	0.0002
Οικιστική	Προσχώσεις	0.9	0.1294	39	AB	0.0123	0.0003
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0094	81	CD	0.0019	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	4.8573	81	CD	0.9585	0.0018
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.1979	79.5	CD	0.0383	0.0001
Δασική	Μάργες	0.65	0.0011	55	B	0.0001	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0001	81	CD	0.0000	0.0000
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	2.1676	70	C	0.3697	0.0013
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Μάργες	0.65	0.0071	71	B	0.0012	0.0000
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.1953	70	C	0.0333	0.0001
Δασική	Προσχώσεις	0.9	3.6556	40	AB	0.3562	0.0080
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.2567	73.5	CD	0.0460	0.0001
Οικιστική	Μάργες	0.65	0.1037	61	B	0.0154	0.0002
Δασική	Φλύσσης	0.45	13.8558	62.5	BC	2.1098	0.0152
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0272	40	AB	0.0026	0.0001
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	4.3481	25	A	0.2648	0.0103
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	30.4931	73.5	CD	5.4603	0.0111
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.1649	79.5	CD	0.0319	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	0.7170	62	AB	0.1083	0.0016
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0680	81	CD	0.0134	0.0000
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	2.9130	74.5	BC	0.5287	0.0032
Δασική	Μάργες	0.65	2.2885	55	B	0.3067	0.0036

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Μάργες	0.65	0.4182	71	B	0.0723	0.0007
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	1.3071	25	A	0.0796	0.0031
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Μάργες	0.65	1.6246	71	B	0.2810	0.0026
Οικιστική	Προσχώσεις	0.9	0.1560	39	AB	0.0148	0.0003
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0322	40	AB	0.0031	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Σχιστόλιθοι	0.25	1.5401	71	C	0.2664	0.0009
Δασική	Προσχώσεις	0.9	1.0737	40	AB	0.1046	0.0024
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχος	0.45	0.0135	74.5	BC	0.0025	0.0000
Δασική	Φλύσχος	0.45	2.6428	62.5	BC	0.4024	0.0029
Δασική	Φλύσχος	0.45	0.0671	62.5	BC	0.0102	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0060	81	CD	0.0012	0.0000
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.5344	25	A	0.0325	0.0013
Δασική	Φλύσχος	0.45	0.0137	62.5	BC	0.0021	0.0000
Οικιστική	Φλύσχος	0.45	0.2541	67.5	BC	0.0418	0.0003
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχος	0.45	0.3182	74.5	BC	0.0578	0.0003
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.7483	62	A	0.1130	0.0018
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχος	0.45	0.5190	74.5	BC	0.0942	0.0006
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0772	81	CD	0.0152	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχος	0.45	0.2391	74.5	BC	0.0434	0.0003
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.5917	25	A	0.0360	0.0014
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.2005	62	A	0.0303	0.0005
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.4514	25	A	0.0275	0.0011
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	6.4702	73.5	CD	1.1586	0.0024
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.1612	62	A	0.0244	0.0004
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	5.4993	30	A	0.4019	0.0130
Οικιστική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0797	74	C	0.0144	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.1153	30	A	0.0084	0.0003
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	13.0137	66.5	AB	2.1084	0.0285
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Σχιστόλιθοι	0.25	0.1006	78	C	0.0191	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Σχιστόλιθοι	0.25	0.2975	71	C	0.0515	0.0002
Λιβαδικές εκτάσεις	Εκρηξιγενή	0.15	2.1706	74.5	CD	0.3940	0.0008
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.2862	40	AB	0.0279	0.0006
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.2176	62	A	0.0329	0.0005
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.3453	70	C	0.0589	0.0002
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0394	30	A	0.0029	0.0001
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.3437	70	C	0.0586	0.0002
Οικιστική	Προσχώσεις	0.9	0.1851	39	AB	0.0176	0.0004
Δασική	Φλύσχος	0.45	0.0204	62.5	BC	0.0031	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχος	0.45	0.0269	74.5	BC	0.0049	0.0000
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0120	25	A	0.0007	0.0000
Δασική	Φλύσχος	0.45	3.8456	62.5	BC	0.5856	0.0042
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	12.7321	25	A	0.7755	0.0301
Δασική	Φλύσχος	0.45	0.0933	62.5	BC	0.0142	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.1232	30	A	0.0090	0.0003
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0338	70	C	0.0058	0.0000
Αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	0.1218	66.5	AB	0.0197	0.0003
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0108	62	A	0.0016	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	2.8072	62	AB	0.4240	0.0062
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0720	40	AB	0.0070	0.0002
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχος	0.45	0.0761	74.5	BC	0.0138	0.0001

