ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ-
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Δ.Π.Μ.Σ: «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

«ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΤΑ ΠΟΤΑΜΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE SHE»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΖΩΓΟΠΟΥΛΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
Α.Μ 0928

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΡΑΒΙΤΗΣ ΧΡΙΣΤΟΣ,ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2012

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ-
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Δ.Π.Μ.Σ: «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

«ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΤΑ ΠΟΤΑΜΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE SHE»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΖΩΓΟΠΟΥΛΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
Α.Μ 0928

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΚΑΡΑΒΙΤΗΣ ΧΡΙΣΤΟΣ,ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ-ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ,ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΑΘΗΝΑ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους, που χωρίς τη καθοριστική συμβολή τους δεν θα ήταν δυνατή η επιτυχής ολοκλήρωσή της. Κατά τη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής με θέμα: ‘’Υδρολογική μελέτη της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα με την χρήση του μοντέλου MIKE SHE’’, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Χρίστο Καραβίτη για το ενδιαφέρον του, τις υποδείξεις του και τη συνεχή καθοδήγηση του σε όλες τις φάσεις εκπόνησης της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπόλοιπους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής, τον Καθηγητή κ. Ασημακόπουλο Διονύσιο και την Καθηγήτρια κ. Γρηγοροπούλου Ελένη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Υποψήφιο Διδάκτορα του τμήματος ‘’Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής’’ κ. Δημήτρη Σταματάκο για την παροχή των χρήσιμων γνώσεων του, την υπομονή του, την ουσιαστική συμβολή του σε κρίσιμες καμπές τις διατριβής μου και για την παροχή χρήσιμου υλικού από μέρους του.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου και τον αδερφό μου οι οποίοι με στήριξαν και με στηρίζουν με κάθε τρόπο αλλά και τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξη.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Περιληψη

Το μοντέλο MIKE SHE έχει την δυνατότητα να προσομοιώσει το σύνολο της ροής των υδατορευμάτων, που περιλαμβάνει την άμεση ροή και την βασική ροή. Πολλά μοντέλα είτε δεν προσομοιώνουν, ή χρησιμοποιούν απλοϊκές μεθόδους, για τον προσδιορισμό της βασικής ροής. Το MIKE SHE εξετάζει επίσης διάφορες χρήσεις γης, τους τύπους εδάφους στην προσομοίωση και επιτρέπει την αξιολόγηση των διαφορετικών σεναρίων διαχείρισης. ενώ εξετάζει και πολλά υδρολογικά στοιχεία. Δεδομένου ότι η μελέτη αυτή κατευθύνθηκε προς την προσομοίωση των επιφανειακών απορροών, καθώς της διήθησης στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη, το MIKE SHE αποτελεί το κατάλληλο εργαλείο για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Το μοντέλο MIKE SHE χρησιμοποιήθηκε για να προσομοιώσει την απορροή της λεκάνης του ποταμού Ευρώτα στον νομό Λακωνίας. Επιλέχθηκαν δεδομένα από 4 μετεωρολογικούς σταθμούς που καλύπτουν όλη την περιοχή. Η χρήση των ημερησίων δεδομένων εισόδου βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής σε συνδυασμό με γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία, καθώς και στοιχεία φυτοκάλυψης και φυλλικής επιφάνειας συγχρόνως με άλλα στοιχεία που αφορούν κυρίως τις καλλιέργειες, αποτέλεσαν ένα σημαντικό υπόβαθρο για την σωστή προσομοίωση των φυσικών διεργασιών. Συνολικά το μοντέλο ήταν σε θέση να προσομοιώσει την επιφανειακή απορροή αρκετά καλά σε ετήσια, , μηνιαία και ημερήσια χρονικά διαστήματα, που εκπροσωπούν τα υδρολογικά στοιχεία ικανοποιητικά.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{Ο} **1**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1 ΓΕΝΙΚΑ 1

1.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ 2

1.3 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ 4

1.3.1 Επιφανειακοί Υδατικοί Πόροι 7

1.3.2 Υπόγειοι Υδατικοί Πόροι 8

1.4 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΝΕΡΟΥ 10

1.5 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ 13

1.5.1 Αστική Χρήση 13

1.5.2 Βιομηχανική Χρήση 16

1.5.3 Γεωργική Χρήση 17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{Ο} **19**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 19

2.1 ΓΕΝΙΚΑ 19

2.2 ΥΔΑΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ 22

2.3 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ 24

2.3.1 Αποθέματα Γλυκού Νερού 26

2.4 ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ 27

2.5 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ 29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{Ο} **32**

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 32

3.1 ΓΕΝΙΚΑ 32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{Ο} **34**

ΑΝΑΠΤΥΞΗ MIKE SHE 34

4.1 ΓΕΝΙΚΑ 34

4.2 ΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE SHE 35

4.3 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ 37

4.3.1 Εξατμισοδιαπνοή 38

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

4.3.2 Επιφανειακή Απορροή 40
4.3.3 Ροή στην Ακόρεστη Ζώνη 41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{Ο} 42
ΕΦΑΡΜΟΓΗ MIKE SHE 42
5.1 ΓΕΝΙΚΑ 42
5.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ 44
5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ 47
5.4 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ 53
5.5 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ 55
5.6 ΚΛΙΜΑ & ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ 57
5.7 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 59
5.8 ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ 61
5.9 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ 62
5.10 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ-ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{Ο} 71
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 71
6.1 ΓΕΝΙΚΑ 71
6.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΖΩΝΗ 72
6.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ 76
6.4 ΟΛΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ & ΟΛΙΚΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ 90
6.5 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1990 92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^{Ο} 105
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 105
7.1 ΓΕΝΙΚΑ 105

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 109
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α 109
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β 118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 150

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

‘’Αρχή πάντων το ύδωρ’’ 5ος π.χ. αιώνας, Θαλής.

Το νερό είναι πηγή ζωής και ζωτικό στοιχείο για την επιβίωση του ανθρώπου και τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος. Χαρακτηρίζεται ως φυσικό αγαθό, προοριζόμενο να καλύπτει τις ανάγκες της κοινωνίας συνολικά. Αποτελεί τη βάση για τη γεωργία και είναι πρωταρχικό στοιχείο για τη βιομηχανία, προϊόν κατανάλωσης για την ανθρωπότητα και μέθοδος παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, είναι και αποδέκτης τόσο της οικιακής, όσο και της βιομηχανικής ρύπανσης (Quevauviller 2002; Young *et al.*, 1994).

Η ποσότητα του νερού του πλανήτη είναι σταθερή. Αυτό που μεταβάλλεται καθημερινά είναι η ποιότητα και η ποσότητα του διαθέσιμου νερού. Το νερό συνεχώς ανακυκλώνεται ακολουθώντας τον γνωστό υδρολογικό κύκλο (Gray, 1994). Το 97,5% του νερού που βρίσκεται στη γη είναι αλμυρό, και από αυτό το 99,99% βρίσκεται στους ωκεανούς και θάλασσες, ενώ το υπόλοιπο σε λίμνες που έχουν αλμυρό νερό. Συνεπώς, μόνο το 2,5% περίπου της συνολικής ποσότητας νερού που βρίσκεται στην γη δεν είναι αλμυρό και μικρό ποσοστό αυτού είναι διαθέσιμο για χρήση από τον άνθρωπο. Το 75% του γλυκού νερού βρίσκεται στους πόλους με τη μορφή πάγου, το 24% βρίσκεται στα υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και μόνο το 1% της συνολικής ποσότητας του γλυκού νερού βρίσκεται στις λίμνες, τους ποταμούς και το έδαφος. Όπως διαπιστώνει ο Gray (1994), αν και φαίνεται ότι υπάρχει πολύ νερό στη γη, ένα ελάχιστο ποσοστό (0.01%) βρίσκεται σε λίμνες και ποταμούς και είναι άμεσα διαθέσιμο στον άνθρωπο και το ίδιο περίπου ποσοστό (0.01%) βρίσκεται σε μορφή εδαφικής υγρασίας και είναι διαθέσιμο μόνο στα φυτά.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

1.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

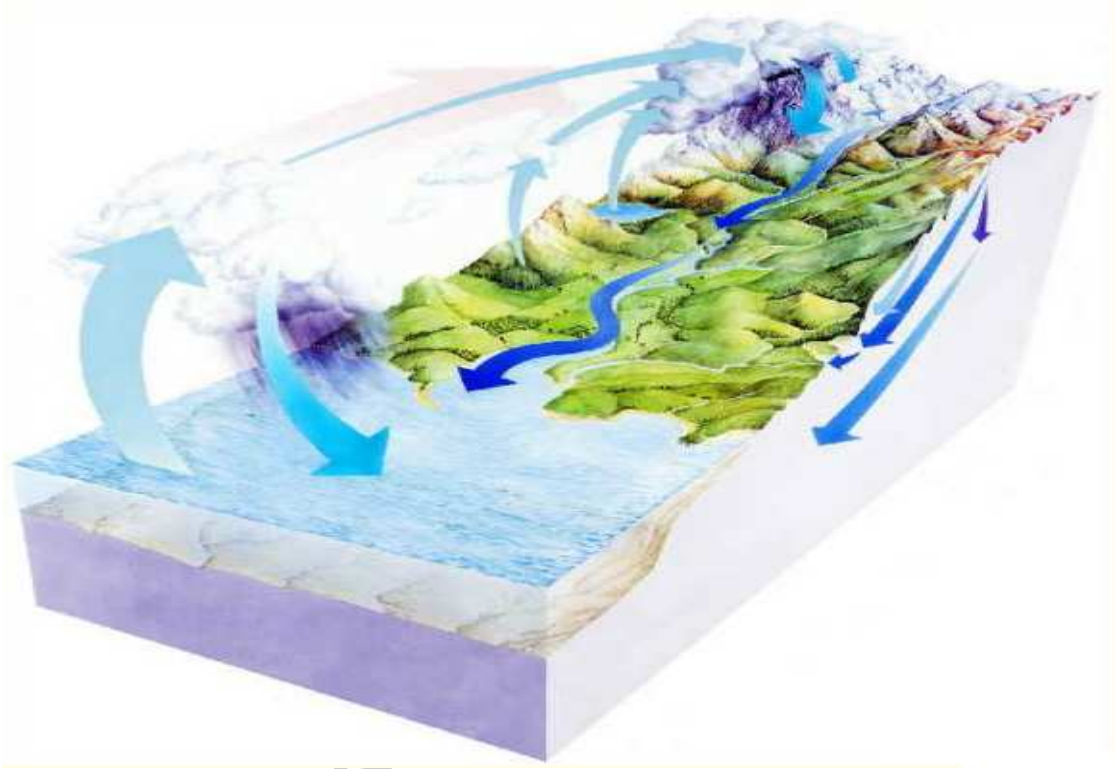
Ο υδρολογικός κύκλος, ή αλλιώς ο κύκλος του νερού, περιγράφει την παρουσία και την κυκλοφορία του νερού στην επιφάνεια της γης, κάτω και πάνω απ' αυτή (Σχήμα 1.1). Το νερό της γης είναι πάντα σε κίνηση και πάντα σε αλλαγή, από την υγρή μορφή στην αέρια ή σε πάγο και αντίστροφα. Ο κύκλος του νερού λειτουργεί εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια. Η ζωή στη γη εξαρτάται απ' αυτόν.

Ο υδρολογικός κύκλος δεν έχει αρχή, αλλά λαμβάνεται σαν αρχή του η θάλασσα. Ο ήλιος, που κινεί τον κύκλο του νερού, θερμαίνει το νερό στη θάλασσα (στους ωκεανούς) το οποίο εν μέρει εξατμίζεται και ανυψώνεται με τη μορφή ατμού στον αέρα. Νερό εξατμίζεται ακόμα από τις λίμνες, τα ποτάμια και το έδαφος. Η διαπνοή των φυτών είναι μια ακόμη λειτουργία που αποδίδει υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Η εξάτμιση και διαπνοή από την ξηρά συχνά δεν διακρίνονται και έτσι αναφερόμαστε στην εξατμισοδιαπνοή. Μια μικρή ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα προέρχεται από την εξάχνωση, μέσω της οποίας μόρια από πάγους και χιόνια μετατρέπονται απευθείας σε υδρατμούς, χωρίς να περάσουν από την υγρή μορφή (Smith, 1990).

Ανοδικά ρεύματα αέρα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου οι μικρότερες πιέσεις που επικρατούν έχουν αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας. Επειδή, όμως, σε χαμηλή θερμοκρασία ο αέρας δεν μπορεί πια να συγκρατεί όλη τη μάζα των υδρατμών, ένα μέρος τους συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Τα ρεύματα του αέρα κινούν τα σύννεφα γύρω απ' την υδρόγειο. Παράλληλα, τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα συγκρούονται και μεγαλώνουν, και τελικά πέφτουν απ' τον ουρανό ως κατακρημνίσματα, η συχνότερη μορφή των οποίων είναι η βροχή. Μια μορφή κατακρημνίσματος είναι το χιόνι, το οποίο όταν συσσωρεύεται σχηματίζει πάγους και παγετώνες. Σε σχετικά θερμότερα κλίματα, όταν έρχεται η άνοιξη, το χιόνι λιώνει και νερό ρέει, σχηματίζοντας απορροές. Η μεγαλύτερη ποσότητα κατακρημνισμάτων πέφτει απευθείας στους ωκεανούς (U.S.G.S., 2009).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Από την ποσότητα που πέφτει στη στεριά, ένα σημαντικό μέρος καταλήγει και πάλι στους ωκεανούς, ρέοντας υπό την επίδραση της βαρύτητας, ως επιφανειακή απορροή. Η μεγαλύτερη ποσότητα της επιφανειακής απορροής μεταφέρεται στους ωκεανούς από τα ποτάμια, με τη μορφή υδατορευμάτων. Η επιφανειακή απορροή μπορεί, ακόμη, να καταλήξει στις λίμνες, που αποτελούν, μαζί με τους ποταμούς, τις κυριότερες αποθήκες γλυκού νερού (U.S.G.S., 2009).



Σχήμα 1.1: Ο υδρολογικός κύκλος (πηγή: U.S.G.S. 2009)

Ωστόσο, το νερό των κατακρημνισμάτων δεν ρέει αποκλειστικά μέσα στους ποταμούς. Κάποιες ποσότητες διαπερνούν το έδαφος με τη διαδικασία της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό. Μέρος του νερού αυτού μπορεί να ξαναβρεί το δρόμο του προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα (και τους ωκεανούς), ως εκφόρτιση υπόγειου νερού. Όταν βρίσκει διόδους προς της επιφάνεια της γης εμφανίζεται με τη μορφή πηγών. Ένα άλλο μέρος του υπόγειου νερού πηγαίνει βαθύτερα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ακόμα και το νερό αυτό, όμως, συνεχίζει να κινείται και με τη πάροδο του χρόνου, μέρος του, ξαναμπαίνει στους ωκεανούς, όπου ο κύκλος του νερού “τελειώνει” και “ξεκινάει” (U.S.G.S., 2009).

1.3 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Υδατικοί πόροι ονομάζονται οι ποσότητες νερού που βρίσκονται σε κατάσταση (μορφή, ποιότητα, θέση) κατάλληλη για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων αναγκών. Οι υδατικοί πόροι δεν ταυτίζονται με το συνολικά διαθέσιμο νερό του Πλανήτη. Έτσι, το 96,5% του φυσικού νερού που βρίσκεται στη θάλασσα δε θεωρείται, γενικά, υδατικός πόρος. Το ίδιο συμβαίνει και με μια ποσότητα υπογείου νερού υψηλής αλατότητας, που ανέρχεται στο 1% του φυσικού νερού, καθώς επίσης και με το ακινητοποιημένο νερό των πολικών παγετώνων, που αποτελεί το 1,7% του συνόλου. Απομένει, λοιπόν, το γλυκό νερό των λιμνών, των ποταμών και των υπογείων υδροφορέων σε μικρά και μεσαία βάθη, δηλαδή οι τυπικοί υδατικοί πόροι σε ποσοστό μικρότερο του 1% (Ξανθόπουλος και Κουτσογιάννης, 1997).

Βάσει της Οδηγίας-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, οι υδατικοί πόροι διακρίνονται σε εσωτερικά επιφανειακά, υπόγεια, μεταβατικά και παράκτια ύδατα.

Επιφανειακά είναι τα εσωτερικά ύδατα πλην των υπογείων, τα μεταβατικά και τα παράκτια ύδατα και υπόγεια τα ύδατα που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος.

Το σύνολο των στάσιμων ή των ρεόντων επιφανειακών υδάτων και όλα τα υπόγεια ύδατα που βρίσκονται προς την πλευρά της ξηράς σε σχέση με τη γραμμή βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων αποτελούν τα εσωτερικά ύδατα (inland waters).

Μεταβατικά (transitional waters) χαρακτηρίζονται τα συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών που εν μέρει είναι αλμυρά λόγω της γειτνίασής τους με παράκτια ύδατα, αλλά τα οποία επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκού νερού και παράκτια (coastal waters) είναι τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μιας γραμμής, κάθε σημείο της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης, από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία, κατά περίπτωση, εκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων (Παναγιωτίδης, 2007).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τα εσωτερικά ύδατα χαρακτηρίζονται από την παρουσία γλυκού νερού και διακρίνονται σε ρέοντα (ποτάμια, χείμαρροι) και στάσιμα ύδατα (λίμνες, ταμιευτήρες, έλη) (Παναγιωτίδης, 2007). Η επιμήκης υδατοσυλλογή με τρεχούμενο νερό, το οποίο ρέει προς τα κατάντη με τη βαρύτητα**,** καλείται ποταμός. Το νερό των ποταμών προέρχεται κυρίως απευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από την επιφανειακή απορροή, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις τροφοδοσίας ποταμών με υπόγεια νερά ή με νερό λιμνών. Ανάλογα με το πλάτος της υδατοσυλλογής τα ποτάμια διακρίνονται σε: i) ρυάκια πηγών και μικρά ρυάκια, με πλάτος μέχρι 1 m και ζώνη επιρροής έως 2 km^2, ii) μεγάλα ρυάκια, με πλάτος από 1 έως 3 m και ζώνη επιρροής από 2 έως 50 km^2, iii) μικρά ποτάμια, με πλάτος από 3 έως 10 m και ζώνη επιρροής από 50 έως 300 km^2 και iv) μεγάλα ποτάμια, με πλάτος μεγαλύτερο των 10 m και ζώνη επιρροής από 50 έως 500 km^2 σε μεγάλο υψόμετρο και από 300 έως 500 km^2 στην πεδιάδα, ενώ διαφοροποιούνται ανάλογα και με τα χημικά χαρακτηριστικά των νερών τους (περιεκτικότητά σε Ca και Mg, pH κ.λπ.). Τα υδάτινα ρεύματα παροδικής ροής ονομάζονται χείμαρροι**.** Η δημιουργία τους οφείλεται κυρίως στις μεγάλες τοπογραφικές κλίσεις και έμμεσα στην έλλειψη δασικής βλάστησης. Εν αντιθέσει με τα ποτάμια που έχουν μόνιμη ροή, οι χείμαρροι δέχονται νερό μόνο από τις βροχοπτώσεις με αποτέλεσμα να παρατηρούνται στη ροή τους εποχικές διακυμάνσεις (Μοντεσάντου, 1999).

Η μικρή ή μεγάλη υδάτινη μάζα στη στεριά που περιέχει γλυκό, υφάλμυρο και αλμυρό νερό με άμεση, έμμεση, υπόγεια ή και επίγεια σύνδεση ή χωρίς σύνδεση με άλλους υδάτινους χώρους και αποδέκτες λέγεται λίμνη. Ανάλογα με την προέλευσή τους οι λίμνες κατατάσσονται σε τεκτονικές, ηφαιστειακές, λίμνες κατολισθήσεων, παγετωνικές και καρστικές, ενώ η συνδυασμένη δράση ποταμών και θάλασσας στις περιοχές των εκβολών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία παρακτίων λιμνών. Οι ταμιευτήρες (τεχνητές λίμνες) αποτελούν υδατικά συστήματα ανθρωπογενούς προέλευσης που δημιουργούνται για τη συλλογή νερού και είναι εφοδιασμένοι με κατασκευές (θυρίδες, αναχώματα), μέσω των οποίων ρυθμίζεται η στάθμη του νερού για να εξυπηρετούνται οι ανάγκες για τις οποίες έχουν κατασκευαστεί. Πέραν της αντιπλημμυρικής, υδρευτικής, αρδευτικής και υδροηλεκτρικής αξίας που διαθέτουν εξαιτίας της αποθήκευσης του νερού, οι περισσότεροι ταμιευτήρες έχουν αποκτήσει με την πάροδο του χρόνου βιολογική και αλιευτική αξία και αξία αναψυχής, καθώς εντός τους διαβιούν πολύτιμα υγροτοπικά οικοσυστήματα (ΕΚΒΥ, 2008).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Ανάλογα συστήματα με τις λίμνες είναι τα έλη, δηλαδή οι πρόσκαιρες ή μόνιμες υδάτινες περιοχές όπου τα λιμνάζοντα νερά είναι συνήθως αβαθή και καλύπτονται ως επί το πλείστον από υδρόβιες, υδροχαρείς, υδρόφιλες και ελόβιες φυτοκοινωνίες. Οι φυσικές ή τεχνητές περιοχές που αποτελούνται από έλη με ποώδη βλάστηση, από μη αποκλειστικώς ομβροδίαιτα έλη με τυρφώδες υπόστρωμα, από τυρφώδεις γαίες ή από νερό καλούνται υγρότοποι. Οι υγρότοποι μπορεί να βρίσκονται κοντά στην ακτή (παράκτιοι υγρότοποι) ή στο εσωτερικό της χέρσου (εσωτερικοί υγρότοποι), να είναι φυσικοί ή τεχνητοί (Κουσουρής,2007).

Τα παράκτια και μεταβατικά ύδατα (coastal and transitional waters) χαρακτηρίζονται από την παρουσία αλμυρού νερού και περιλαμβάνουν τις θάλασσες (seas), τις λιμνοθάλασσες (lagoons) και τα εκβολικά συστήματα (estuaries).

Με την ευρύτερη έννοιά του ο όρος θάλασσα περιλαμβάνει το σύνολο των αλμυρών τμημάτων της υδρόσφαιρας, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους και καλύπτουν τα 7/10 της επιφάνειας του πλανήτη. Γεωγραφικά αναφέρεται σε σχετικά περιορισμένες εκτάσεις που περιβάλλονται από την ξηρά (Μεσόγειος θάλασσα), σε αντίθεση με τον ανοικτό ωκεανό. Η θάλασσα είναι ο τελικός αποδέκτης της επιφανειακής απορροής που μεταφέρει όλα τα προϊόντα της διάβρωσης της χέρσου, καθώς και τα υλικά που προέρχονται από τη βιολογική δραστηριότητα. Ως λιμνοθάλασσες (lagoons), ορίζονται παράκτιες υδατοσυλλογές με ήρεμα και αβαθή νερά που επικοινωνούν με τη θάλασσα μέσω στενών διαύλων. Οι λιμνοθάλασσες σχηματίζονται είτε στις εκβολές ποταμών, είτε σε κοραλλιογενείς υφάλους. Καλύπτουν περίπου το 10% της παγκόσμιας ακτογραμμής και αποτελούν θέσεις μεγάλης οικολογικής και οικονομικής αξίας. Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών, εξαιτίας του μεταβατικού χαρακτήρα και της αλληλεπίδρασης ως προς το θαλασσινό και το γλυκό νερό. Εντός τους δημιουργούνται ιδιάζουσες φυσικοχημικές συνθήκες, αποτίθενται και μετακινούνται φερτά υλικά και συναθροίζονται νεαρά ψάρια και καρκινοειδή (Παναγιωτίδης, 2007).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

1.3.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Στο ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης υδατικών πόρων, το σκέλος της προσφοράς περιλαμβάνει το τεχνικοοικονομικά διαθέσιμο υδατικό δυναμικό και ο προσδιορισμός του είναι απαραίτητος προκειμένου να ληφθούν οι τελικές αποφάσεις για την κατασκευή αναγκαίων υδραυλικών έργων. Η έννοια των οικονομικά εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων κινείται μέσα σε ευρέως κυμαινόμενα όρια, αλλά όταν πρόκειται για την εξασφάλιση πόσιμου νερού τότε η επιλογή δε γίνεται με βάση την οικονομικότερη λύση αλλά ανεξάρτητα του απόλυτου κόστους αυτής (Παπαρρίζος,2012).

Γενικά το εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό δεν πρέπει να προσδιορίζεται ανεξάρτητα των αναγκών, οι οποίες είναι απαραίτητο να έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως. Έτσι, η εκτίμηση της τιμής του μεγέθους του κόστους των έργων και η αναμενόμενη τιμή του νερού για μία συγκεκριμένη περιοχή γίνεται ευκολότερη, ώστε να εκτιμηθούν και οι οικονομικές επιπτώσεις στην εθνική οικονομία γενικότερα. Αναλόγως των περιπτώσεων και των συνθηκών της περιοχής ως διαθέσιμο υδατικό δυναμικό μπορεί να θεωρηθεί και ένα μέρος της θερινής παροχής του ποταμού, ή αυτό προσαυξημένο με τα νερά που συγκεντρώνονται σε ταμιευτήρες (φράγματα) μεγάλου κόστους, πολλαπλού συνήθως σκοπού (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία, ενέργεια), ή, σε οριακές περιπτώσεις, το περιθωριακό νερό που έχει υποστεί επεξεργασία σε βαθμό ανάλογο με τη προβλεπόμενη χρήση του (Παπαρρίζος,2012).

Στον καθορισμό του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού καθοριστικό ρόλο κατέχει η ποιότητα των υδάτων. Είναι προφανές π.χ. ότι ένα νερό που περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις άνω των επιτρεπόμενων ορίων δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ούτε για πόσιμο και ενίοτε, ούτε για αρδεύσεις. Κατά συνέπεια το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό προσδιορίζεται από την καταλληλότητα που απαιτεί η προβλεπόμενη χρήση του.

Η εκτίμηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού αποτελεί το ενεργειακό σκέλος του ισοζυγίου μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Η εκτίμηση αυτή είναι εμπειρική και βασίζεται στις παρατηρήσεις που πραγματοποιούνται στους σταθμούς μετρήσεων, του υδρολογικού και μετεωρολογικού δικτύου. Οι υδρομετρικές παρατηρήσεις που γίνονται συστηματικά στους ποταμούς επί σειρά ετών αποτελούν την πλέον ενδιαφέρουσα και την πλέον ασφαλή πηγή πληροφόρησης. Οι

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

παρατηρήσεις και τα δεδομένα αποκτούν τόσο μεγαλύτερη βαρύτητα κατά τη στατιστική επεξεργασία όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος λήψεως αυτών. Επίσης, η καταγραφή εξαιρετικών υδρολογικών φαινομένων (πλημμύρες, ξηρασίες κ.λπ.) αποτελεί πολύτιμό στοιχείο για την κατάστρωση σχεδίων αντιμετώπισης τους (Σταματάκος, 2010).

1.3.2 ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Τα εκμεταλλεύσιμα υπόγεια νερά εκφράζονται από τον όγκο των υδάτων που τεχνοοικονομικά είναι διαθέσιμος για μια χρονική περίοδο, συγκεκριμένη ή άνευ ορίων. Τα νερά αυτά πρέπει να ανταποκρίνονται στην επιθυμητή ποσότητα.

Στο ισοζύγιο λοιπόν προσφοράς – ζήτησης πρέπει να προστεθεί και ο ανωτέρω όγκος των υπόγειων υδάτων ώστε να προκύψει το συνολικό διαθέσιμο υδατικό δυναμικό σαν άθροισμα των δυναμικών των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων.

Κατά την εκτίμηση των εκμεταλλεύσιμων όγκων των υπόγειων υδάτων πρέπει να λαμβάνονται υπ’ όψιν τα παρακάτω στοιχεία (Παπαρρίζος,2012):

1. Ο όγκος του νερού που περιέχεται, υπό φυσικές συνθήκες, μέσα στους πόρους και στις ρωγμές των υδροφορέων και είναι δυνατόν να εκμεταλλευθεί.
2. Το ποσοστό εμπλουτισμού του υδροφορέα υπό φυσικές συνθήκες.
3. Οι συμπληρωματικοί υδατικοί πόροι (κατείσδυση από την κοίτη των ποταμών ή από πλημμυρισμένες περιοχές, καθώς και τροφοδοσία των ποταμών από υπόγεια νερά)
4. Η μείωση της εξάτμισης των υπόγειων υδάτων σαν συνάρτηση της πτώσης της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα λόγω άντλησης ή εκροής υπό μορφή πηγών.

Η χρησιμοποίηση των υπόγειων νερών εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο αυτά μπορεί να αντλούνται από μία συγκεκριμένη λεκάνη, κατά τη διάρκεια μιας αντιπροσωπευτικής χρονικής περιόδου, χωρίς τον κίνδυνο να προκληθεί σημαντική μεταβολή στα αποθέματα τους. Όταν προκαλείται υποβιβασμός της στάθμης, αυξάνονται οι υπόγειες εισροές, περιορίζονται οι υπόγειες εκροές, αυξάνεται ο εμπλουτισμός από τα υδρορεύματα, ενώ τέλος οι απώλειες από την εξατμισοδιαπνοή ελαττώνονται κι αυτές. Τα αντίθετα αποτελέσματα θα υπάρξουν αν ανυψωθεί η στάθμη του υπόγειου νερού. Έτσι, σε περιοχές με επαρκή εμπλουτισμό (π.χ.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Θεσσαλική πεδιάδα) όσο μεγαλύτερη είναι η ανάπτυξη των υπόγειων νερών, τόσο μεγαλύτερος γίνεται ο βαθμός χρήσης, ο οποίος όμως σε αυτή την περίπτωση ελέγχεται και υπόκειται σε οικονομικούς και νομικούς περιορισμούς αν χρειασθεί (Σταματάκος, 2010).

Για τη μελέτη της δίαιτας των υπόγειων νερών είναι απαραίτητη η γνώση των γεωλογικών συνθηκών του υδροπερατού μέσου εντός του οποίου ρέει το υπόγειο νερό καθώς και των υδραυλικών χαρακτηριστικών της υπόγειας ροής (πορώδες, υδραυλική αγωγιμότητα, παροχετευτικότητα, ειδική απόδοση, αποθηκευτικότητα κ.λπ.). Η παρουσία υπόγειου νερού σε ένα σχηματισμό είναι συνέπεια ενός καθορισμένου συνδυασμού κλιματικών, υδρολογικών, γεωλογικών, τοπογραφικών, οικολογικών και εδαφολογικών παραγόντων, οι οποίοι όλοι μαζί αποτελούν ένα ολοκληρωμένο δυναμικό σύστημα. Όλοι οι παράγοντες αυτοί συνδέονται μεταξύ τους κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο καθένας από αυτούς να μπορεί να χρησιμεύει σα δείκτης των τοπικών συνθηκών του καθεστώτος των υπόγειων νερών. Επίσης είναι φανερό ότι το καθεστώς των υπόγειων νερών πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν ένα δυναμικό σύστημα, όπου συχνά υπάρχει ανακύκλωση του νερού (κατείσδυση – επανεμφάνιση στην επιφάνεια).

Οι εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδατικοί πόροι μπορούν να ενισχυθούν με τη βοήθεια τεχνικών έργων, τα οποία έχουν σκοπό να εμπλουτίσουν τα υπόγεια νερά με την προσθήκη υδάτων της επιφανειακής απορροής (π.χ. τάφροι διήθησης, λεκάνες διήθησης, φρεάτια πίεσης, δημιουργία κενών με άντληση μέσα στα οποία διηθείται το νερό των υδατορευμάτων κατά την διάρκεια των πλημμυρών κ.α.). Αυτό το είδος των έργων αποδεικνύεται μεγάλης σημασίας σε περιοχές, όπου τα υπόγεια νερά είναι ανεπαρκή προς

κάλυψη των αναγκών και όπου οι φυσικές συνθήκες (υδρολογικές και υδρογεωλογικές) είναι ευνοϊκές για την κατασκευή τους (Ρομπόκα, 2009).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

1.4 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΝΕΡΟΥ

Το μεγαλύτερο μέρος της γης αποτελείται από νερό. Συγκεκριμένα, το 70% της γήινης επιφάνειας καλύπτεται από νερό. Η συνολική παροχή νερού στον κόσμο είναι 1.400.000.000 km^3 (Worldwatch Institute, 2003). Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.1) παρουσιάζεται η κατανομή του νερού της γης.

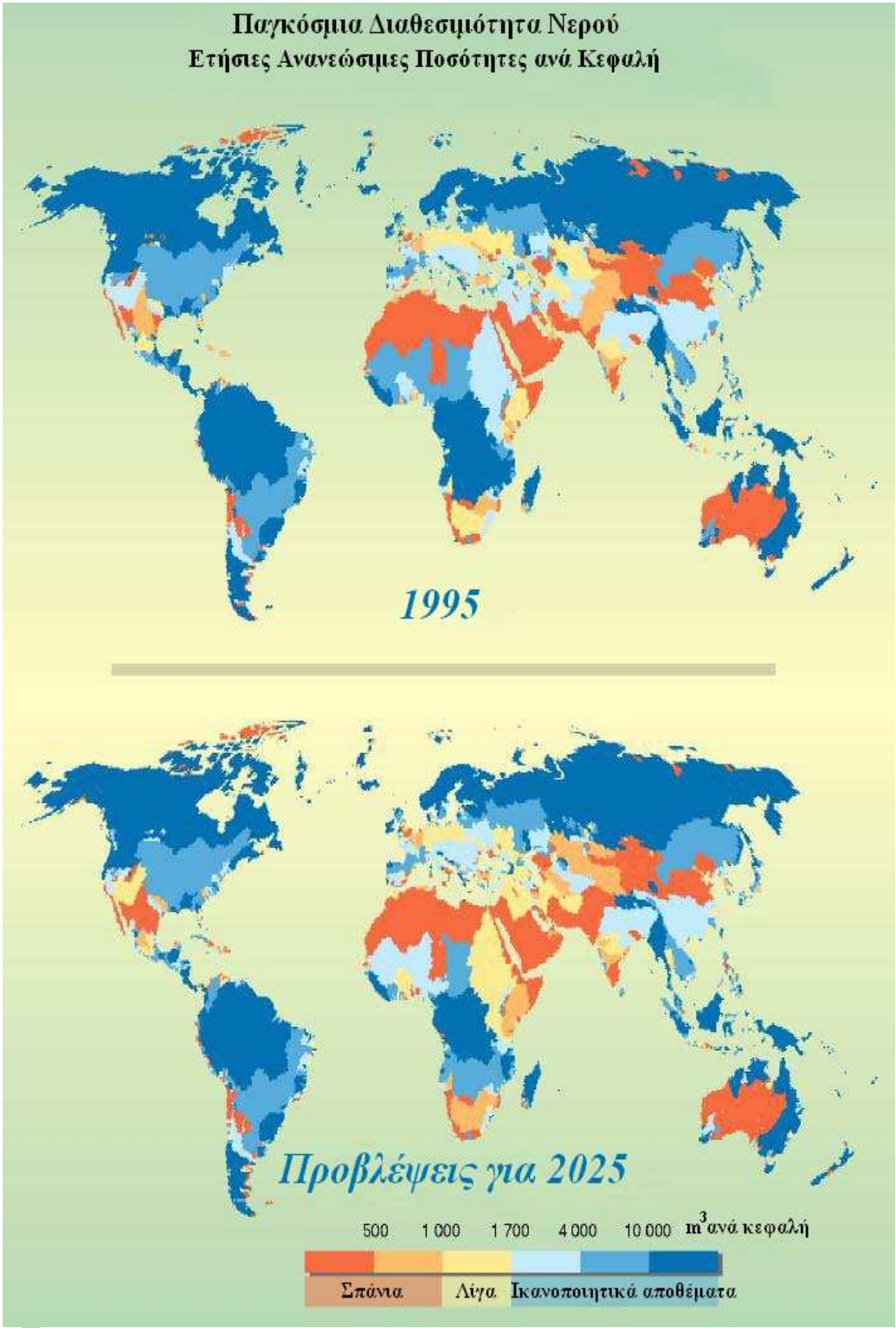
Πίνακας 1.1: Παγκόσμια κατανομή νερού (πηγή: U.S.G.S, 2009)

Μορφή νερού	**Όγκος νερού (km^3)**	**Ποσοστό γλυκού νερού**	**Ποσοστό συνολικού νερού**
Ωκεανοί, θάλασσες & κόλποι	1.338.000.000	--	96,5
Παγόβουνα, παγετώνες & μόνιμο χιόνι	24.064.000	68,7	1,74
Υπόγειο νερό	23.400.000	--	1,7
- Γλυκό	10.530.000	30,1	0,76
- Αλμυρό	12.870.000	--	0,94
Εδαφική υγρασία	16.500	0,05	0,001
Εδαφικός πάγος & μόνιμα παγωμένο έδαφος	300.000	0,86	0,022
Λίμνες	176.400	--	0,013
- Γλυκές	91.000	0,26	0,007
- Αλμυρές	85.400	--	0,006
Ατμόσφαιρα	12.900	0,04	0,001
Έλη	11.470	0,03	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001

Σύνολο	1.386.000.000		100

Παρατηρείται πως από τα συνολικά 1.386 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα του νερού στη γη, περισσότερο από το 96% είναι αλμυρό. Επίσης, το 68% του γλυκού νερού είναι δεσμευμένο σε πάγο και παγετώνες. Επιπλέον, ένα 30% του γλυκού νερού βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς. Το επιφανειακό γλυκό νερό που βρίσκεται σε ποτάμια και λίμνες είναι συνολικά 93.100 κυβικά χιλιόμετρα και αντιπροσωπεύει περίπου το 1/700 του 1% του συνολικού νερού στη γη. Παρά ταύτα, τα ποτάμια και οι λίμνες είναι οι βασικές πηγές νερού για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών (U.S.G.S., 2009). Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζεται η μεταβολή της διαθεσιμότητας του πόσιμου νερού για ένα διάστημα 30 ετών, κατά την οποία χώρες που σήμερα φαίνεται να έχουν επάρκεια, το 2025 να αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα έλλειψης, ενώ άλλες να τείνουν προς αυτή την κατάσταση (Revenga *et al.*, 2000).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



Σχήμα 1.2: Μεταβολή της παγκόσμιας διαθεσιμότητας νερού για την κάλυψη ανθρώπινων αναγκών (πηγή: Revenga *et al.*, 2000)

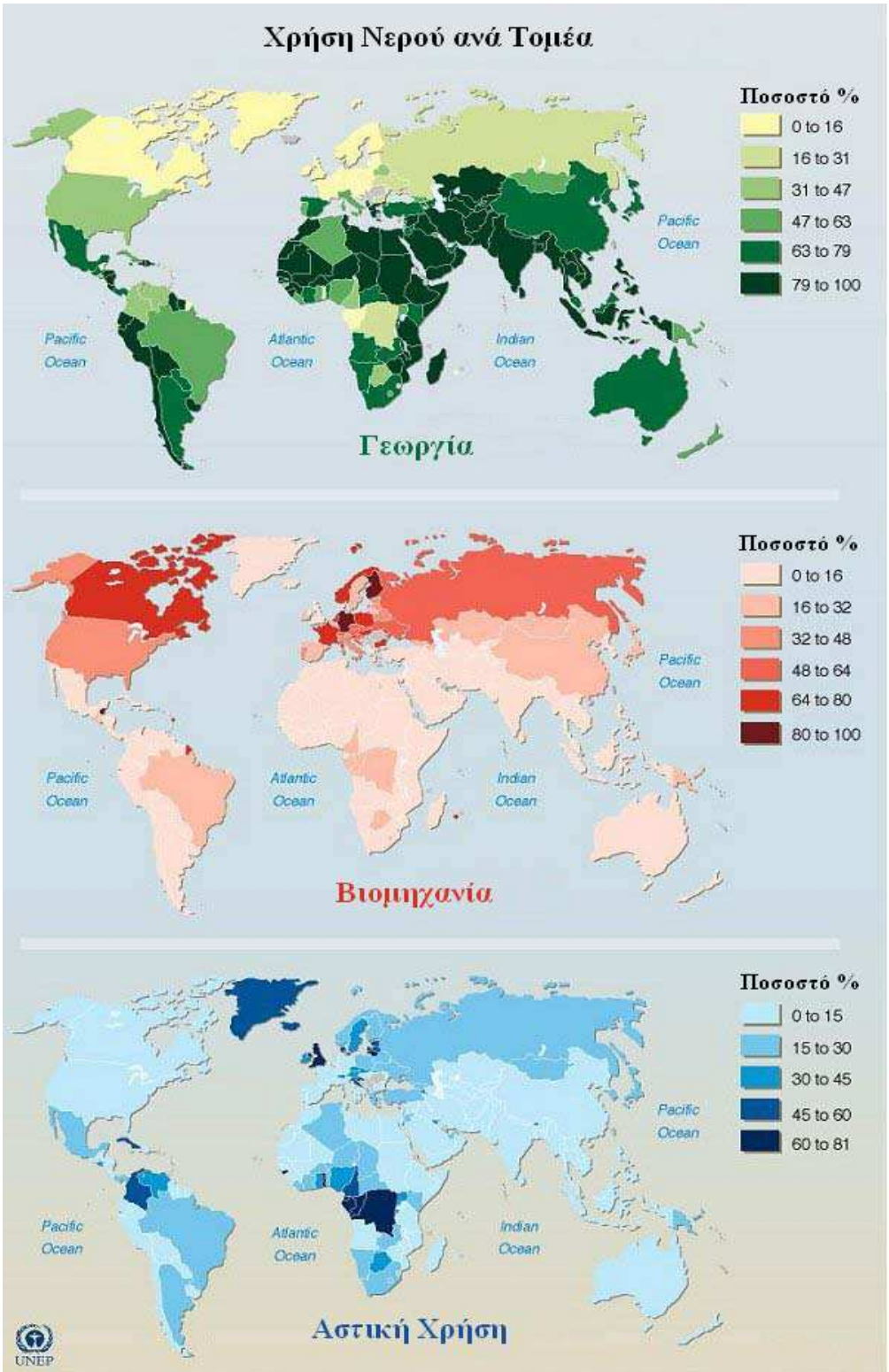
1.5 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Από την αρχή της ιστορίας, οι ανθρώπινες δραστηριότητες στηρίζονται στην ύπαρξη του νερού, ενώ με το πέρασμα του χρόνου γίνεται όλο και πιο απαραίτητο. Το φαγητό που τρώμε, η ενέργεια που καταναλώνουμε, άλλα και προϊόντα και υπηρεσίες στηρίζονται σε αυτό (Young *et al.*, 1994). Οι συνθήκες διαβίωσης συνεχώς βελτιώνονται από τη στιγμή που ο κάθε άνθρωπος έχει εξασφαλίσει τις απαραίτητες ποσότητες ύδατος, τόσο από την επιφάνεια, όσο και από το υπέδαφος, ανάλογα με την ευκολία πρόσβασης, για την κάλυψη των καθημερινών του αναγκών. Το νερό είναι το βασικότερο στοιχείο ανάπτυξης και διατήρησης της ζωής, αλλά και βασικό υλικό για τη σύγχρονη βιομηχανία και γεωργία, η οποία φαίνεται να καταναλώνει και τις μεγαλύτερες ποσότητες παγκοσμίως (Σχήμα 1.3) (WRI, 2000).