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0244	25	A	0.0015	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0121	30	A	0.0009	0.0000
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	1.7030	73.5	CD	0.3049	0.0006
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0008	70	C	0.0001	0.0000
Χέρσος	Ασβεστόλιθος	0.97	0.1254	39	A	0.0119	0.0003
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	2.2585	25	A	0.1376	0.0053
Λιβαδικές εκτάσεις	Εκρηξιγενή	0.15	0.3045	74.5	CD	0.0553	0.0001
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.2231	70	C	0.0380	0.0001
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσχης	0.45	0.0736	64.5	BC	0.0116	0.0001
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.5722	70	C	0.0976	0.0003
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0099	81	CD	0.0020	0.0000
Οικιστική	Προσχώσεις	0.9	0.1110	39	AB	0.0106	0.0002
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0760	40	AB	0.0074	0.0002
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0320	70	C	0.0055	0.0000
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.1126	73.5	CD	0.0202	0.0000
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0100	40	AB	0.0010	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.2190	30	A	0.0160	0.0005
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0654	73.5	CD	0.0117	0.0000
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.4609	73.5	CD	0.0825	0.0002
Λιβαδικές εκτάσεις	Σχιστόλιθοι	0.25	0.1903	71	C	0.0329	0.0001
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0287	70	C	0.0049	0.0000
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0002	73.5	CD	0.0000	0.0000
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0002	70	C	0.0000	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0005	81	CD	0.0001	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0005	78	C	0.0001	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχης	0.45	0.0235	74.5	BC	0.0043	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0404	81	CD	0.0080	0.0000
Δασική	Φλύσχης	0.45	0.3924	62.5	BC	0.0597	0.0004
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0004	73.5	CD	0.0001	0.0000
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.0004	70	C	0.0001	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0024	81	CD	0.0005	0.0000
Λιβαδικές εκτάσεις	Προσχώσεις	0.9	0.0013	44	AB	0.0001	0.0000
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0336	40	AB	0.0033	0.0001
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0850	40	AB	0.0083	0.0002
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.1412	40	AB	0.0138	0.0003
Δασική	Φλύσχης	0.45	0.1935	62.5	BC	0.0295	0.0002
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.8917	73.5	CD	0.1597	0.0003
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	0.1981	70	C	0.0338	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.0136	81	CD	0.0027	0.0000
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0417	73.5	CD	0.0075	0.0000
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	2.1242	73.5	CD	0.3804	0.0008
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	4.3814	25	A	0.2669	0.0104
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσχης	0.45	0.2661	64.5	BC	0.0418	0.0003
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0051	40	AB	0.0005	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσχης	0.45	0.0004	74.5	BC	0.0001	0.0000
Δασική	Φλύσχης	0.45	0.0971	62.5	BC	0.0148	0.0001
Δασική	Εκρηξιγενή	0.15	0.0085	73.5	CD	0.0015	0.0000
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0016	40	AB	0.0002	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	0.5755	81	CD	0.1136	0.0002
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.6690	40	AB	0.0652	0.0015

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ**

Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0194	40	AB	0.0019	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Σχιστόλιθοι	0.25	5.6604	78	C	1.0756	0.0034
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.2177	62	A	0.0329	0.0005
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.2726	25	A	0.0166	0.0006
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.1111	62.5	BC	0.0169	0.0001
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.3722	25	A	0.0227	0.0009
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0481	62	A	0.0073	0.0001
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.2217	40	AB	0.0216	0.0005
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.1678	40	AB	0.0164	0.0004
Οικιστική	Προσχώσεις	0.9	0.1792	39	AB	0.0170	0.0004
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.6490	64.5	BC	0.1020	0.0007
Οικιστική	Φλύσσης	0.45	0.0446	67.5	BC	0.0073	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	1.2899	74.5	BC	0.2341	0.0014
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0100	40	AB	0.0010	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Εκρηξιγενή	0.15	5.1037	81	CD	1.0072	0.0019
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0200	40	AB	0.0019	0.0000
Δασική	Σχιστόλιθοι	0.25	7.9555	70	C	1.3567	0.0048
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0904	40	AB	0.0088	0.0002
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0068	62.5	BC	0.0010	0.0000
Οικιστική	Προσχώσεις	0.9	0.1062	39	AB	0.0101	0.0002
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	74.8949	62	AB	11.3128	0.1642
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0447	40	AB	0.0044	0.0001
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0100	62.5	BC	0.0015	0.0000
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.1722	40	AB	0.0168	0.0004
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0107	62.5	BC	0.0016	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	0.0054	62	AB	0.0008	0.0000
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.2130	74.5	BC	0.0387	0.0002
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0020	62.5	BC	0.0003	0.0000
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.1447	40	AB	0.0141	0.0003
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.2151	62.5	BC	0.0327	0.0002
Δασική	Προσχώσεις	0.9	0.0421	40	AB	0.0041	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Προσχώσεις	0.9	9.4164	62	AB	1.4223	0.0206
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0633	62.5	BC	0.0096	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.0814	74.5	BC	0.0148	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Ασβεστόλιθος	0.97	0.0006	62	A	0.0001	0.0000
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	23.1430	25	A	1.4096	0.0547
Λιβαδικές εκτάσεις	Ασβεστόλιθος	0.97	0.4655	30	A	0.0340	0.0011
Δασική	Ασβεστόλιθος	0.97	0.1696	25	A	0.0103	0.0004
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.1794	64.5	BC	0.0282	0.0002
Λιβαδικές εκτάσεις	Φλύσσης	0.45	0.1332	64.5	BC	0.0209	0.0001
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0068	62.5	BC	0.0010	0.0000
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.1296	62.5	BC	0.0197	0.0001
Δασική	Φλύσσης	0.45	0.0068	62.5	BC	0.0010	0.0000
Οικιστική	Φλύσσης	0.45	0.1072	67.5	BC	0.0176	0.0001
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	2.9102	74.5	BC	0.5282	0.0032
Δασική	Φλύσσης	0.45	37.6651	62.5	BC	5.7352	0.0413
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	48.4148	74.5	BC	8.7874	0.0531
Χέρσος	Φλύσσης	0.45	6.8606	67.5	BC	1.1282	0.0075
Μη αρδευόμενες καλλιέργειες	Φλύσσης	0.45	0.1224	74.5	BC	0.0222	0.0001
			410.4623			60.5162	0.6009

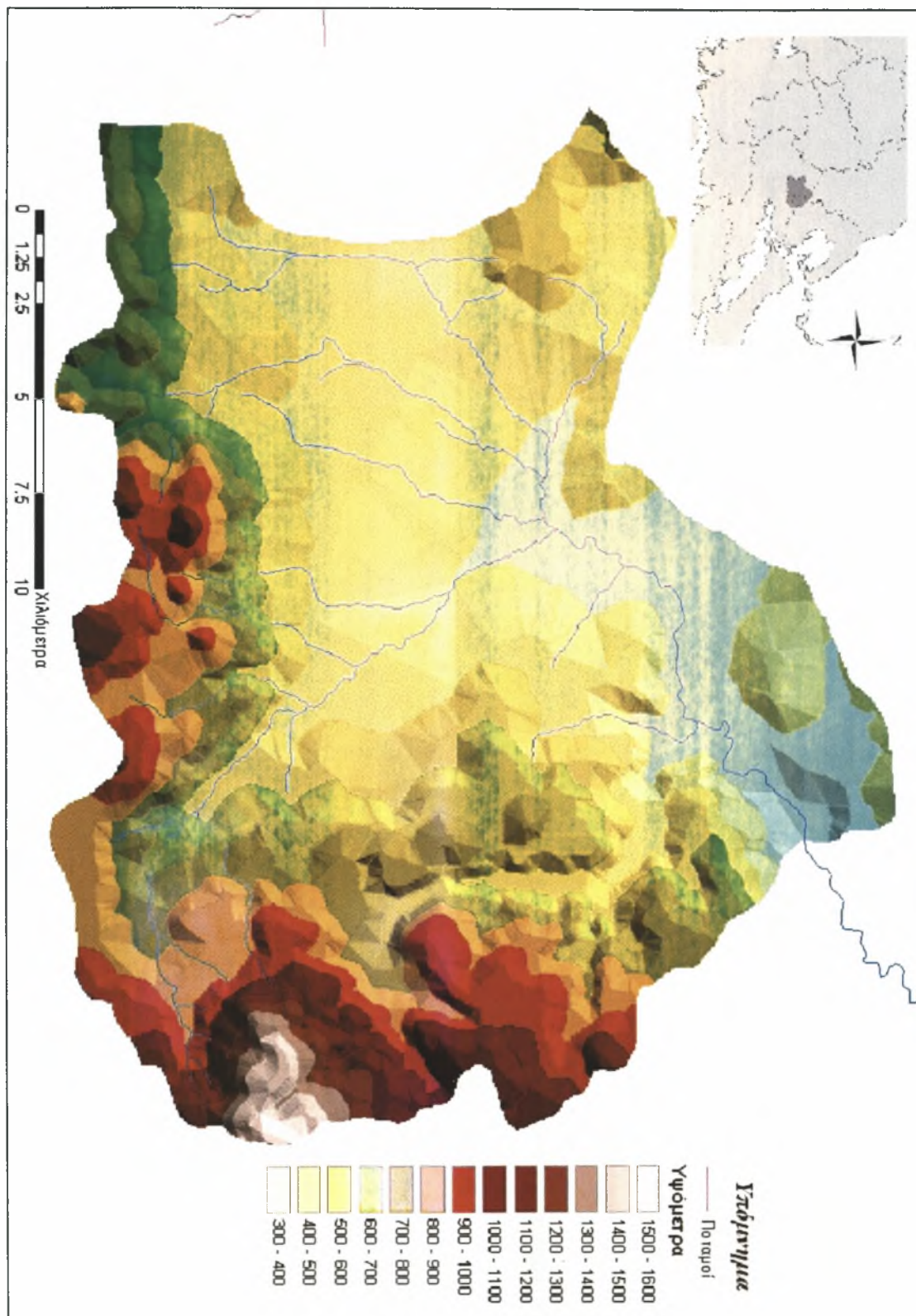
ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