1.5.1 ΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Η αστική χρήση του νερού συσχετίζεται άμεσα με την ποσότητα που χρησιμοποιείται από τους πληθυσμούς των πόλεων. Η ποσότητα αυτή περιλαμβάνει και το νερό για τη βιομηχανία που καλύπτει άμεσα τις ανάγκες των αστικών περιοχών. Ο όγκος του ύδατος που καταναλώνεται σε μια πόλη εξαρτάται από το μέγεθος του πληθυσμού και από άλλους παράγοντες, όπως την έκταση των δικτύων σωληνώσεων για τον ανεφοδιασμό και αποχέτευση. Επίσης, εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες (WRI, 2000).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



Σχήμα 1.3: Χρήση νερού ανά τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο (πηγή: World Resources Institute, WRI, 2000)

Σε μεγάλες πόλεις, η κατανάλωση νερού ανέρχεται σε 300-600 λίτρα ανά ημέρα ανά άτομο. Μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα, η κατανάλωση αναμένεται για να

αυξηθεί σε 500-1000 λίτρα ανά ημέρα στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Σε γεωργικές χώρες που βρίσκονται στην Ασία, την Αφρική και τη λατινική Αμερική, η αστική κατανάλωση ύδατος είναι μόνο 50-100 λίτρα ανά ημέρα ανά άτομο. Σε ορισμένες περιοχές με ανεπαρκείς υδάτινους πόρους, δεν είναι παραπάνω από 10-40 λίτρα ανά ημέρα ανά άτομο (Βαλκανάς, 1992).

Στον Πίνακα 1.2 που ακολουθεί φαίνεται η εξέλιξη στην κατανάλωση νερού και στη δημιουργία λυμάτων ανά έτος για μία πόλη με 4 εκατ. κατοίκους. Τα αστικά λύματα δημιουργούνται, κυρίως, από την ανθρώπινη δραστηριότητα και είναι προϊόντα μεταβολισμού και απορρίμματα τροφής και καθαριότητας. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής επιβάλλει κατανάλωση ποικίλων προϊόντων φυσικής και βιομηχανικής προέλευσης, με αποτέλεσμα τα αστικά λύματα να περιέχουν μεγάλη ποικιλία συστατικών με σοβαρά μεταβαλλόμενη δυνατότητα αφομοίωσης από το περιβάλλον. Πρόκειται για υδατοδιαλυτά και αιωρήματα που απάγονται με το νερό και κυρίως δημιουργούνται από ανθρώπινα περιττώματα και υπολείμματα τροφών (Βαλκανάς, 1992).

Πίνακας 1.2: Εξέλιξη κατανάλωσης νερού και δημιουργίας λυμάτων για μία πόλη 4 εκατ. κατοίκων σε m^3 (πηγή: Βαλκανάς, 1992)

	Κατανάλωση νερού (m^3)	**Δημιουργία λυμάτων (m^3)**
1970	400.000	220.000
1975	500.000	330.000
1980	700.000	550.000
1985	850.000	670.000
1990	1.100.000	900.000
2000	1.400.000	1.200.000

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

1.5.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Το νερό στη βιομηχανία χρησιμοποιείται για την ψύξη και την πλύση των βιομηχανικών εξοπλισμών και μερικές φορές ως πρώτη ύλη για τη σύνθεση ενός προϊόντος. Η θερμική και ατομική παραγωγή ενέργειας αποτελούν τους βασικούς "χρήστες" ύδατος στη βιομηχανία. Ο όγκος του νερού που χρησιμοποιείται διαφοροποιείται ανάμεσα στους κλάδους της βιομηχανίας και επίσης ανάμεσα στα είδη παραγωγής και ανάλογα με την τεχνολογία της διαδικασίας κατασκευής. Εξακολουθεί να εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, δεδομένου ότι η ποσότητα ύδατος που προορίζεται για βιομηχανική χρήση φαίνεται να είναι αρκετά λιγότερη στις βόρειες απ' ότι στις νότιες περιοχές όπου επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια μεγάλη βιομηχανική μονάδα μπορεί να καταναλώνει νερό με ρυθμό που αντιστοιχεί στην κατανάλωση μιας πόλης δύο εκατ. κατοίκων. Στον Πίνακα 1.3 παρουσιάζεται η κατανάλωση νερού στις Η.Π.Α. ανά βιομηχανικό τομέα (Αναγνωστόπουλος, 1993; Καζαλής κ.ά., 2006).

Πίνακας 1.3: Ποσοστιαία και ανά είδος χρήσης κατανάλωση νερού στη βιομηχανία των Η.Π.Α. (πηγή: Βαλκανάς, 1992)

Κλάδοι βιομηχανίας	**Κατανάλωση νερού (%)**	**Κατανάλωση νερού ανά είδος χρήσης (%)**		
		Κατεργασία	**Ψύξη**	**Αεριοποίηση**
Χημική βιομηχανία	22,0	15	80	5
Βιομηχανία μετάλλου	21,5	22	74	4
Διυλιστήρια & ανθρακωρυχεία	20,3	6	87	7
Χαρτομάζα & χαρτί	18,5	64	30	6
Μεταφορές	3,9	--	--	--
Τρόφιμα	3,9	--	--	--
Υφάνσιμες ύλες	3,2	--	--	--
Πλαστικές ύλες	3,1	--	--	--
Τσιμέντο & δομικά υλικά	1,2	--	--	--
Λοιπές βιομηχανίες	2,4	--	--	--
Σύνολο	--	**26**	**67**	**7**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Σε παγκόσμιο επίπεδο, το νερό που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία αντιστοιχεί περίπου στο 20% της κατανάλωσης γλυκού νερού. Από αυτή την ποσότητα νερού, το 57-69% χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας, κυρίως, ηλεκτρικής, δεδομένου ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού είναι ο σημαντικότερος χρήστης νερού στη βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένων και των συστημάτων ψύξης, το 30-40% σε βιομηχανικές διαδικασίες, ενώ 0,5-3% καταναλώνεται σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς. Σημαντικοί βιομηχανικοί καταναλωτές νερού είναι, επίσης, οι χημικές και πετρελαϊκές εγκαταστάσεις, η μεταλλουργία (σιδηρούχα και μη σιδηρούχα), η βιομηχανία κατασκευής μηχανημάτων, καθώς και αυτή του χαρτοπολτού και χαρτιού. Το σύστημα παροχής νερού καθορίζει σε μεγάλη κλίμακα τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της χρήσης του ύδατος στη βιομηχανία (U.S.EPA, 2006).

1.5.3 ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Ο κύριος ρόλος του νερού στην οικονομία, τόσο σε τοπικό, όσο και σε εθνικό επίπεδο, αφορά τη χρήση του στη γεωργία. Η χρήση του νερού στην άρδευση επιτρέπει την καλλιέργεια προϊόντων για οικιακή χρήση, την εξαγωγή, επεξεργασία και μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, που ενισχύουν την εθνική οικονομία και δημιουργούν πολλές θέσεις εργασίας. Αυτή τη στιγμή, περίπου 15% όλων των καλλιεργημένων εκτάσεων αρδεύονται. Η παραγωγή των τροφίμων από τις αρδευόμενες περιοχές αντιστοιχεί σχεδόν στη μισή συνολική συγκομιδή. Στο σύγχρονο κόσμο, η αύξηση του πληθυσμού προχωρά με γρήγορους ρυθμούς, ενώ συγχρόνως υπάρχει οξύ έλλειμμα τροφίμων στα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού. Η άρδευση, επομένως, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση της αποδοτικότητας και της παραγωγής της καλλιέργειας. Η αρδευόμενη καλλιέργεια αναμένεται να συνεχίσει να αναπτύσσεται εντατικά στο μέλλον, κυρίως σε εκείνες τις χώρες με εξαιρετικά ταχεία ανάπτυξη πληθυσμών (UNESCO, 2004).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Ο αγροτικός και δευτερευόντως ο κτηνοτροφικός τομέας και οι υδατοκαλλιέργειες απορροφούν το 30-87% των ποσοτήτων νερού, που καταναλώνονται για την καλλιέργεια προϊόντων. Από την άλλη πλευρά, όμως, ο αγροτικός τομέας ευθύνεται για την υποβάθμιση των επιφανειακών και υπόγειων νερών σε πολλές περιοχές. Εάν τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα δεν απορροφηθούν από τις καλλιέργειες ή δεν απομακρυνθούν κατά τη συγκομιδή, τα πλεονάζοντα νιτρικά άλατα, αλλά και άλλες επικίνδυνες χημικές ουσίες παρασύρονται στα υπόγεια και επιφανειακά νερά, ρυπαίνοντας και υποβαθμίζοντάς τα (Αναγνωστόπουλος, 1993; Καζαλής κ.ά., 2006).

Σύμφωνα με Έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος του 2003 "ίσως χρειαστεί μεγάλο χρονικό διάστημα, έως ότου οι αλλαγές στις γεωργικές πρακτικές αρχίσουν να αντικατοπτρίζονται στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων. Καθώς η ηλικία των υπόγειων υδάτων κυμαίνεται από δεκαετίες έως χιλιετίες (παρότι τα υπόγεια νερά που χρησιμοποιούνται για πόσιμο νερό έχουν μέσο όρο ηλικίας 40 ετών), οι τρέχουσες πρακτικές αφήνουν ουσιαστικά μια κληρονομιά ρύπανσης των υπόγειων υδάτων για τις επόμενες γενιές". Σε κάποιες χώρες υιοθετούνται πολιτικές, που ενθαρρύνουν μεθόδους άρδευσης με περιορισμό της σπατάλης του νερού ή ενθαρρύνουν στρατηγικές για τον εκσυγχρονισμό ή την αντικατάσταση παρωχημένων μεθόδων άρδευσης (Αντωνιάδης, 2007).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ο}

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η άνιση κατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων σε χωροχρονικό επίπεδο, οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες σε υδατικό για διάφορες χρήσεις, η, διαρκώς, αυξανόμενη απειλή υδατικών ελλειμμάτων και ποιοτικής υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων, οι λειψυδρίες και ξηρασίες, οι ρυπάνσεις και μολύνσεις, καθιστούν το θέμα της υδατικής διαχείρισης, ως πρωτεύων και κυριαρχικό (Στουρνάρας, 2007). Στη διεθνή βιβλιογραφία, απαντώνται περισσότεροι του ενός ορισμοί της ΔΥΠ. Με τον όρο διαχείριση υδατικών πόρων, εννοούμε τη συστηματική χώρο χρονική παρακολούθηση και πρόβλεψη δύο βασικών πολυδιάστατων παραμέτρων, της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων και των αναγκών σε νερό, καθώς και τη λήψη των αναγκαίων μέτρων για την κάλυψη των αναγκών κατά τον ευνοϊκότερο, από άποψη οικονομίας και περιβάλλοντος, τρόπο τώρα και στο μέλλον (Τσακίρης, 1996). Σύμφωνα με τον Καραβίτη (2005) ένας πλήρης ορισμός της διαχείρισης υδατικών πόρων είναι αυτός όπου διαχείριση των υδατικών πόρων περιέχει όλες τις οργανωμένες δραστηριότητες, σχετικά με την ανάπτυξη, διατήρηση, προστασία και τον έλεγχο προστασίας των υδατικών πόρων και των έργων τους, κάτω από όλες τις συνθήκες, με την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος και την αειφορία του πόρου. Η διαχείριση δηλαδή πρέπει να είναι προετοιμασμένη για όλα τα πιθανά συμβάντα και αυτό καθορίζει και τον βαθμό επιτυχίας της (Καραβίτης, 2005).

Η διαχείριση των υδατικών πόρων, ως επιστημονική προσέγγιση, αλλά και ως επιχειρησιακή πρακτική, σχετίζεται άμεσα ενώ εμπλέκεται ενεργά τόσο με τη διαδικασία της ανάπτυξης, όσο και με εκείνη της περιβαλλοντικής πολιτικής.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων θα πρέπει να είναι τα εξής (Ζαφειρίου,2006):

1. Ευελιξία: Η στρατηγική θα πρέπει να ενσωματωθεί στο υπάρχον κοινωνικοπολιτικό σύστημα το οποίο θα πρέπει να επιβάλλει θεσμικές και νομικές αλλαγές στον τομέα των υδατικών πόρων οι οποίες θα πρέπει να είναι πάγιες και ανεξάρτητες των συνθηκών που μπορεί να διαμορφωθούν στο μέλλον.
2. Προσαρμοστικότητα: Να έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίσει τα διαφορετικά προβλήματα χρήσης νερού καθώς και τη δομική διαφοροποίηση των οικοσυστημάτων φρέσκου νερού των διαφορετικών περιοχών.
3. Για τον ελλαδικό χώρο το πρόβλημα της διαχείρισης νερού εστιάζεται κυρίως στην ποσότητα και όχι στην ποιότητα του νερού. Η χωρική και χρονική ανισοκατανομή των υδατικών πόρων και της βροχόπτωσης δημιουργεί προβλήματα διαθεσιμότητας νερού (Hellenic Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works, 2002).

Στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης, επιβάλλεται η υιοθέτηση τεσσάρων βασικών αρχών, με την υλοποίηση των οποίων, η διαχείριση του νερού αποκτά τα χαρακτηριστικά της βιωσιμότητας, καθώς επιτυγχάνονται ταυτόχρονα τόσο ο στόχος της διατήρησης της περιβαλλοντικής ακεραιότητας, με την προστασία και αναβάθμιση των υδατικών συστημάτων, όσο και εκείνος της οικονομικής ανάπτυξης, με την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό. Οι τέσσερις βασικές αρχές της βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων, είναι οι εξής (Μυλόπουλος, 2000):

1. Ενιαία και ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των τεχνικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η προσέγγιση αυτή, αντικαθιστά την παραδοσιακή και αναποτελεσματική πολιτική της ανά τομέα αποσπασματικής διαχείρισης του νερού. Αστικές, αγροτικές, βιομηχανικές, ενεργειακές, τουριστικές και λοιπές δραστηριότητες και χρήσεις του νερού αντιμετωπίζονται ενιαία εντός των φυσικών ορίων της υδρολογικής λεκάνης και του υδατικού διαμερίσματος. Συγχρόνως, με την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών συστημάτων, παύει να υφίσταται η αναχρονιστική και τεχνητή διαφοροποίηση καθώς και ανεξάρτητη θεώρηση των ποσοτικών οι οποίες διαχωρίζονται από τις ποιοτικές παραμέτρους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

2. Διαχείριση της ζήτησης, και όχι της προσφοράς του νερού. Η λογική της εγκατάλειψης των πηγών του νερού κάθε φορά που αυτές εξαντλούνται ή υποβαθμίζονται και η αναζήτηση διαρκώς νέων υδατικών πόρων αντικαθίσταται από την οικονομικά αποδοτικότερη και συγχρόνως περιβαλλοντικά πιο φιλική πολιτική της διαχείρισης της ζήτησης του νερού, η οποία αποτελεί την πιο φθηνή εναλλακτική λύση για την ικανοποίηση των υδατικών αναγκών.

3. Οικονομική θεώρηση του νερού, και κοστολόγησή του σύμφωνα με την πλήρη αξία του, η οποία αντανακλά την αξία της πλέον πολύτιμης εναλλακτικής ή δυνητικής χρήσης του (κόστος ευκαιρίας του νερού). Όταν το νερό θεωρηθεί ως αγαθό το οποίο πρέπει να προσφέρεται δωρεάν ή ως χαμηλής αξίας ανανεώσιμος πόρος οδηγεί σε αναποτελεσματικότητες καθώς και σε περιβαλλοντικά καταστροφική διαχείριση του.

4. Αποκεντρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων με την ένταξη και συμμετοχή στην όλη διαδικασία των τελικών χρηστών του νερού, εκπροσώπων δηλαδή όλων των συναρμόδιων και άμεσα ενδιαφερόμενων τοπικών και κοινωνικών φορέων, καθώς και ανάμειξη και εμπλοκή και του ιδιωτικού τομέα. Το παραδοσιακό, συγκεντρωτικό, διαρθρωμένο σε τομείς ανάλογα με τη χρήση του νερού, διοικητικό σύστημα διαχείρισης, αντικαθίσταται από ένα σύγχρονο, αποκεντρωμένο και βασισμένο στη συμμετοχική προσέγγιση σύστημα.

Τέλος κρίνεται σκόπιμη η παρουσίαση κάποιων εννοιών που συνδέονται άρρηκτα με τους υδατικούς πόρους, όπως η έννοια του υδατικού ισοζυγίου και του ισοζυγίου προσφοράς – ζήτησης.

Υδατικό ισοζύγιο είναι η απεικόνιση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των εισροών και των εκροών νερού μιας ενιαίας υδατικής περιοχής στην ίδια χρονική περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη την εσωτερική διακύμανση των υδατικών αποθεμάτων.

Ενώ, το ισοζύγιο προσφοράς – ζήτησης, είναι η συνεκτίμηση της εξέλιξης των διαθέσιμων υδατικών πόρων και τον προοπτικών της ζήτησης για χρήση νερού σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο, με σκοπό τον προγραμματισμό της ανάπτυξης των υδατικών πόρων και τον προσανατολισμό των χρήσεων.

Όσον αφορά τη διαχείριση των υδατικών πόρων απαιτείται να ληφθεί υπόψη η αλληλεπίδραση των ακόλουθων παραγόντων (Spulber & Sabbaghi, 1994):

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

1. Ζητούμενη ποσότητα και ποιότητα ύδατος.
2. Παρεχόμενη ποσότητα και ποιότητα ύδατος.
3. Ρύπανση ύδατος.
4. Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση ύδατος

2.2 ΥΔΑΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Παρά το γεγονός ότι οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι είναι επαρκείς για την κάλυψη των συνολικών υδατικών αναγκών του πλανήτη, η ανομοιόμορφη κατανομή τους δημιουργεί ανισότητες και έχει πυροδοτήσει δεκάδες διαμάχες σε ολόκληρο τον κόσμο.

Οι υδατικοί πόροι δεν είναι μοιρασμένοι σύμφωνα με την κατανομή του πληθυσμού. Ορισμένες περιοχές στον πλανήτη όπως ο Καναδάς, η Αυστρία και η Ιρλανδία διαθέτουν περισσότερο νερό από ότι θα μπορούσαν ποτέ να καταναλώσουν ενώ άλλες όπως η Μέση Ανατολή και η Αυστραλία έχουν ελάχιστο. Επιπλέον, και η χρονική κατανομή τους δεν είναι ομοιόμορφη μέσα στο χρόνο. Στις περισσότερες περιπτώσεις (όπως και στην Ελλάδα), η μέγιστη διαθεσιμότητα του νερού δεν συμπίπτει με τη μέγιστη ζήτηση.

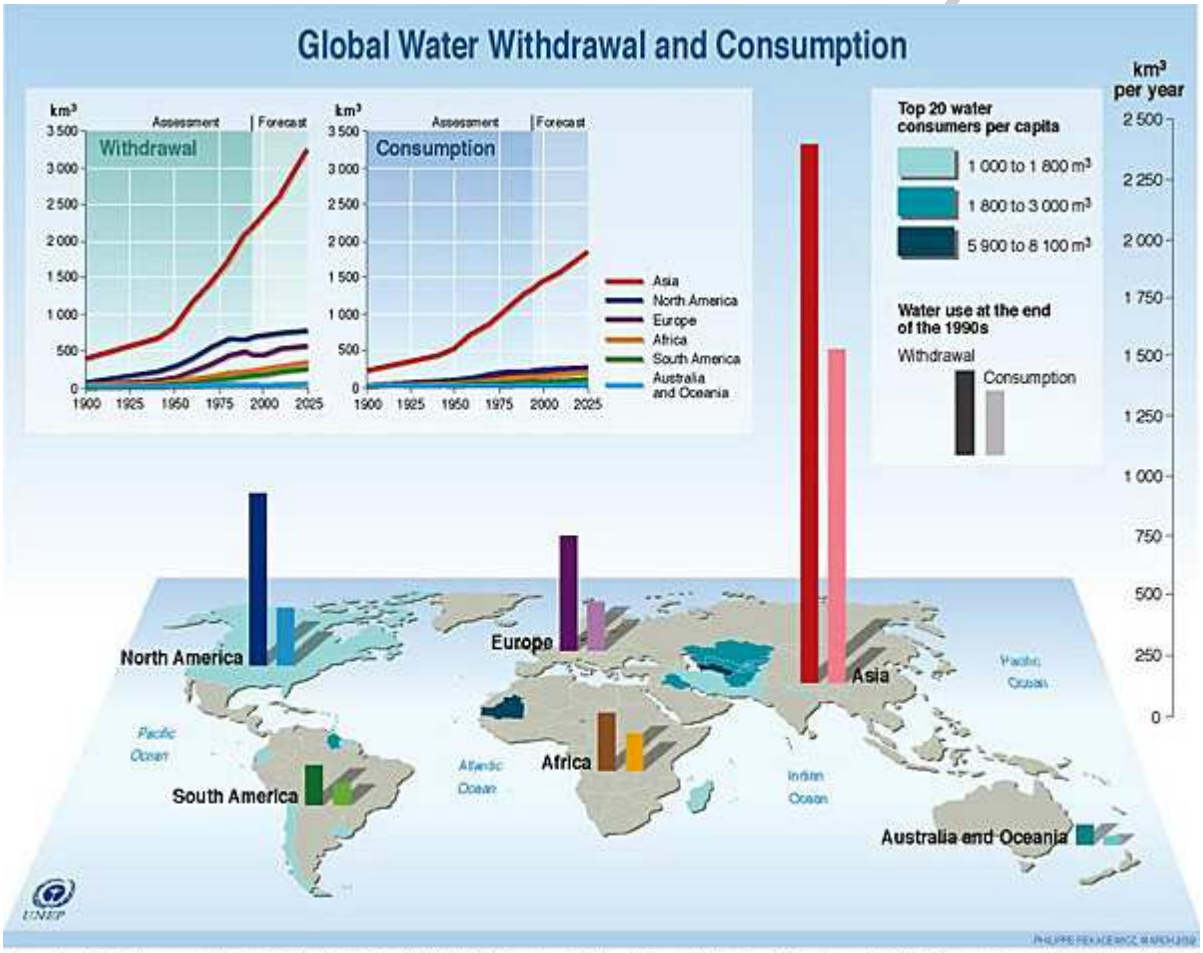
Τα βασικά υδατικά ζητήματα που απασχολούν σήμερα κράτη και διεθνείς οργανισμούς είναι τα εξής τρία: η λειψυδρία, η ρύπανση των υδροφόρων οριζόντων και η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων. Ένας στους έξι ανθρώπους παγκοσμίως (1,1 δις) δεν έχει πρόσβαση σε νερό, την ίδια στιγμή που ένας στους τρεις πίνει νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις που δεν πληρούν τις βασικές προϋποθέσεις υγιεινής (Σταματάκος, 2010).

Περίπου 80 χώρες, στις οποίες συγκεντρώνεται το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού, υπέφεραν από σοβαρή λειψυδρία στα μέσα της δεκαετίας του '90 (*CSD, 1997a*) και εκτιμάται ότι σε λιγότερο από 25 χρόνια, τα 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζουν σε χώρες με έλλειψη νερού (*CSD, 1997b*). Μέχρι το 2020, η κατανάλωση του νερού αναμένεται να αυξηθεί κατά 40%, και θα απαιτείται 17% περισσότερο νερό για την παραγωγή τροφίμων και την κάλυψη των αναγκών του αυξανόμενου πληθυσμού (World Water Council, 2000).

Έτσι αν το 2000, 508.000.000 άνθρωποι αντιμετώπιζαν προβλήματα λειψυδρίας, σύμφωνα με έκθεση του World Resources Institute, ο αριθμός αυτός το

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

2025 θα επταπλασιαστεί και θα φτάσει τα 3,5 δις, ενώ το 2050, εκτιμάται ότι 4,2 δις άνθρωποι (πάνω από το 45% του παγκόσμιου πληθυσμού) θα στερούνται της ελάχιστης απαιτούμενης ποσότητας νερού (50 λίτρα την ημέρα) για την επιβίωση και την ατομική τους καθαριότητα (Τζαμτζής, 2008).



Source: Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational,Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999; *World Resources 2000-2001, People and Ecosystems: The Fraying Web of Life*, World Resources Institute (WRI), Washington DC, 2000; Paul Harrison and Fred Pearce, *AAAS Atlas of Population 2001*, American Association for the Advancement of Science, University of California Press, Berkeley.

Σχήμα 2.1: Παγκόσμια άντληση και κατανάλωση νερού

(πηγή: UNEP 2002, http://www.unep.org/vitalwater/14.htm)

Οι τρεις βασικότεροι παράγοντες που προκάλεσαν αύξηση στη ζήτηση του νερού τον περασμένο αιώνα είναι η αύξηση του πληθυσμού, η βιομηχανική ανάπτυξη και η αρδευόμενη γεωργία.

Λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά διαπιστώσεις, όπως ότι (Κολοκυθά, 2000):

1. Η σπανιότητα του νερού αποτελεί πρόβλημα βιωσιμότητας για αρκετές χώρες, ιδίως γι' αυτές που χαρακτηρίζονται άνυδρες.

2. Η αύξηση των αναγκών σε νερό λόγω της αύξησης των δραστηριοτήτων, της εξέλιξης της τεχνολογίας και της μεγάλης ανάπτυξης οδήγησαν τον κόσμο σε μια ''ψευδαίσθηση'' αφθονίας νερού που είναι υπεύθυνη για καταστάσεις λειψυδρίας.
3. Διεθνώς η ζήτηση του νερού αυξάνεται τρεις φορές πιο γρήγορα από την αύξηση του πληθυσμού.
4. Η συνολική ποσότητα του νερού κάθε χώρας παραμένει περίπου σταθερή.

Γίνεται ξεκάθαρη η ανάγκη επαναπροσδιορισμού της πολιτικής του νερού προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης, της προστασίας και της ορθολογικής διαχείρισής του.

2.3 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το νερό αποτελεί βασικό αναπτυξιακό πόρο για την ελληνική γεωργία, τη βιομηχανία, την παραγωγή ενέργειας. Ταυτόχρονα, όμως, η χώρα μας αντιμετωπίζει το πρόβλημα της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων της. Μάλιστα, ο Ο.Ο.Σ.Α. σε έκθεσή του για το περιβάλλον, συμπεραίνει ότι η διαχείριση των υδάτων στην Ελλάδα είναι σπάταλη, με υπέρμετρη άρδευση, παράνομες γεωτρήσεις, και μη καθορισμό των ζωνών προστατευμένων υδάτων (ΟΟΣΑ, 2000)

Η Ελλάδα, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της Βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδατικών πόρων της. Όμως, η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και η απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, φέρνουν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί επαρκώς τα “παραδοσιακά” προβλήματα διαχείρισης (ΟΟΣΑ, 2000).

Το πρόβλημα της ορθολογικής διαχείρισης του νερού στη χώρα μας σχετίζεται με πολλούς παράγοντες όπως είναι (Πάλλη, 2008):

1. η άνιση κατανομή των υδάτινων πόρων (περισσότερες βροχές στη Δυτική απ’ ό,τι στην Ανατολική Ελλάδα),

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

2. η διαφορά στη ζήτηση (μεγαλύτερη, στις περιοχές Αθήνας και Θεσσαλονίκης, Πάτρας),
3. η γεωμορφολογία της χώρας (μεγάλο ανάπτυγμα ακτών),
4. η απουσία σύγχρονων αρδευτικών δικτύων,
5. η έλλειψη ενιαίας ποσοτικής και ποιοτικής διαχείρισης του νερού που οδηγεί σε συγκρουόμενα συμφέροντα ως προς τη χρήση του,
6. η αύξηση των δραστηριοτήτων και η τοπική εξάντληση των αποθεμάτων υπόγειου νερού,
7. η κατανάλωση των μόνιμων υδάτινων αποθεμάτων, λόγω της διατάραξης των υδάτινων ισοζυγίων και
8. η ρύπανση των υπόγειων υδάτων λόγω των λιπασμάτων και των αποβλήτων των βιομηχανιών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, προσπαθώντας να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά το πρόβλημα της διαθεσιμότητας και της ποιότητας του νερού, υιοθέτησε την Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60 για το νερό. Βασικοί στόχοι της Οδηγίας είναι η ολοκληρωμένη διαχείριση όλων των υδάτων -επιφανειακών, υπόγειων και παράκτιων- καθώς και η βελτίωση, η προστασία και η αποκατάσταση τους, έτσι ώστε, μέχρι το τέλος του 2015, όλα τα υδάτινα συστήματα να βρίσκονται σε καλή οικολογική κατάσταση. Παράλληλα, η Οδηγία – Πλαίσιο καλεί τα κράτη-μέλη να διαχειριστούν τις υδάτινες μονάδες σε εθνικό, και όπου είναι απαραίτητο, σε διασυνοριακό επίπεδο.

Σε εφαρμογή της Οδηγίας αυτής δημοσιεύθηκε ο Νόμος 3199/03 «περί Προστασίας και Διαχείρισης των Υδάτων». Όμως, πολλές από τις διατάξεις του Νόμου αυτού, όπως η καταγραφή της κατάστασης του υδάτινου περιβάλλοντος της χώρας, δεν έχουν τεθεί ακόμη σε εφαρμογή (Πάλλη, 2008).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

2.3.1 ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η Ελλάδα διαθέτει σε γενικές γραμμές μεγάλα αποθέματα γλυκού νερού. Η μέση ετήσια τιμή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ανέρχεται σε 700 mm (115 δις m^3), από τα οποία περίπου το ήμισυ χάνεται λόγω της εξατμισιοδιαπνοής (ΟΟΣΑ, 2000).

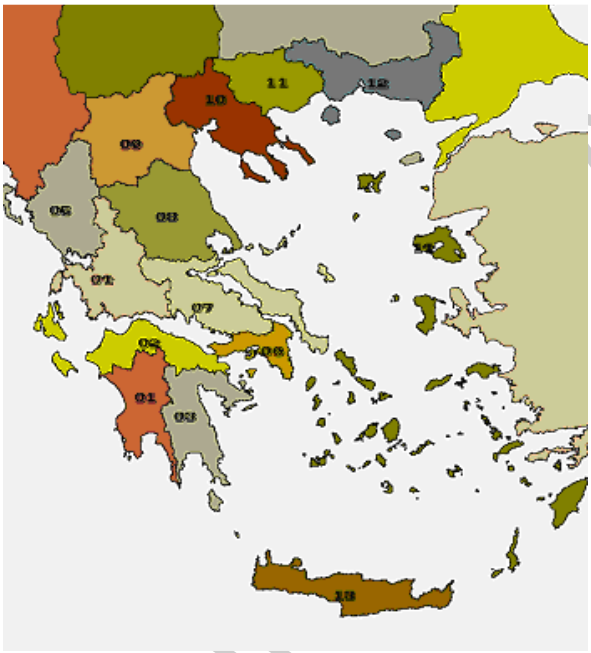
Στην Ελλάδα, το κλίμα σε συνδυασμό με την πολυσχιδή γεωμορφολογική εικόνα της, την πολύμορφη γεωλογική δομή της και τον έντονο τεκτονισμό της συντελούν στη χωροχρονική ανισοκατανομή των υδατικών πόρων. Η κατανομή των υδάτων παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις στην Ελλάδα, τόσο χρονικά όσο και χωρικά. Η χωρική κατανομή καθιστά την ανατολική Πελοπόννησο, την Αττική, την Κεντρική Ελλάδα, την Εύβοια και τα Νησιά του Αιγαίου ως τα υδατικά διαμερίσματα με τους λιγότερους διαθέσιμους πόρους και ακολουθούν η Θεσσαλία, η Δυτική Μακεδονία και η Κρήτη. Επιπλέον, παρατηρείται ότι το 45% του συνόλου των κατακρημνίσεων λαμβάνει χώρα από το Δεκέμβριο μέχρι τον Ιανουάριο. Σε μερικές περιοχές της Ελλάδας, και ιδιαίτερα στην Ανατολική Πελοπόννησο, την Αττική, την Κρήτη και λιγότερο στην Κεντρική Ελλάδα και την Εύβοια, οι υπόγειοι υδάτινοι πόροι είναι εξίσου σημαντικοί με τους επιφανειακούς πόρους (Φυτιάνος, 2007).

Περίπου το 85-90% των αποθεμάτων γλυκού νερού απαντώνται υπό τη μορφή επιφανειακών υδάτων, ενώ το 10-15% ως υπόγεια ύδατα. Περίπου το 40% του νερού άρδευσης αντλείται από υπόγειους υδροφορείς (ΟΟΣΑ, 2000).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

2.4 ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

Για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων, η Ελληνική επικράτεια έχει χωριστεί σε 13 υδατικά διαμερίσματα (Σχήμα 2.2) (Μιγκίρος, 2008).



Σχήμα 2.2: Τα 13 υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας (πηγή: Μιγκίρος, 2008)

Στην Ελλάδα το συνολικό ανανεώσιμο ετήσιο δυναμικό υπολογίζεται σε 70 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και η ζήτηση σε διαθέσιμο νερό εκτιμάται σε 5.5km^3/έτος, εκ των οποίων (Φυτιάνος, 2007; Μιγκίρος, 2008):

1. Περίπου το 80-84% καταναλώνεται σε αρδευτικές ανάγκες.
2. Το 2.5-4% καταναλώνεται για τις ανάγκες της βιομηχανίας.

Από αυτή την ποσότητα που προορίζεται για άρδευση, ένα μεγάλο ποσοστό (μέχρι και 50% του μεταφερόμενου νερού) χάνεται λόγω της κακής κατάστασης των αρδευτικών δικτύων ή των ακατάλληλων τεχνικών. Την κατάσταση έρχεται να επιβαρύνει το γεγονός ότι πολλές άνυδρες καλλιέργειες έχουν αντικατασταθεί από υδροφόρα είδη, όπως οι σύγχρονες ποικιλίες βαμβακιού και τα εσπεριδοειδή. Από τη δεκαετία του 1960, 200000 έως 300000 στρέμματα μετατρέπονται σε αρδευόμενες εκτάσεις κάθε χρόνο. Ωστόσο, τα τελευταία 9 χρόνια η τιμή αυτή έχει σταθεροποιηθεί στα 100000 στρέμματα (ΟΟΣΑ, 2000). Στον κάμπο της Θεσσαλίας, για παράδειγμα, την περίοδο 1984-1996, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις βαμβακιού

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟΣ

υπερδιπλασιάστηκαν, αντικαθιστώντας ξερικές καλλιέργειες, κυρίως, σκληρού σίτου (Μιγκίρος, 2008).

Η βιομηχανία (περιλαμβανομένης και της μεταλλευτικής) χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες για νερό, κυρίως για:

1. Ψύξη νερού (κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, αλλά και αλλού).
2. Παρασκευή χαρτοπολτού.
3. Επεξεργασία πετρελαίου.
4. Παρασκευή τσιμέντου.
5. Παραγωγή χάλυβα.
6. Εξόρυξη και επεξεργασία ορυκτών.
7. Πλύσιμο και χρωματισμός στην κλωστοϋφαντουργία.
8. Νερό λεβήτων (μικρές ποσότητες, αλλά καλής ποιότητας).
9. Πλύσιμο, χρήση σε βιομηχανίες τροφίμων κ.τ.λ..

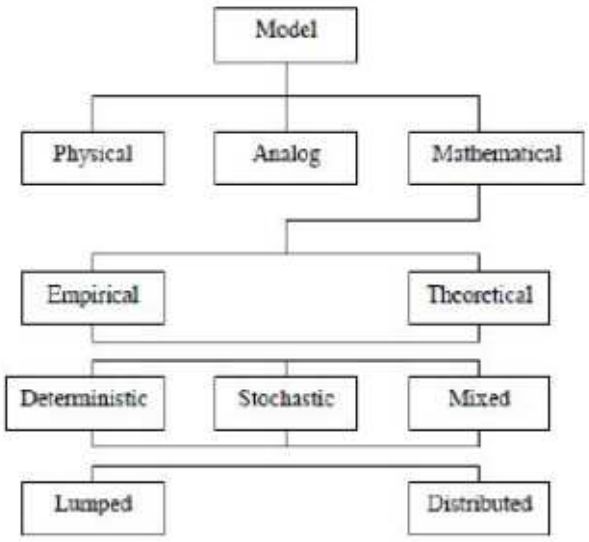
Παρά το μικρό, σχετικά, ποσοστό κατανάλωσης νερού στην ελληνική βιομηχανία υπάρχουν ακόμα σημαντικά περιθώρια μείωσης της σπατάλης, που θα επιδράσει ευεργετικά τόσο στην προστασία του περιβάλλοντος όσο και στην μείωση των σχετικών δαπανών της βιομηχανίας (Ανδρίτσος, 2008). Τα επιφανειακά νερά (των ποταμών) αξιοποιούνται επίσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με την κατασκευή φραγμάτων και αντίστοιχων υδροηλεκτρικών εργοστασίων. Ο Ν.1739/1987 ρυθμίζει του κανόνες διαχείρισης των νερών (Ανδρίτσος, 2008).

Η οικιακή κατανάλωση νερού αντιστοιχεί στο 13-15% του συνολικού αντλούμενου γλυκού νερού. Η υδροδότηση της ευρύτερης μητροπολιτικής περιοχής της πόλης των Αθηνών προέρχεται, κυρίως, από επιφανειακά ύδατα. Άλλες μεγάλες πόλεις της Ελλάδας, κτισμένες σε παραλιακές περιοχές, συνήθως αντλούν νερό από υπόγειους υδροφορείς. Τα προβλήματα που προκαλεί, όμως, η υφαλμύρωση του υπόγειου ύδατος έχει οδηγήσει στην ανεύρεση άλλων λύσεων, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς νερού από φυσικές πηγές και την κατασκευή φραγμάτων. Παρόλα αυτά, τέτοιου είδους παρεμβάσεις στη ροή των υδάτων των φυσικών πηγών έχουν οδηγήσει στη σημαντική μείωση της παροχής πολλών πηγών. Στα νησιά, το πόσιμο νερό προέρχεται από φυσικές πηγές, ταμιευτήρες νερού βροχής, μικρά φράγματα και, σε λιγότερες περιπτώσεις, από μεταφορά του με δεξαμενόπλοια ή από αφαλάτωση (ΟΟΣΑ, 2000).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

2.5 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Όπως αναφέρεται στον Dingman (2002), ένα μοντέλο είναι μία αναπαράσταση ενός μέρους του φυσικού ή του ανθρωπογενούς κατασκευασμένου κόσμου, η οποία μπορεί αρχικά να χαρακτηριστεί ως φυσική, αναλογική, ή μαθηματική (Σχήμα 2.3). Ένα φυσικό μοντέλο είναι μία μειωμένη έκδοση ενός πραγματικού συστήματος (Brooks, 1991). Σε ένα αναλογικό μοντέλο, οι παρατηρήσεις μιας διαδικασίας χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση μιας άλλης ανάλογης φυσικής διαδικασίας. Το μαθηματικό μοντέλο αποτελείται από μια ρητή, διαδοχική σειρά εξισώσεων και αριθμητικής, αλλά και από λογικά βήματα, η οποία μετατρέπει αριθμητικές εισροές, σε αριθμητικές εξόδους (Dingman, 2002). Η ταχεία πρόοδος στην τεχνολογία των υπολογιστών οδήγησε στην αντικατάσταση των φυσικών και αναλογικών μοντέλων, από τα μαθηματικά μοντέλα.



Σχήμα 2.3: Ταξινόμηση Μοντέλων (πηγή: Σταματάκος, 2010)

Το υδρολογικό μοντέλο ορίζεται σαν ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων οι οποίες απεικονίζουν κατά προσέγγιση το σύνολο των αλληλοσχετιζόμενων φαινομένων που υπεισέρχονται στη διαδικασία μετατροπής της βροχής σε απορροή. Σχηματικά ένα υδρολογικό μοντέλο αναπαρίσταται ως:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Σχήμα 2.4: Γενική αναπαράσταση μοντέλου

Όπου:

1. Είσοδος**:** Μετεωρολογικές μεταβλητές (κατακρημνίσεις, θερμοκρασία, άνεμος κ.λπ.).
2. Εξισώσεις συστήματος: Σύνολο μαθηματικών εξισώσεων που απεικονίζουν τις φυσικές διεργασίες μετατροπής της βροχής σε απορροή (κατακράτηση, εξατμισοδιαπνοή, διήθηση, επιφανειακή απορροή, ενδιάμεση απορροή, εδαφική υγρασία, αποθήκευση υπόγειου ορίζοντα). Τα τελευταία χρόνια, το αυξημένο ενδιαφέρον για τη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών, οδήγησε στην εισαγωγή στα υδρολογικά μοντέλα, αλγορίθμων προσομοίωσης χημικών διαδικασιών.
3. Έξοδος: Απορροή.