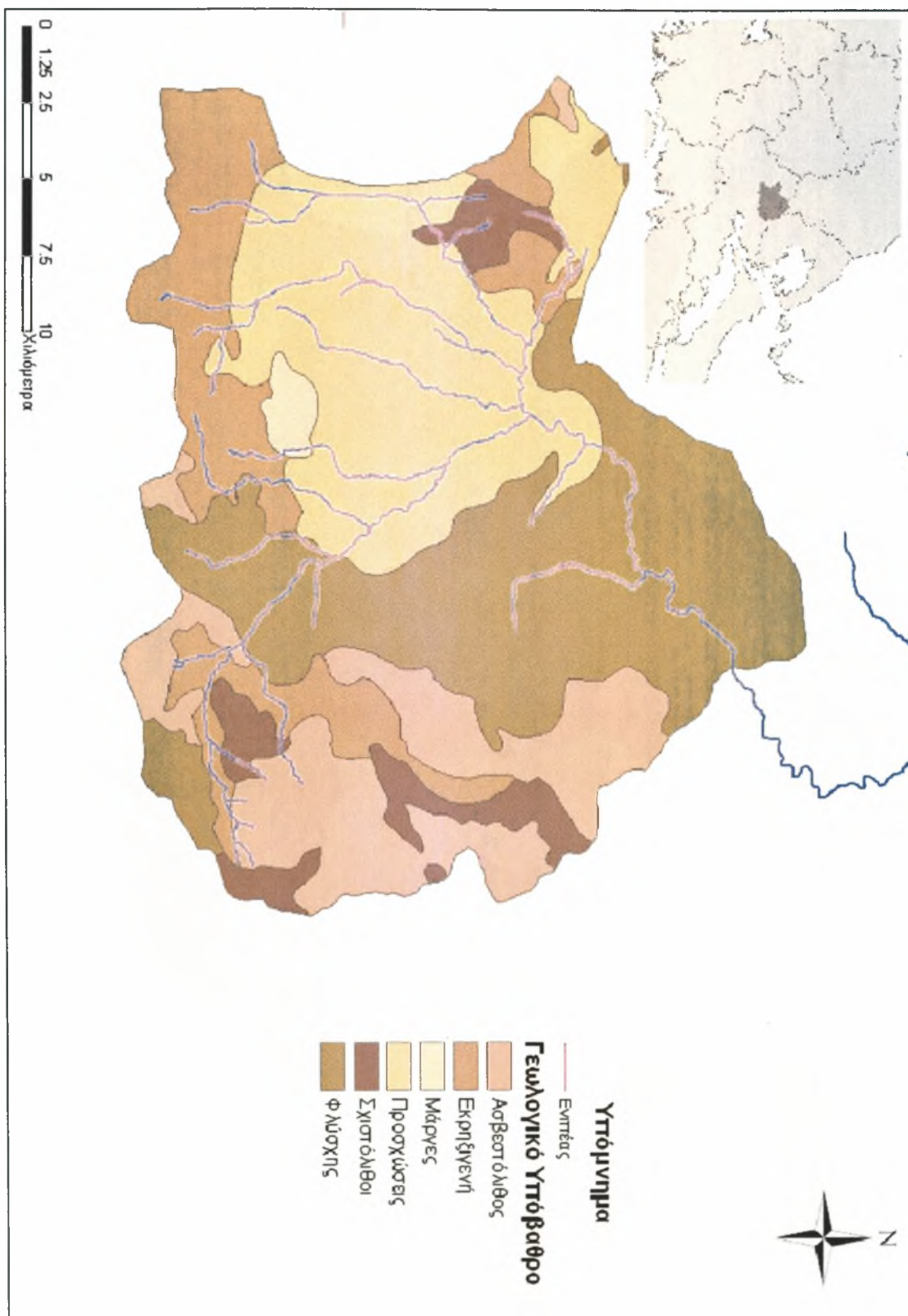
Χάρτες

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Χάρτης 1. Ανάγλυφος περιοχή της λεκάνης απορροής

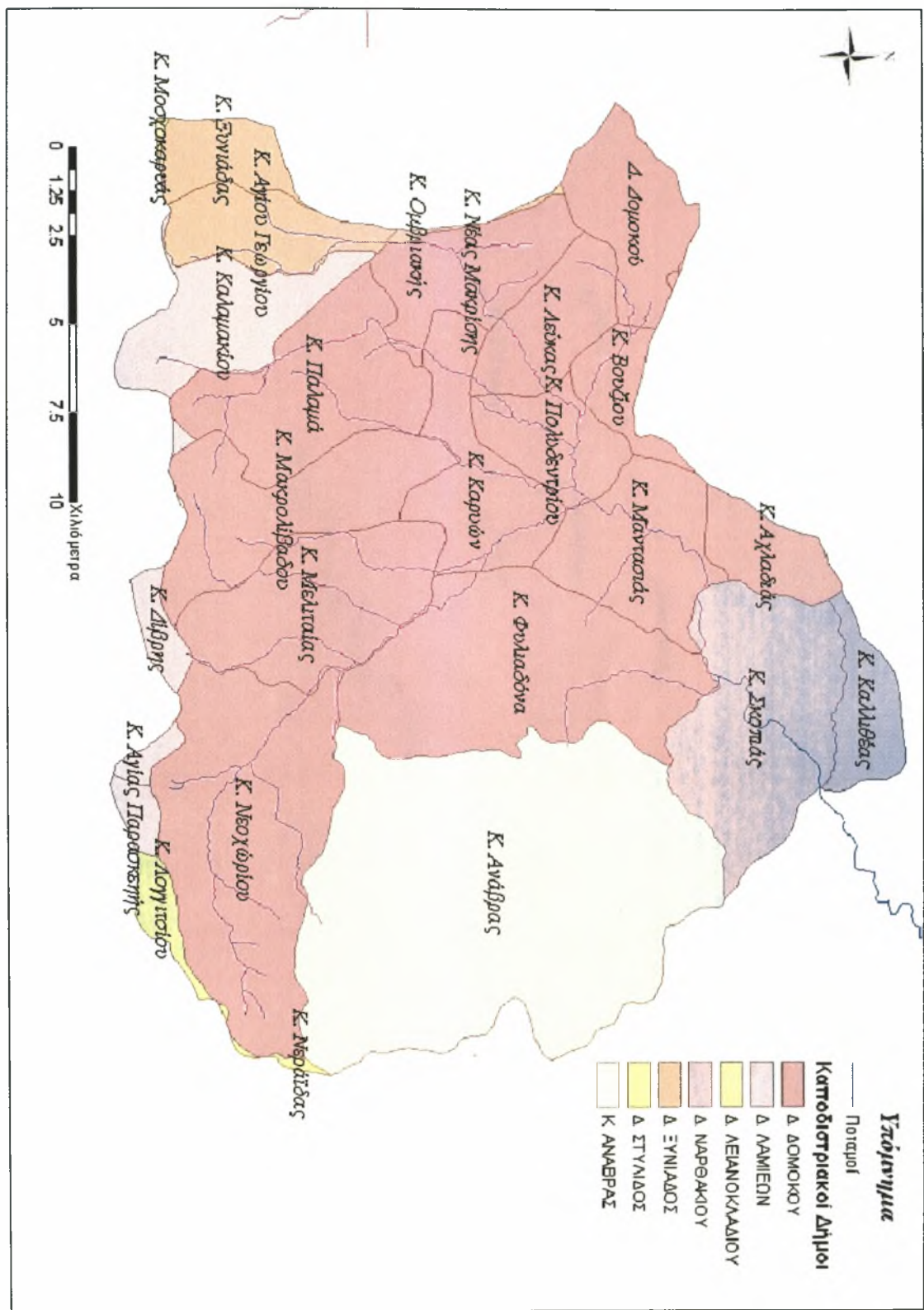


ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