Τα μοντέλα παρουσίαζαν 3 βασικά πλεονεκτήματα:

1. Ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για μακρές βάσεις δεδομένων, αποφεύγοντας την πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα του διαχωρισμού της πλημμυρικής από τη βασική απορροή.
2. Ήταν δυνατόν να εφαρμοστούν σε μεγάλες λεκάνες απορροής με μεγάλη ποικιλία εδαφών, ειδών βλαστήσεως, κλίσεων κ.λπ.
3. Ήταν δυνατόν να εφαρμοστούν κατά προσέγγιση χωρίς νέα ρύθμιση σε άλλες παρόμοιες λεκάνες απορροής.

Στη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να συναντήσει ένα μεγάλο αριθμό τέτοιων μοντέλων, τα πιο γνωστά από τα οποία είναι το Stanford IV (Crawford και Linsley,

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

1966), το Sacramento (HFS) (Burnash et al. 1973, Georgakakos, 1986) και το U.S. Army Corps of Engineers (SSAR) (Rocwood και Nelson, 1966).

Τα τέλη της δεκαετίας του 1970, χαρακτηρίστηκαν από αυξημένο παγκόσμιο ενδιαφέρον για το περιβάλλον και τις επιπτώσεις ανθρωπογενών αλλαγών πάνω στα φυσικά οικοσυστήματα. Το ενδιαφέρον αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη ενός άλλου τύπου σύνθετων οικολογικών-υδρολογικών μοντέλων τα οποία περιλαμβάνουν επίσης τη μοντελοποίηση φαινομένων τέτοιων όπως η εδαφική διάβρωση, η ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτινων οικοσυστημάτων (π.χ. μοντέλο ILWAS, Chen et al. 1982a, 1982b) κ.λπ.

Στην τελευταία δεκαετία του 20ου αιώνα, εμφανίστηκαν και άλλα μοντέλα όπως αυτά του Hydrologic Engineering Center (HEC) του U.S. Army Corps of Engineers, καθώς και διάφορα ελληνικά λογισμικά στις αρχές του 21ου αιώνα, όπως ο «Υδρονομέας», που είναι ένα επιχειρησιακό εργαλείο πληροφορικής για τη διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων υδατικών πόρων. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι κατάλληλο για ευρύ φάσμα υδροσυστημάτων, ενσωματώνοντας ένα πλήθος φυσικών, λειτουργικών, διοικητικών και περιβαλλοντικών όψεων της ολοκληρωμένης διαχείρισης λεκανών απορροής. Επίσης η «Κασταλία» που ουσιαστικά είναι ένα σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών και χρησιμοποιείται για τη γέννηση συνθετικών υδρολογικών χρονοσειρών σε πολλαπλές θέσεις και πολλαπλές χρονικές κλίμακες, στατιστικά συνεπών με τα αντίστοιχα ιστορικά δεδομένα (Ευστρατιάδης κ.α., 2007).

Τέλος να αναφέρουμε και κάποια άλλα λογισμικά πακέτα, όπως είναι η Υδρογαία, η Υδρόγειος, ο Υδρογνώμων κ.λπ. (Ευστρατιάδης κ.α., 2009, Κοζάνης, κ.α., 2010, Μάρης, 2011)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

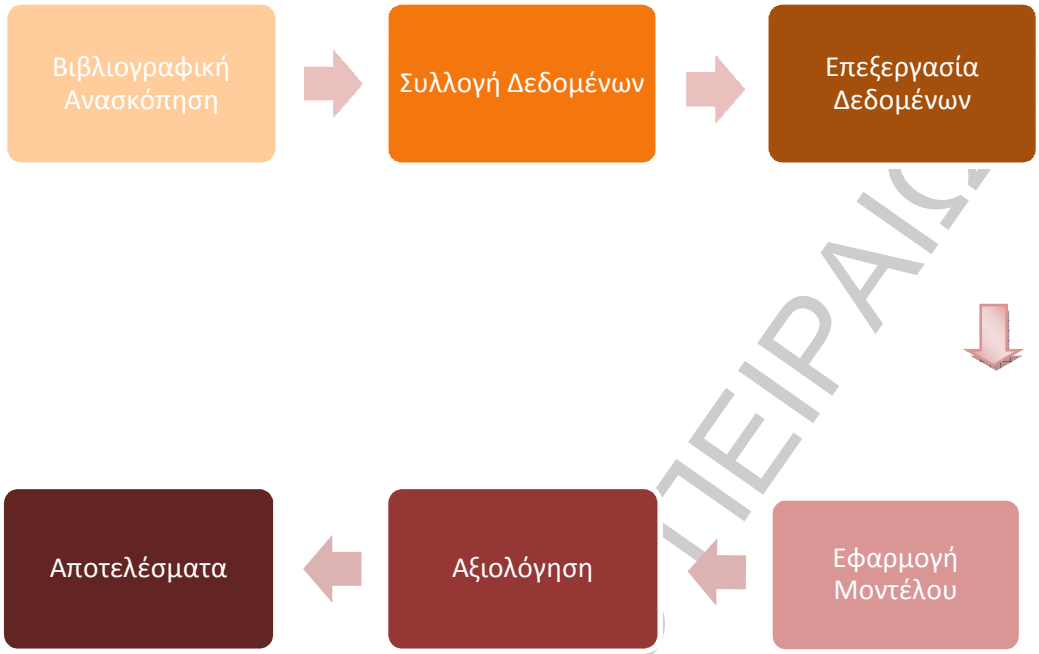
3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται η μεθοδολογία πάνω στην οποία βασίστηκε η δημιουργία της μεταπτυχιακής διατριβής, περιγράφεται ο σκοπός της εργασίας και απεικονίζεται η διάρθρωση αυτής.

Το μοντέλο MIKE SHE έχει την δυνατότητα να προσομοιώσει το σύνολο της ροής των υδατορευμάτων, που περιλαμβάνει την άμεση ροή και την βασική ροή. Πολλά μοντέλα είτε δεν προσομοιώνουν, ή χρησιμοποιούν απλοϊκές μεθόδους, για τον προσδιορισμό της βασικής ροής. Το MIKE SHE εξετάζει επίσης διάφορες χρήσεις γης, τους τύπους εδάφους στην προσομοίωση και επιτρέπει την αξιολόγηση των διαφορετικών σεναρίων διαχείρισης, ενώ εξετάζει και πολλά υδρολογικά στοιχεία. Δεδομένου ότι η μελέτη αυτή κατευθύνθηκε προς την προσομοίωση των επιφανειακών απορροών, καθώς της διήθησης στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη, το MIKE SHE αποτελεί το κατάλληλο εργαλείο για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων(Παπαρρίζος,2012).

Το μοντέλο MIKE SHE χρησιμοποιήθηκε για να προσομοιώσει την απορροή της λεκάνης του ποταμού Ευρώτα στον νομό Λακωνίας. Επιλέχθηκαν δεδομένα από 4 μετεωρολογικούς σταθμούς που καλύπτουν όλη την περιοχή. Η χρήση των ημερησίων δεδομένων εισόδου βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής σε συνδυασμό με γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία, καθώς και στοιχεία φυτοκάλυψης και φυλλικής επιφάνειας συγχρόνως με άλλα στοιχεία που αφορούν κυρίως τις καλλιέργειες. Στο ακόλουθο Σχήμα (3.1) σκιαγραφείται η διαδικασία σχεδιασμού της μελέτης:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



Σχήμα 3.1: Μεθοδολογία Μεταπτυχιακής Μελέτης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΑΝΑΠΤΥΞΗ MIKE SHE

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το Danish Hydrology Institute Water & Environment – Δανέζικο Υδρολογικό Ινστιτούτο Νερού & Περιβάλλοντος , είναι ένας ερευνητικός και διαβουλευτικός οργανισμός που ασχολείται με την ανάπτυξη και την εφαρμογή προηγμένων μεθόδων και τεχνολογιών μέσω της υδραυλικής και της μηχανικής των υδάτινων πόρων. Οι κύριοι επιχειρηματικοί τομείς της DHI είναι η παροχή υπηρεσιών συμβούλου, παροχή εργαλείων λογισμικού καθώς και εγκαταστάσεων δοκιμής των μοντέλων, που σχετίζονται με υπεράκτιους υδατικούς πόρους, παράκτιους υδατικούς πόρους, υδατικούς πόρους λιμανιού, ποταμού, καθώς και με την αστική υδραυλική και περιβαλλοντική μηχανική.

Η DHI είναι γνωστή για την ανάπτυξη της σειράς των αριθμητικών μοντέλων λογισμικού MIKE. Από την ίδρυσή της, το 1964, έχει αναλάβει έργα σε περισσότερες από 120 χώρες. Η DHI πήρε τη σημερινή της μορφή μετά τον Οκτώβριο του 2005 όταν και συγχωνεύτηκε με το Danish Toxicology Center – DTC (Δανέζικο Τοξικολογικό Κέντρο). Πέντε χρόνια νωρίτερα η DHI είχε συγχωνευτεί με το VKI, Ινστιτούτο για το Νερό και το Περιβάλλον (DHI,2004).

Η DHI έχει λάβει έγκριση από το Δανέζικο Υπουργείο Επιστημών, Τεχνολογίας και Καινοτομίας ως εξουσιοδοτημένο Τεχνολογικό Υπηρεσιακό Ινστιτούτο. Ακόμα, έχει οριστεί από την World Health Organisation (WHO) - Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ) ως Συνεργαζόμενο Κέντρο για το νερό και την υγεία (από το 2004) ως συνέχεια της ήδη υπάρχουσας συνεργασίας της ΠΟΥ για την αξιολόγηση της ποιότητας νερού (από το 1993). Έχει οριστεί επίσης ως Κέντρο Πληροφόρησης για την παγκόσμια συνεργασία για τα ύδατα (από το 2000). Συνεργάζεται με το United Nations Environment Programme (UNEP) – Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον, του Collaborating Centre for Water and Environment (συνεργαζόμενου κέντρου για το νερό και το περιβάλλον), ως συνέχεια της ήδη υπάρχουσας συνεργασίας της UNEP για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της ποιότητας του γλυκού νερού (από το 1976). Τέλος, έχει πιστοποιηθεί ως εξουσιοδοτημένος πάροχος συνεχούς εκπαίδευσης από την International

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Association for Continuing Education and Training, (IACET) – Διεθνή Ένωση Συνεχούς Εκπαίδευσης και Κατάρτισης (από το 2001).

Εικόνα 4.1 : Λογότυπο MIKE by DHI (πηγή: DHI, 2004)

4.2 ΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE SHE

Το MIKE SHE (Système Hydrologique Européenne) είναι ένα δυναμικό εργαλείο ολοκληρωμένης προσομοίωσης του επίγειου υδρολογικού κύκλου. Η ανάπτυξη του μοντέλου ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1980 (*Abbot et al.*, 1986), ενώ η ανάπτυξη του λογισμικού υποστηρίζεται από τη Δανέζικη εταιρεία DHI Software.

Το μοντέλο έχει ένα εξαιρετικά ευρύ φάσμα εφαρμογών σε προβλήματα επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων, καθώς και σε προβλήματα περιβάλλοντος, όπως (DHI,2004):

1. Επιπτώσεις στα επιφανειακά νερά λόγω αντλήσεων.
2. Συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων νερών.
3. Διαχείριση και προστασία υδροβιότοπων.
4. Διαχείριση λεκάνης απορροής.
5. Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
6. Δυναμική επανατροφοδοσία υδροφορέων.
7. Διαχείριση υπόγειων υδατικών πόρων.
8. Μελέτες πλημμυρών.
9. Εκτίμηση επιπτώσεων από αλλαγές στις χρήσεις γης και στο κλίμα.
10. Εκτίμηση επιπτώσεων από γεωργικές πρακτικές.

Το μοντέλο αναπαριστά τις ακόλουθες διεργασίες:

1. Κατακρήμνιση (βροχόπτωση, χιονόπτωση).
2. Εξατμοδιαπνοή, περιλαμβανομένης και της παρεμπόδισης από τη χλωρίδα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙ

3. Επίγεια απορροή.
4. Ροή σε υδατορεύματα / ανοιχτούς αγωγούς.
5. Ακόρεστη ροή στο έδαφος.
6. Κορεσμένη υπόγεια ροή.

Για κάθε διεργασία, το MIKE SHE παρέχει εναλλακτικούς τρόπους μαθηματικής περιγραφής, που κυμαίνονται από απλές, συγκεντρωτικές προσεγγίσεις έως εξελιγμένες, κατανεμημένες προσεγγίσεις φυσικής βάσης. Οι εν λόγω προσεγγίσεις μπορούν να συνδυαστούν με μεγάλη ευελιξία, παρέχοντας έτσι στο χρήστη τη δυνατότητα να προσαρμόσει το μοντέλο στο υδρολογικό πρόβλημα που εξετάζεται και στα διαθέσιμα δεδομένα.

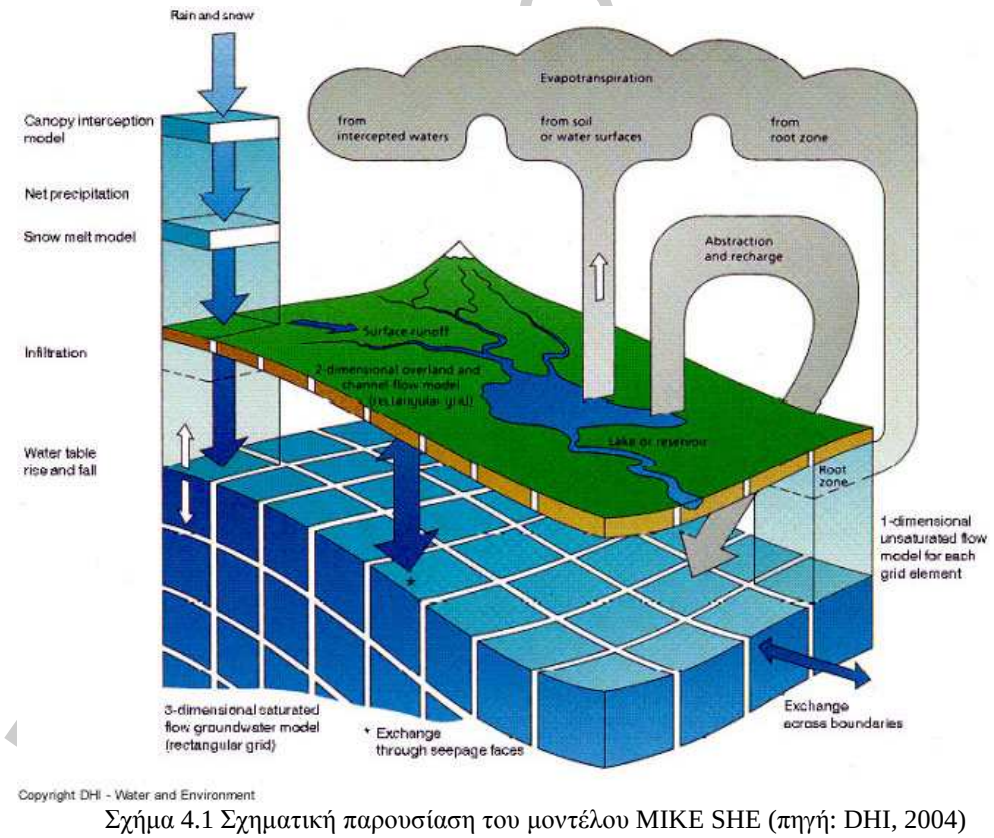
Αν στη σχηματοποίηση του μοντέλου περιλαμβάνεται η ακόρεστη ζώνη, τότε το MIKE SHE υπολογίζει τη διήθηση, την πραγματική εξατμοδιαπνοή και την τροφοδοσία του υδροφορέα (κατείσδυση), διαφορετικά η κατείσδυση δίνεται από το χρήστη. Τα υδρολογικά δεδομένα μπορεί να είναι σταθερές τιμές ή χρονοσειρές, που αναφέρονται είτε σε σημεία του χώρου (οπότε κατανέμονται με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen) είτε σε κυψέλες κανάβου. Για την εκτίμηση της κατείσδυσης, το MIKE SHE συνεργάζεται και με το εξειδικευμένο πρόγραμμα DAISY GIS, που είναι ένα μονοδιάστατο μοντέλο φυσικής βάσης, που προσομοιώνει τη ροή του νερού σε κατακόρυφες εδαφικές στρώσεις, παράγοντας χάρτες κατανεμημένης κατείσδυσης.

Η ακόρεστη ζώνη αποτελεί τη διεπιφάνεια μεταξύ των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων. Το μοντέλο ακόρεστης ροής του MIKE SHE είναι ένα μοντέλο εδαφικού προφίλ, που αλληλεπιδρά τόσο με την επίγεια ροή (μέσω της επιλίμνασης των υδάτων στην επιφάνεια του εδάφους) όσο και με το μοντέλο υπόγειων νερών (αφού η στάθμη του υδροφορέα αποτελεί την κατώτατη οριακή συνθήκη της ακόρεστης ζώνης). Το MIKE SHE παρέχει τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις, και συγκεκριμένα: (α) ένα απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου, που υποθέτει διακριτοποίηση της ακόρεστης ζώνης σε δύο περιοχές, (β) ένα μοντέλο ροής με βαρύτητα, και (γ) ένα πλήρες μοντέλο επίλυσης των εξισώσεων Richards. Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται ο προσδιορισμός ορισμένων χαρακτηριστικών του εδάφους. Το μοντέλο ακόρεστης ροής συνεργάζεται με το μοντέλο εξατμοδιαπνοής, η οποία εκτιμάται με βάση τη δυνητική εξατμοδιαπνοή, τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία και τα χαρακτηριστικά της χλωρίδας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

4.3 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το Σχήμα 4.1 δίνει μια σχηματική απεικόνιση του μοντέλου MIKE SHE. Το μοντέλο MIKE SHE έχει μια αρθρωτή δομή που αποτελείται από διάφορα στοιχεία: την ενότητα της κίνησης του νερού για υδρολογία (WM), την ενότητα για οριζόντια μεταφορά / Διασπορά των διαλυτών ουσιών (AD) για την ποιότητα του νερού, μία ενότητα για Διάβρωση (SE), για τη μεταφορά των ιζημάτων, καθώς και όπως και άλλες, όπως η ενότητα Διπλού πορώδους (DP), γεωχημικές διεργασίες (GC), ανάπτυξη των καλλιεργειών και του αζώτου σε διεργασίες στη ζώνη του ριζικού συστήματος (CN), καθώς και άρδευση (IR). Η ενότητα της κίνησης του νερού του MIKE SHE έχει πολλές συνιστώσες, καθεμία από της οποίες περιγράφει μια συγκεκριμένη φυσική διαδικασία. Αυτές περιλαμβάνουν την εξατμισοδιαπνοή, την επιφανειακή ροή κανάλι (OC), την ακόρεστη ζώνη (UZ), την κορεσμένη ζώνη (SZ), τα χιόνια που λιώνουν, και την ανταλλαγή μεταξύ υδροφόρου ορίζοντα και των ποταμών (DHI,2004).



Σχήμα 4.1 Σχηματική παρουσίαση του μοντέλου MIKE SHE (πηγή: DHI, 2004)

Οι υδρολογικές διεργασίες περιγράφονται ως επί το πλείστον από φυσικούς νόμους (νόμοι διατήρησης μάζας, ορμής και ενέργειας). Οι εξισώσεις 1-D και 2-D καθώς και η Saint Venant περιγράφουν τη ροή στο κανάλι και την επιφανειακή ροή,

αντίστοιχα. Η μέθοδος Kristensen και Jensen χρησιμοποιούνται για την εξατμισοδιαπνοή, η εξίσωση 1-D Richards για ακόρεστη ροή ζώνη, και η 3-D Boussinesq εξίσωση για τη ροή στην κορεσμένη ζώνη. (DHI, 2004).

4.3.1 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Σε αντίθεση με τη βροχόπτωση, η φυσική εξάτμιση είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί με αξιόπιστο τρόπο. Το σύνηθες όργανο μέτρησης είναι το εξατμισίμετρο, το οποίο υπολογίζει την απώλεια νερού από μια μικρή λεκάνη. Η διαφορά κλίμακας ως προς την έκταση και τον όγκο νερού της λεκάνης του εξατμισίμετρου σε σχέση με τα αντίστοιχα μεγέθη ενός ταμιευτήρα έχουν ως αποτέλεσμα την υπερεκτίμηση της πραγματικής τιμής της εξάτμισης. Επιπλέον συχνά παρατηρούνται προβλήματα που σχετίζονται με την τοποθέτηση, συντήρηση και ασφάλεια του οργάνου, τα οποία το καθιστούν εντελώς αναξιόπιστο. Κατά συνέπεια, είναι προτιμότερος ο έμμεσος τρόπος εκτίμησης της εξάτμισης και της εξατμοδιαπνοής, με βάση μετρήσεις άλλων μετεωρολογικών μεταβλητών που την επηρεάζουν. Από τις ποικίλες μεθοδολογίες που απαντώνται στη βιβλιογραφία, η οικογένεια των μεθόδων που στηρίζονται στη μέθοδο του Penman θεωρείται παγκοσμίως η πλέον αξιόπιστη και φυσικά θεμελιωμένη.

Η ανάγκη ύπαρξης ταυτόχρονων μετρήσεων θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ηλιοφάνειας και ταχύτητας ανέμου που απαιτεί η μέθοδος Penman, περιορίζει το εύρος εφαρμογής της, ιδιαίτερα στις ελληνικές συνθήκες. Συχνά, παρατηρείται έλλειψη δεδομένων, με εξαίρεση της θερμοκρασίας που είναι η ευκολότερα μετρήσιμη μετεωρολογική μεταβλητή. Για τον λόγο αυτό, έχουν αναπτυχθεί τρόποι εκτίμησης της δυνητικής εξατμοδιαπνοής συναρτήσει μόνο της θερμοκρασίας, που χρησιμοποιήθηκαν για τη συντριπτική πλειοψηφία των σταθμών στους οποίους η θερμοκρασία ήταν η μοναδική μετρούμενη μετεωρολογική μεταβλητή.

Εκτίμηση Ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_o) σε mm/day, για γρασίδι ύψους 8-12 cm με πλήρη επάρκεια εδαφικού νερού.

Χαρακτηριστικά της καλλιέργειας αναφοράς: (Δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI = 2.88), albedo ($\alpha = 0.23$), συνολική αντίσταση βλάστησης ($r_s = 70 s/m$) και αεροδυναμική αντίσταση ($r_a = 208/U_2\ s/m$)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{mean} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \cdot U_2)}$$

ET_o: Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς $[mm/d]$, R_n: Μέση καθαρή πυκνότητα ροής ακτινοβολίας $[MJ/m^2d]$, G: Πυκνότητα ροής θερμότητας στο έδαφος $[MJ/m^2d]$, U_2 :Ταχύτητα ανέμου στο επίπεδο των 2 m [m/sec] ,(G= 0, για ημερήσιο βήμα εκτίμησης).

Η διαφορά της τάσης κορεσμένων υδρατμών με την πραγματική τάση υδρατμών $(e_s - e_a)$ ονομάζεται ‘’Έλλειμμα κορεσμού’’ (VPD, Vapor pressure deficit)

e_s : τάση κορεσμένων υδρατμών [kPa] $e_s = 0.611 \exp\left(\frac{17.27\ T_{mean}}{T_{mean} + 237.3}\right)$

$T_{mean} = (T_{max} + T_{min})/2$, εάν δίδεται η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία

Δ: Κλίση καμπύλης τάσης υδρατμών [kPa/^{o}C] (*Slope Vapour Pressure Curve*)

$$\Delta = \frac{4098\, e_s}{(T_{mean} + 237.3)^2}$$

e_a : πραγματική τάση υδρατμών [kPa]

1. Από την $T_{max}, T_{min}, RH_{max}, RH_{min}$ (συνίσταται για ημερήσιο βήμα τίμησης):

$$e_a = \frac{1}{2} \cdot \left[e_s(T_{min}) \frac{RH_{max}}{100} + e_s(T_{max}) \frac{RH_{min}}{100} \right]$$

2. Από την T_{mean} και RH_{mean} $e_a = e_s(T_{mean}) \frac{RH_{mean}}{100}$

Ψυχρομετρική σταθερά (γ): $\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda}$ Όπου P η ατμοσφαιρική πίεση συναρτήσει του υψομέτρου (z) $P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065\, z}{293} \right)^{5.26}$

και λ η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης (Latent Heat of Vaporization) [MJ/kg] $\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3})\, T_{mean}$.

Σε φυσιολογικά επίπεδα θερμοκρασιών η τιμή του λ αλλάζει ελαφρά οπότε μπορεί να λαμβάνεται $\lambda = 2.45$ MJ/kg(T = 20 °C)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

4.3.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Η επιφανειακή απορροή, επηρεάζεται από την τοπογραφία, την αντίσταση της ροής, την εξάτμιση και διήθηση κατά μήκος της διαδρομής, εκδηλώνεται όταν ο ρυθμός βροχόπτωσης υπερβαίνει το ποσοστό διείσδυσης, με αποτέλεσμα την τη ροή του νερού. Το μοντέλο επιτρέπει την αλληλεπίδραση με άλλες διαδικασίες, όπως η εξάτμιση, η διήθηση, και η αποχέτευσης στο δίκτυο καναλιών.

4.3.3 ΡΟΗ ΣΤΗΝ ΑΚΟΡΕΣΤΗ ΖΩΝΗ

Η ροή στην ακόρεστη ζώνη θεωρείται ότι είναι κάθετη. Το μοντέλο παρέχει τρεις επιλογές για τον υπολογισμό της ροής:

1. Την πλήρη εξίσωση Richard.
2. Μια απλοποιημένη ροή βαρύτητας.
3. Μια απλή δύο στρωμάτων μέθοδο ισοζυγίου του νερού για υδροφόρους ορίζοντες. Η πλήρης εξίσωση Richard χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη αυτή.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ MIKE SHE

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της Πελοποννήσου και γενικότερα έχει συνολική έκταση 2420 km^2. Η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής μελέτης βρίσκεται στα όρια του νομού Λακωνίας, ενώ περιλαμβάνει και μικρά τμήματα του νομού Αρκαδίας, καθώς τα υδρογεωλογικά σύνορα δεν ταυτίζονται με τα διοικητικά. Η λεκάνη απορροής συνορεύει βόρεια και βορειοανατολικά με το νομό Αρκαδίας, δυτικά με το νομό Μεσσηνίας ενώ νότια βρίσκεται ο Λακωνικός κόλπος (Καραλέμας,2006).

Ο ποταμός Ευρώτας πηγάζει από την νοτιοανατολική περιοχή του οροπεδίου της Μεγαλόπολης του Ν. Αρκαδίας και καθώς διασχίζει τους νομούς Αρκαδίας και Λακωνίας από Βορρά προς Νότο δέχεται νερά από πολλούς παραπόταμους και χείμαρρους, πριν να εκβάλει στο Λακωνικό κόλπο. Επίσης τροφοδοτείται από μια σειρά πηγών, πολλές από τις οποίες βρίσκονται κατά μήκος της κοίτης του και είναι σταθερής ή διαλείπουσας παροχής. Οι πηγές τροφοδοτούνται από διάφορα καρστικά συστήματα (Σκορτσινού-Δυρραχίου, Κεντρικού Ταϋγέτου, Κεντρικού Πάρνωνα, κτλ.) Από τις σταθερής παροχής πηγές οι σημαντικότερες είναι οι Σκορτσινού (Αρκαδία), Βιβαρίου (στην κοιλάδα της Σελλασίας) και Κονιδίτσας. Η κοιλάδα του ποταμού Ευρώτα βρίσκεται μεταξύ των δυο μεγάλων οροσειρών του Πάρνωνα και του Ταϋγέτου.

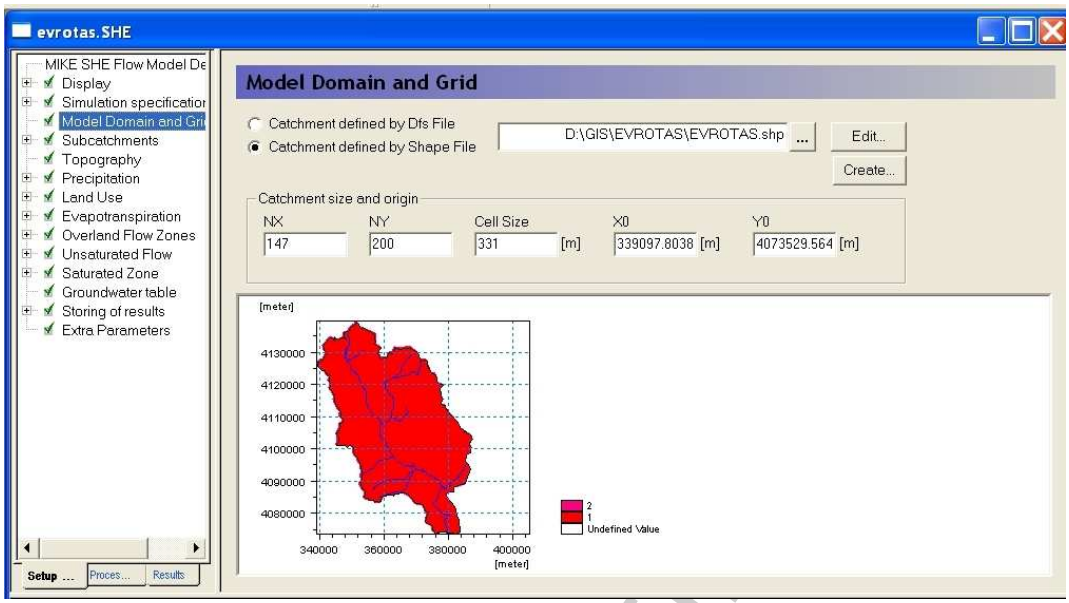
Χαρακτηριστικό του Ευρώτα είναι η ύπαρξη τμημάτων κατά μήκος που στερεύουν κατά το καλοκαίρι λόγω υπεράντλησης του νερού των πηγών αλλά και του ίδιου του ποταμού και των παραπόταμών του. Ιδιαίτερα μετά τη γέφυρα Βρονταμά νερό υπάρχει μόνο σε περίπτωση περίσσειας, κυρίως επειδή το νερό χάνεται στους καρστικούς σχηματισμούς που βρίσκονται στην περιοχή και επανεμφανίζεται στις πηγές στην περιοχή της Σκάλας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Μέσα στη λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα βρίσκονται συνολικά περίπου 95 δημοτικά διαμερίσματα από τα οποία περίπου τα 90 βρίσκονται στο νομό Λακωνίας και τα υπόλοιπα ανήκουν στο νομό Αρκαδίας (ΕΣΥΕ, απογραφή 2001). Το μεγαλύτερο αστικό κέντρο που βρίσκεται μέσα στη λεκάνη είναι η Σπάρτη, πρωτεύουσα του νομού Λακωνίας η οποία βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα του νομού, στις όχθες του Ευρώτα, σε υψόμετρο 210 m και έχει πληθυσμό περίπου 15000 κατοίκους. Οι δήμοι του Ν. Λακωνίας που βρίσκονται εξ' ολοκλήρου μέσα στη λεκάνη είναι οι: Πελλάνας, Οινούντος, Μυστρά, Σπάρτης, Θεράπνων, Φάριδος, Σμύνους, Κροκεών, Σκάλας, Γερόνθων και Έλους ενώ στη λεκάνη βρίσκεται επίσης και ένα τμήμα των δήμων Γυθείου, Νιάτων και Μολάων και της κοινότητας Καρυών του Ν. Λακωνίας καθώς και των δήμων Σκυρίτιδας και Βαλτετσίου του Ν. Αρκαδίας

Σχήμα 5.1: Χάρτης νομού Λακωνίας (πηγή: Νομαρχία Λακωνίας).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ



Σχήμα 5.2:Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα, όπως εισήχθη στο MIKE SHE.

5.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

‘’Μύλητος δὲ τελευτήσαντος παρέλαβεν ὁ παῖς Εὐρώτας τὴν ἀρχήν. Οὗτος τὸ ὕδωρ τὸ λιμνάζον ἐν τῷ πεδίῳ διώρυγι κατήγαγεν ἐπὶ θάλασσαν, ἀπορρυέντος δὲ ἦν γάν δή τό ὑπόλοιπον ποταμού ῥεύμα ὠνόμασεν Εὐρώταν’’. (Παυσανία, Λακωνικά, I, 1 -2)

Ετυμολογικά, το όνομα του Ευρώτα προέρχεται από τις αρχαίες ελληνικές λέξεις “ευρώς” και “ώτος” και σημαίνει μούχλα, υγρασία μετά την αποσύνθεση και φθορά. Στην ελληνική μυθολογία αναφέρεται, σύμφωνα με τον Παυσανία, ο ποταμός πήρε το όνομα του από τον Ευρώτα, θρυλικό βασιλιά των Λακεδαιμονίων (Heinemann, 1918).

Ο Ευρώτας διαδέχτηκε τον πατέρα του Μύλη και ήταν ο τρίτος μυθικός βασιλιάς της Λακωνίας. Γυναίκα του ήταν η Ευρυδίκη και μαζί της απέκτησε μια κόρη, την Σπάρτη, από την οποία πήρε το όνομα της η ομώνυμη πόλη, η οποία παντρεύτηκε τον Λακεδαίμονα, ο οποίος και τον διαδέχτηκε. Ο Ευρώτας ένα από τα έργα που έκανε ήταν να ρυθμίσει την κοίτη του ποταμού που διέσχιζε την Λακωνία και αργότερα πήρε και το όνομα του. Σύμφωνα με τη μυθολογία, θέλησε να δώσει διέξοδο στα λιμνάζοντα νερά γύρω από τη Σπάρτη, για αυτό άνοιξε διώρυγα στο βουνό κοντά στο Βρονταμά και διοχέτευσε τα νερά προς τη θάλασσα. Έτσι δημιουργήθηκε το ποτάμι, που πήρε το όνομα του, Ευρώτας. Άλλη παράδοση

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛ

αναφέρει ότι ο Ευρώτας μετά από μια ατιμωτική ήττα από τους Αθηναίους, έπεσε στο ποτάμι και πνίγηκε και έτσι πήρε το όνομα του (Σίγαλος, 1959).

Κατά την αρχαιότητα, παρόλο που η πεδιάδα της Σπάρτης ήταν ιδιαίτερα εύφορη η καλλιεργήσιμη γη καταλάμβανε μια μικρή έκταση εξαιτίας της παρουσίας του ποταμού, των παραπόταμων και των ελών που σχηματίζονταν με την υπερχείλιση του. Η εικόνα του Ευρώτα κατά τους αρχαίους χρόνους σώζεται μέσα από τα κείμενα των αρχαίων Ελλήνων και Λατίνων συγγραφέων. Σύμφωνα με τον Ευριπίδη ο οποίος περιγράφει τον Ευρώτα ως ''δονακόχλο'' και τον Θεογένη που τον αναφέρει ως ''δονακοτρόφο'', μας υποδεικνύει την ύπαρξη υγροτόπων με άφθονη παρουσία καλαμιών (καλαμιώνες). Ο Πολύβιος τον χαρακτηρίζει ''πολυκαρπότατο'' και ''καλλιδεντρότατο'', γεγονός που δηλώνει ότι τα δέντρα παρήγαγαν μεγάλες ποσότητες καρπών και φρούτων. Ο Βεργίλιος και Αινείας αναφέρουν την παρουσία δάφνης και μυρτιάς αντίστοιχα, στις όχθες του ποταμού. Κατά τον Στάτιο ο ποταμός ήταν ''ololiferi'', δηλαδή ελαιοφόρος. Ο Παυσανίας, από τον οποίο αντλούμε μεγάλο μέρος των πληροφοριών για την εικόνα του Ευρώτα, αναφέρει την περιοδική άνοδο της στάθμης των υδάτων, πληροφορία που αναφέρει μεταγενέστερα και ο Κικέρωνας. Ο Παυσανίας αναφέρει ακόμα για τα πηγαία νερά της Λακωνίας και για την επικοινωνία που φαινόταν πως υπήρχε μεταξύ τους μέσω του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, περιγράφοντας την ιστορία μιας κοπέλας που πνίγηκε στα νερά της πηγής της "Πελλανίτιδας" στοιχείο που ισχυροποιεί την ύπαρξη λίμνης στην Λακωνική πεδιάδα. Τέλος ο Παυσανίας αναφέρει υδραυλικά έργα που διενεργήθηκαν στην περιοχή και συγκεκριμένα για αρδευτικές ανάγκες στην περιοχή Βελεμίνα. Σκοπός των έργων ήταν να αξιοποιηθεί το μεγαλύτερο μέρος της εύφορης λακωνικής γης για αγροτικές εργασίες και να προστατευτούν οι οικισμοί. Παράδειγμα αποτελεί η αποξήρανση του Έλους Τρινασού που λόγω έλλειψης συντήρησης πλημμύρισε εκ νέου, καθώς και η κατασκευή του υδραγωγείου της Σπάρτης, που κάλυπτε τις ανάγκες της (Σίγαλος, 1959).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Εικόνα 5-1:Ο βασιλιάς Ευρώτας, από το μνημείο του Λεωνίδα στις Θερμοπύλες (πηγή: Νομαρχία Λακωνίας).

Κατά την διάρκεια του 19ου αιώνα μ. Χ., οι αναφορές Ελλήνων αλλά και ξένων συγγραφέων είναι παρεμφερείς με αυτές των προηγούμενων περιόδων, αλλά επιπλέον μας παρέχουν πληροφορίες και για την ανάπτυξη της περιοχής. Ο Chateaubriand περιγράφει το ταξίδι του στην Σπαρτιατική γη, το 1806, αναφέροντας τους δόνακες και τις ροδοδάφνες που παρατήρησε στις όχθες του ποταμού αλλά και την εγκατάλειψη της περιοχής, όπου δεν σώζονταν τα αρχαία μνημεία, όπως η αρχαία γέφυρα της Βάβυκας. Σύμφωνα με στατιστικές της περιόδου 1861□1907 τα δύο τρίτα του ενεργού ανδρικού πληθυσμού του νομού Λακωνίας ήταν αγρότες. Ιδίως κατά το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα αλλά και στις αρχές του 20ου , βασικά προϊόντα του νομού ήταν το λάδι και οι ελιές, τα μουρόφυλλα, τα βελανίδια και τα σύκα. Την ίδια περίοδο παρατηρήθηκε μια επέκταση των καλλιεργητικών δραστηριοτήτων.

Κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα και συγκεκριμένα μετά το δεύτερο μισό, έλαβαν χώρα έντονες τροποποιήσεις στο ποταμό Ευρώτα. Από το 1900 και για αρκετές δεκαετίες ο ποταμός διατηρούσε τα γνωρίσματα που τον διέκριναν καθ’ όλη την ιστορία του. Χαρακτηριστικό είναι πως τον Οκτώβριο του 1902 τα ορμητικά νερά του ποταμού παρέσυραν τη γέφυρα του Κοπάνου, που είχε χτιστεί το 1749. Στις δεκαετίες 1930□1940, η εικόνα που έχουμε για τον Ευρώτα είναι σχεδόν ειδυλλιακή. Το ίδιο ποτάμι που κατά τις σφοδρές φθινοπωρινές και χειμωνιάτικες βροχοπτώσεις

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

υπερχείλιζε και παρέσερνε με την ορμή του πέτρες, δέντρα, θάμνους, ζώα ακόμα και ανθρώπους, δημιουργούσε επίσης μια πλούσια βλάστηση και πανίδα κατά μήκος του.

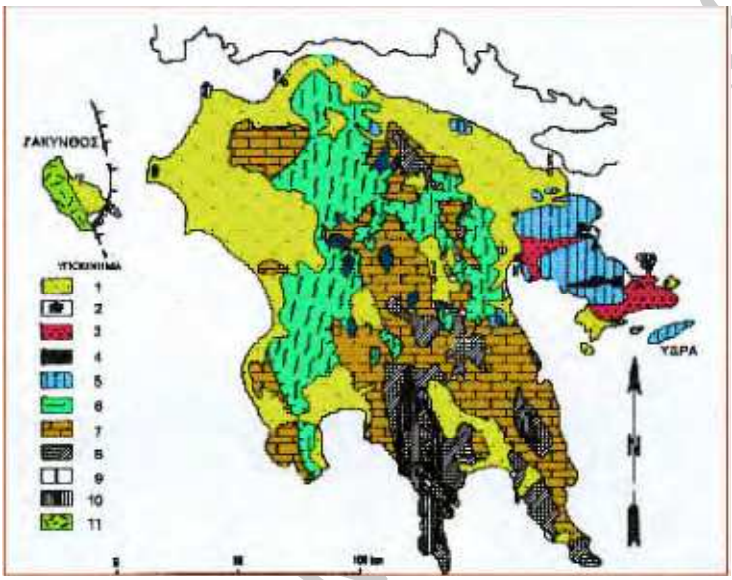
Σχετικά με τη μείωση της παροχής του Ευρώτα τα τελευταία χρόνια, η Μεγάλη Γεωγραφία Άτλας της Ελλάδος (1958) μας ενημερώνει αναφορικά με τη δεκαετία 1950 ότι ο Ευρώτας έχει πολύ νερό το χειμώνα, αλλά το καλοκαίρι το νερό του ελαττώνεται τόσο ώστε σε πολλά σημεία να είναι διαβατός με τα πόδια. Αλλού δε αναφέρει ότι σε πολλά σημεία η επιφανειακή ροή εξαφανίζεται. Ο Σίγαλος (1959) περιγράφοντας τις πηγές Σκορτσινού και τις άλλες πηγές του Ευρώτα σημειώνει ότι το καλοκαίρι τα νερά τους χρησιμοποιούνται στην άρδευση των αγρών και για αυτό η κοίτη του Ευρώτα μέχρι τις πηγές Βιβαρίου ξεραίνεται.