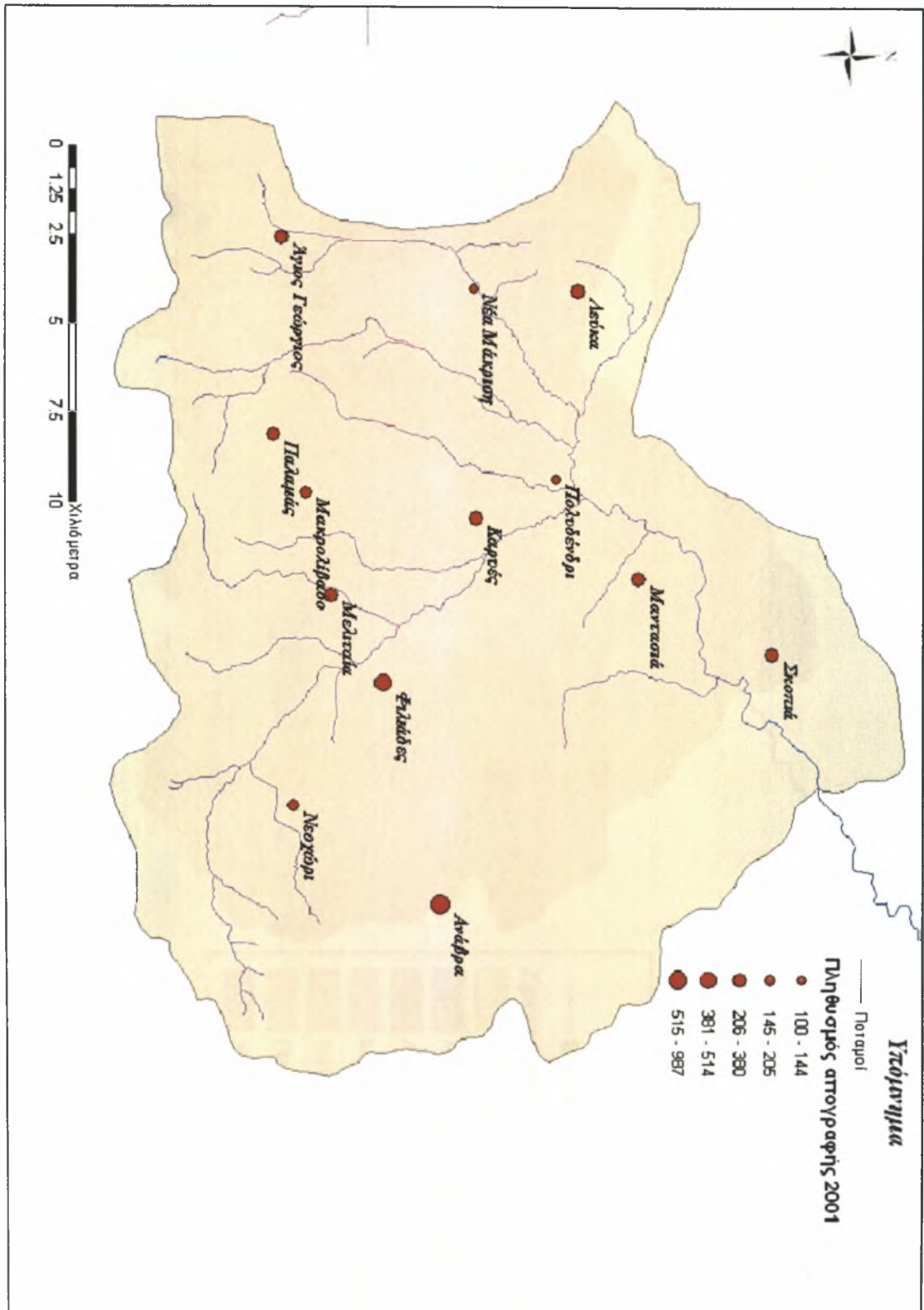
Χάρτης 2. Γεωλογικό υπόβαθρο λεκάνης απορροής