5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η σημερινή γεωλογική εικόνα της Πελοποννήσου και των νησιών των τριών υδατικών διαμερισμάτων της είναι αποτέλεσμα αφενός της γεωλογικής και τεκτονικής δομής και αφετέρου των εξωγενών διεργασιών που επέδρασαν επί αυτής (Δημόπουλος, 2005). Κυρίαρχο ρόλο στην τεκτονική της Πελοποννήσου που συνδέεται άμεσα με την υδρογεωλογική λειτουργία των επιμέρους ενοτήτων, αποτελεί η επώθηση της ζώνης Ωλονού – Πίνδου πάνω στην ζώνη Τρίπολης. Η ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης και Παξών, αντιπροσωπεύεται από την σειρά των ανθρακικών σχηματισμών και του φλύσχη που υπέρκεινται των στρωμάτων Τυρού. Στα στρώματα αυτά επικρατούν ανοικτές πτυχές με άξονες γενικής διεύθυνσης Β-Ν που προκλήθηκαν κατά την τελική φάση των πτυχώσεων, ως αποτέλεσμα μιας συμπιεστικής τεκτονικής που επικράτησε την περίοδο Άνω Ολιγόκαινο – Κάτω Μειόκαινο. Οι πτυχές αυτές, λόγω του μεγάλου τους ανοίγματος, δεν είναι πάντα εύκολο να ανιχνευθούν και να σημειωθούν. Μετά το τέλος των επωθητικών κινήσεων των εξωτερικών ζωνών, άρχισε μια περίοδος εφελκυστικών κινήσεων του ευρύτερου Ελληνικού χώρου, που είχε σαν αποτέλεσμα τον τεμαχισμό των στρωμάτων Γαβρόβου – Τρίπολης με κανονικά ρήγματα, κυρίως κατά τη διεύθυνση των αξόνων (Β-Ν) αλλά και μια δεύτερη ομάδα με λιγότερα ρήγματα κατά τη διεύθυνση Β 75° έως 90° Α. Η ζώνη της Πίνδου είναι επωθημένη προς τα δυτικά επάνω στη ζώνη Τρίπολης – Γαβρόβου εν είδη τεράστιου τεκτονικού καλύμματος που σε ορισμένες περιοχές (π.χ. Τζουμέρκα) έχει προελάσει ακόμη δυτικότερα και έχει φτάσει την

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Ιόνια ζώνη. Οι σχηματισμοί της Πίνδου, λόγω της παλαιότητάς τους είναι έντονα τεκτονισμένοι και λεπιωμένοι. Σε μεγάλο τμήμα της Πελοποννήσου, λόγω της διάβρωσης που έχει υποστεί το Πινδικό κάλυμμα, εμφανίζονται τα υποκείμενα στρώματα της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης με τη μορφή «τεκτονικού παράθυρου» (περιοχή όρους Μαινάλου). Το γεωλογικό σκαρίφημα της Πελοποννήσου φαίνεται στο Σχήμα 5.3:



Σχημα 5.3: Γεωλογικό σκαρίφημα της Πελοποννήσου
Κατά V. Jacobshagen *et al*., 1978:
1: Νεογενείς-Τεταρτογενείς αποθέσεις, 2: Ηφαίστεια, 3: Κρητιδικοί και Παλαιογενείς σχηματισμοί της Αργολίδας, 4: Σχηματισμοί Ηωελληνικού καλύμματος, 5: Αργολική ενότητα, 6: Σειρά Πίνδου, 7: Σειρά Τρίπολης, 8: Σειρά Φυλλιτών, 9: Σειρά Ιόνια, 10: Σειρά Plattenkalk, 11: Σειρά Προαπούλια

Στην πεδιάδα της Σπάρτης παρουσιάζονται Πλειο-πλειστοκαινικά ιζήματα που αποτελούνται από κροκαλοπαγή, αργιλούχες και πηλούχες άμμους αλλά και μάργες. Η απόθεσή τους έλαβε χώρα σε διαδοχικά ποτάμια και λιμναία περιβάλλοντα. Αντίστοιχα, τα ολοκαινικά ιζήματα της περιοχής δομούνται από αλλουβιακά ριπίδια στα δυτικά και αποθέσεις πεδιάδας πλημμύρας ποταμού στα ανατολικά. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα καθεστώς εφελκυσμού, το οποίο εκφράζεται με κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης και κάθετα προς αυτά.

Στην περιοχή της Σκάλας το γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από σχηματισμούς παλαιοζωικού τύπου (Στρώματα Τυρού - παλαιοζωικά πετρώματα), συμπεριλαμβανομένου πορφυρών και ηφαιστειογενών σχηματισμών σε λεπτά στρωματά. Οι ασβεστόλιθοι των σχηματισμών του Τυρού δεν ξεπερνούν γενικά πάχος μερικών μέτρων, εκτός από την περιοχή της Άνω Γλυκόβρυσης, που

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

παρουσιάζουν πάχος δέκα μέτρων. Εκεί μάλιστα φαίνεται ότι σχηματίζουν μια ζώνη μετάβασης από τον σχηματισμό Τυρού στους ασβεστόλιθους της ζώνης Τρίπολης. Μια παρόμοια ζώνη μετάβασης παρουσιάζεται και στα βόρεια των Κροκεών. Τα στρώματα Τυρού επικαλύπτονται από τα πετρώματα της ζώνης Τρίπολης (μεσοζωική ηλικία). Τα πετρώματα της ζώνης Τρίπολης στην περιοχή της Σκάλας και των Μολάων αποτελούνται μόνο από ασβεστόλιθους σχετικά μεγάλου πάχους και χονδρόκοκκου κρυσταλλικού τύπου. Το συνολικό πάχος των εν λόγω σχηματισμών στην περιοχή της Σκάλας είναι 50 m. Οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης έχουν μεγάλο πορώδες εξαιτίας της υψηλής καρστικοποίησης (Ανδριανάκη, 2007).

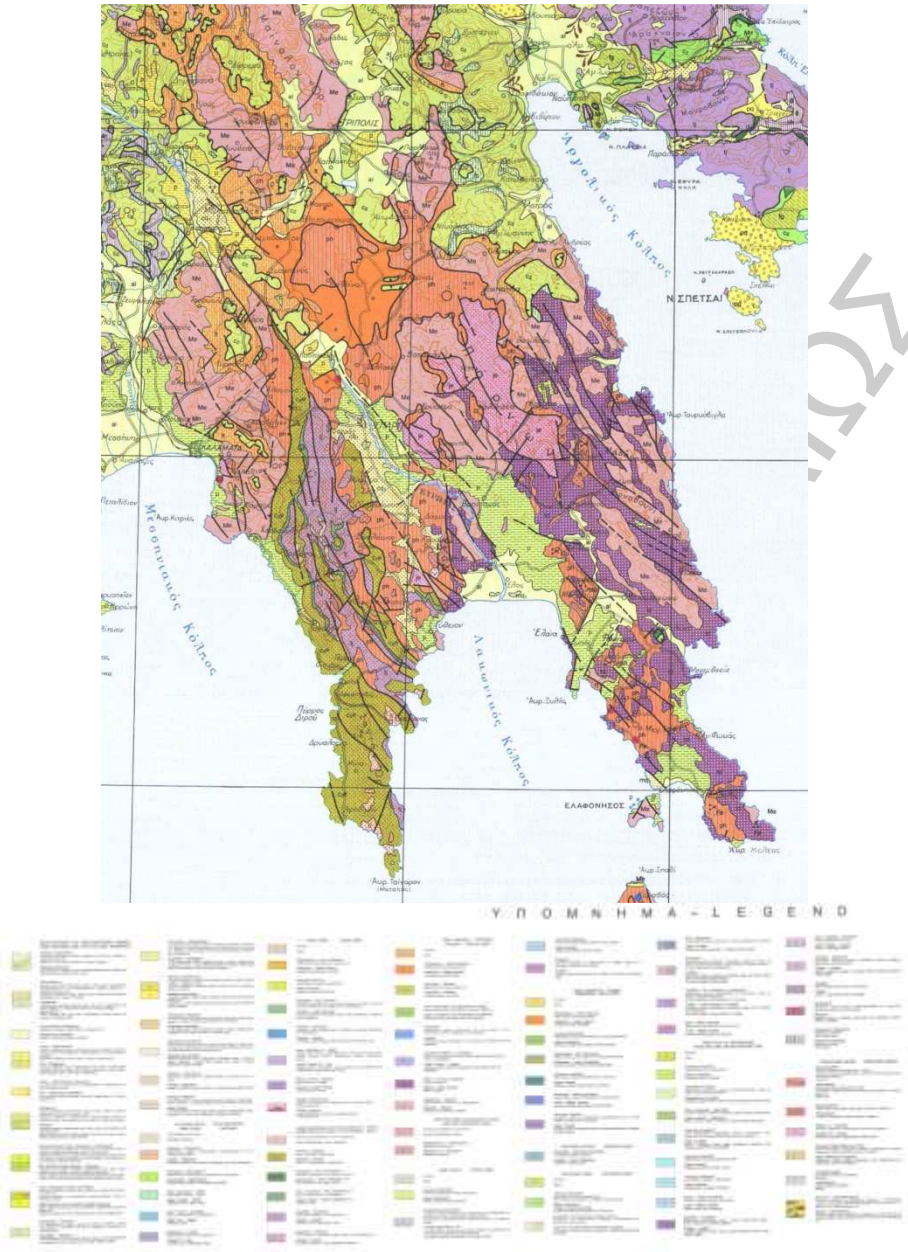
Επάνω από τους ασβεστόλιθους, αναπτύσσονται αποθέσεις από νεογενείς σχηματισμούς, ως αποτέλεσμα της μεταφοράς και απόθεσης υλικών και των πλημμυρών στην περιοχή από τη θάλασσα προκαλώντας την απόθεση ιλύος και αργίλου. Το πάχος του εν λόγω στρώματος ποικίλει από 50 έως 300 m. Τα αλλουβιακά εδάφη παρατηρούνται κυρίως στις επίπεδες περιοχές της πεδιάδας στα κατάντη του ποταμού Ευρώτα και αποτελούνται κυρίως από άργιλο, που προέρχεται από νεογενείς αποθέσεις. Κατά μήκος της ακτογραμμής έχει αναπτυχθεί μια ζώνη με αμμοθίνες με σημαντικό πλάτος που προστατεύει την ενδοχώρα από την θάλασσα. Η πεδιάδα στην περιοχή της Σκάλας αποτελείται από αρκετά μέτρα ιζήματος το οποίο αποτελείται από άμμο, ιλύ, μάργες και άργιλο. Σύμφωνα μάλιστα με τα γεωλογικά προφίλ των διάφορων γεωτρήσεων στην περιοχή εμφανίζονται συχνά εναλλαγές μεταξύ λεπτών στρωμάτων των προαναφερθέντων σχηματισμών. Το περιεχόμενο σε άμμο και χαλίκι στα ιζήματα της λεκάνης ποικίλει ανάλογα με το βάθος και την κατανομή. Η στρωματοποίηση υποδεικνύει ότι το κέντρο της ιζηματοποίησης των αδρομερών κλαστικών ιζημάτων εντοπίζεται κοντά στον ποταμό Ευρώτα κατά την εισαγωγή του στην κατώτερη λεκάνη στο γεωγραφικό πλάτος της Σκάλας. Εκεί υπάρχουν εκτεταμένα στρώματα που τοπικά φθάνουν σε πάχος μεγαλύτερο από 100m. Αυτά τα στρώματα από γεωηλεκρική άποψη μπορούν να θεωρηθούν ως ο ανώτερος υδροφορέας. Όσο αυξάνει η απόσταση ανατολικά και δυτικά από τον ποταμό και νότια από τους πρόποδες του βουνού στην Σκάλα το ποσοστό των αδρόκοκκων υλικών μειώνεται. Ένα ακόμη στρώμα ιζήματος υψηλής αντίστασης εντοπίζεται μεταξύ του Λεήμονα και του Έλους και κατά μήκος της γραμμής Βλαχιώτη –Αστερίου. Αυτό το στρώμα συμβαίνει σε μεγαλύτερα βάθη και υπέρκεινται του στρώματος που καλείται ως ανώτερος υδροφορέας, με αποτέλεσμα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

να μπορεί να αποκαλεστεί ως κατώτερος υδροφορέας. Μεταξύ, αυτών των δυο στρωμάτων υπάρχουν ιζήματα με μάργες και άργιλο. Κατά το νεογενές ο Παλαιο-Ευρώτας ποταμός έκοψε τους καρστικούς ασβεστόλιθους και πλήρωσε την περιοχή (πεδιάδα της Σκάλας) με άμμο και χαλίκι. Τα αδρόκοκκα στρώματα ιζήματος του Παλαιο-Ευρώτα αποτελούν τους σημερινούς 'νεογενείς' υδροφορείς στην πεδιάδα της Σκάλας. Τα αλλουβιακά εδάφη είναι ευρέως εξαπλωμένα στην πεδιάδα της Σκάλας. Συνίστανται κυρίως από μάργες που προέρχονται από τα νεογενή στρώματα των λόφων γύρω από την πεδιάδα. Στην νοτιοδυτική γωνία της Σκάλας (νοτιοδυτική περιοχή Τρινάσσου), εντοπίζονται βαριά μαύρα εδάφη από θαλάσσια λάσπη. Στις πλαγιές στα ανατολικά και δυτικά της πεδιάδας της Σκάλας έχει σχηματιστεί ένας διαφορετικός τύπος εδάφους εξ' αιτίας των παλαιοζωικών και μεσοζωικών πετρωμάτων των αντίστοιχων βουνών. Έτσι αυτά τα εδάφη είναι περισσότερο αμμώδη. Οι αμμοθίνες εντοπίζονται μόνο στην ακτογραμμή και κινούνται αργά προς την ενδοχώρα, καθώς δεν παρουσιάζουν φυτοκοινωνίες στην έκτασή τους (Ανδριανάκη Μ., 2007; Νικολαΐδης κ.ά., 2006; Αντωνάκος Α.,1997).

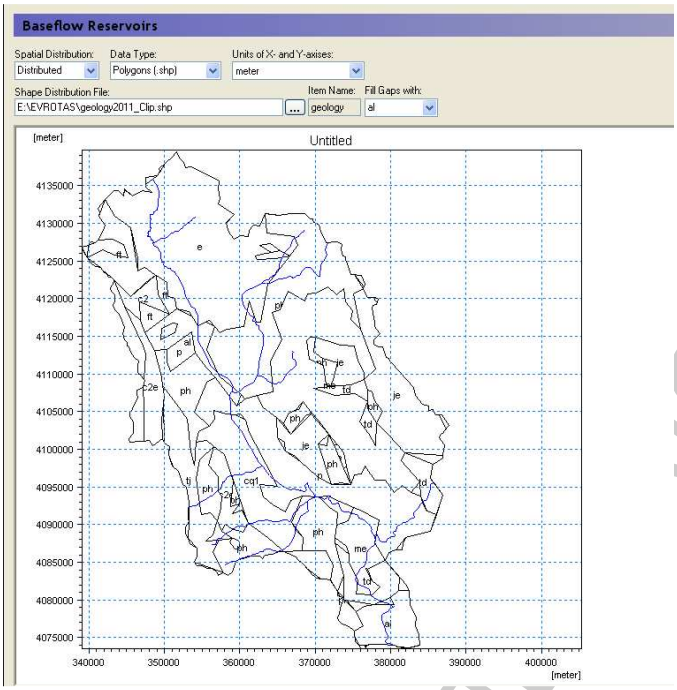
Αναλυτικά η γεωλογία της νότιο-ανατολικής Πελοποννήσου παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 5.4.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

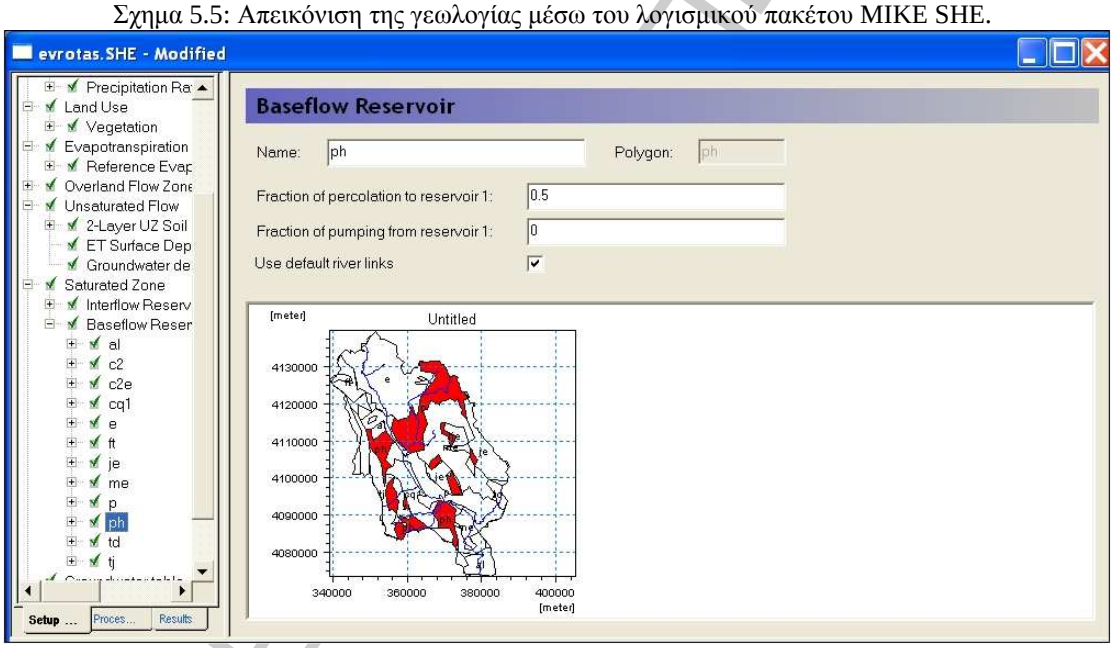


Σχήμα 5.4:Η γεωλογία της νοτιοανατολικής Πελοποννήσου

Όλα τα παραπάνω συγκεντρώθηκαν και συνδυάστηκαν ώστε με την βοήθεια του GIS να εισαχθεί στο μοντέλο ο γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα στο Σχήμα 5.5 ενώ χαρακτηριστικά παρουσιάζονται τα φυλλιτικά πετρώματα όπως αυτά επεξεργάστηκαν στο γεωλογικό χάρτη που εισήχθη στο μοντέλο (Σχήμα 5.6).



Σχημα 5.5: Απεικόνιση της γεωλογίας μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE.



Σχήμα 5.6: Απεικόνιση φυλλιτικών πετρωμάτων μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE.

5.4 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από τους δυο μεγάλους ορεινούς όγκους του Πάρνωνα και του Ταΰγετου. Η υψηλότερη κορυφή του Ταΰγετου είναι ο Προφήτης Ηλίας (2404 m), η οποία βρίσκεται στα όρια της λεκάνης. Η υψηλότερη κορυφή του Πάρνωνα είναι η Μεγάλη Τούρλα ή Μαλεβός

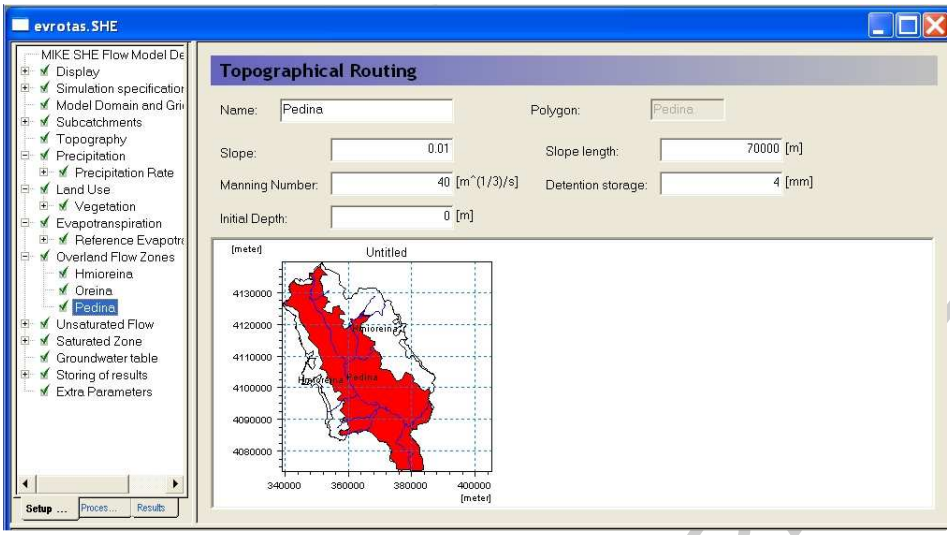
(1936 m) η οποία όμως βρίσκεται βορειότερα της λεκάνης. Μέσα στη λεκάνη βρίσκονται οι δυο επόμενες υψηλότερες κορυφές του Πάρνωνα η Γαϊτανοράχη (1891m) και η Μαδαρή (1686 m) (Ανδριανάκη, 2007).

Εικόνα 5.2: Οι πρόποδες του Ταϋγέτου, όπως αυτός φαίνεται από την Σπάρτη.

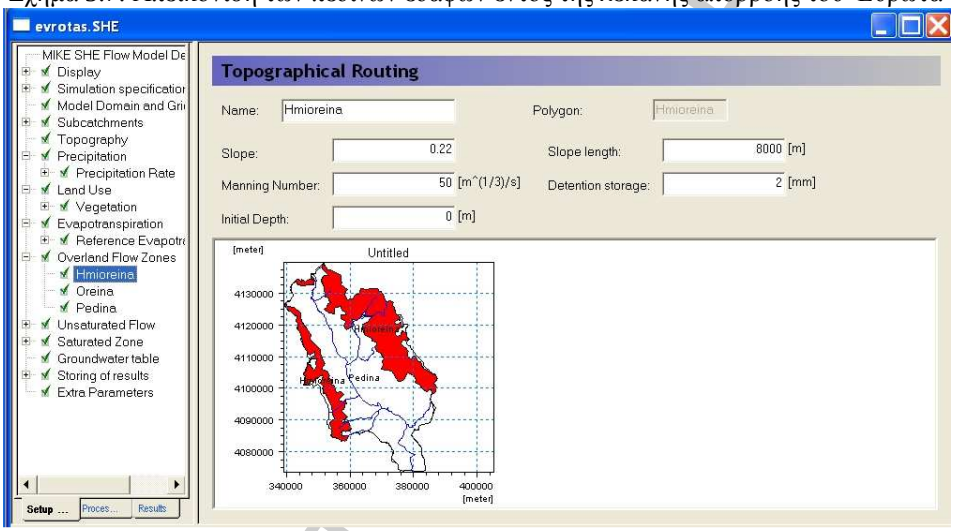
Στην περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα βρίσκονται δυο κύριες πεδιάδες. Η κοιλάδα της Σπάρτης και η πεδιάδα της Σκάλας. Επίσης η λεκάνη περιλαμβάνει ένα μικρό μέρος της πεδιάδας της περιοχής των Μολάων, συγκεκριμένα το τμήμα που βρίσκεται δίπλα στη θάλασσα, και του Γυθείου.

Φυσιογραφικά η πεδιάδα της Σπάρτης αποτελεί μια μακρόστενη κοιλάδα με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση. Στο κέντρο περίπου της κοιλάδας παρατηρούνται λοφώδεις εξάρσεις, οι οποίες κατανέμονται γραμμικά, παράλληλα με τη γενική διεύθυνση της κοιλάδας. Η κοιλάδα διατρέχεται κατά πλάτος από τον ποταμό Ευρώτα και κατά μήκος από μια σειρά δευτερευόντων υδρορεμάτων, κάποια παροδικής ροής, με γενική διεύθυνση κάθετη προς τον Ευρώτα, στον οποίο κι εκβάλλουν. Ανατολικά και δυτικά η περιοχή οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους του Πάρνωνα και του Ταϋγέτου αντίστοιχα (Αντωνάκος, 1997).

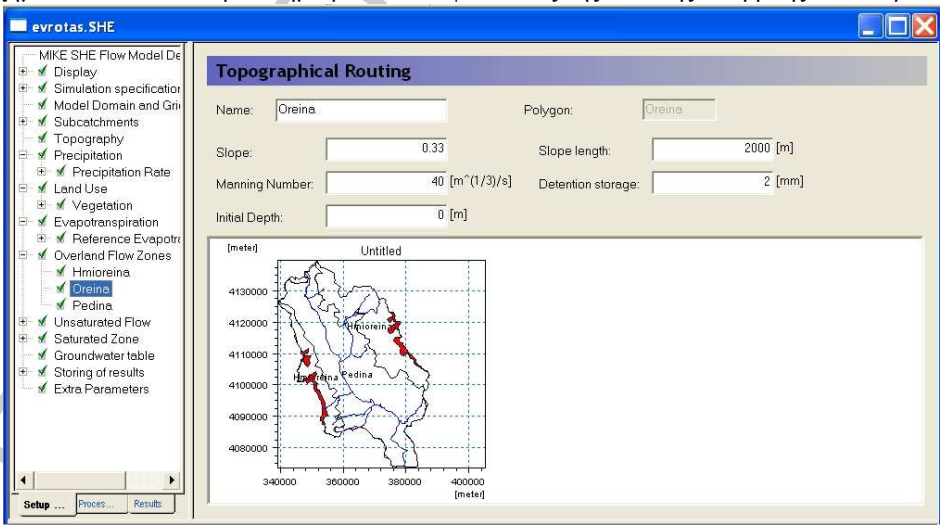
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Σχήμα 5.7: Απεικόνιση των πεδινών εδαφών εντός της λεκάνης απορροής του Ευρώτα



Σχήμα 5.8: Απεικόνιση των ημιορεινών εδαφών εντός της λεκάνης απορροής του Ευρώτα.



Σχήμα 5.9: Απεικόνιση των ορεινών εδαφών εντός της λεκάνης απορροής του Ευρώτα.

5.5 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ

Το μητρικό πέτρωμα του εδάφους, οι συνθήκες του ανάγλυφου, τα υδρολογικά χαρακτηριστικά και η βλάστηση είναι μερικοί από τους παράγοντες που διαμορφώνουν, τη φυσιογνωμία και τον χαρακτήρα των τύπων των εδαφών. Η σχέση μεταξύ της βλάστησης και των χαρακτήρων των εδαφών είναι αμφίδρομη αφού η δράση της βλάστης είναι πολλαπλή και προσδιορίζει τον χαρακτήρα της εδαφογένεσης, ενώ ορισμένοι χαρακτήρες του εδάφους καθορίζουν την εξάπλωση διαφόρων μονάδων βλάστησης, αλλά και το τελικό στάδιο εξέλιξης της βλάστησης (Καραμπουρνιώτης, 2008).

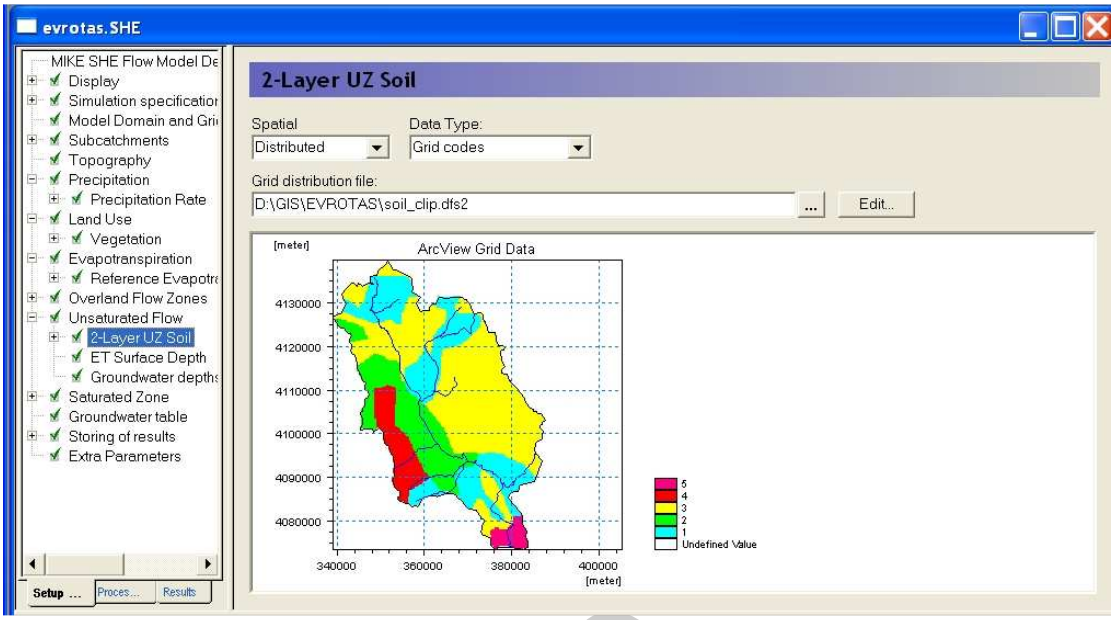
Τα εδάφη της περιοχής χωρίζονται σε στις εξής τρείς κατηγορίες (Καραμπουρνιώτης, 2008):

1. Κορεσμένα με βάσεις που περιέχουν ελεύθερο CaCO3
2. Κορεσμένα με βάσεις που δεν περιέχουν ελεύθερο CaCO3
3. Όξινα που δεν περιέχουν CaCO3

Στο Σχήμα 5.10 παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι εδαφών που εντοπίζονται στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα. Ο χάρτης αυτός δημιουργήθηκε με της βοήθεια του προγράμματος ArcGIS 10 και αποτελεί το αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης του Εδαφολογικού Χάρτη της Ελλάδας (1:1.000.000), ο οποίος συντάχθηκε το 1967 από στο Ινστιτούτου Εδαφολογίας και Λιπασματολογίας του Υπουργείου Γεωργίας. Σύμφωνα με τον Καραμπουρνιώτη (2008) το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα καλύπτεται με ασβεστολιθογενείς Ρετζίνες οι οποίες αναπτύσσονται κατά τμήματα σε όλη την επιφάνεια της λεκάνης. Στο κεντρικό τμήμα της επιφάνειας αναπτύσσονται επίσης αλλουβιακά αποθέματα σε ανάμιξη με Regosols αλλά και ποτζολικά εδάφη σε ανάμιξη με όξινα ορφνά δασικά. Επίσης ένα μεγάλο μέρος καλύπτεται από ορφνά δασικά εδάφη και Regosols κυρίως στο δυτικό και βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής. Στο νότιο τμήμα της περιοχής εντοπίζονται αλλουβιακά αποθέματα σε ανάμιξη με Regosols αλλά και υδρόμορφοι σχηματισμοί.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Με τον συνδυασμό όλων των παραμέτρων και την χρήση του ArcGIS 10 εισήχθη στο MIKE SHE ο ψηφιακός εδαφολογικός χάρτης (Σχήμα 5.10).



Σχήμα 5.10: Απεικόνιση της εδαφολογίας μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE.

5.6 ΚΛΙΜΑ & ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ

Το κλίμα της λεκάνης απορροής του Ευρώτα είναι μεσογειακό δηλαδή έχουμε υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι και σχετικά χαμηλές το χειμώνα. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα στη περιοχή είναι περίπου 17,7 ° C, ενώ η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία του Ιανουαρίου είναι 4,4 ° C και η μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία του Αυγούστου φτάνει τους 35,5 ° C (ΕΚΒΥ, 2011).

Η περιοχή της λεκάνης απορροής του Ευρώτα έχει ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο για μεμονωμένα είδη, αλλά και για βιοκοινότητες, που δημιουργούν συναθροίσεις που δεν υπάρχουν πουθενά αλλού. Επιπλέον, κάποια από τα φυσικά περιβάλλοντα υδάτινων και παρόχθιων σχηματισμών που απαντούν στον Ευρώτα είναι πράγματι σπάνια στη θερμομεσογειακή βιοκλιματική ζώνη της νότιας Ελλάδας. Αυτά τα σχετικά σπάνια περιβάλλοντα περιλαμβάνουν μεγάλες καρστικές πηγές, παρόχθια δάση, παρόχθια έλη, μεγάλα πηγαία τμήματα ποταμών διαρκούς ροής, δυσπρόσιτα φαράγγια και χαράδρες, δελταϊκά έλη και γλυκόβαλτους καθώς και εκβολικά στόμια ποταμών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Στην ευρύτερη περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ευρώτα, οι περιοχές που υπάγονται σε θεσμικές ρυθμίσεις, δηλαδή προστατευόμενες περιοχές, υγροβιότοποι Natura κ.τ.λ., φαίνονται στους Πίνακες 5.1 και 5.2. Έχει δοθεί έμφαση σε ορισμένα χερσαία οικοσυστήματα (ορεινά δάση) και ορισμένα ημι□χερσαία συστήματα (δελταϊκή πεδιάδα) στον καθορισμό προστατευόμενων ζωνών στην περιοχή. Ο καθορισμός αυτών των περιοχών πραγματοποιήθηκε με στόχο την προστασία σημαντικών βιοτόπων και ειδών. Οι εκβολές του Ευρώτα υπάγονται στην Προστατευόμενη Περιοχή του Δικτύου Natura 2000 καθότι παρουσιάζουν σημαντικά οικολογικά χαρακτηριστικά. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από παράκτια έλη, θαμνώνες, αμμώδεις παραλίες και αμμοθίνες. Αποτελεί σημαντικό μεταναστευτικό σταθμό πολλών υδρόβιων πτηνών, αναπαραγωγικό πεδίο της θαλάσσιας χελώνας Caretta Caretta καθώς και ο θαλάσσιος χώρος, τροφικό πεδίο των χελωνών C. caretta και Chelonia mydas. Επιπλέον, η περιοχή αποτελεί βιότοπο των απειλούμενων ενδημικών ψαριών που απαντώνται στον Ευρώτα, Squalius keadicus και Pelasgus laconicus (ΕΚΒΥ, 2011).

Πίνακας 5.1: Βιότοποι ενταγμένοι στο δίκτυο Natura 2000 (πηγή:ΕΛ.ΚΕ.ΘΕ,2008)

Βιότοποι Natura	
Τοποθεσία	**Κωδικός**
Εκβολές Ευρώτα	GR2540003
Λαγκάδα Τρύπης	GR2540005
Όρη Γιδοβούνι, Χιονοβούνι, Γαιδουροβούνι, Κορακιά, Καλογεροβούνι, Κουλοχέρα και περιοχή Μονεμβασιάς	GR2540001

Πίνακας 5.2: Τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους (πηγή:ΕΛ.ΚΕ.ΘΕ,2008)

Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους	
Τοποθεσία	**Κωδικός**
Γύθειο	AT1010008
Κεντρικός Ταΰγετος	AT1010011
Λαγκάδα Ταϋγέτου	AT1080121
Περιοχή Μυστρά- Παρορίου- Αγ Ιωάννου	AT1080120

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Συνολικά, η ιχθυοπανίδα του ποταμού Ευρώτα αποτελείται από πέντε αυτόχθονα είδη και δύο εισαχθέντα. Από τα είδη που διαβιούν στον Ευρώτα, δυο είναι τοπικά ενδημικά το Squalius Keadicus και το Pelasgus Laconicus ένα είναι ενδημικό της νότιας Πελοποννήσου το Tropidophoxinellus Spartiaticus ένα είναι κοσμοπολίτικο το Anguilla Anguilla ένα είναι περιμεσογειακό το Salaria Fluviatilis και τέλος, δύο είναι εισαχθέντα, Αμερικανικής προέλευσης το Gambusia holbrooki και το Oncorhynchusmykiss (ΕΚΒΥ, 2011).

5.7 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η επιφανειακή αποστράγγιση της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα γίνεται μέσω τριών υδρολογικών συστημάτων (Νικολαΐδης Ν. κ.α., 2006):

1. Το υδρολογικό σύστημα του Ευρώτα, το οποίο αποστραγγίζει το μεγαλύτερο τμήμα του ανατολικού Ταΰγετου και του δυτικού Πάρνωνα. Το συγκεκριμένο σύστημα ξεκινά από την Αρκαδία και καταλήγει στο Λακωνικό Κόλπο. Πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό, ότι βόρεια της Σκάλας στην γέφυρα του Βρονταμά, ο ποταμός Ευρώτας εισέρχεται σε έναν μεγάλο καρστικό ασβεστολιθικό όγκο, ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, ο οποίος φθάνει μέχρι το σημείο μετά την γέφυρα της Σκάλας. Με εξαίρεση το τμήμα μεταξύ Φούσσιας και Μύλου, μέχρι την γέφυρα της Σκάλας, ο Ευρώτας παραμένει μέσα στον καρστικό ασβεστολιθικό όγκο, ενώ, μεταξύ Φούσσιας και Μύλου, διέρχεται μέσα από νέα διαπερατά ιζήματα που υπέρκεινται των ασβεστόλιθων. Από το Φιλίσσι μέχρι την γέφυρα της Σκάλας, το ίζημα του ποταμού αποτελείται από χαλίκι και άμμο πάχους περίπου 40 m, που υπέρκεινται άμεσα των ασβεστόλιθων. Αξίζει να σημειωθεί ακόμη, ότι κατά μήκος του καρστικού όγκου, που διαρρέει ο Ευρώτας από την γέφυρα του Βρονταμά έως και τη γέφυρα της Σκάλας, ανάλογα με το υδραυλικό ισοζύγιο, μπορεί να συμβεί διήθηση προς τους ασβεστόλιθους ή επαναδιήθηση από το καρστ στο ποτάμι. Ο εν λόγω καρστικός υπόγειος ταμιευτήρας συνδέεται μερικώς με τους ιζηματογενείς, αρτεσιανούς υδροφόρους των περιοχών Έλους και Τρινάσσου.

2. Στη συνέχεια, ο ποταμός Ευρώτας από την περιοχή της Σκάλας και μετά (με νότια κατεύθυνση) εισέρχεται στην δελταϊκή του περιοχή, στην οποία δεν υπάρχουν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

υπολεκάνες, οι οποίες να τροφοδοτούν απευθείας την κύρια κοίτη του. Το δελταϊκό σύστημα του Ευρώτα περιλαμβάνει την κύρια κοίτη του ποταμού, αλλά και τη συμβολή υπολεκανών από το νότιο Πάρνωνα και το ανατολικό περιθώριο του δέλτα (που καταλήγουν στην περιοχή Έλος) και το δυτικό περιθώριο του Δέλτα (που συμβάλουν στην τάφρο Ω). Ο Ευρώτας έχει αποστραγγιστικό ρόλο για τις παράπλευρες περιοχές του Έλους και του Τρινάσσου. Έπειτα από μερικά εκατοντάδες μέτρα μετά την γέφυρα της Σκάλας δεν σημειώνονται αξιοσημείωτες βαθιές κατεισδύσεις καθώς υπάρχουν αδιαπέρατα στρώματα που διαχωρίζουν το βαθύτερο αρτεσιανό υδροφορέα από τον ανώτερο ελεύθερο υδροφορέα.

3. Τέλος, στην περιοχή εμφανίζονται υδρολογικά συστήματα που απορρέουν απευθείας στον Λακωνικό Κόλπο, από τον Μακρύγιαλο μέχρι τον όρμο Ελαίας στα ανατολικά, και από την Τρίνη μέχρι τον όρμο του Στομίου Δυτικά.

Ο σημαντικότερος παραπόταμος του ποταμού Ευρώτα είναι ο ποταμός Οινούντας ή Κελεφίνα ο οποίος βρίσκεται βορειοανατολικά της Σπάρτης και πηγάζει από την οροσειρά του Πάρνωνα. Η λεκάνη απορροής του αποτελεί μεγάλο μέρος της λεκάνης απορροής του Ευρώτα. Άλλος σημαντικός παραπόταμος είναι η Μαγουλίτσα. Η Μαγουλίτσα είναι ένα μικρό σε μήκος ρέμα αλλά με σημαντική παροχή. Βρίσκεται βορειοδυτικά της Σπάρτης, από τη μεριά του Ταΰγετου, και ρέει σχεδόν παράλληλα στο δρόμο Καλαμάτας - Σπάρτης. Τροφοδοτείται από σημαντικές πηγές όπως αυτή της Τρύπης. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες το κατώτερο τμήμα του ξηραίνεται εξαιτίας των αντλήσεων των νερών του ρέματος αλλά και των πηγών για άρδευση και ύδρευση της Σπάρτης. Η Μαγουλίτσα ενώνεται με τον Ευρώτα στα όρια του οικισμού Μαγούλα με τη Σπάρτη. Σημαντικά επίσης ρέματα, τα οποία βρίσκονται στην περιοχή της Σπάρτης είναι ο Γερακάρης, η Κάκαρη και η Ρασίνα τα οποία διατηρούν ροή στα υψηλότερα τμήματά τους (Ανδριανάκη,2007).