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



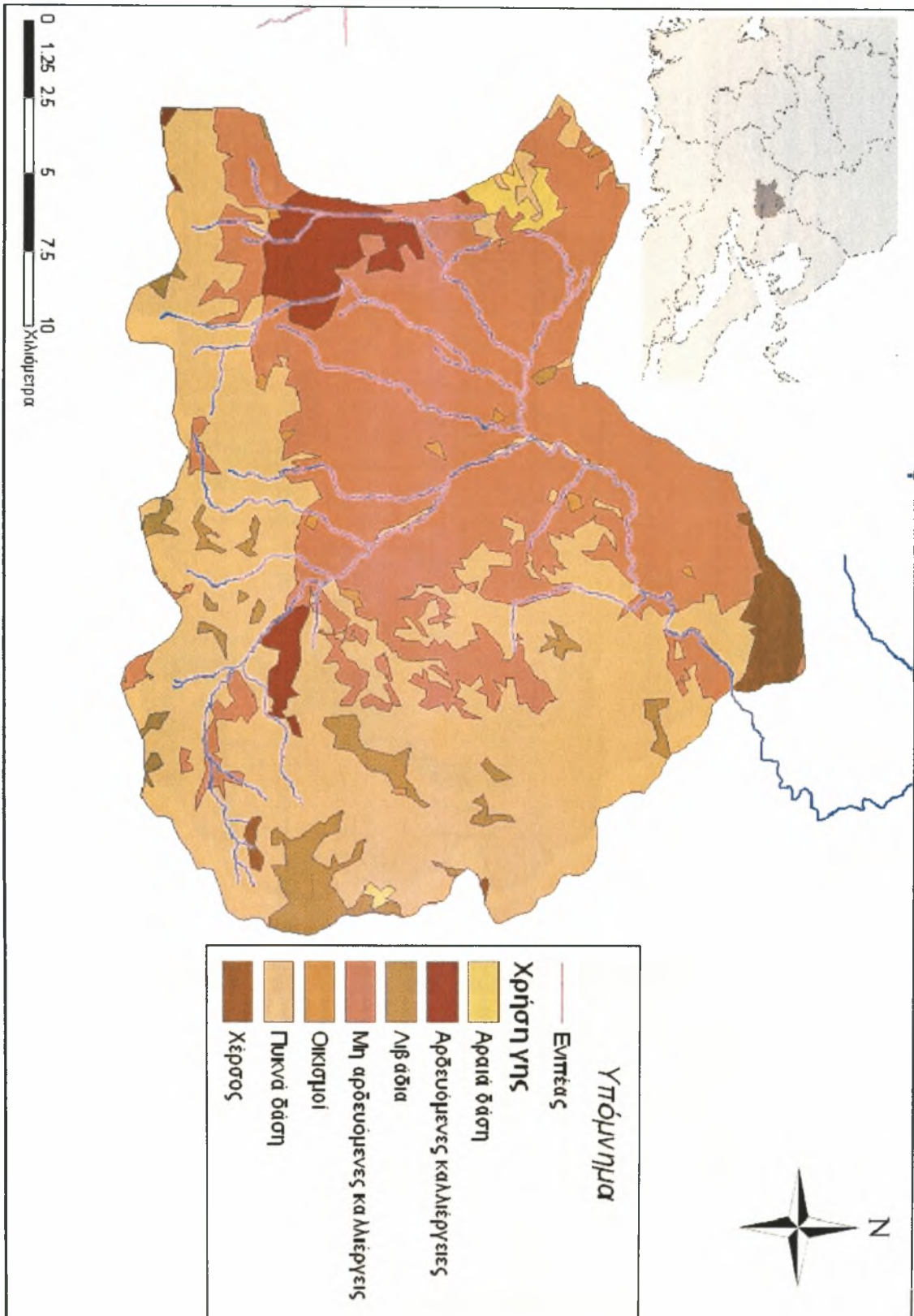
Χάρτης 3. Διοικητική διαίρεση λεκάνης απορροής