Σημαντικά ρέματα στο νοτιότερο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα είναι ο ποταμός Σμύνους ή Βαρδούνιας και το Μαριόρεμα. Το Μαριόρεμα συναντά τον Ευρώτα κοντά στις εκβολές του Ευρώτα νότια του Πάρνωνα. Έχει μόνο πλημμυρικές παροχές. Το 2005 μάλιστα πλημμύρισε προκαλώντας μεγάλες καταστροφές. Ο ποταμός Βαρδούνιας πηγάζει από το νότιο τμήμα του Ταΰγετου, κοντά στην Αγ. Μαρίνα, και εκβάλλει στη θάλασσα νότια του Γυθείου, κοντά στο χωριό Κάμπος (Ανδριανάκη,2007).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

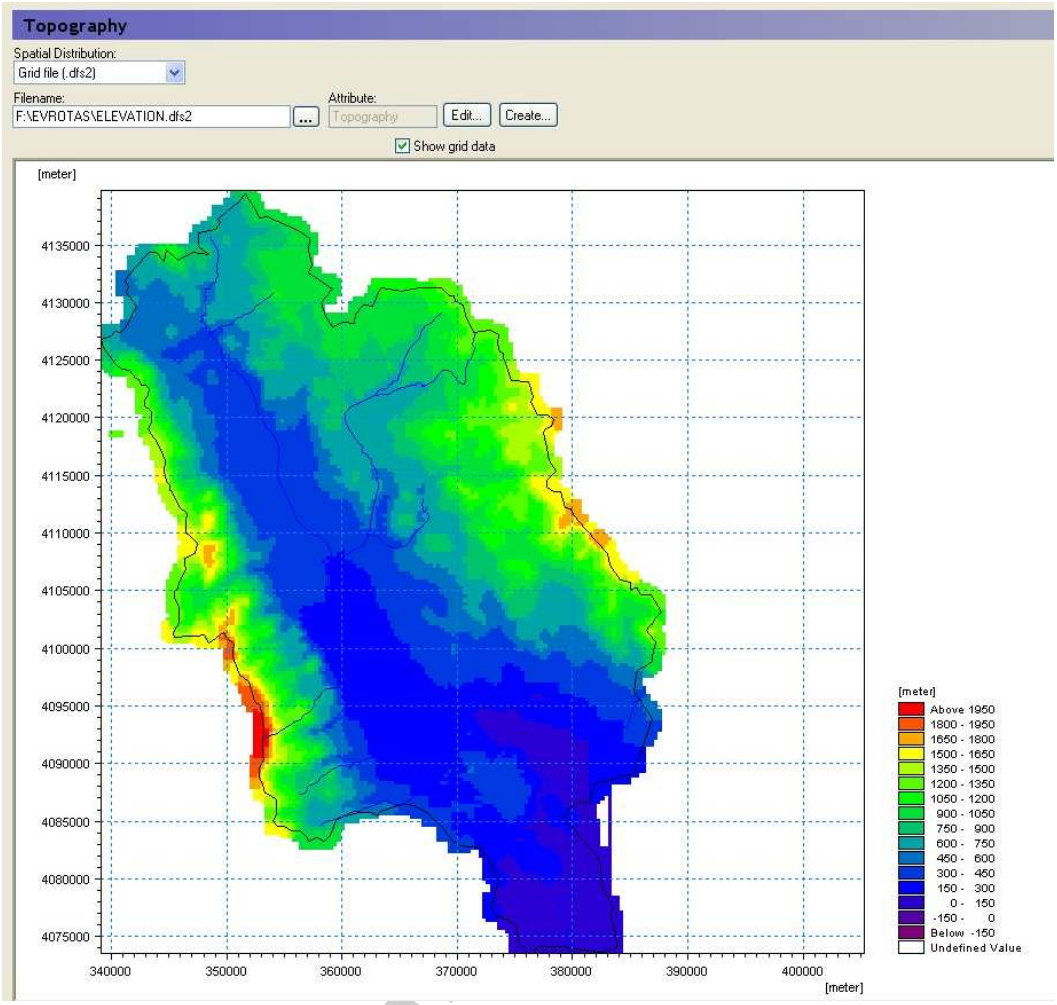
5.8 ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η πολύχρονη ενασχόληση των επιστημόνων με την ψηφιακή απεικόνιση του εδάφους οδήγησε στο συμπέρασμα ότι κατά την ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων δεν επαρκεί η αναλογική αποθήκευσή τους με τη μορφή ισοϋψών καμπυλών του συνήθους τοπογραφικού χάρτη και ότι για την περαιτέρω επεξεργασία απαιτείται μιας μορφής ψηφιακή προσομοίωση και αποθήκευση των δεδομένων με τη βοήθεια του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (Turcotte κ.α ,2000). Γενικά, με τον όρο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους νοείται: ‘‘Η ψηφιακή περιγραφή του εδάφους, η οποία βασίζεται σε μετρήσεις σημείων του και συνοδεύεται από ένα σύνολο κανόνων που επιτρέπουν να εξαχθεί επιπλέον πληροφορία’’.

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους διακρίνονται ως προς τη μορφή της ψηφιακής πληροφορίας που περιέχουν σε: Τριγωνικό Δίκτυο Αναγλύφου (TIN, Triangulate Irregular Network) και Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων (DEM, Digital Elevation Model). Η διαφορά τους έγκειται στην ηλεκτρονική απεικόνιση, η οποία είναι διανυσματική (vector) στα μοντέλα μορφής TIN και ψηφιδωτή (raster) στα μοντέλα μορφής DEM (WMS,1999).

Τα Ψ.Μ.Ε. μορφής TIN, όπως προαναφέρθηκε, είναι διανυσματικά και προσομοιώνουν το ανάγλυφο με στοιχειώδη τρίγωνα, όπως αυτά σχηματίζονται από τα υψομετρικά σημεία. Η πλευρά κάθε τριγώνου είναι διάνυσμα, με αρχή και τέλος, κατά μήκος του οποίου υπολογίζονται τα υψόμετρα, ενώ η επιφάνεια τριγώνου προσομοιώνεται από πολυώνυμο. Τα μοντέλα TIN παρέχουν τη δυνατότητα διαχείρισης γεωμετρικής και θεματικής πληροφορίας. Τα Ψ.Μ.Ε. μορφής DEM είναι ψηφιδωτής μορφής και προσομοιώνουν το ανάγλυφο με τετραγωνικά εικονοστοιχεία (pixel), που έχουν ορισμένο και προεπιλεγμένο βήμα (διάσταση). Η τιμή κάθε εικονοστοιχείου υπολογίζεται από τις τιμές των υψομέτρων των γειτονικών σημείων. Τα μοντέλα DEM ακολουθούν τον τρόπο δημιουργίας του αναγλύφου των τηλεπισκοπικών μεθόδων και είναι πιο συμβατά με τα υπολογιστικά συστήματα. Τα μοντέλα αυτά, όπως και τα μοντέλα TIN, διαχειρίζονται γεωμετρική και θεματική πληροφορία (WMS,1999).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



Σχήμα 5.11: Απεικόνιση της τοπογραφίας μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗ

5.9 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Οι βασικές κατηγορίες χρήσεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Ευρώτα αποτελούν: η αστική δόμηση, οι υδάτινοι αποδέκτες, γεωργικές καλλιέργειες και πιο συγκεκριμένα οι ελαιώνες, πορτοκαλεώνες και

διάφορες καλλιέργειες. Επίσης, υπάρχουν περιοχές με αραιούς θάμνους, βοσκότοπους και χωρίς βλάστηση αυτού του είδους χρήσης γης βρίσκεται κυρίως στις πιο ορεινές περιοχές. Η καλλιέργεια της ελιάς είναι μια από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες στο νομό Λακωνίας και η παραγωγή ελαιόλαδου είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς της οικονομίας. Ακολουθούν τα πορτοκάλια και έπειτα σιτηρά, λαχανικά, αμπέλια από τα οποία παράγεται το χαρακτηριστικό κρασί της περιοχής κ.τ.λ., ενώ ο κάμπος που διασχίζεται από τον Ευρώτα προμηθεύει την περιοχή με τα οπωρικά όπου υπάρχουν και πολλές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων. Ωστόσο, η εντατική καλλιέργεια της γης έχει οδηγήσει στη χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών τα οποία έχουν δυσμενείς συνέπειες στα επιφανειακά νερά. Επίσης, ο αριθμός των ζώων ελευθέρας βοσκής που βόσκουν στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Ευρώτα, σύμφωνα με στοιχεία που δόθηκαν από τους αρμόδιους δήμους είναι 130.540 αιγοπρόβατα, 58.070 πουλερικά, 1.729 βοοειδή και 100 χοιρινά (Νικολαΐδης Ν. κ.α.,2006).Συναντάμε μια υποτυπώδη βιομηχανία στο νομό Λακωνίας αλλά και πολλούς αρχαιολογικούς χώρους.

Στην παρούσα μελέτη, πηγή των παραπάνω πληροφοριών είναι η εθνική βάση δεδομένων χρήσεων γης που έχει παραχθεί μέσω του προγράμματος CORINE Land Cover και αφορά το σύνολο της χώρας. Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται υπό τη μορφή αρχείου πολυγώνων (GIS shapefiles), όπου στο κάθε πολύγωνο αντιστοιχεί μια διαφορετική χρήση γης - φυτοκάλυψης χαρακτηριζόμενη από τον αντίστοιχο τυποποιημένο κωδικό CORINE. Το επίπεδο αυτό χρησιμοποιείται από το ομοίωμα στον καθορισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής πάνω στο πεδίο προσομοίωσης. Για το σκοπό αυτό εισάγονται για κάθε κατηγορία φυτοκάλυψης η χρονική εξέλιξη στο διάστημα ενός ημερολογιακού έτους δύο δεικτών: το Leaf Area Index (δείκτης έκτασης φυλλώματος) και το βάθος ριζοστρώματος (Rooting Depth) για ολόκληρη την περίοδο προσομοίωσης.

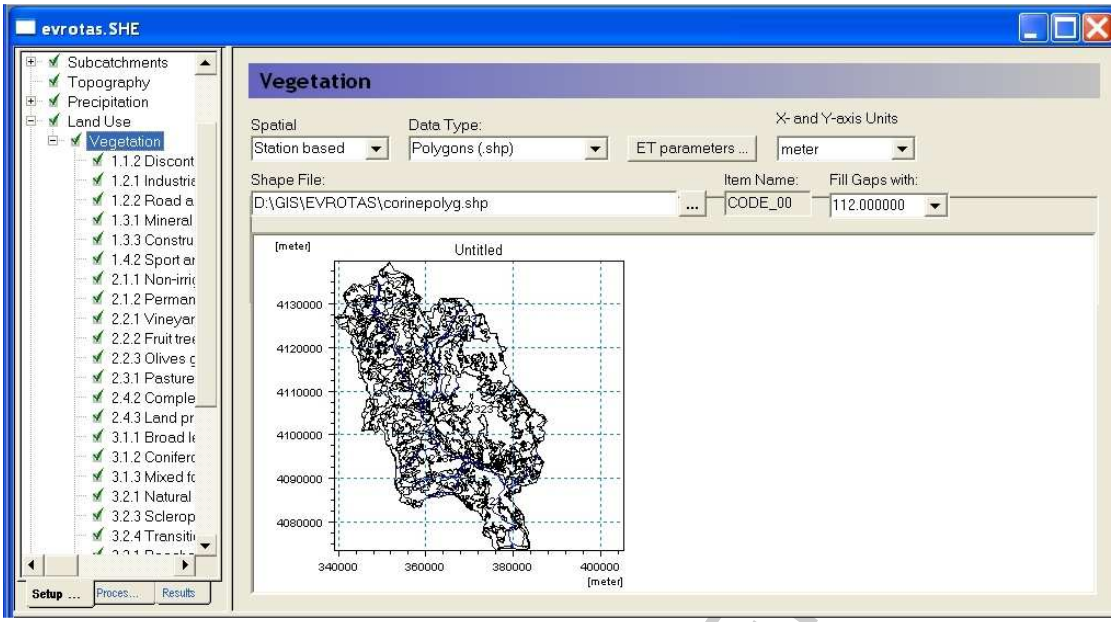
Όπως προαναφέρθηκε, τα δεδομένα για την λεκάνη απορροής του Ευρώτα επεξεργάστηκαν σε περιβάλλον λογισμικού ArcGis 10. Με βάση τα αποτελέσματα που εξήχθησαν, παρατηρείται από τις 44 κατηγορίες χρήσεων γης και φυτοκάλυψης που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα Corine οι 24 απαντώνται στην περιοχή μελέτης οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5.3: Κατηγορίες χρήσεων γης και φυτοκάλυψης που απαντώνται στην λεκάνη απορροής του Ευρώτα.

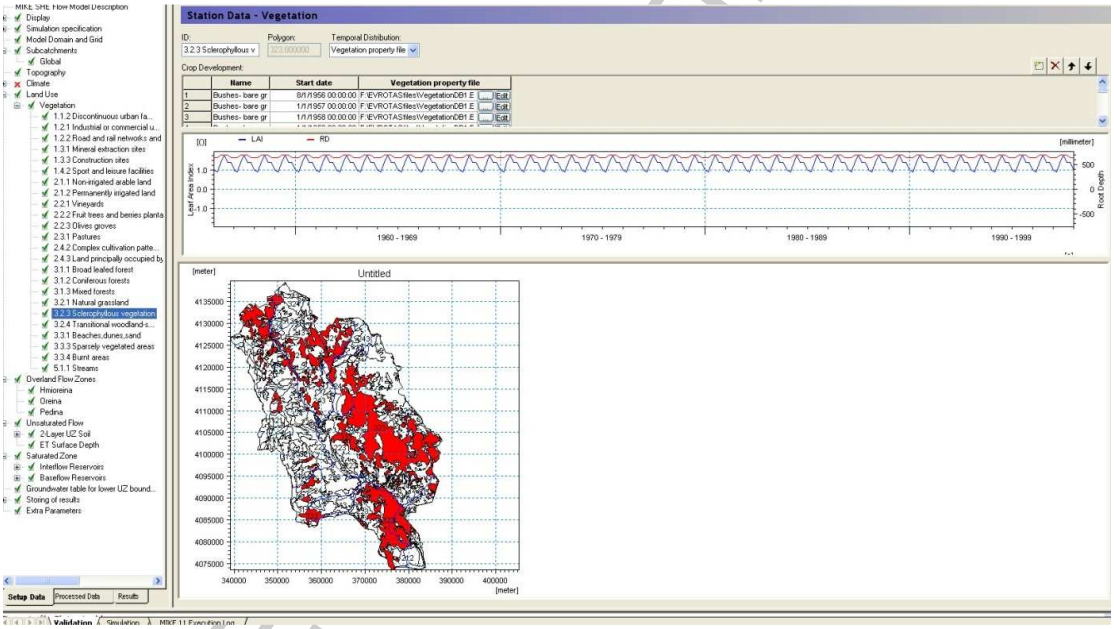
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3-Κωδικός
Τεχνητές Επιφάνειες	Αστικός ιστός	1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	Βιομηχανικές, εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες
		1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα
	Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών
		1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου	1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
Γεωργικές Περιοχές	Αρώσιμη γη	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρώσιμη γη
		2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη
	Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1 Αμπελώνες
		2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
		2.2.3 Ελαιώνες
	Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια
	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες
		2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης
Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων
		3.1.2 Δάσος κωνοφόρων
		3.1.3 Μικτό δάσος
	Συνδυασμοί θαμνώδους, ποώδους βλάστησης	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι
		3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση
		3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές
		3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
		3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις
Υδάτινες Επιφάνειες	Χερσαία ύδατα	5.1.1 Υδατορρεύματα

Τα αποτελέσματα της φυτοκάλυψης μετά από επεξεργασία εισήχθησαν στο υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.12.Ενώ χαρακτηριστικά παρουσιάζεται η απεικόνιση της σκληροφυλλικής βλάστησης στο Σχήμα 5.13.



Σχήμα 5.12: Απεικόνιση της φυτοκάλυψης μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE



Σχήμα 5.13: Απεικόνιση της σκληροφυλλικής βλάστησης μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE

5.10 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ-ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα παρουσιάζει, όπως προαναφέρθηκε χαρακτηρίζεται από ένα τυπικό μεσογειακό τύπο κλίματος με θερμά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες. Οι βροχοπτώσεις δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες κατά τη

διάρκεια της χρονιάς το 47,4% εμφανίζεται το χειμώνα, το 31,65% την άνοιξη, το 18,1% το φθινόπωρο και τέλος το 2,5% κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Το φαινόμενο των παγετών γενικώς δεν εμφανίζεται στην λεκάνη απορροής του Ευρώτα παρά μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα για τους μήνες του Ιανουαρίου και του Φεβρουαρίου. Επιπλέον, σπάνια παρατηρείται χαλάζι για την περιοχή του Ευρώτα και όταν υπάρχει το μέγεθος είναι μικρό όπου δεν προκαλεί ζημιές στη γεωργία. Η υγρασία στην περιοχή του Ευρώτα δεν φτάνει σε υψηλά επίπεδα αφού η μέση ετήσια σχετική υγρασία που έχει καταγραφεί στο μετεωρολογικό σταθμό της Σπάρτης είναι 65% με μέγιστες τιμές το χειμώνα που αγγίζουν και το 70-79% ενώ το καλοκαίρι η υγρασία βρίσκεται στα επίπεδα των 49-50%. Αυτές οι τιμές υγρασίας είναι ευνοϊκές για τη γεωργία και την ανάπτυξη δέντρων. Ο επικρατέστερος άνεμος για την περιοχή είναι αυτός της βόρειας διεύθυνσης με μέση τιμή τα 1,4 Β και το καλοκαίρι ο άνεμος είναι χαμηλής έντασης. Ο αριθμός των ωρών με ηλιοφάνεια κατά τη διάρκεια του έτους είναι 2.712 με μία μέση τιμή ηλιοφάνειας την ημέρα που φτάνει τις 10 ώρες την ημέρα τον Ιούνιο, 12 ώρες την ημέρα τον Ιούλιο και 11,5 τον Αύγουστο.(Ανδριανάκη,2007)

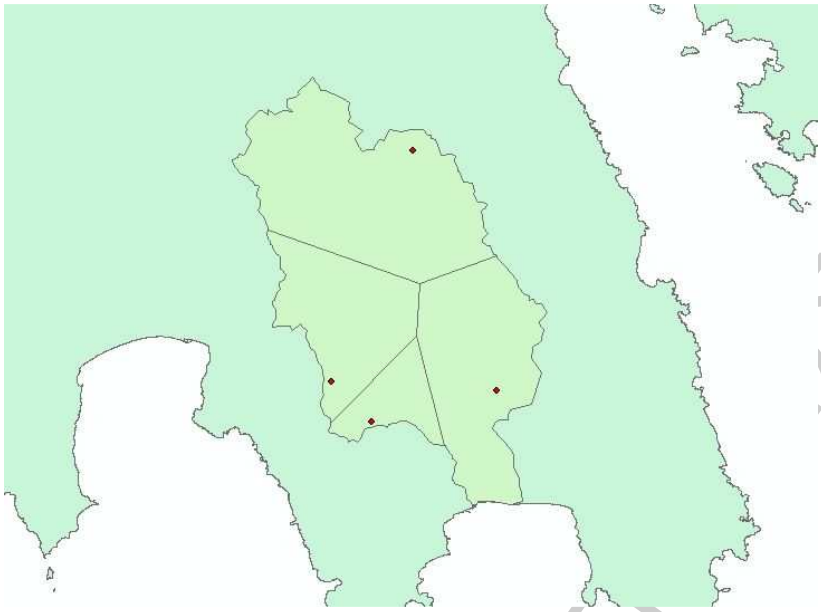
Τα μετεωρολογικά στοιχεία που επεξεργάσθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο αποκομίσθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής για τους 4 σταθμούς που διαθέτει στην περιοχή (Πίνακας 5.4).

Πίνακας 5.4: Μετεωρολογικοί σταθμοί λήψης δεδομένων εντός της λεκάνης απορροής του Ευρώτα

Σταθμός	**Συντεταγμένες**	**Υψόμετρο**
Βρονταμάς	North 36^0 57’ 65’’, East 22^0 39 81	141 m
Πετρίνα	North 36^0 50’ 08’’, East 22^0 29 57	227 m
Καρυές	North 37^0 17’ 33’’, East 22^0 30 17	908 m
Άρνα	North 36^0 52’ 26’’, East 22^0 55 14	821 m

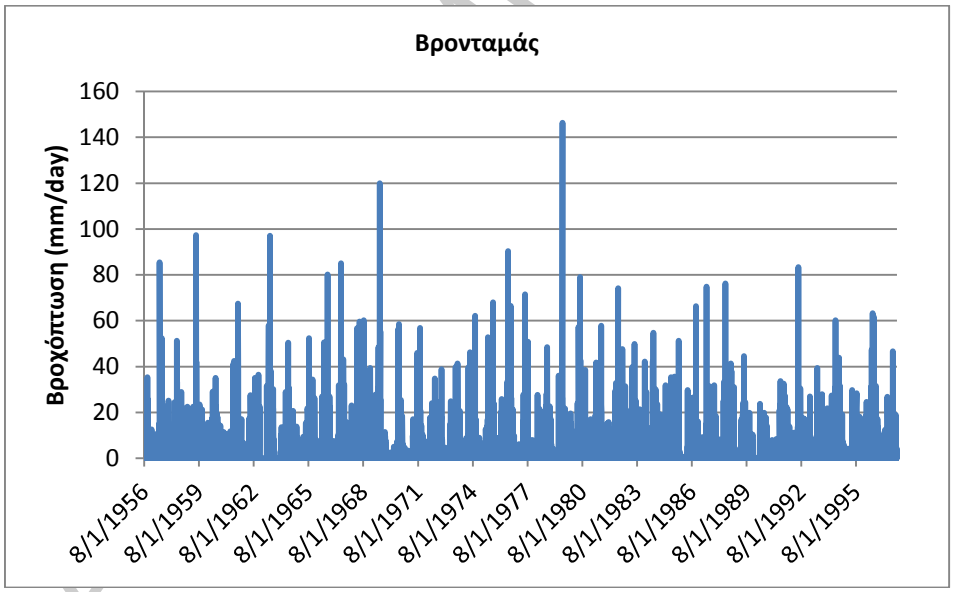
Με τον συνδυασμό όλων των παραμέτρων και την χρήση του ArcGIS 10 ψηφιοποιήθηκε ο χάρτης με την ακριβή θέση των βροχομετρικών σταθμών εντός της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα (Σχήμα 5.14). Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης βρίσκεται ο βροχομετρικός σταθμός των Καρυών, νοτιοανατολικά ο σταθμός του Βρονταμά, νοτιοδυτικά ο σταθμός της Πετρίνας και δυτικά ο ο βροχομετρικός σταθμός της Άρνας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

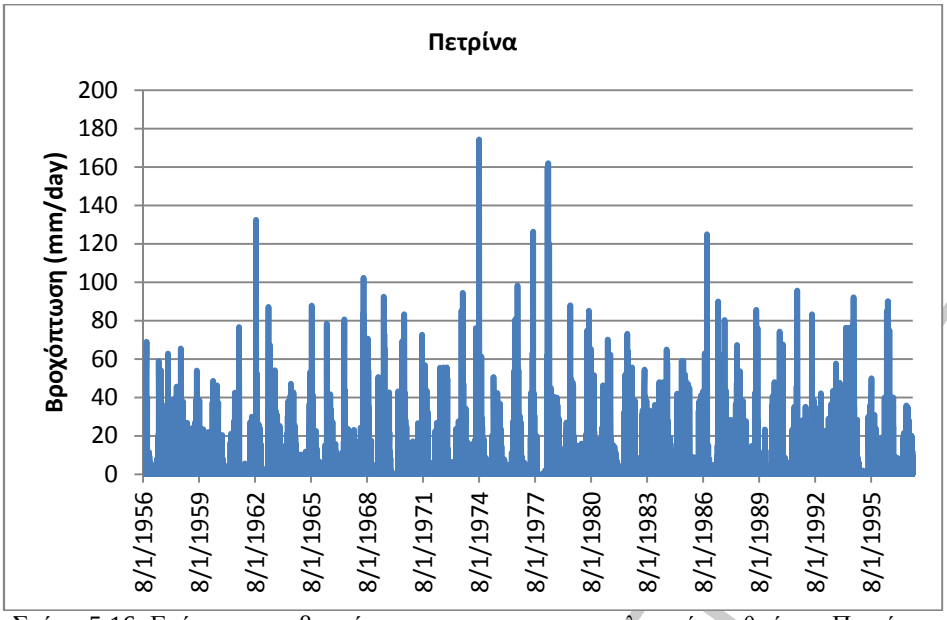


Σχήμα 5.14: Χάρτης των βροχομετρικών σταθμών της λεκάνης του Ευρώτα.

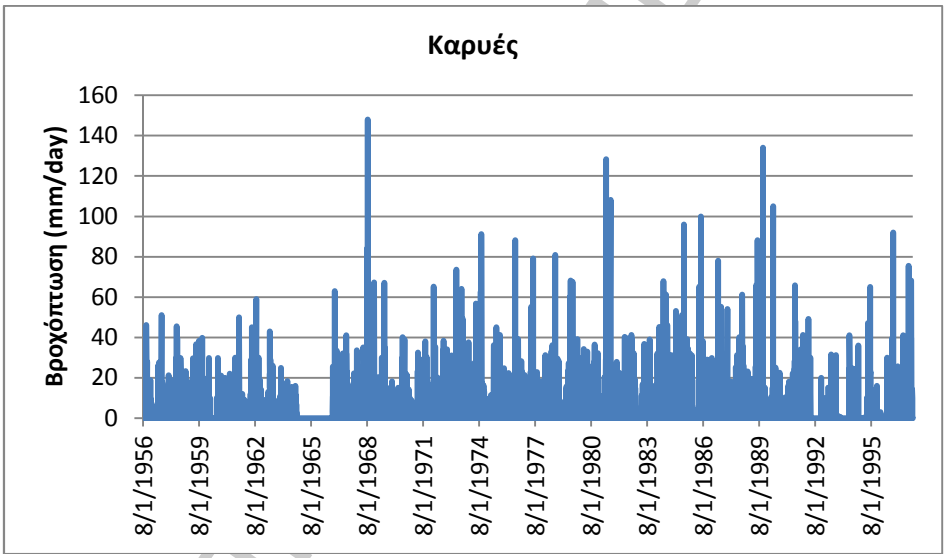
Τα στοιχεία επεξεργάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να απολέσουν αρχείο εισαγωγής για το MIKE SHE.Παρακάτω ακολουθούν τα 4 γραφήματα της βροχόπτωσης για κάθε μετεωρολογικό σταθμό (Σχήματα 5.15, 5.16, 5.17, 5.18) και το γράφημα της εξατμισοδιαπνοής (Σχήμα 5.19).



Σχήμα 5.15: Γράφημα της βροχόπτωσης για τον μετεωρολογικό σταθμό του Βρονταμά

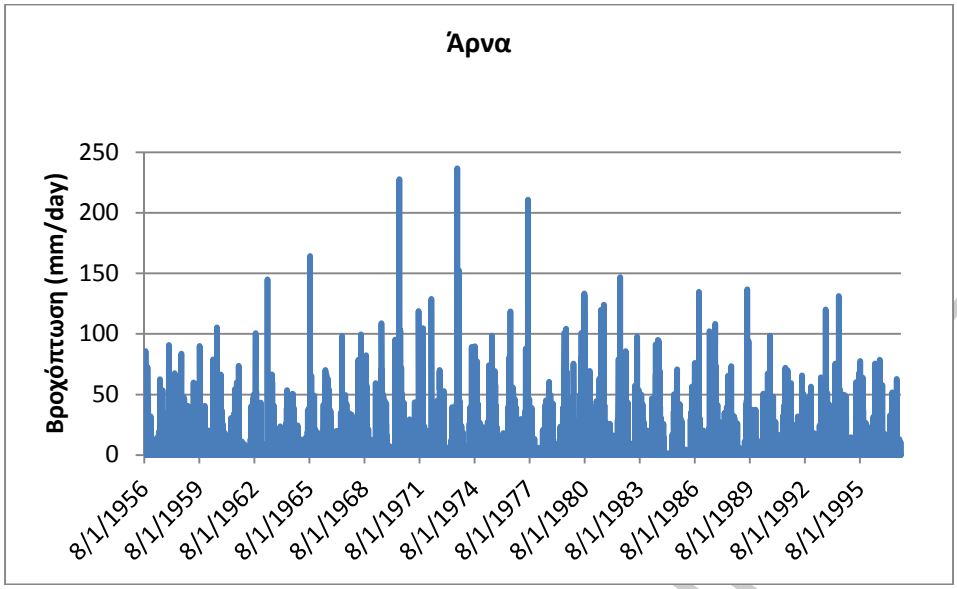


Σχήμα 5.16: Γράφημα της βροχόπτωσης για τον μετεωρολογικό σταθμό της Πετρίνας

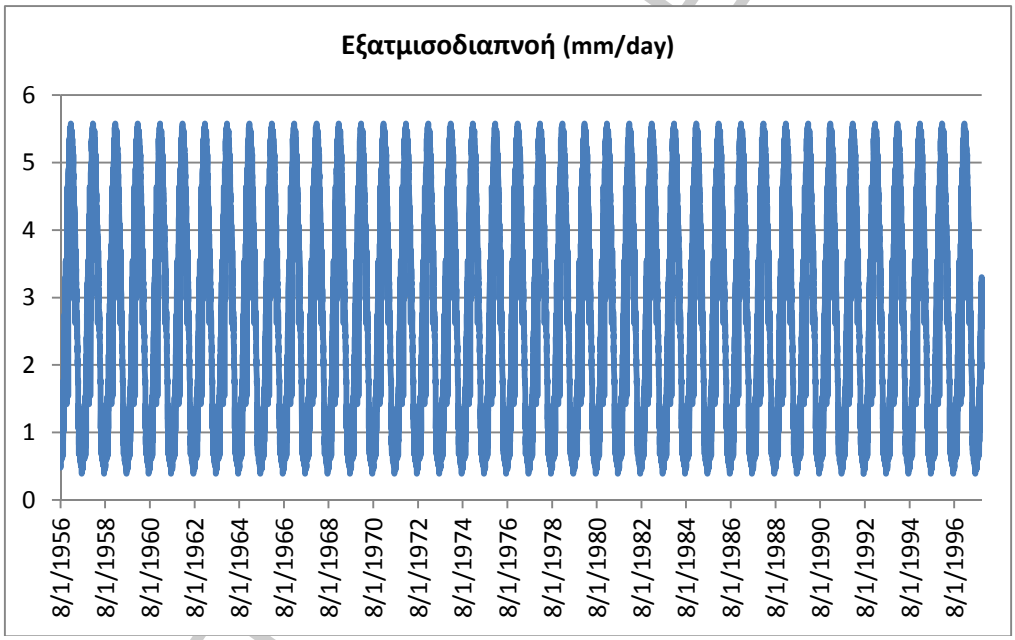


Σχήμα 5.17: Γράφημα της βροχόπτωσης για τον μετεωρολογικό σταθμό των Καρυών

ΠΑΝΕΠ



Σχήμα 5.18: Γράφημα της βροχόπτωσης για τον μετεωρολογικό σταθμό της Άρνας



Σχήμα 5.19: Γράφημα της εξατμισοδιαπνοής της λεκάνης απορροής του Ευρώτα

ΠΑΝΕΠ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

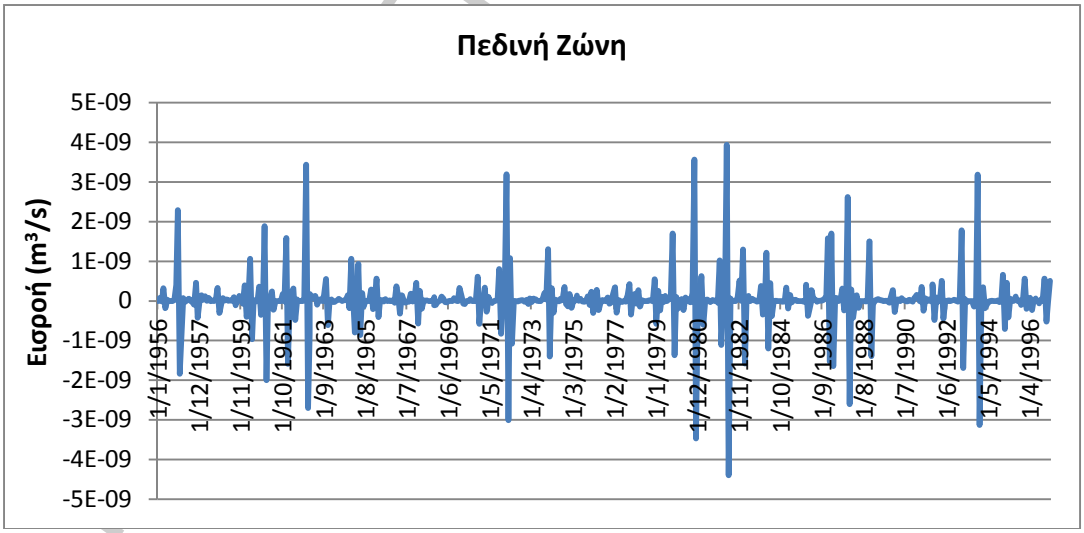
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του υδρολογικού ομοιώματος για την λεκάνη απορροής του Ευρώτα ποταμού και τις επιμέρους υπολεκάνες στις οποίες έχει χωρισθεί. Αρχικά, παρουσιάζονται τα μηνιαία αποτελέσματα της εισροής και βάθους νερού για την επιφανειακή ζώνη της λεκάνης του Ευρώτα, υπό την μορφή σχημάτων και τα οποία είναι κατανεμημένα σε πεδινή, ημιορεινή και ορεινή ζώνη αντίστοιχα, από την εκτέλεση του MIKE SHE για την περίοδο ανάλυσης. Κατόπιν παρουσιάζονται τα ημερήσια αποτελέσματα της εισροής, της απορροής, της επαναπλήρωσης, του συνολικού όγκου νερού για την πεδινή, ημιορεινή και ορεινή ζώνη αλλά και για περιοχές στις οποίες εντοπίζονται φυλλιτικά πετρώματα τα οποία καλύπτουν ένα σεβαστό μέρος της επιφάνειας της περιοχής μελέτης. Έπειτα παρατίθενται υπό μορφή σχημάτων η ολική και η ολική αθροιστική απορροή νερού που κατέληξαν στον ποταμό Ευρώτα στην διάρκεια της περιόδου μελέτης. Τέλος ακολουθεί η μέση ημερήσια απεικόνιση των αποτελεσμάτων μέσω χαρτών για διάφορα υδρολογικά χαρακτηριστικά όσον αφορά το έτος 1990.Τα έτη 1964, 1973, 1989 και 1990 αποτέλεσαν τα υδρολογικά αυτά έτη στην 40χρονη μελέτη που πραγματοποιήθηκε με τον χαμηλότερο βαθμό βροχοπτώσεων. Το έτος του 1990 επιλέχθηκε να παρουσιαστεί αναλυτικά γιατί αποτελεί το πλησιέστερο στον παρόντα χρόνο. Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζονται είναι η ατμοσφαιρική κατακρήμνιση, η διαπνοή, η εξατμισοδιαπνοή , η διήθηση, η ανταλλαγή νερού μεταξύ κορεσμένης και ακόρεστης ζώνης . Για το διάστημα βαθμονόμησης του υδρολογικού ομοιώματος ορίστηκαν τα υδρολογικά έτη από 8/1/1956 έως 31/3/1997.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

6.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΖΩΝΗ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η μηνιαία διακύμανση υδρολογικών χαρακτηριστικών που καταλήγουν στην επιφανειακή ζώνη. Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζονται είναι η εισροή νερού και το βάθος νερού στην πεδινή, ημιορεινή και ορεινή ζώνη. Τα έτη 1964, 1973, 1989 και 1990 αποτέλεσαν τα υδρολογικά αυτά έτη στην 40χρονη μελέτη που πραγματοποιήθηκε με τον χαμηλότερο βαθμό βροχοπτώσεων. Το έτος του 1990 επιλέχθηκε να παρουσιαστεί αναλυτικά γιατί αποτελεί το πλησιέστερο στον παρόντα χρόνο ,παρουσίασε μικρό βαθμό βροχοπτώσεων τόσο στον νομό Λακωνίας όσο και στην υπόλοιπη Ελλάδα με αποτέλεσμα η χώρα να οδηγηθεί στα όρια της λειψυδρίας.

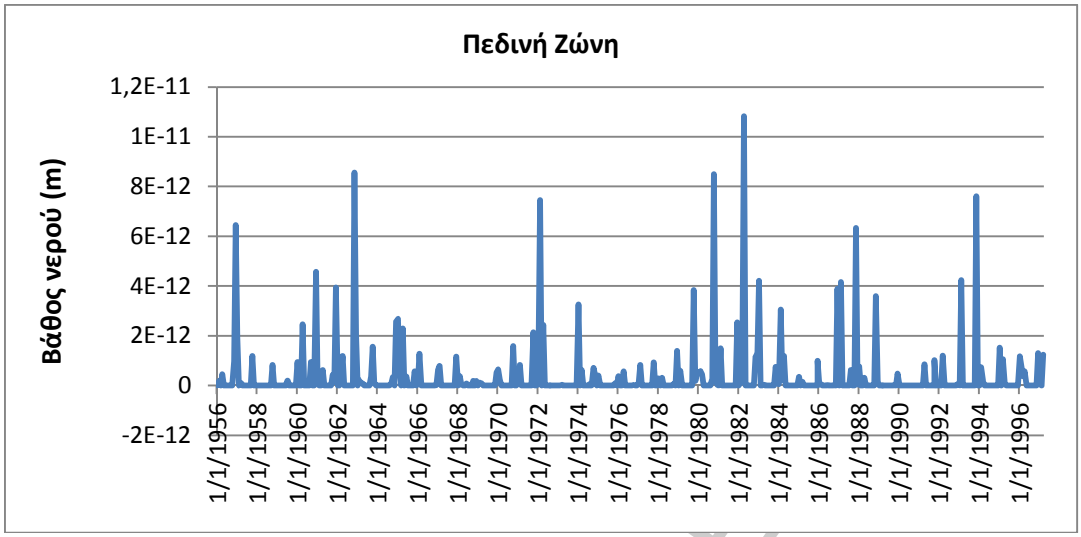
Αρχικά παρατηρείται (Σχήμα6.1) ότι η μεγαλύτερη εισροή νερού γίνεται την περίοδο από Νοέμβριο έως Μάρτιο ενώ η μικρότερη την θερινή περίοδο. Είναι χαρακτηριστικό ότι τον Δεκέμβριο του 1956, τον Φεβρουάριο του 1972, τον Οκτώβριο του 1980, τον Μάρτιο του 1982 και τον Νοέμβριο του 1993 εντοπίζονται πολύ υψηλές τιμές στην εισροή νερού στην επιφανειακή ζώνη. Θα πρέπει να τονισθεί ότι η εισροή λαμβάνει αρνητικές τιμές λόγω της εξάτμισης και των βιολογικών αναγκών των φυτών τα οποία δεν καλύπτονται από την υγρασία του εδάφους.



Σχήμα 6.1: Εισροή νερού στην πεδινή ζώνη.

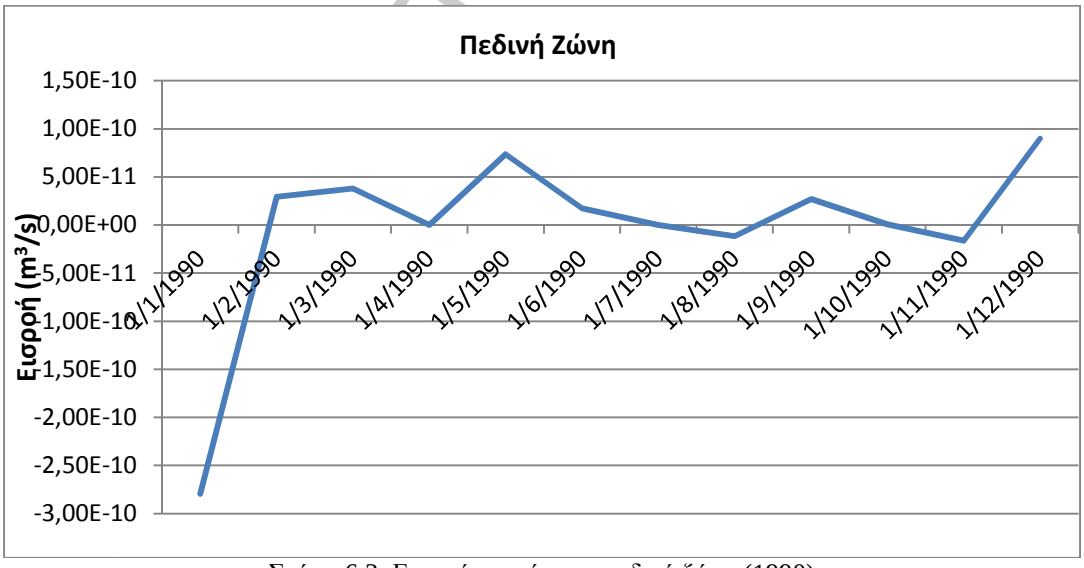
Παρομοίως το νερό εντοπίζεται στα μεγαλύτερα βάθη (Σχήμα6.2) τις ίδιες ημερομηνίες που η εισροή εμφανίζει υψηλές τιμές δηλαδή τον Δεκέμβριο του 1956,

τον Φεβρουάριο του 1972, τον Οκτώβριο του 1980, τον Μάρτιο του 1982 και τον Νοέμβριο 1993.



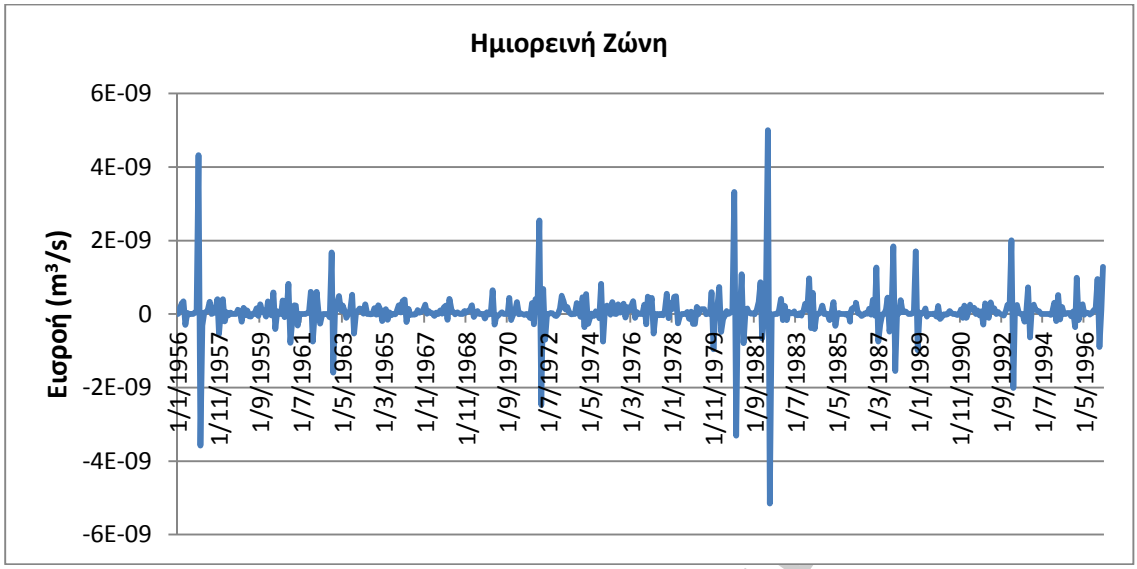
Σχήμα 6.2: Βάθος νερού στην πεδινή ζώνη

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η μηνιαία διακύμανση της εισροής νερού για το υδρολογικό έτος 1990 (Σχήμα 6.3).Όπως προαναφέρθηκε το 1990 αποτελεί ένα από τα πιο άνυδρα έτη στην μελέτη των 40 ετών που πραγματοποιήθηκε, όχι μόνο για την Λακωνία αλλά για ολόκληρη την Ελλάδα. Στο σχήμα είναι εμφανή τα πολύ χαμηλά ποσά εισροής νερού στην πεδινή ζώνη, τα οποία ακόμα και τους ‘’υγρούς’’ μήνες αγγίζουν μηδενικές τιμές.

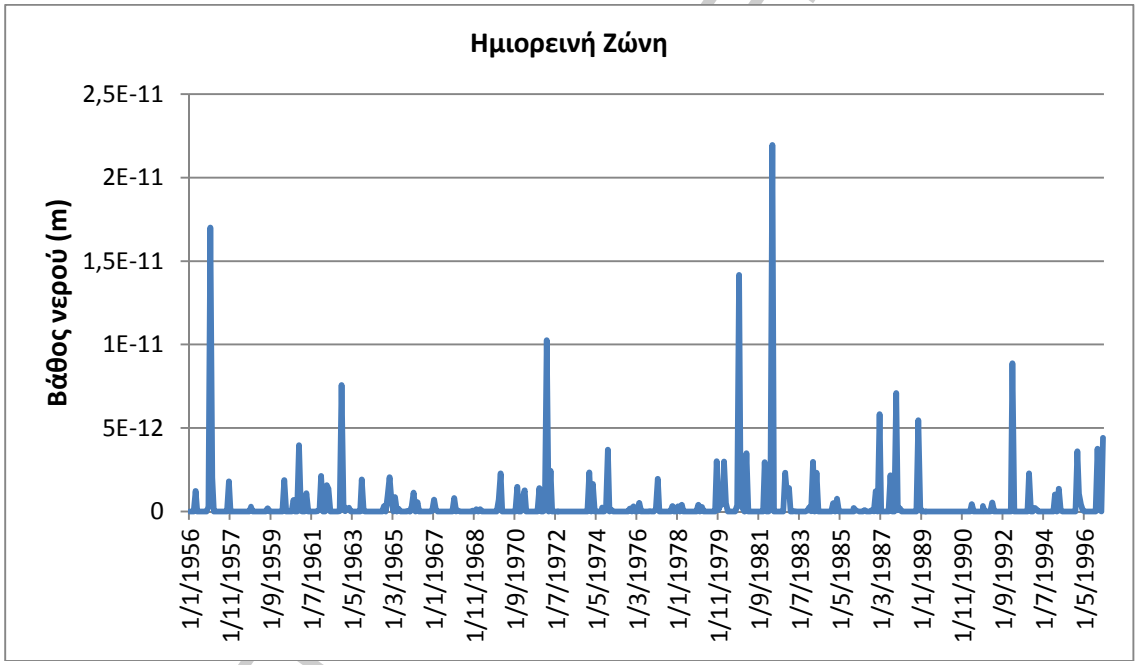


Σχήμα 6.3: Εισροή νερού στην πεδινή ζώνη (1990)

Στα επόμενα δύο γραφήματα παρουσιάζεται η εισροή και το βάθος νερού στην ημιορεινή ζώνη(Σχήμα 6.4, Σχήμα 6.5). Παρατηρείται ότι τον Δεκέμβριο του 1956, τον Οκτώβριο του 1980 και τον Μάρτιο του 1982 εντοπίζονται οι υψηλότερες τιμές εισροής αλλά και βάθους νερού όπως και στην πεδινή ζώνη.

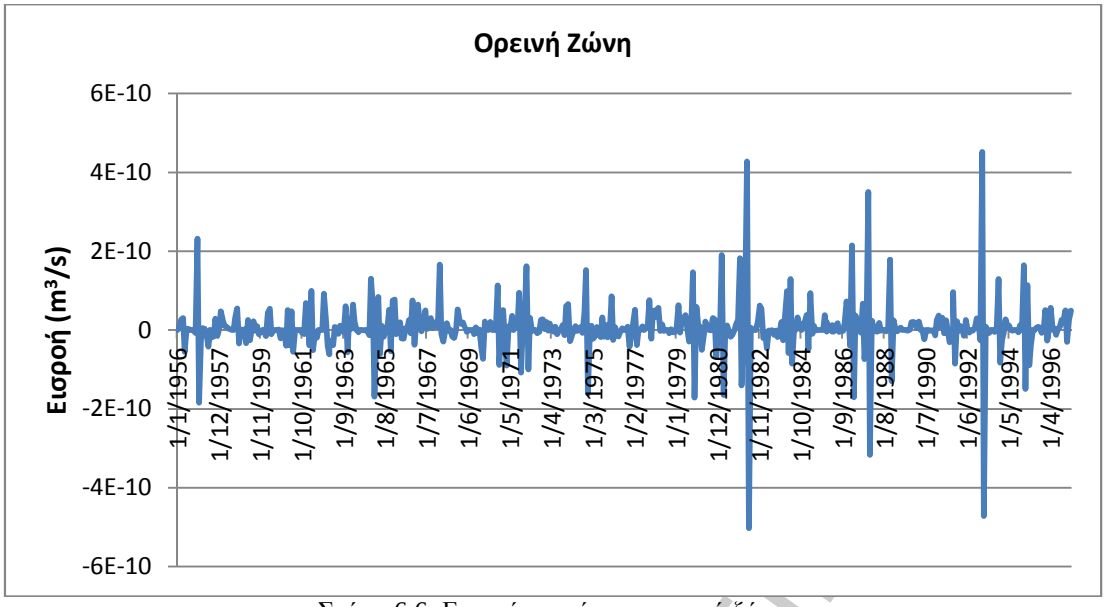


Σχήμα 6.4: Εισροή νερού στην ημιορεινή ζώνη

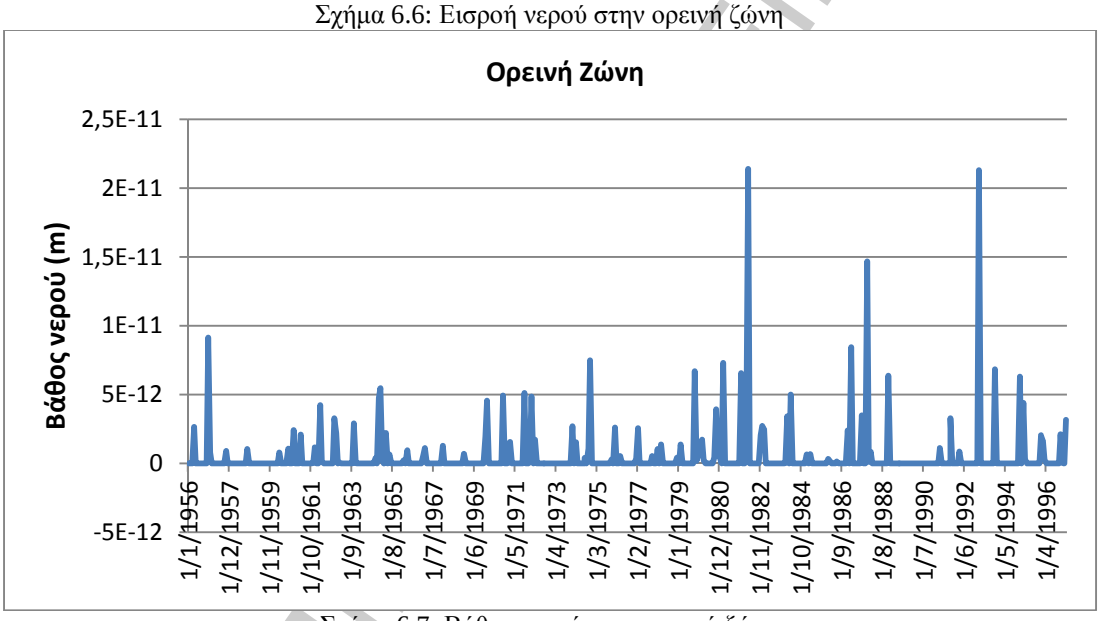


Σχήμα 6.5: Βάθος νερού στην ημιορεινή ζώνη

Στα σχήματα (Σχήμα 6.6, Σχήμα 6.7) που ακολουθούν παρουσιάζεται η εισροή και το βάθος νερού στην επιφανειακή ορεινή ζώνη. Παρατηρείται ότι τον Δεκέμβριο του 1956, τον Μάρτιο του 1982, τον Νοέμβριο του 1987 και τον Φεβρουάριο του 1993 εντοπίζονται οι υψηλότερες τιμές εισροής αλλά και βάθους νερού σχεδόν όπως στην πεδινή και ημιορεινή ζώνη, γεγονός που αποδεικνύει σε ένα βαθμό την εγκυρότητα βροχομετρικών μετρήσεων παρά την απόσταση των βροχομετρικών σταθμών μεταξύ τους.



Σχήμα 6.6: Εισροή νερού στην ορεινή ζώνη



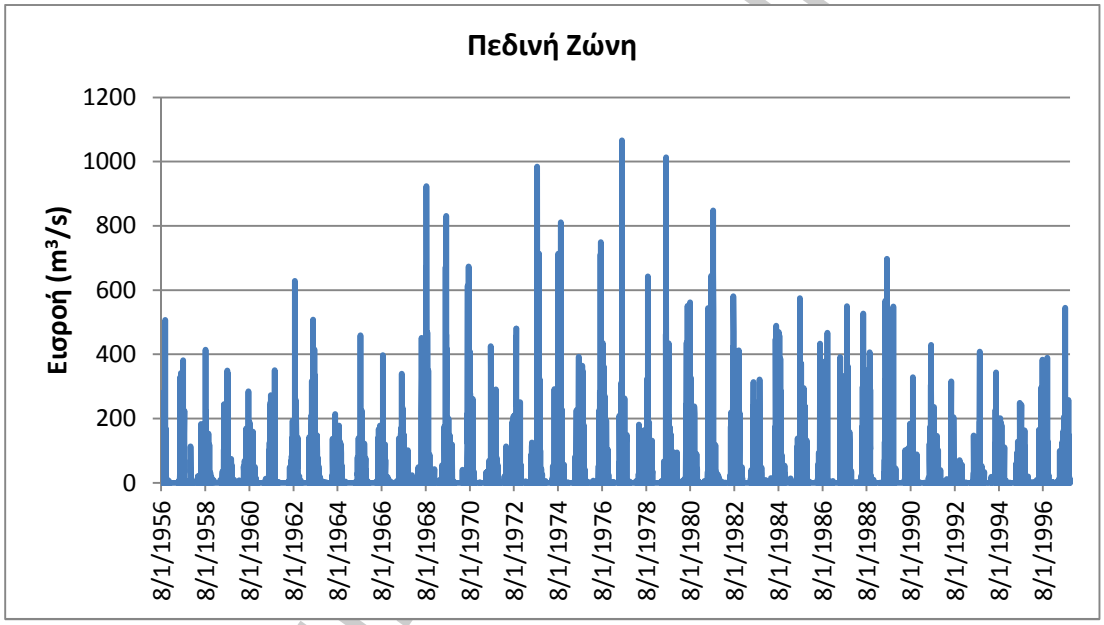
Σχήμα 6.7: Βάθος νερού στην ορεινή ζώνη

6.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ημερήσιας διακύμανσης υδρολογικών χαρακτηριστικών στην κορεσμένη ζώνη. Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των οποίων τα σχήματα παρουσιάζονται είναι η εισροή, η επαναπλήρωση, η απορροή, η διαφορά όγκου νερού και ο συνολικός όγκος νερού στην κορεσμένη πεδινή, ημιορεινή και ορεινή ζώνη. Επίσης για την κατηγορία της πεδινής ζώνης πραγματοποιήθηκε μηνιαία διακύμανση των υδρολογικών χαρακτηριστικών για το υδρολογικό έτος 1990,το συγκεκριμένο έτος αποτελεί ένα από τα πιο άνυδρα στην εργασία που πραγματοποιήθηκε. Τέλος αναλύονται τα ίδια υδρολογικά χαρακτηριστικά για τις περιοχές που εντοπίζονται φυλλιτικά (ph)

πετρώματα τα οποία καλύπτουν ένα σεβαστό ποσοστό της επιφάνειας της λεκάνης του Ευρώτα.

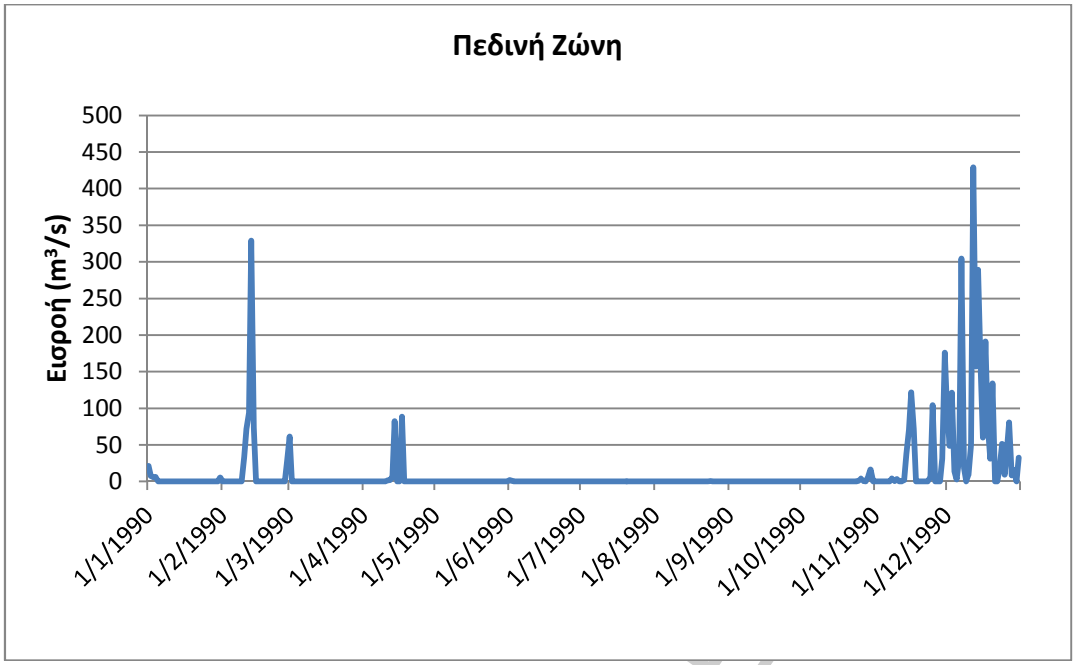
Αρχικά παρατηρείται (Σχήμα 6.8) ότι οι υψηλότερες τιμές εισροής στην επιφανειακή πεδινή ζώνη πραγματοποιείται κυρίως τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Φεβρουάριο και οι χαμηλότερες, όπως αναμενόταν, τους θερινούς μήνες. Χαρακτηριστικά οι υψηλότερες τιμές εισροής νερού εντοπίστηκαν τον Ιανουάριο του 1962, τον Ιανουάριο του 1968 , τον Δεκέμβριο του 1968, τον Ιανουάριο του 1973, τον Φεβρουάριο του 1974, τον Δεκέμβριο του 1976, τον Δεκέμβριο του 1978 και τον Ιανουάριο του 1981.



Σχήμα 6.8: Εισροή νερού στα πεδινή ζώνη

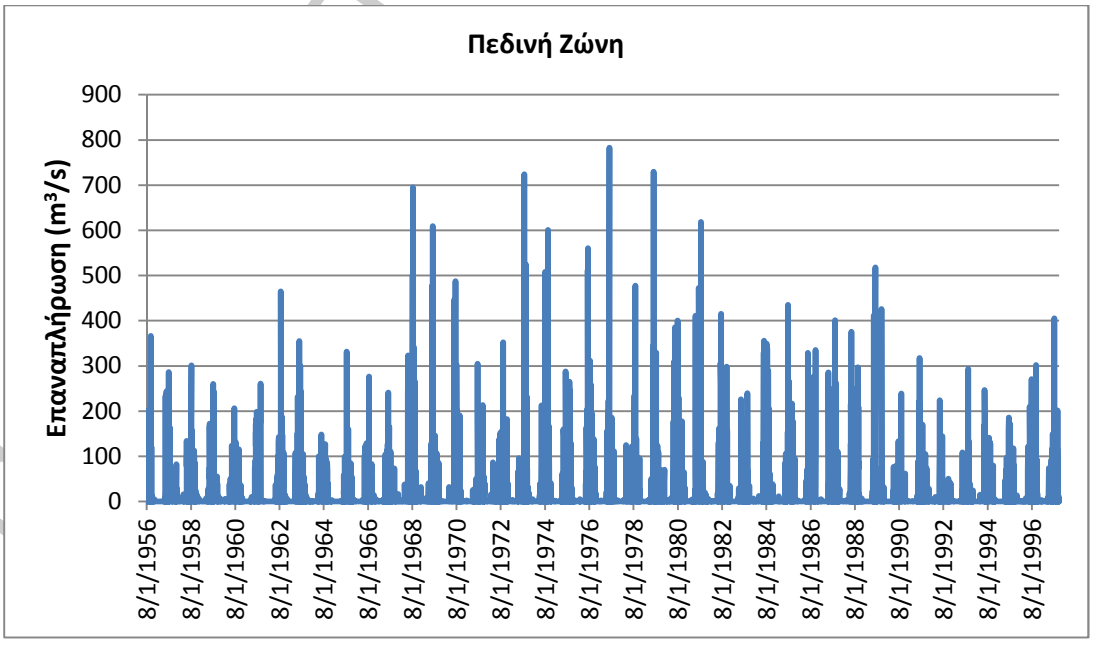
Όσον αφορά την εισροή νερού στα πεδινά εδάφη (Σχήμα 6.9) το έτος 1990 μπορεί να δικαιολογηθεί ο χαρακτηρισμός του ως ξηρό καθώς οι τιμές οι οποίες προέκυψαν είναι ενδεικτικές. Με εξαίρεση τον μήνα Φεβρουάριο και Δεκέμβριο η εισροή νερού έχει μηδενικές τιμές τους υπόλοιπους μήνες.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΑΣ



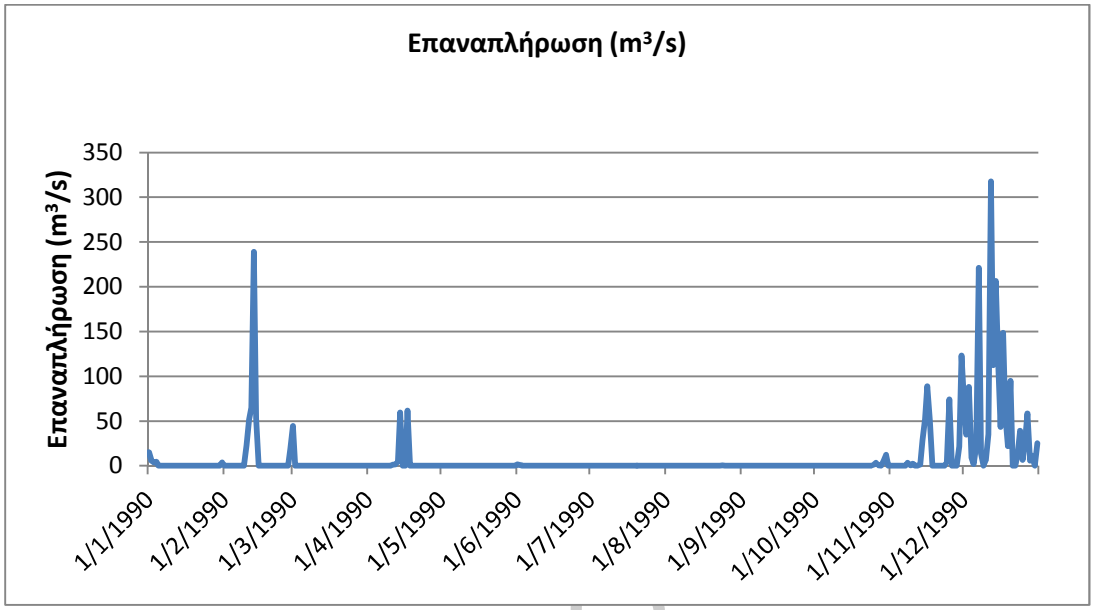
Σχήμα 6.9: Εισροή νερού στην πεδινή ζώνη (1990)

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ομοιώματος MIKE SHE σχετικά με την επαναπλήρωση νερού στην κορεσμένη πεδινή ζώνη (Σχήμα 6.10). Οι υψηλότερες τιμές ακολουθούν αυτές της εισροής νερού για τις ακόλουθες ημερομηνίες: Ιανουάριος του 1962, Ιανουάριος του 1968 , Δεκέμβριος του 1968, Ιανουάριος του 1973, Φεβρουάριος του 1974, Δεκέμβριος του 1976, Δεκέμβριος του 1978 και τον Ιανουάριος του 1981.



Σχήμα 6.10: Επαναπλήρωση νερού στην πεδινή ζώνη

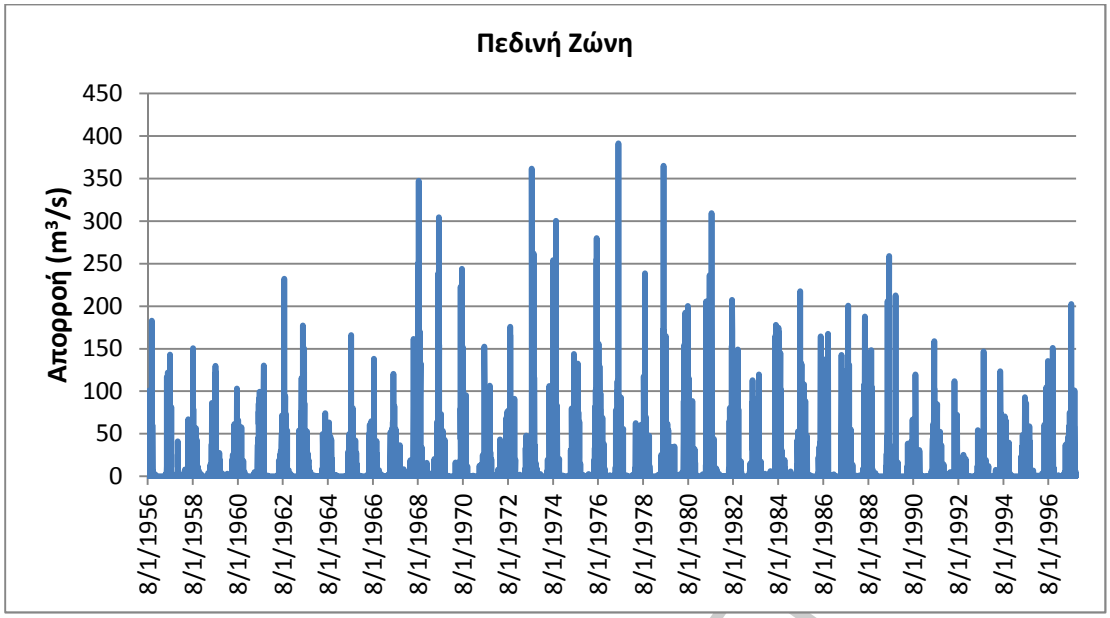
Παρομοίως, όπως και στην εισροή, παρατηρώντας τις τιμές της επαναπλήρωσης νερού στα πεδινή ζώνη το έτος 1990 είναι χαρακτηριστικές οι πολύ χαμηλές τιμές με εξαίρεση τους μήνες Φεβρουάριο και Δεκέμβριο (Σχήμα 6.11).



Σχήμα 6.11: Επαναπλήρωση νερού στην πεδινή ζώνη (1990)

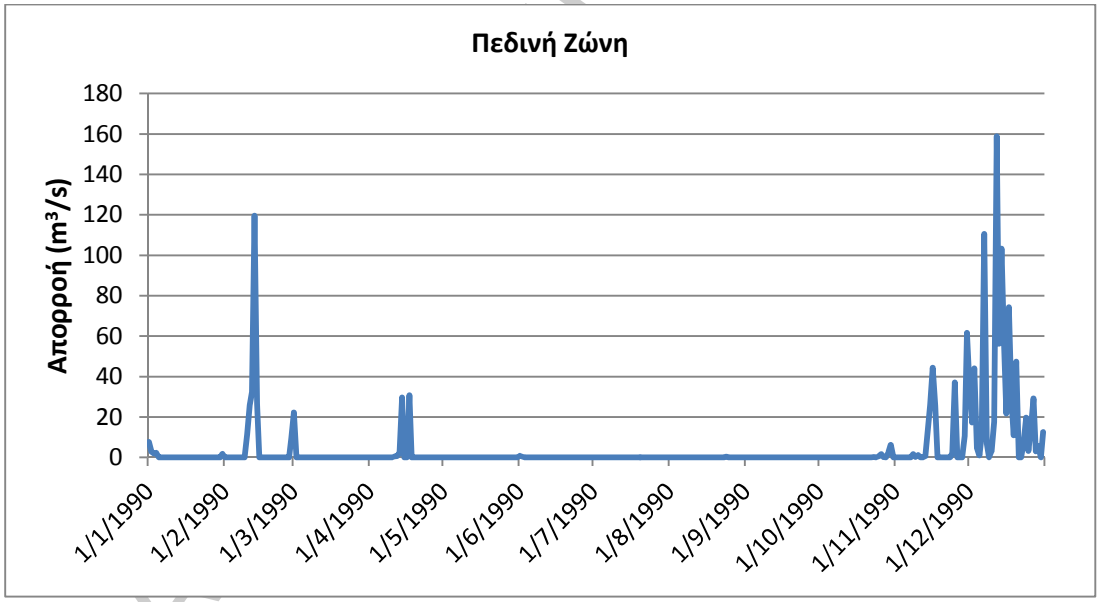
Στην συνέχεια παρουσιάζεται το σχήμα της απορροής του νερού από την κορεσμένη πεδινή ζώνη (Σχήμα 6.12). Οι υψηλότερες τιμές απορροής εμφανίζονται τις εξής ημερομηνίες: 1-1962, 1- 1968 , 12-1968, 1-1973, 2-1974, 12-1976, 12-1978 και 1-1981.Η υψηλότερη τιμή εντοπίσθηκε τον Δεκέμβριο του 1976 με τιμή (391.513 m^3/s).Επίσης παρατηρείται ότι από το 1990 και μέχρι το τέλος της ημερομηνίας μελέτης οι τιμές της απορροής σταδιακά σταθεροποιούνται και μειώνονται.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



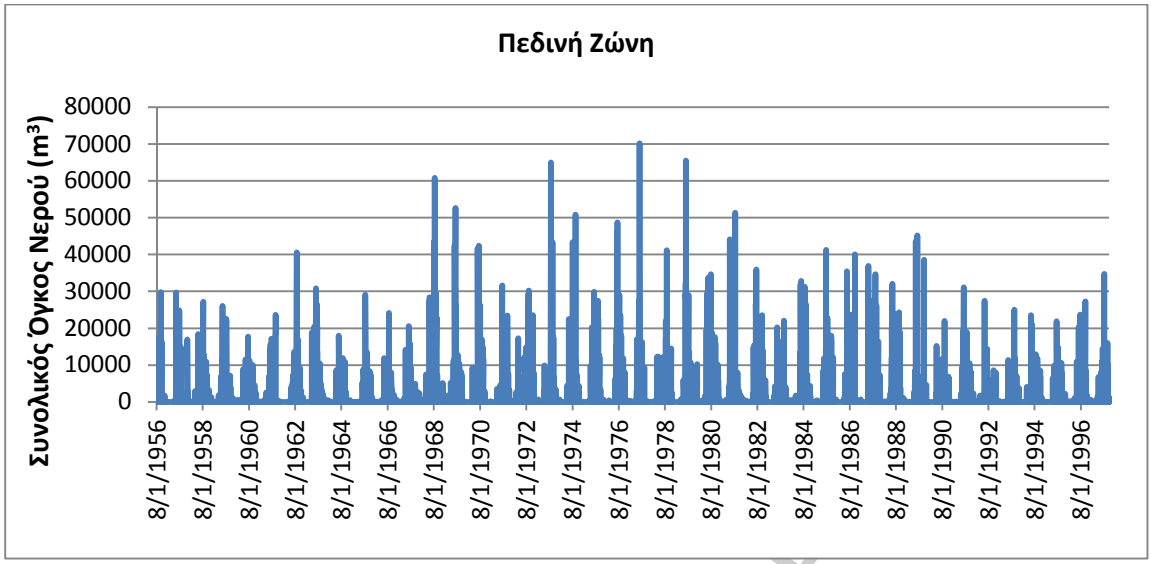
Σχήμα 6.12: Απορροή νερού στα πεδινά εδάφη (1990)

Στο σχήμα που ακολουθεί παρατηρούνται τα αποτελέσματα της ημερήσιας διακύμανσης της απορροής για το έτος 1990.Πλήν του μήνα Φεβρουαρίου και Δεκεμβρίου που έχει και την πιο υψηλή τιμή 158,79 m^3/s οι υπόλοιποι έχουν μηδενικές τιμές.



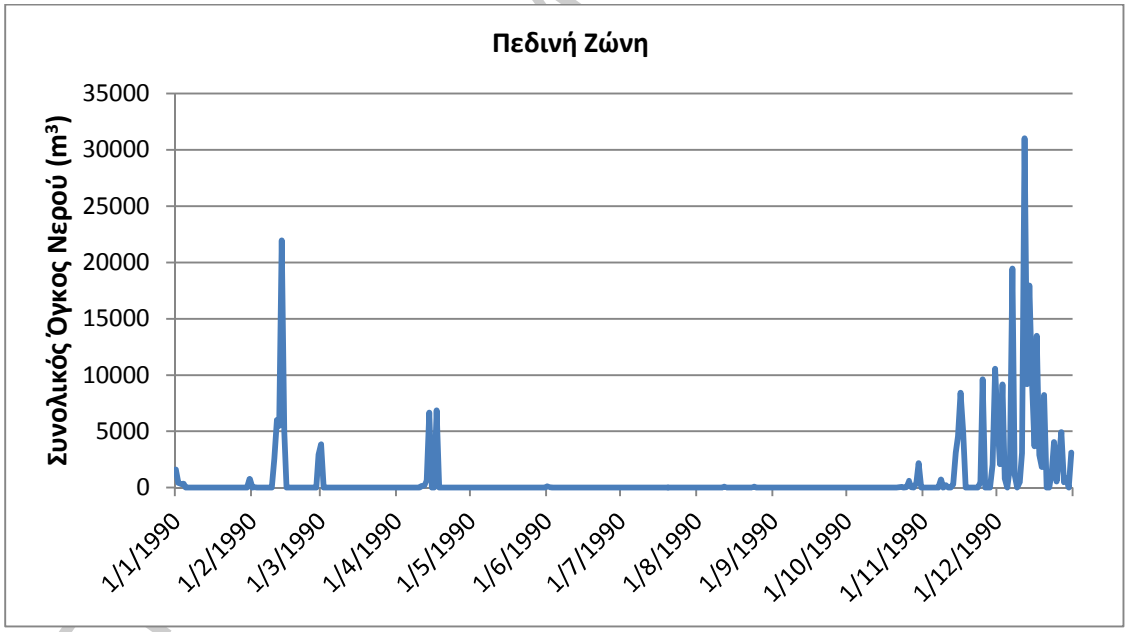
Σχήμα 6.13: Απορροή νερού στα πεδινή ζώνη (1990)

Έπειτα παρουσιάζεται το Σχήμα (6.14) του συνολικού όγκου νερού που καταλήγει στην κορεσμένη ζώνη των πεδινών εδαφών. Οι υψηλότερες τιμές απορροής εμφανίζονται τις εξής ημερομηνίες: 1-1962, 1- 1968 , 12-1968, 1-1973, 2-1974, 12-1976, 12-1978 και 1-1981.Η υψηλότερη τιμή εντοπίσθηκε τον Δεκέμβριο του 1976 με τιμή (70163 m^3).Επίσης παρατηρείται ότι από το 1990 και μέχρι το τέλος της ημερομηνίας μελέτης οι τιμές σταδιακά σταθεροποιούνται και μειώνονται.



Σχήμα 6.14: Συνολικός όγκος νερού στην πεδινή ζώνη

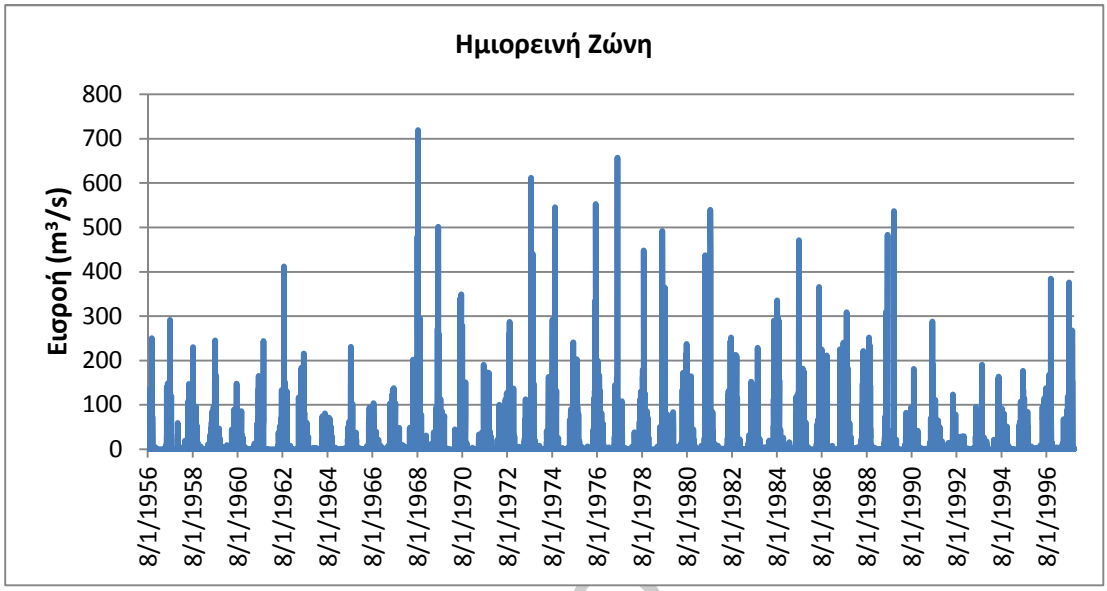
Παρομοίως, όπως και στα προηγούμενα υδρολογικά χαρακτηριστικά που παρουσιάστηκαν , παρατηρώντας τις τιμές του συνολικού όγκου νερού που καταλήγουν στα πεδινά εδάφη το έτος 1990 είναι χαρακτηριστικές οι πολύ χαμηλές τιμές με εξαίρεση τους μήνες Φεβρουάριο, Απρίλιο και Δεκέμβριο (Σχήμα 6.15). Τον Δεκέμβριο παρουσιάστηκε η υψηλότερη τιμή των 31039 m^3.



Σχήμα 6.15: Συνολικός όγκος νερού στα πεδινά εδάφη (1990)

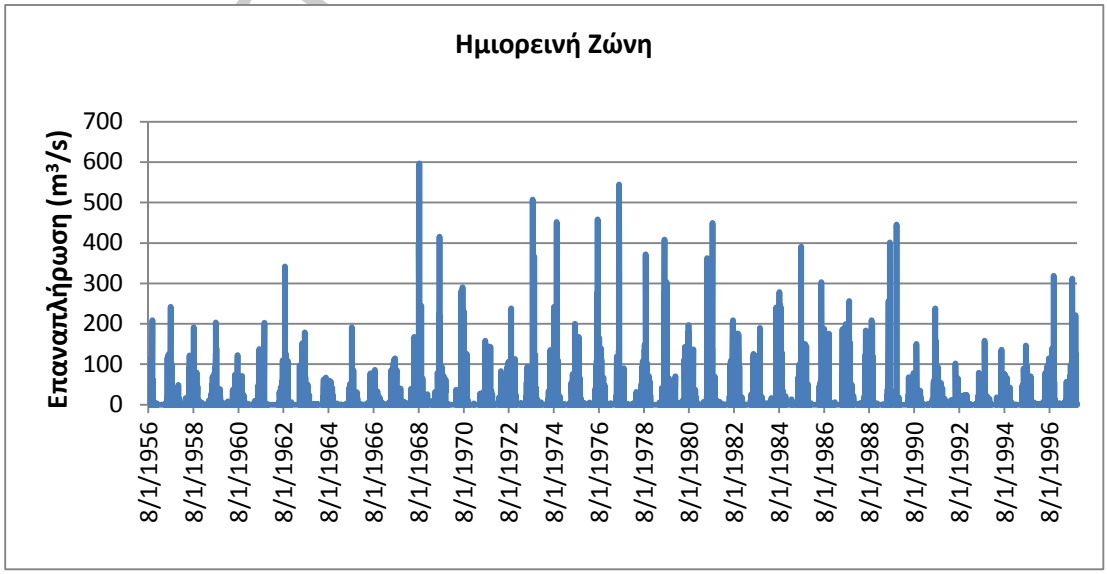
Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ομοιώματος για την εισροή νερού στην κορεσμένη ζώνη των ημιορεινών εδαφών (Σχήμα 6.16). Οι υψηλότερες τιμές σχεδόν ταυτίζονται με τις αντίστοιχες των πεδινών εδαφών και είναι για τις ακόλουθες ημερομηνίες: 1- 1968 , 12-1968, 1-1973, 2-1974, 12-1976, 12-1978, 12-1980, 1-1981, 12-1984, 12-1988, 3-1989. Η μεγαλύτερη τιμή

εμφανίστηκε για τον Ιανουάριο του 1968 με 719,303 m^3/s.Επίσης παρατηρείται μια σταδιακή πτώση των τιμών της εισροής νερού την δεκαετία του 1990 με εξαίρεση το υδρολογικό έτος του 1996.



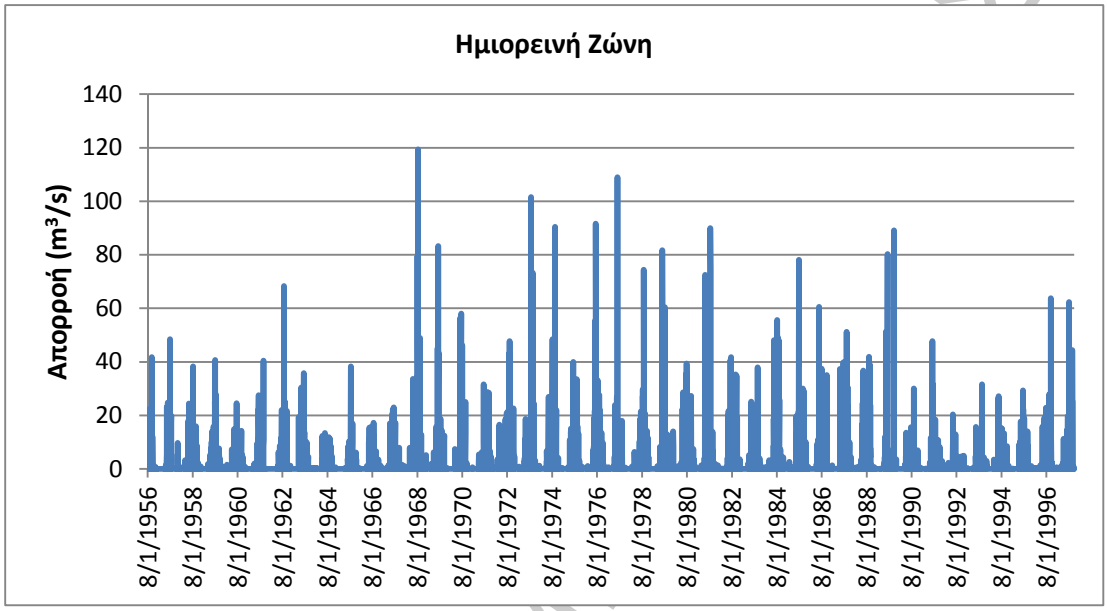
Σχήμα 6.16: Εισροή νερού στην ημιορεινή ζώνη

Κατόπιν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ομοιώματος για την επαναπλήρωση νερού στην κορεσμένη ημιορεινή ζώνη (Σχήμα 6.17). Οι υψηλότερες τιμές σχεδόν ταυτίζονται με τις αντίστοιχες ημερομηνίες των μεγαλύτερων τιμών για την εισροή νερού και είναι για τις ακόλουθες ημερομηνίες: 1- 1968 , 12-1968, 1-1973, 2-1974, 12-1976, 12-1978, 12-1980, 1-1981, 12-1984, 12-1988, 3-1989. Η μεγαλύτερη τιμή εμφανίστηκε για τον Ιανουάριο του 1968 με 596,778 m^3/s.Επίσης παρατηρείται μια σταδιακή πτώση των τιμών της εισροής νερού την δεκαετία του 1990 με εξαίρεση το υδρολογικό έτος του 1996.



Σχήμα 6.17: Επαναπλήρωση νερού στην ημιορεινή ζώνη

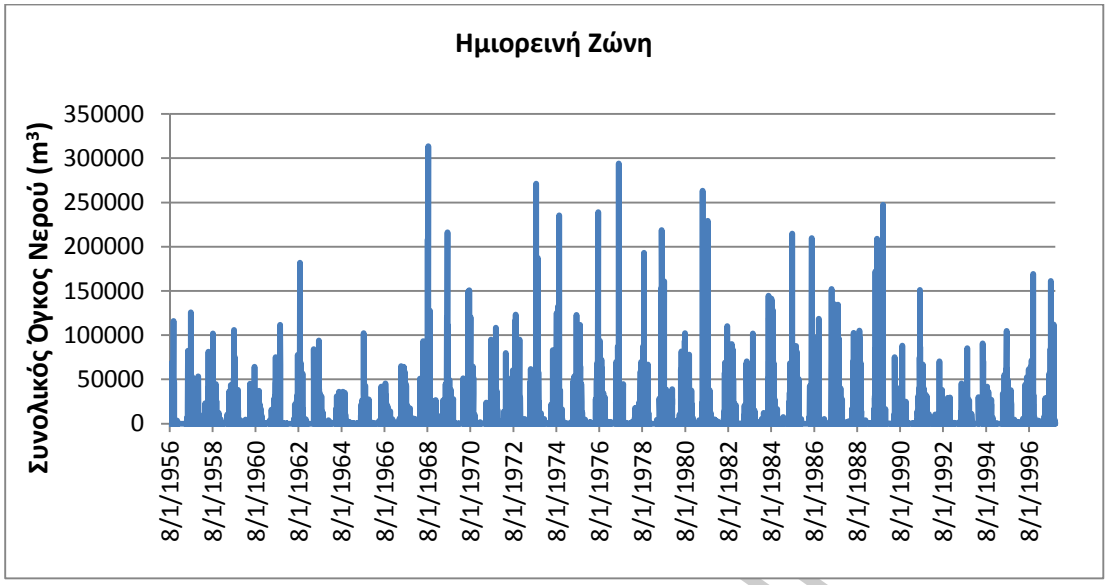
Έπειτα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ομοιώματος για την απορροή νερού στην κορεσμένη ζώνη ημιορεινή ζώνη (Σχήμα 6.18). Οι υψηλότερες τιμές είναι για τις ακόλουθες ημερομηνίες: 1- 1968 , 12-1968, 1-1973, 2-1974, 12-1976, 12-1978, 12-1980, 1-1981, 12-1984, 12-1988, 3-1989. Η μεγαλύτερη τιμή εμφανίστηκε για τον Ιανουάριο του 1968 με 119,356 m^3/s.