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



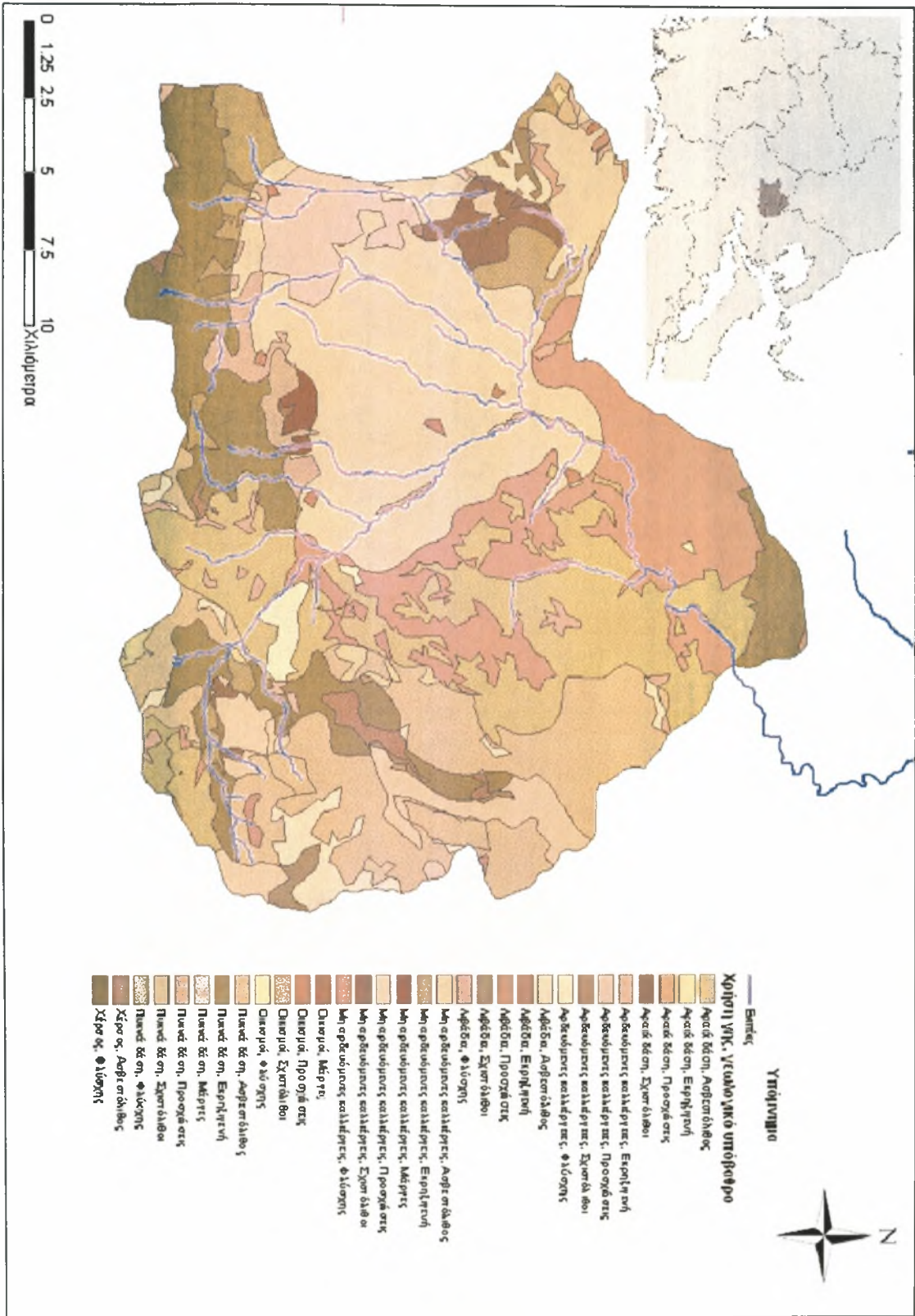
Χάρτης 4. Οικισμοί εντός της λεκάνης απορροής

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Χάρτης 5. Χρήσεις γης κατά CORINE στη λεκάνη απορροής

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΠΕΑ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ



Χάρτης 6. Συνδυασμένος χάρτης χρήσεων γης και γεωλογικού υπόβαθρου



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074912