Σχήμα 6.18: Απορροή νερού στα ημιορεινή ζώνη

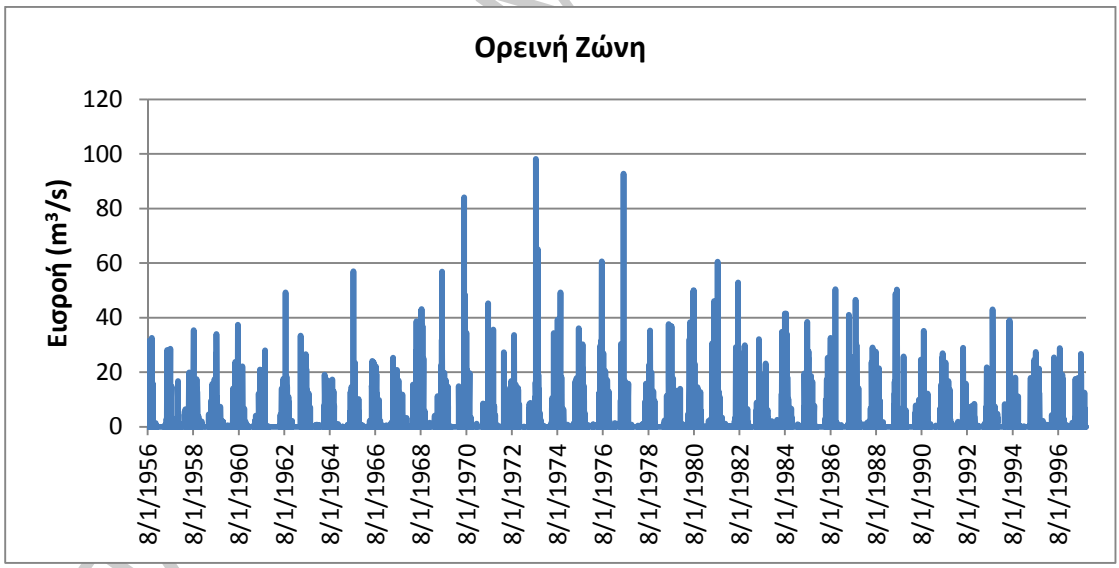
Έπειτα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ομοιώματος για τον συνολικό όγκο νερού που καταλήγει στην κορεσμένη ημιορεινή ζώνη (Σχήμα 6.19). Οι υψηλότερες τιμές, όπως και στα προηγούμενα αποτελέσματα των υδρολογικών χαρακτηριστικών που παρουσιαστήκαν είναι για τις ακόλουθες ημερομηνίες: 1-1968 , 12-1968, 1-1973, 2-1974, 12-1976, 12-1978, 12-1980, 1-1981, 12-1984, 12-1988, 3-1989. Η μεγαλύτερη τιμή εμφανίστηκε για τον Ιανουάριο του 1968 με 313660 m^3.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



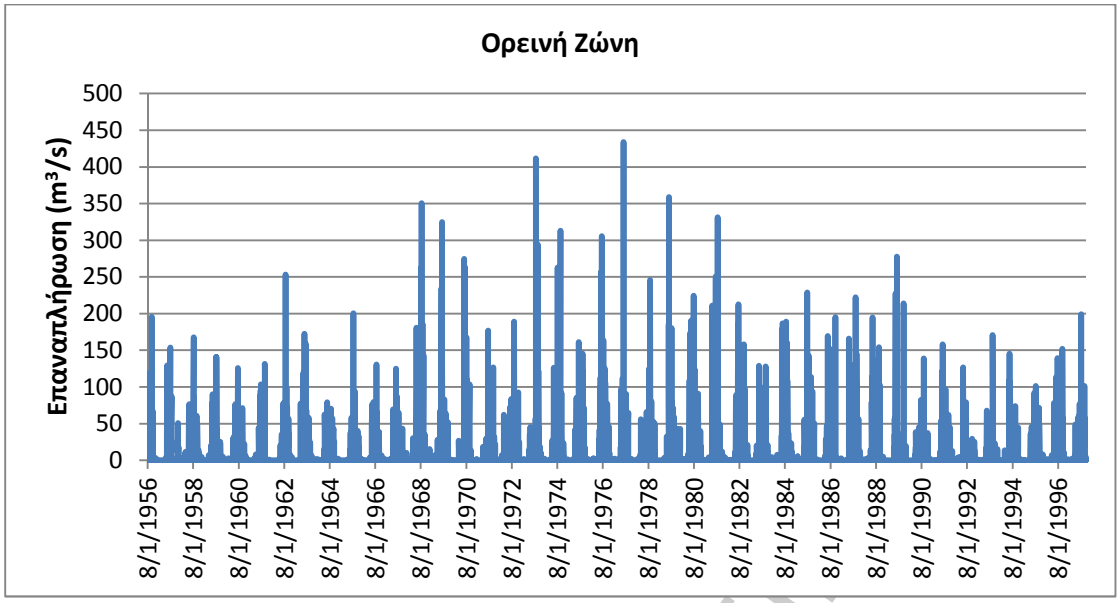
Σχήμα 6.19: Συνολικός όγκου νερού στα ημιορεινά εδάφη

Στο Σχήμα (6.20) που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εισροής νερού στην κορεσμένη ορεινή ζώνη. Οι υψηλότερες τιμές που διαφοροποιούνται ,κατά πολύ από τις άλλες, αντιστοιχούν στον Δεκέμβριο του 1969, τον Ιανουάριο του 1973 και τον Δεκέμβριο του 1976. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Ιανουάριο του 1973 με εισροή 98,043 m^3/s.Επίσης παρατηρείται μια σταδιακή μείωση της εισροής νερού την δεκαετία του 1990.



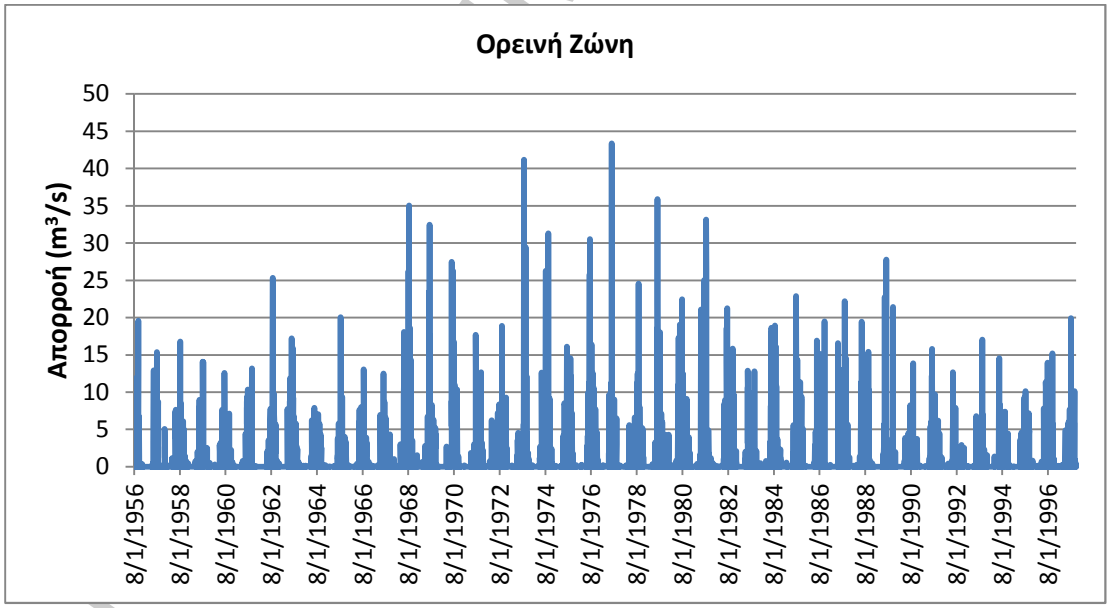
Σχήμα 6.20: Εισροή νερού στα ορεινά εδάφη

Στην συνέχεια, το ακόλουθο Σχήμα (6.21) παρουσιάζει τα αποτελέσματα της επαναπλήρωσης νερού στην κορεσμένη ορεινή. Οι υψηλότερες τιμές, αντιστοιχούν στον Δεκέμβριο του 1969, τον Ιανουάριο του 1973 και τον Δεκέμβριο του 1976. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Δεκέμβριο του 1976 με 433,698 m^3/s.



Σχήμα 6.21: Επαναπλήρωση νερού στην ορεινή ζώνη

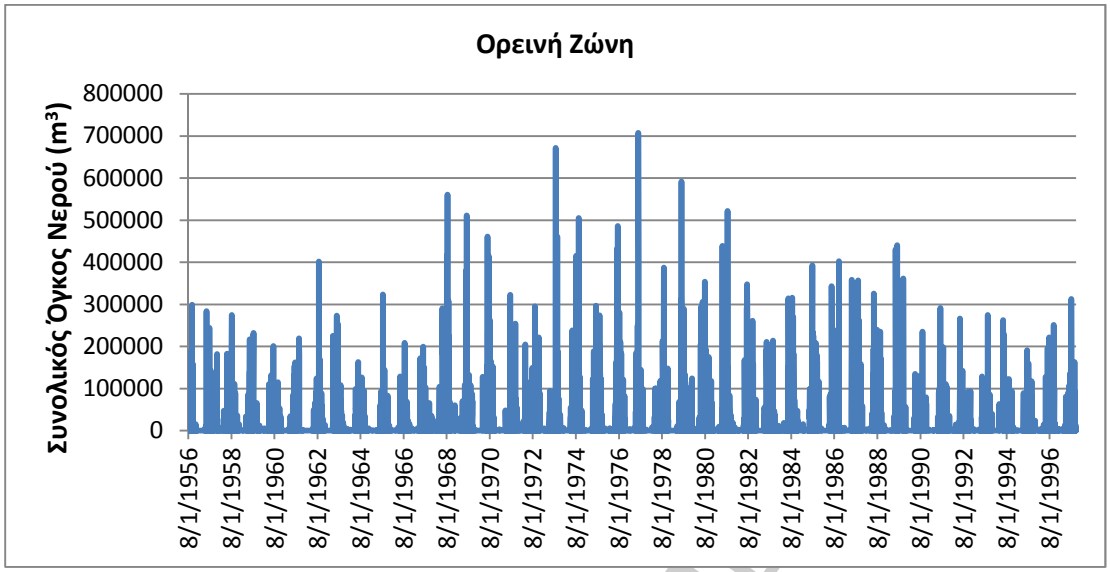
Κατόπιν, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απορροής νερού στην κορεσμένη ορεινή ζώνη (Σχήμα 6.22). Οι υψηλότερες τιμές, αντιστοιχούν στον Ιανουάριο του 1968, τον Ιανουάριο του 1973, τον Δεκέμβριο του 1976, τον Δεκέμβριο του 1978. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Δεκέμβριο του 1976 με 43,3698 m^3/s.



Σχήμα 6.22: Απορροή νερού στην ορεινή ζώνη

Τέλος, στο επόμενο Σχήμα (6.23) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του συνολικού όγκου νερού που καταλήγει στην κορεσμένη ορεινή ζώνη. Οι υψηλότερες τιμές, αντιστοιχούν στον Ιανουάριο του 1968, τον Ιανουάριο του 1973, τον

Δεκέμβριο του 1976, τον Δεκέμβριο του 1978. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Δεκέμβριο του 1976 με 707736 m^3.

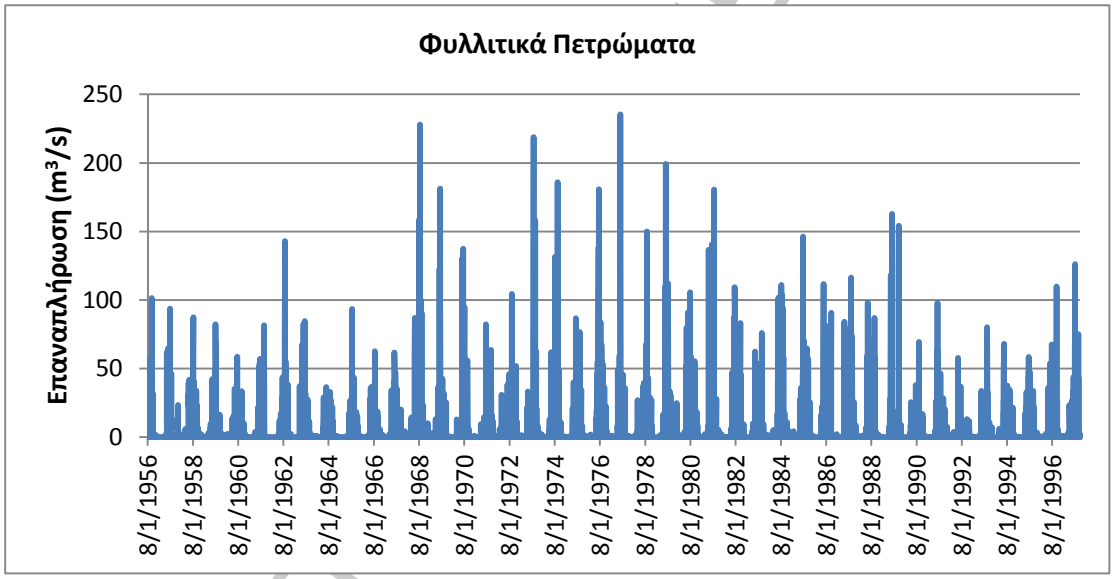


Σχήμα 6.23: Συνολικός όγκος νερού στην ορεινή ζώνη

Στην συνέχεια, τα ακόλουθα Σχήματα (6.24,6.25) παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της επαναπλήρωσης νερού στην κορεσμένη ζώνη όπου εντοπίζονται φυλλιτικά πετρώματα (ph) . Πρώτο παρουσιάζεται το Σχήμα (6.24) για την επαναπλήρωση νερού του πρώτου ταμιευτήρα και ακολούθως για τον δεύτερο ταμιευτήρα (Σχήμα 6.25). Οι υψηλότερες τιμές και για τους δυο ταμιευτήρες, αντιστοιχούν στον Δεκέμβριο του 1969, τον Ιανουάριο του 1973 και τον Δεκέμβριο του 1976. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Δεκέμβριο του 1976 με 58,866 m^3/s και 236,464 m^3/s .

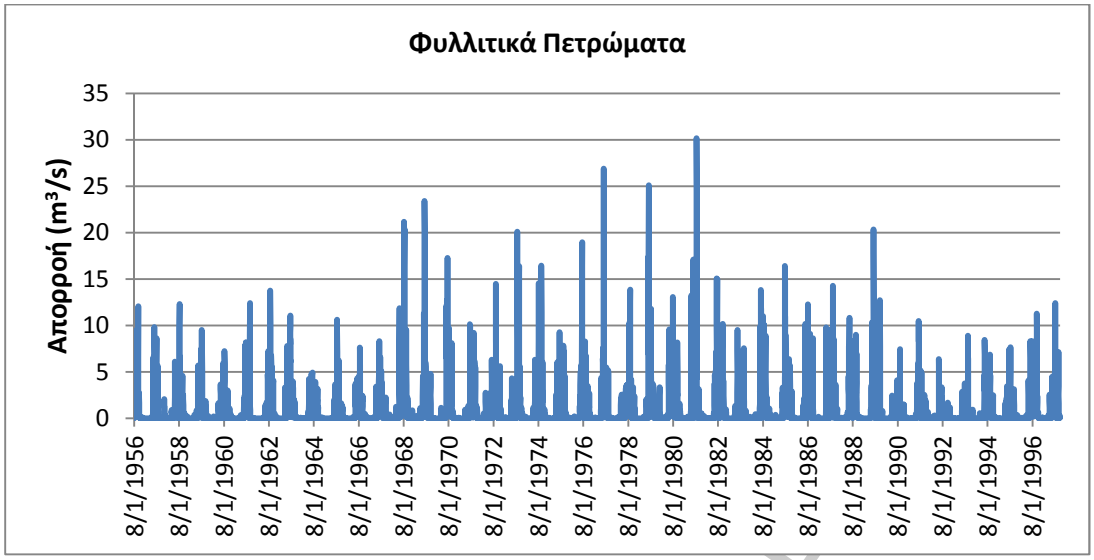
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑ

Σχήμα 6.24: Επαναπλήρωση νερού στον 1ο ταμιευτήρα των φυλλιτικών πετρωμάτων (ph)

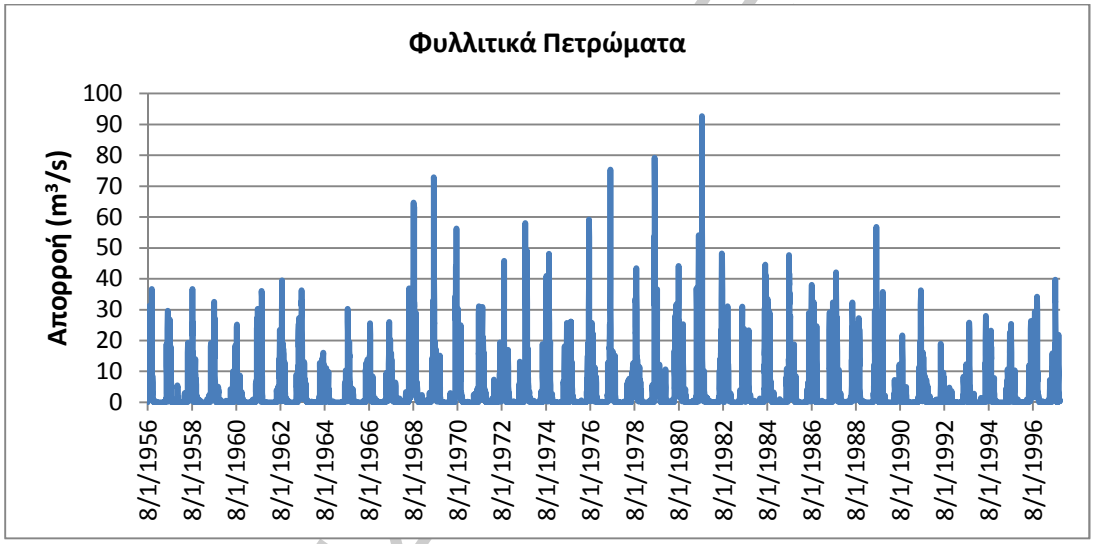


Σχήμα 6.25: Επαναπλήρωση νερού στον 2ο ταμιευτήρα των φυλλιτικών πετρωμάτων (ph)

Κατόπιν, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απορροής νερού στην κορεσμένη ζώνη όπου εντοπίζονται φυλλιτικά πετρώματα (ph). Πρώτο παρουσιάζεται το Σχήμα (6.26) για την επαναπλήρωση νερού του πρώτου ταμιευτήρα και ακολούθως για τον δεύτερο ταμιευτήρα (Σχήμα 6.27). Οι υψηλότερες τιμές και για τους δυο ταμιευτήρες, αντιστοιχούν στον Ιανουάριο, τον Δεκέμβριο του 1968, τον Ιανουάριο του 1973, τον Δεκέμβριο του 1976, τον Δεκέμβριο του 1978 και τον Ιανουάριο του 1981. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Ιανουάριο του 1981 με 30,177 m^3/s και 92,6481 m^3/s αντίστοιχα.

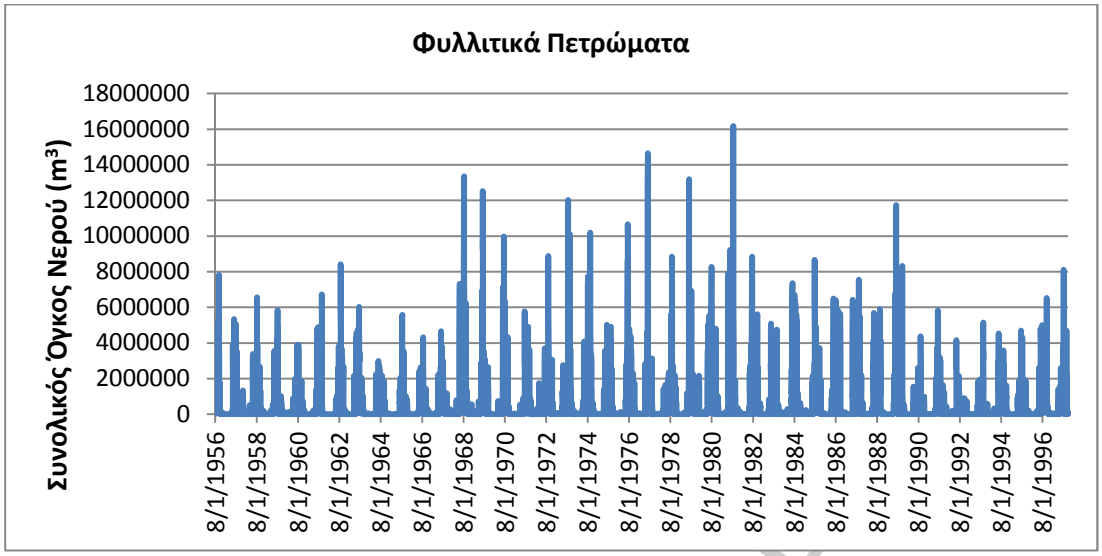


Σχήμα 6.26: Απορροή νερού στον 1ο ταμιευτήρα των φυλλιτικών πετρωμάτων (ph)

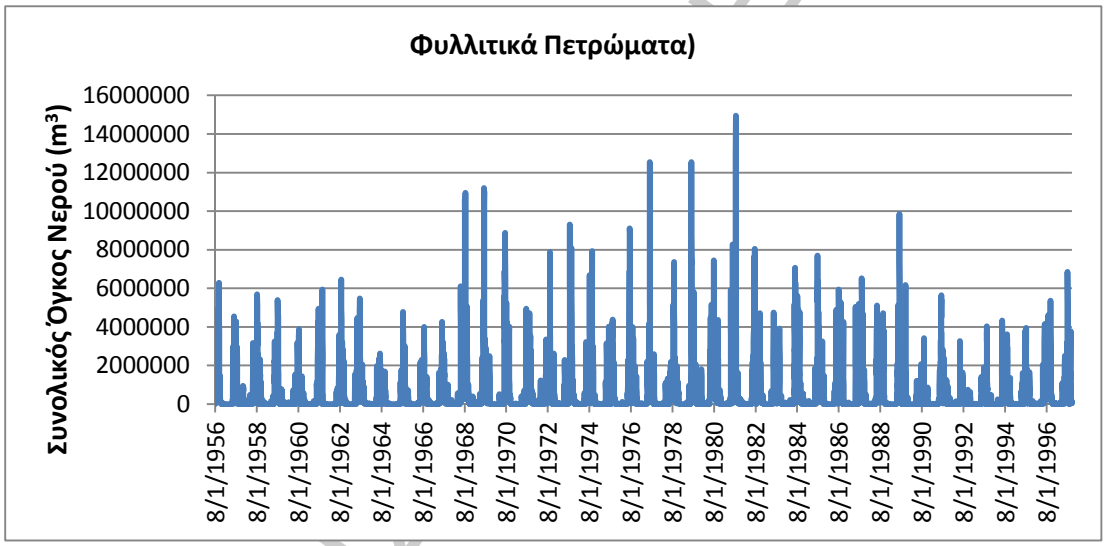


Σχήμα 6.27: Απορροή νερού στον 2ο ταμιευτήρα των φυλλιτικών πετρωμάτων (ph)

Κατόπιν, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του συνολικού όγκου νερού που καταλήγει στην κορεσμένη ζώνη όπου εντοπίζονται φυλλιτικά πετρώματα (ph). Αρχικά παρουσιάζεται το Σχήμα (6.28) του συνολικού όγκου νερού του πρώτου ταμιευτήρα και ακολούθως για τον δεύτερο ταμιευτήρα (Σχήμα 6.29). Οι υψηλότερες τιμές και για τους δυο ταμιευτήρες, αντιστοιχούν στον Ιανουάριο, τον Δεκέμβριο του 1968, τον Ιανουάριο του 1973, τον Δεκέμβριο του 1976, τον Δεκέμβριο του 1978 και τον Ιανουάριο του 1981. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Ιανουάριο του 1981 με 16.167.100 m^3/s και 14.947.900 m^3/s αντίστοιχα.



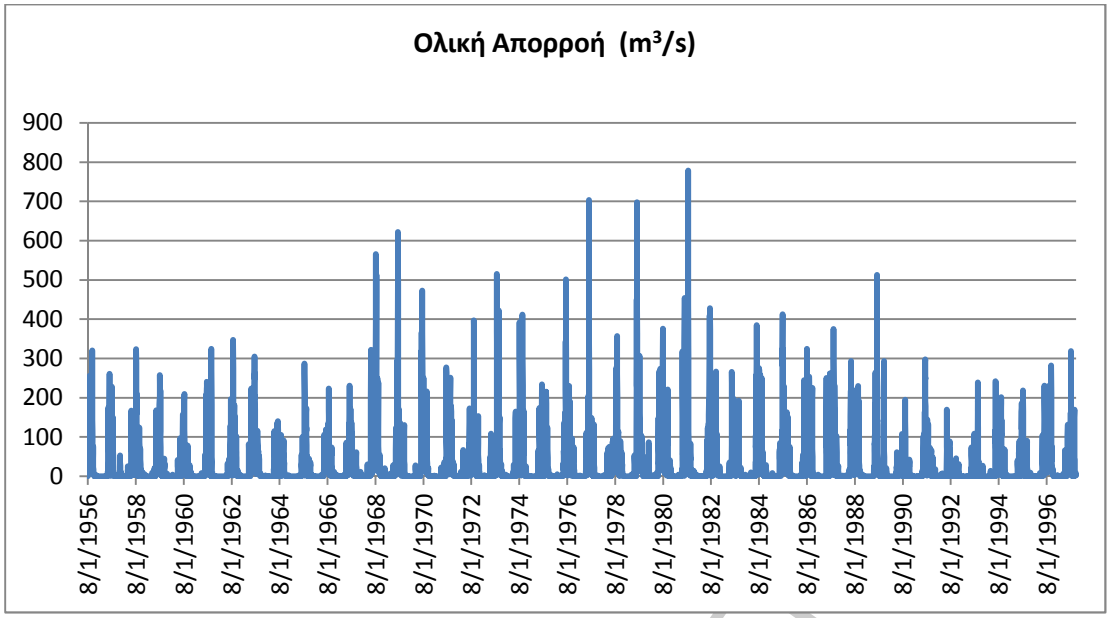
Σχήμα 6.28: Συνολικός όγκος νερού στον 1ο ταμιευτήρα των φυλλιτικών πετρωμάτων (ph).



Σχήμα 6.29: Συνολικός όγκος νερού στον 2ο ταμιευτήρα των φυλλιτικών πετρωμάτων (ph).

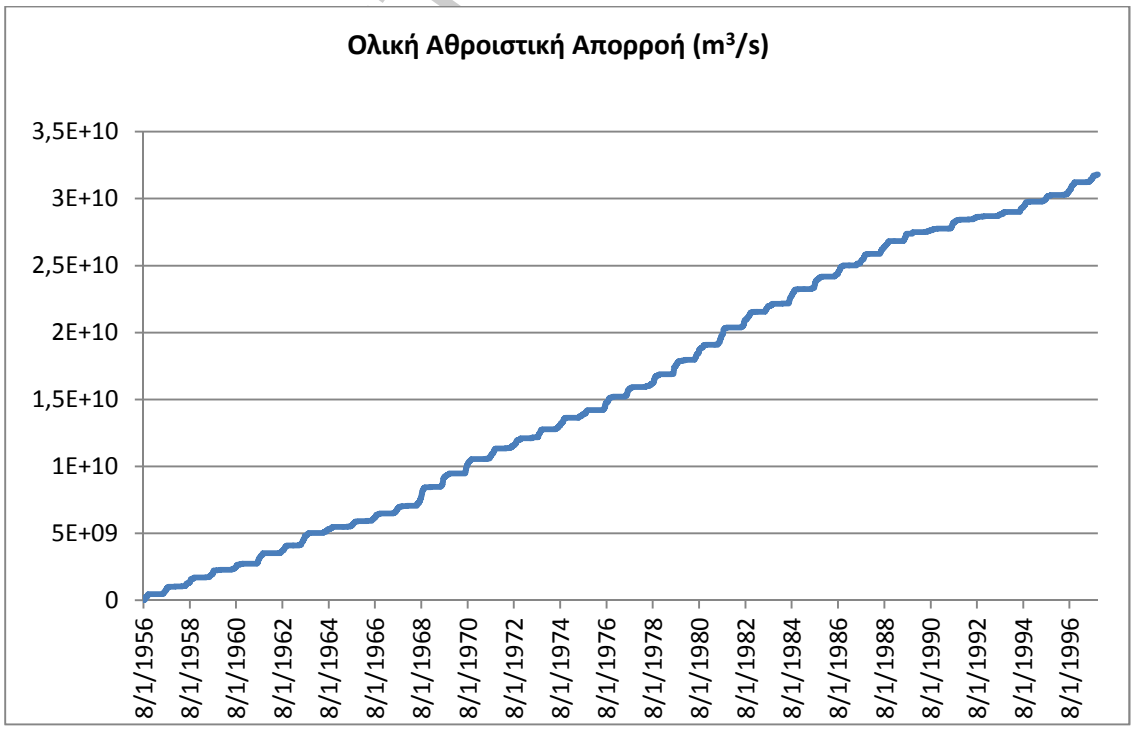
6.4 ΟΛΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ & ΟΛΙΚΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ολικής και ολικής αθροιστικής απορροής ποσοτήτων νερού που καταλήγουν στον ποταμό Ευρώτα κατά την διάρκεια της μελέτης των 40 υδρολογικών ετών που πραγματοποιήθηκε. Όσον αφορά την ολική απορροή παρατηρείται (Σχήμα 6.30) ότι τον Ιανουάριο, τον Δεκέμβριο του 1968, τον Ιανουάριο του 1973, τον Δεκέμβριο του 1976, τον Δεκέμβριο του 1978, τον Ιανουάριο του 1981 και τον Δεκέμβριο του 1988 εντοπίζονται οι υψηλότερες τιμές. Μάλιστα η υψηλότερη τιμή εντοπίζεται τον Ιανουάριο του 1981 με 778,792 m^3/s και ακολουθεί ο Δεκέμβριος του 1976 με 702,271 m^3/s.Επίσης παρατηρείται ότι από το έτος 1989 μέχρι το τέλος της περιόδου μελέτης η συνολική απορροή νερού σταδιακά μειώνεται.



Σχήμα 6.30: Ολική απορροή.

Στο επόμενο Σχήμα (6.31) εμφανίζονται τα αποτελέσματα ολικής αθροιστικής απορροής νερού που καταλήγει στον ποταμό Ευρώτα στην διάρκεια των ετών. Παρατηρείται ότι από το έτος 1968 έως και το 1988 η ολική αθροιστική απορροή αυξήθηκε από 1E ^{10} m^3/s σε 2,7 E ^{10} m^3/s ενώ από το 1988 έως και το τέλος της περιόδου μελέτης δηλαδή το έτος 1997 αυξανόταν με πολύ μικρότερους ρυθμούς.



Σχήμα 6.31: Ολική αθροιστική απορροή.

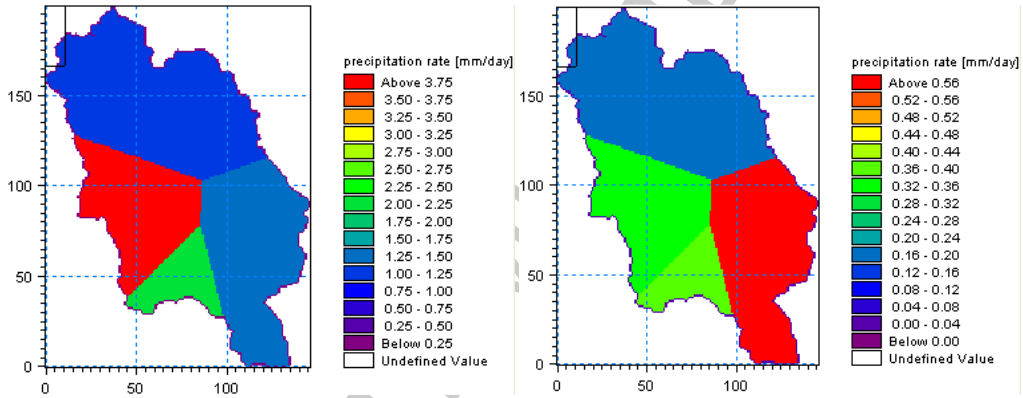
6.5 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1990

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που έδωσε το ομοίωμα MIKE SHE για υδρολογικά χαρακτηριστικά όπως η ατμοσφαιρική κατακρήμνιση (precipitation rate), η διαπνοή (transpiration), η εξατμισοδιαπνοή (evarotraspiration), η διήθηση (infiltration) και η ανταλλαγή ποσοτήτων νερού μεταξύ κορεσμένης και ακόρεστης ζώνης(exchange between saturated and unsaturated zone). Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν υπό την μορφή χαρτών για το υδρολογικό έτος του 1990 σε μέση ημερήσια τιμή για κάθε μήνα. Τα έτη 1964, 1973, 1989 και 1990 αποτέλεσαν τα υδρολογικά αυτά έτη στην 40χρονη μελέτη που πραγματοποιήθηκε με τον χαμηλότερο βαθμό βροχοπτώσεων. Το έτος του 1990 επιλέχθηκε να παρουσιαστεί αναλυτικά γιατί αποτελεί το πλησιέστερο στον παρόντα χρόνο.

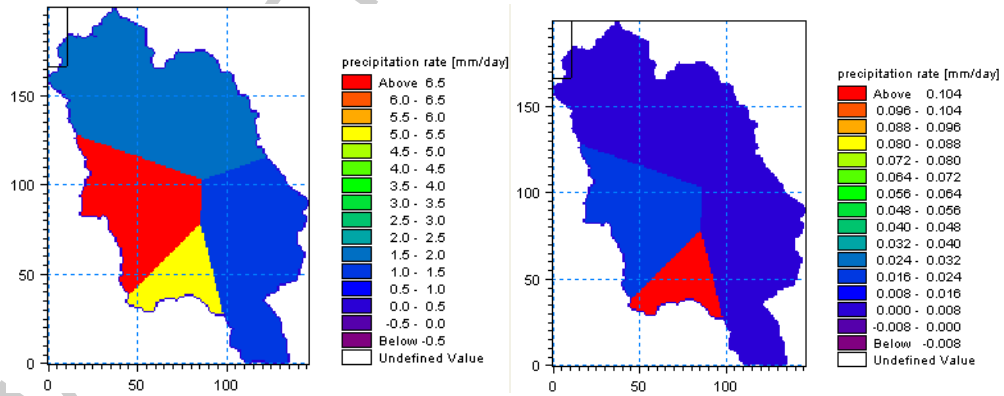
Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέσης ημερήσιας ατμοσφαιρικής κατακρήμνισης για το υδρολογικό έτος 1990.Παρατηρώντας την πορεία των βροχοπτώσεων μηνιαίως στην λεκάνη του Ευρώτα επιβεβαιώνεται ο χαρακτηρισμός του άνυδρου υδρολογικού έτους, καθώς αρκετούς μήνες οι τιμές των βροχοπτώσεων ήταν σχεδόν μηδενικές. Χαρακτηριστικά οι πιο ‘’υγροί’’ μήνες του 1990 ήταν ο Ιανουάριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος. Τον Ιανουάριο στην υπολεκάνη της Άρνας παρουσιάστηκαν τιμές βροχοπτώσεων άνω των 3.75 mm/day, στην Πετρίνα μεταξύ 2.25 και 2.50 mm/day,στον Βρονταμά από 1.25 έως 1.5 mm/day και

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

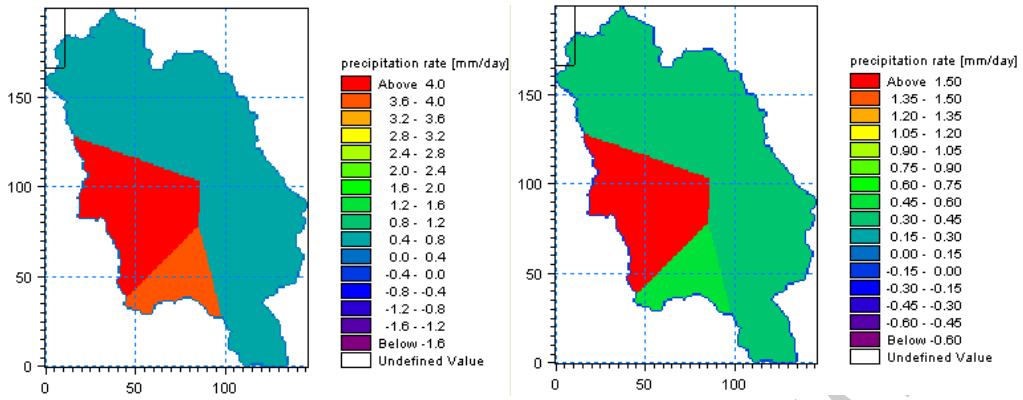
στις Καρυές από 0.75 έως 1 mm/day. Τον Νοέμβριο στην υπολεκάνη της Άρνας και της Πετρίνας παρουσιάστηκαν τιμές βροχοπτώσεων άνω των 2.6 mm/day,στον Βρονταμά από 1.2 έως 1.4 mm/day και στις Καρυές από 1.4 έως 1.6 mm/day. Ενώ τον Δεκέμβριο στην Άρνα παρουσιάστηκαν τιμές βροχοπτώσεων άνω των 7.5 mm/day,στην Πετρίνα και τον Βρονταμά από 5.5 έως 6 mm/day και στις Καρυές από 3 έως 3.5 mm/day.Τέλος οι χαμηλότερες τιμές βροχοπτώσεων ήταν για τον μήνα Ιούλιο όπου ήταν ουσιαστικά μηδενικές και τον Αύγουστο που και εκεί εκτός από τις Καρυές που εντοπίστηκαν τιμές μεγαλύτερες των 0.56 mm/day οι λοιπές υπολεκάνες είχαν μηδενικές τιμές. Γενικότερα ο μεγαλύτερος αριθμός βροχοπτώσεων παρατηρείται στην υπολεκάνη της Άρνας ίσως λόγω της ύπαρξης του Ταϋγέτου.



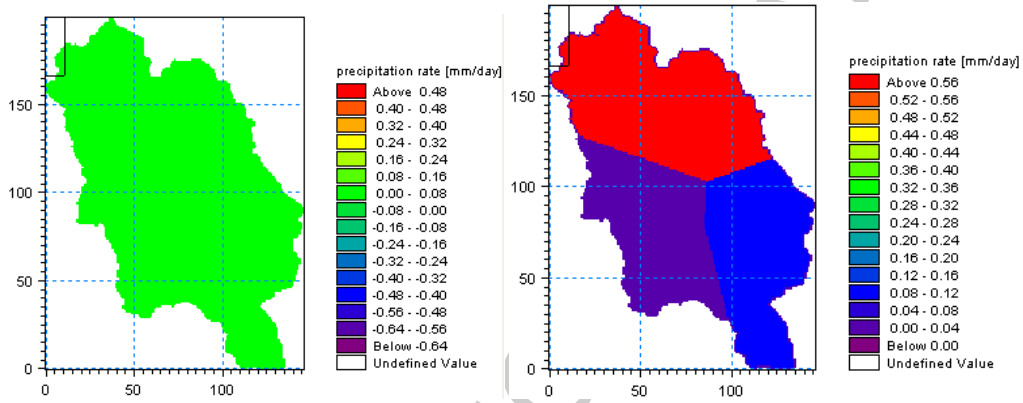
Χάρτες 6.1:Μεση Ημερήσια Ατμοσφαιρική Κατακρήμνιση (Ιανουάριος-Φεβρουάριος)



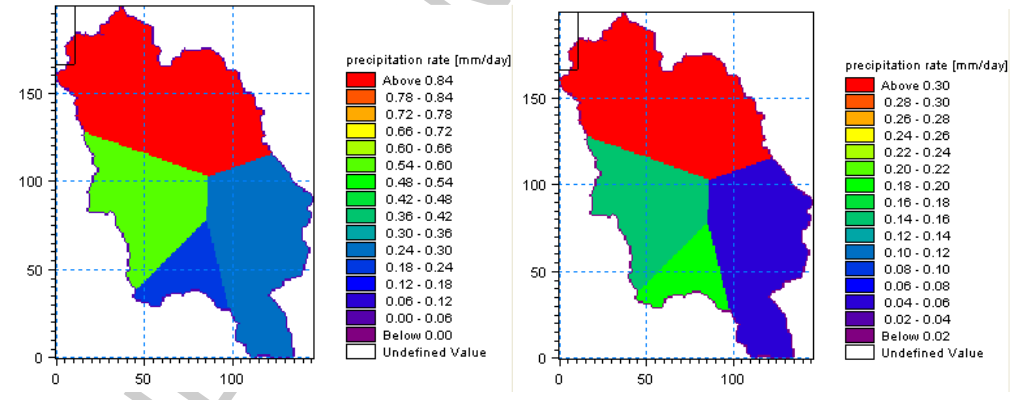
Χάρτες 6.2: Μεση Ημερήσια Ατμοσφαιρική Κατακρήμνιση (Μάρτιος-Απρίλιος)



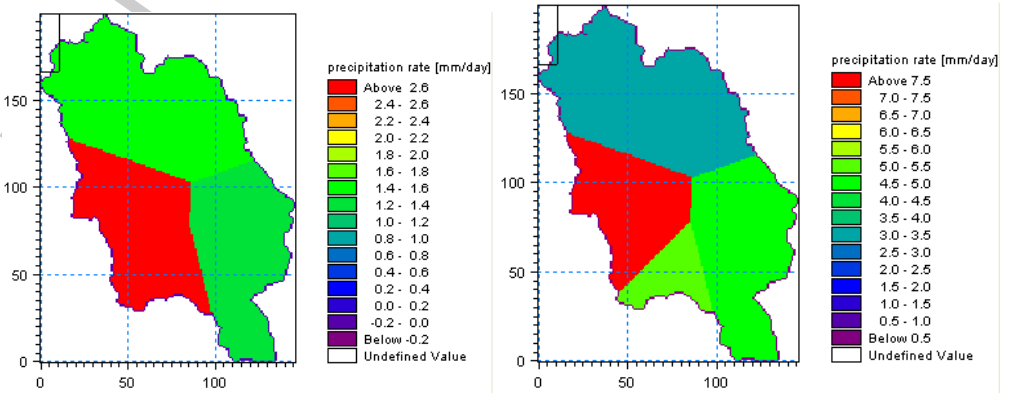
Χάρτες 6.3: Μέση Ημερήσια Ατμοσφαιρική Κατακρήμνιση (Μάιος-Ιούνιος)



Χάρτες 6.4: Μέση Ημερήσια Ατμοσφαιρική Κατακρήμνιση (Ιούλιος-Αύγουστος)

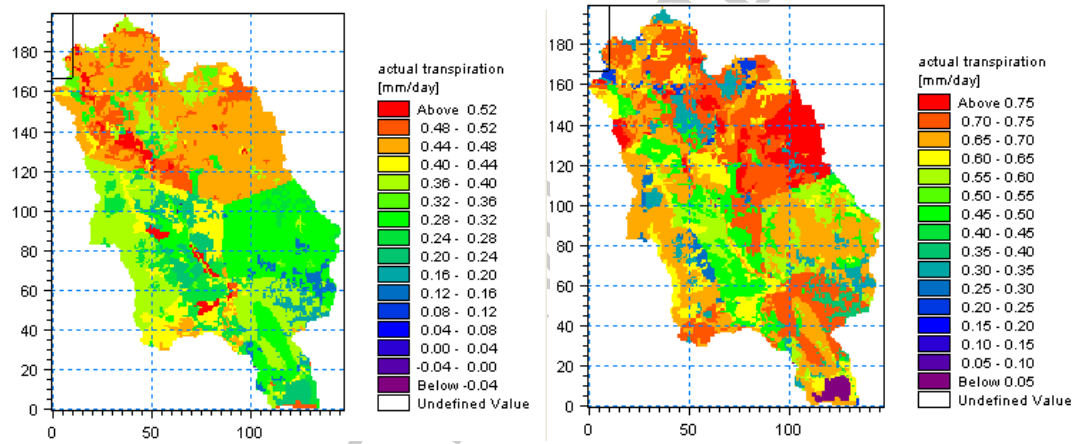


Χάρτες 6.5: Μέση Ημερήσια Ατμοσφαιρική Κατακρήμνιση (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

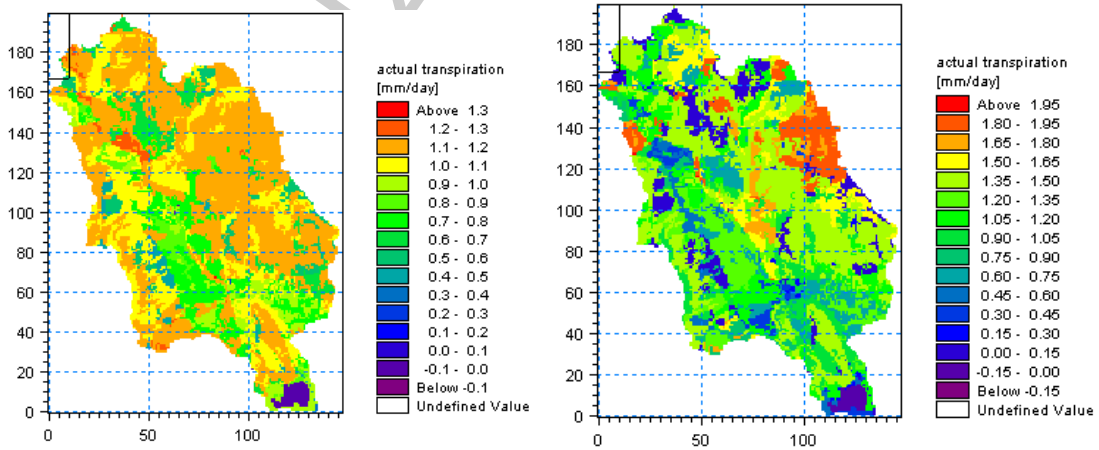


Χάρτες 6.6: Μέση Ημερήσια Ατμοσφαιρική Κατακρήμνιση (Νοέμβριο-Δεκέμβριο)

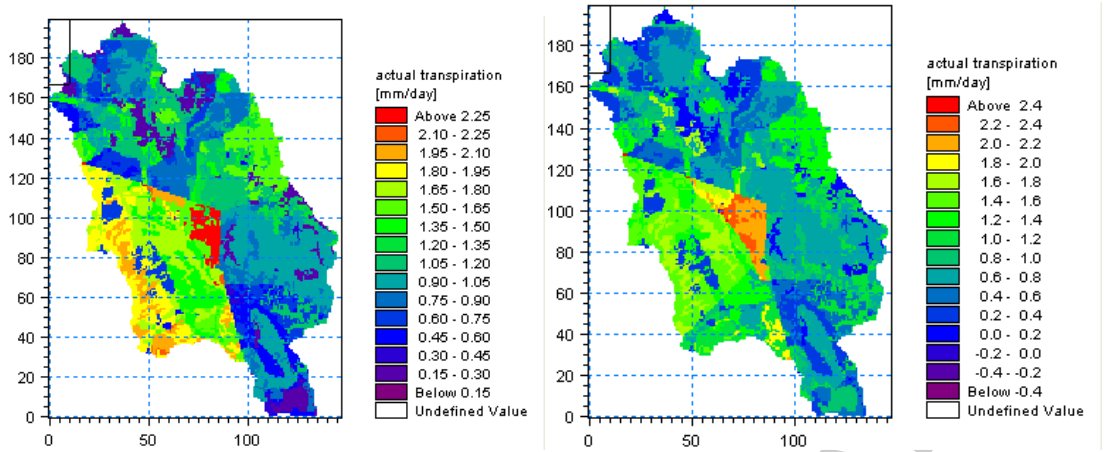
Κατόπιν ακολουθούν τα αποτελέσματα του MIKE SHE για την μέση ημερήσια διαπνοή. Διαπνοή (transpiration) είναι η μετατροπή του νερού σε υδρατμούς που πραγματοποιείται στους πόρους της χλωρίδας, και ιδίως των φυλλωμάτων των φυτών. Παρατηρώντας τους χάρτες, φαίνεται ότι η διαπνοή λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο. Τον Μάρτιο η διαπνοή κυμαίνεται από 0.7 έως 1.2 mm/day, τον Απρίλιο από 0.9 έως 1.5 mm/day και τον Μάιο από 0.9 έως 1,5 mm/day και σε κάποια σημεία της επιφάνειας φτάνει να κυμαίνεται 1.8 έως 2.5 mm/day.Οι μικρότερες τιμές εντοπίζονται τους μήνες Αύγουστο (0 έως 0,4 mm/day) και Νοέμβριο(0.08 έως 0.3 mm/day).



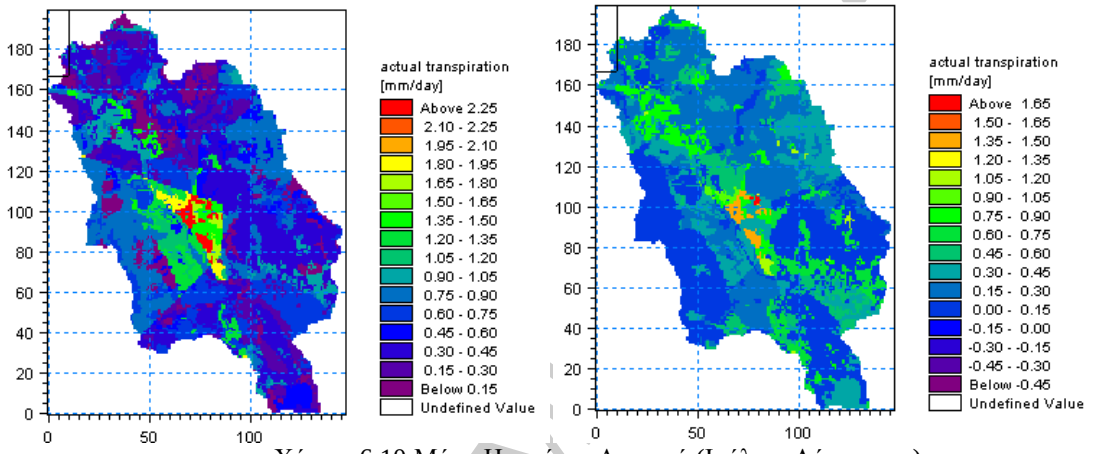
Χάρτες 6.7:Μέση Ημερήσια Διαπνοή (Ιανουάριος-Φεβρουάριος)



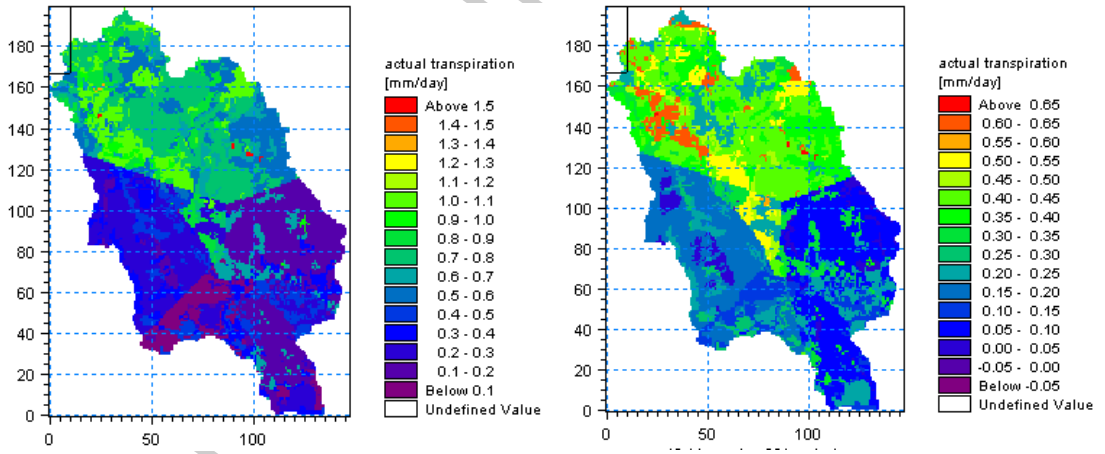
Χάρτες 6.8:Μέση Ημερήσια Διαπνοή (Μάρτιος-Απρίλιος)



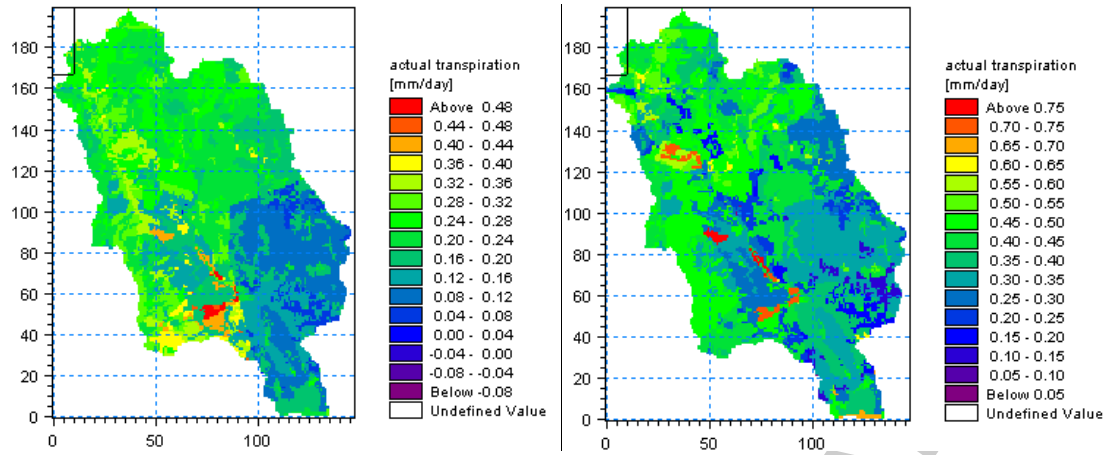
Χάρτες 6.9:Μέση Ημερήσια Διαπνοή (Μάιος-Ιούνιος)



Χάρτες 6.10:Μέση Ημερήσια Διαπνοή (Ιούλιος-Αύγουστος)

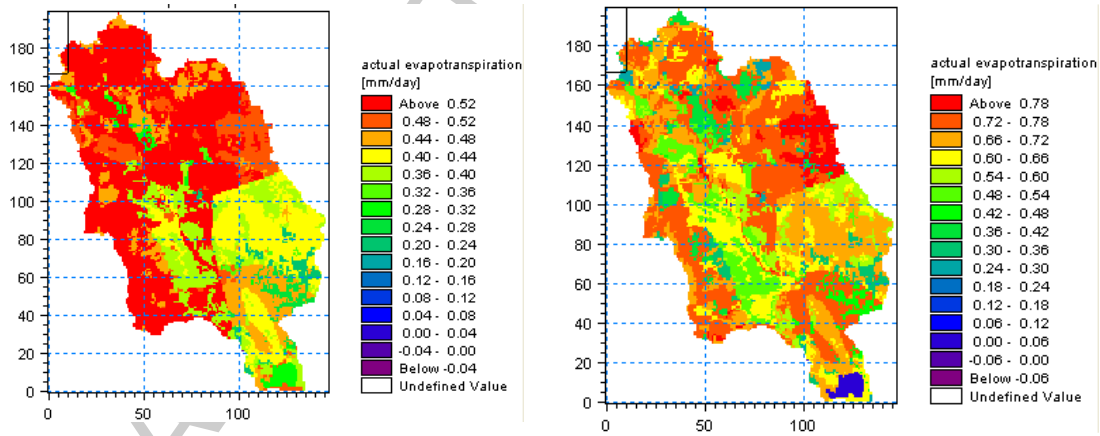


Χάρτες 6.11:Μέση Ημερήσια Διαπνοή (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)



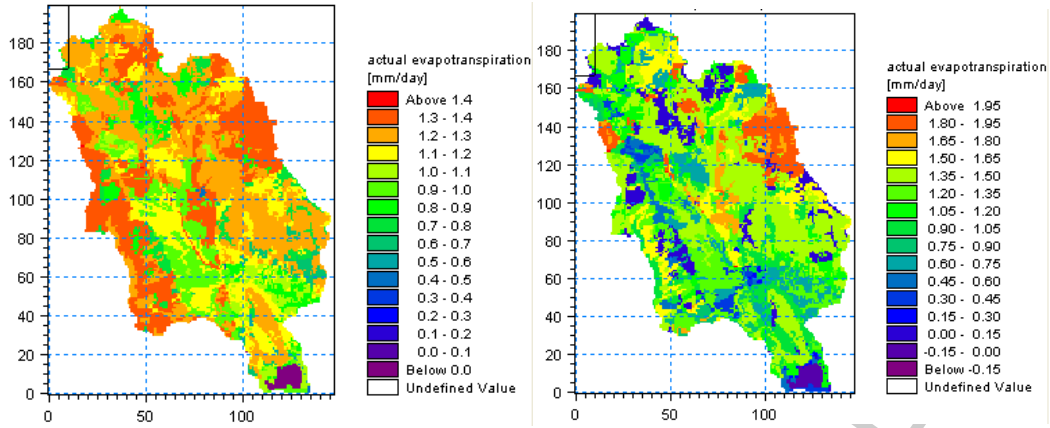
Χάρτες 6.12:Μέση Ημερήσια Διαπνοή (Νοέμβριος-Δεκέμβριος)

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή στην λεκάνη του Ευρώτα. Εξατμισοδιαπνοή (evarotranspiration) είναι το σύνολο των πραγματικών απωλειών νερού από την εξάτμιση εδαφών και από τη διαπνοή της χλωρίδας. Οι μεγαλύτερες τιμές που λαμβάνει παρατηρώντας το σύνολο της επιφάνειας είναι για τους μήνες Μάρτιο από 0.8 έως 1.4 mm/day ,Απρίλιο από 0.9 έως 1.65 mm/day, Μάιο από 0.8 έως 1.9 mm/day και σε αρκετά τμήματα αγγίζει τιμές που ξεπερνούν τα 2 mm/day.Οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται για τον Ιούλιο(0 έως 0.9 mm/day), Αύγουστο (0 έως 0.75 mm/day) και Οκτώβριο (0 έως 0.5 mm/day).

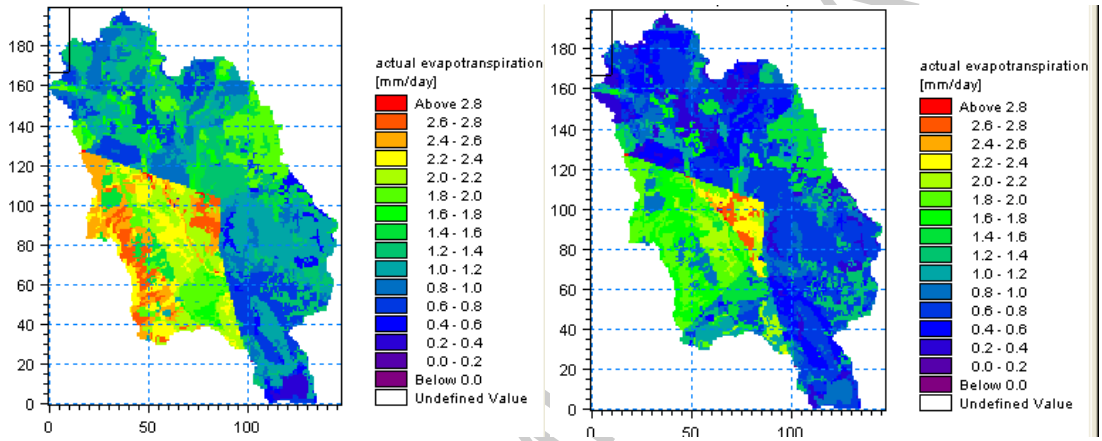


Χάρτες 6.13: Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (Ιανουάριος-Φεβρουάριος)

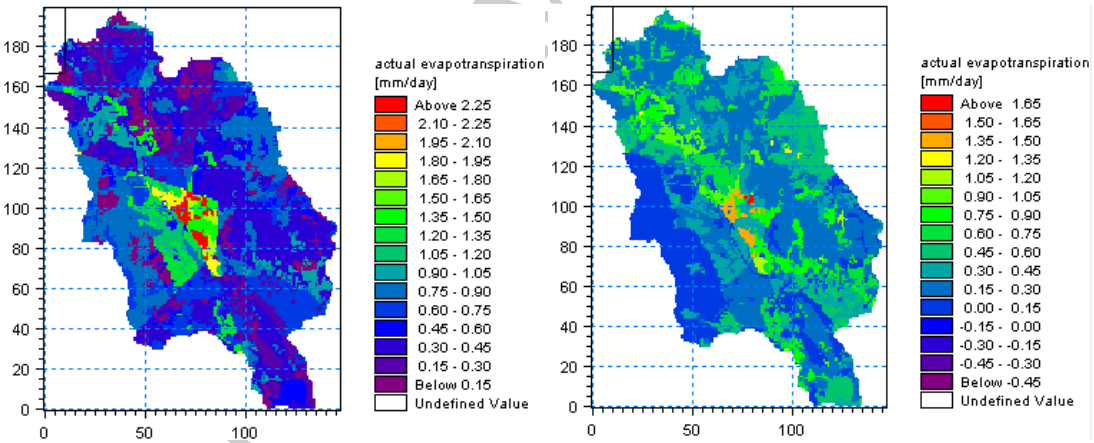
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ



Χάρτες 6.14:Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (Μάρτιος-Απρίλιος)

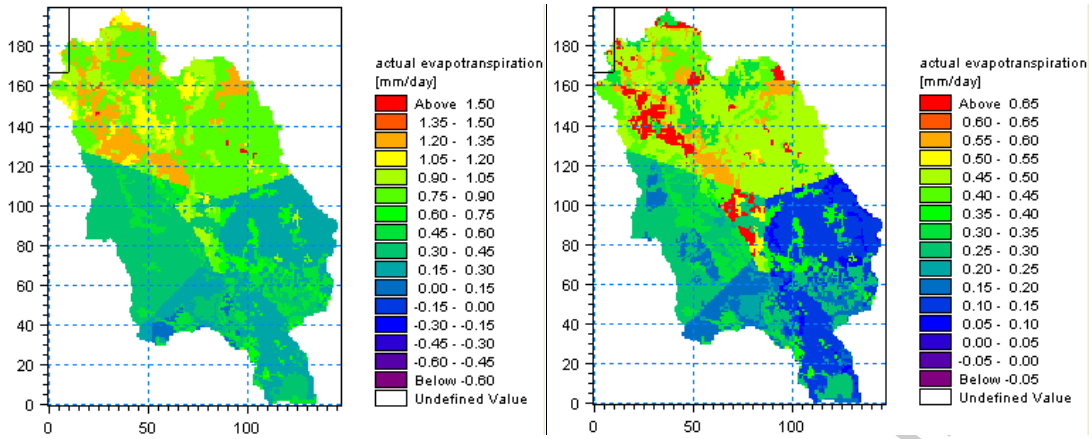


Χάρτες 6.15:Μεση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (Μάιος-Ιούνιος)

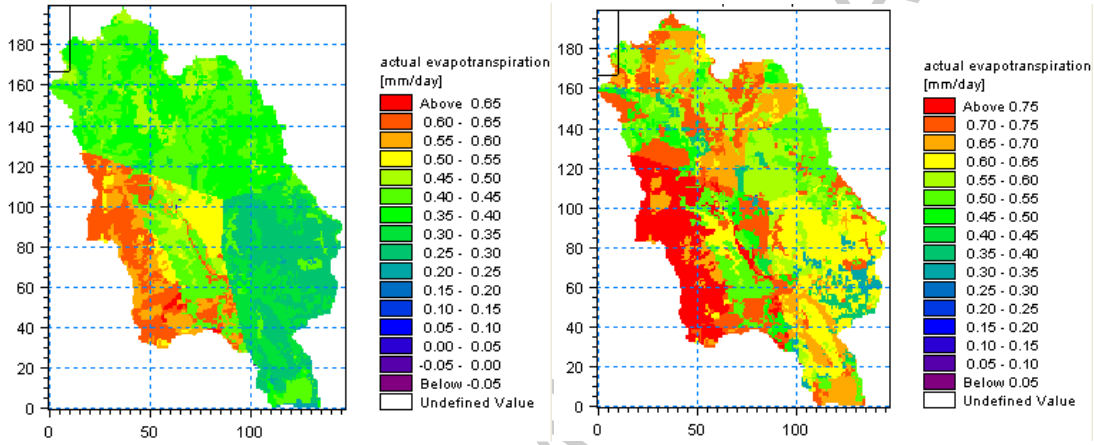


Χάρτες 6.16:Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (Ιούλιος-Αύγουστος)

ΠΑΝ

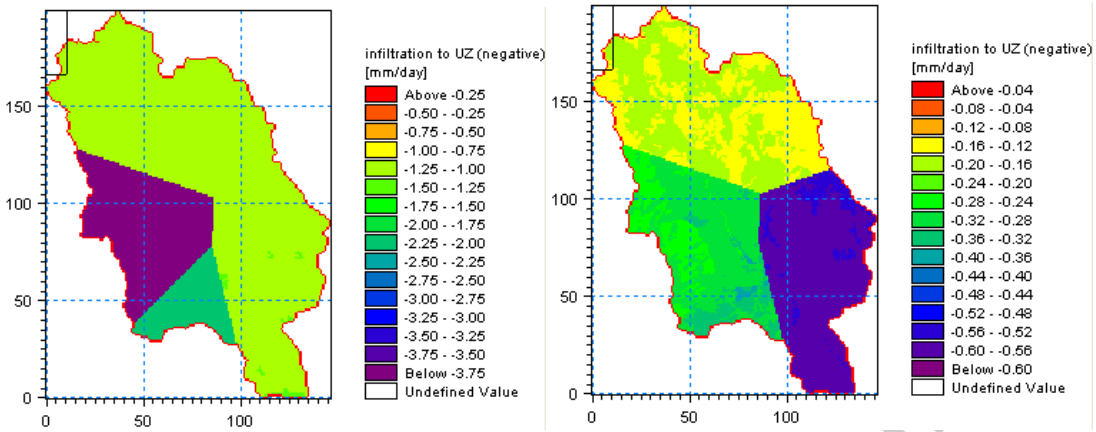


Χάρτες 6.17:Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

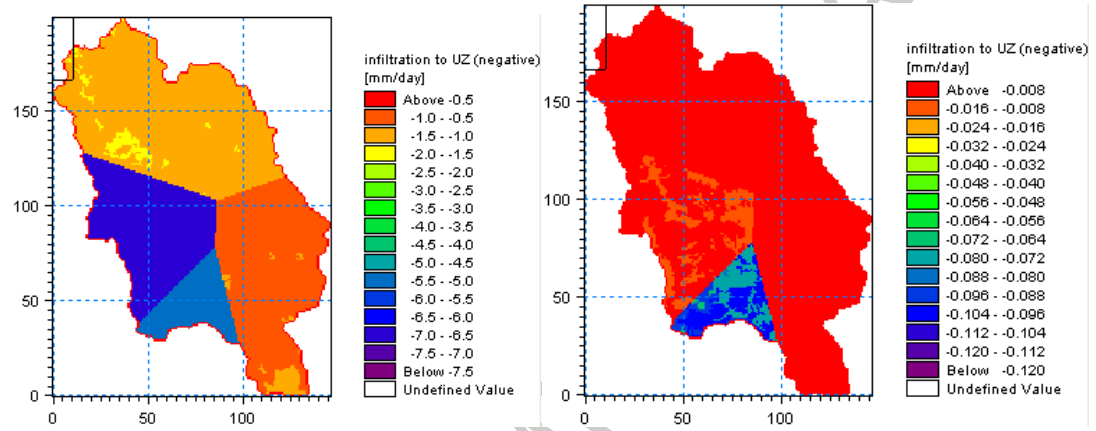


Χάρτες 6.18:Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (Νοέμβριος-Δεκέμβριος)

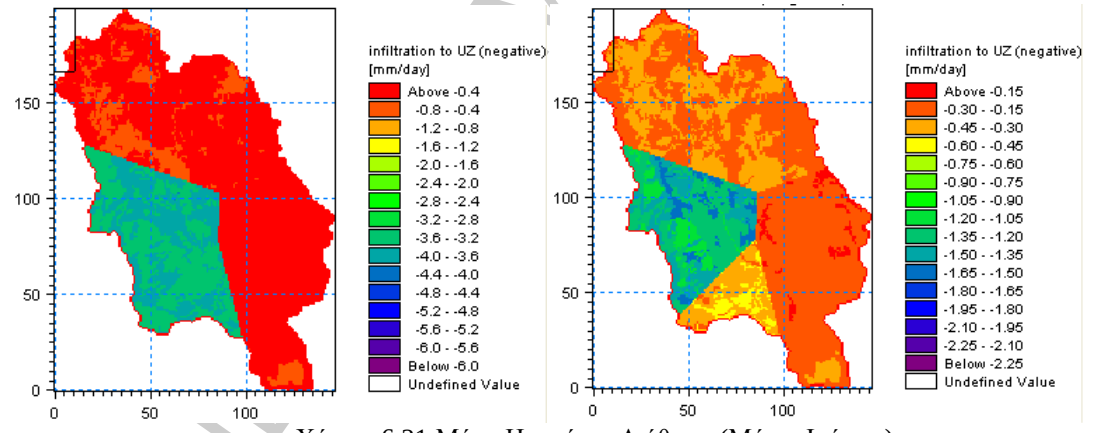
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με την μέση ημερήσια διήθηση του νερού. Διήθηση(infiltration) είναι η φυσική διεργασία της εισχώρησης στο έδαφος νερού που προέρχεται από βροχόπτωση, τήξη χιονιού ή άρδευση. Μελετώντας τους χάρτες των μηνιαίων αποτελεσμάτων οι μήνες στους οποίους το νερό εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές εισχώρησης στο έδαφος είναι ο Ιανουάριος όπου διηθούνται από 1 έως 1.25 mm/day νερού στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης ενώ στην υπό-λεκάνη της Άρνας εισχωρούν περισσότερα από 3.75 mm/day.Τον Μάρτιο εισχωρούν 1 έως 1.5 mm/day στην υπό-λεκάνη των Καρυών ενώ από 5 έως 6.5 στην Άρνα και την Πετρίνα. Τέλος οι υψηλότερες τιμές διήθησης είναι για τον μήνα Δεκέμβριο όπου εντοπίζονται τιμές από 2.5 έως 3 mm/day στις Καρυές, 4.5 έως 5 mm/day στον Βρονταμά, 5 έως 5.5 mm/day στην Πετρίνα και από 7 έως 7.5 mm/day στην Άρνα.



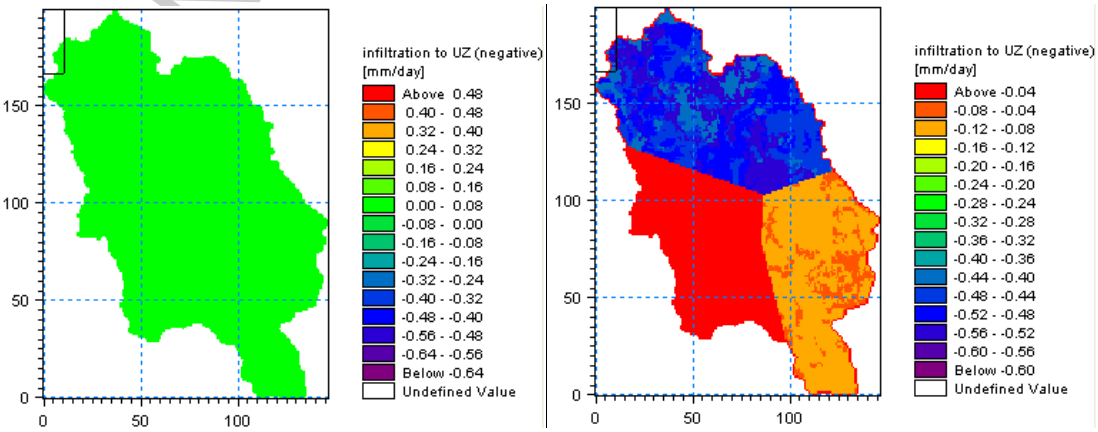
Χάρτες 6.19: Μέση Ημερήσια Διήθηση (Ιανουάριος-Φεβρουάριος)



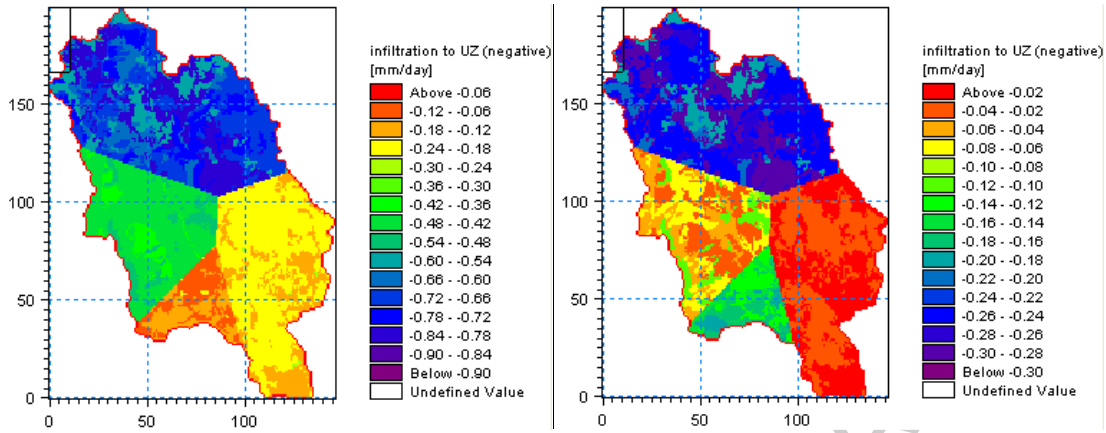
Χάρτες 6.20:Μέση Ημερήσια Διήθηση (Μάρτιος-Απρίλιος)



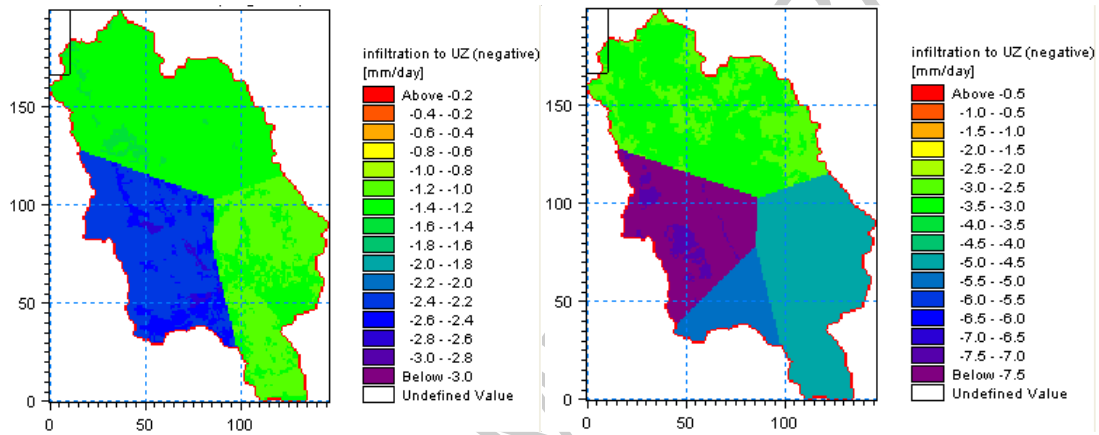
Χάρτες 6.21:Μέση Ημερήσια Διήθηση (Μάιος-Ιούνιος)



Χάρτες 6.22:Μέση Ημερήσια Διήθηση (Ιούλιος-Αύγουστος)



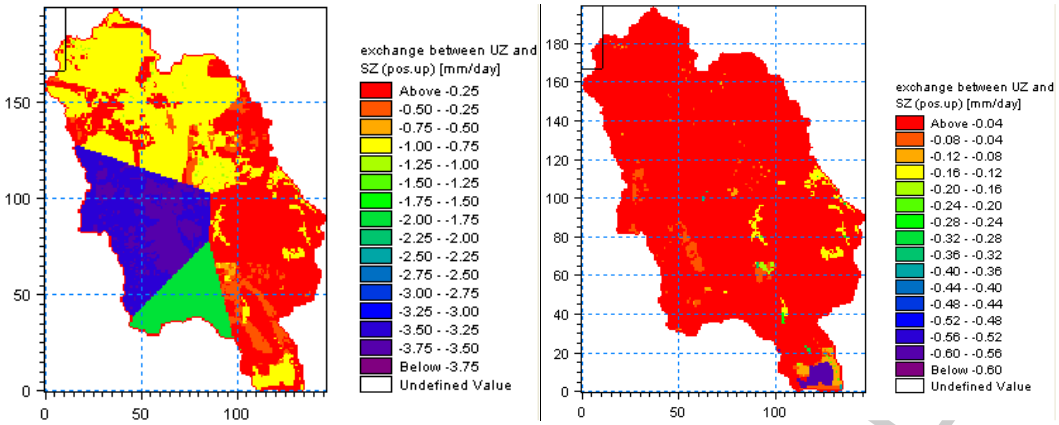
Χάρτες 6.23:Μέση Ημερήσια Διήθηση (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)



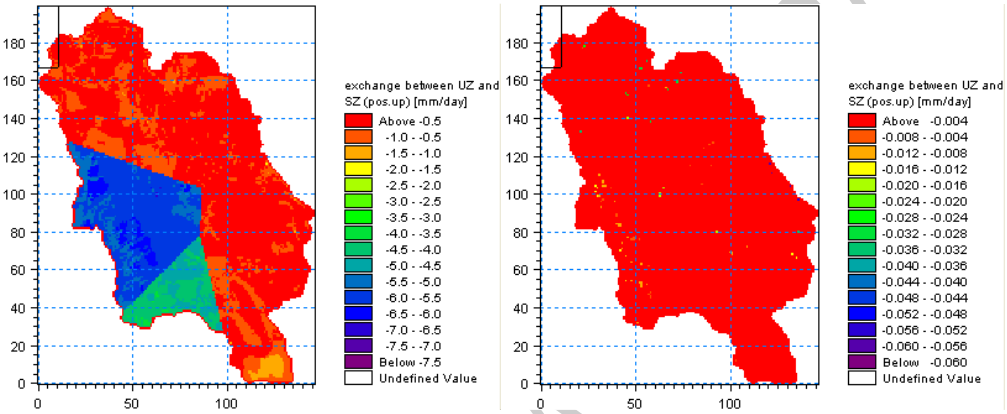
Χάρτες 6.24:Μέση Ημερήσια Διήθηση (Νοέμβριος-Δεκέμβριος)

Έπειτα ακολουθεί η απεικόνιση των αποτελεσμάτων για την μέση ημερήσια ανταλλαγή ποσοτήτων νερού μεταξύ κορεσμένης και ακόρεστης ζώνης. Στους χάρτες που ακολουθούν οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται για τους μήνες Ιανουάριο , Μάρτιο και Δεκέμβριο. Τον Ιανουάριο οι υψηλότερες τιμές κυμαίνονται από 3.5 έως 3,75 mm/day για την υπολεκάνη της Άρνας, από 1.25 έως 1.5 mm/day στην Πετρίνα και από ο.75 έως 1 mm/day στις Καρυές. Ακολούθως τον Μάρτιο οι υψηλότερες τιμές κυμαίνονται από 5.5 έως 6 mm/day στην Άρνα και από 4 έως 4.5 mm/day στην Πετρίνα. Οι υψηλότερες τιμές όμως για το υδρολογικό έτος 1990 είναι τον Δεκέμβριο όπου η Άρνα έχει τιμές 6.5 έως 7 mm/day,η Πετρίνα από 3 έως 4 mm/day και οι Καρυές από 0.5 έως 2.5 mm/day και ο Βρονταμάς από 0.5 έως 2.5 mm/day.Οι χαμηλότερης τιμές εμφανίζονται στους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Οκτώβριο που η ανταλλαγή νερού μεταξύ κορεσμένης και ακόρεστης ζώνης είναι ουσιαστικά μηδαμινή όπως φαίνεται στους χάρτες

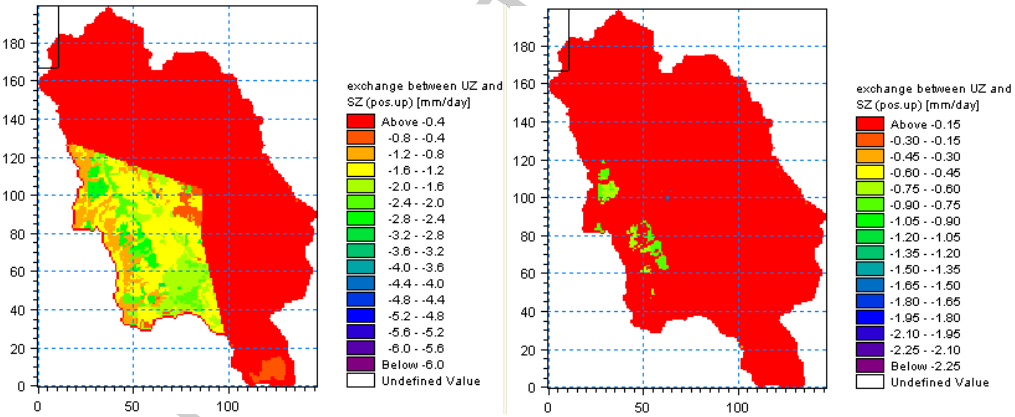
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Χάρτες 6.25: Μέση Ημερήσια Ανταλλαγή Νερού μεταξύ Κορεσμένης και Ακόρεστης Ζώνης (Ιανουάριος-Φεβρουάριος)

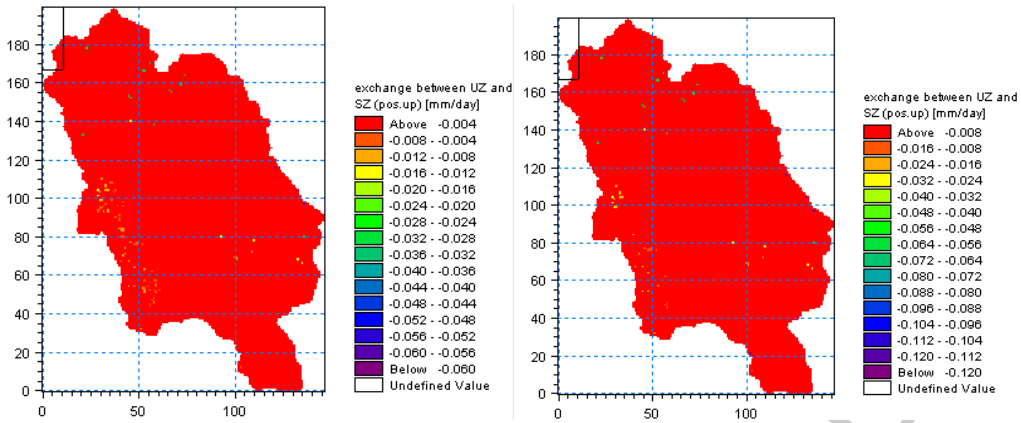


Χάρτες 6.26: Μέση Ημερήσια Ανταλλαγή Νερού μεταξύ Κορεσμένης και Ακόρεστης Ζώνης (Μάρτιος-Απρίλιος)

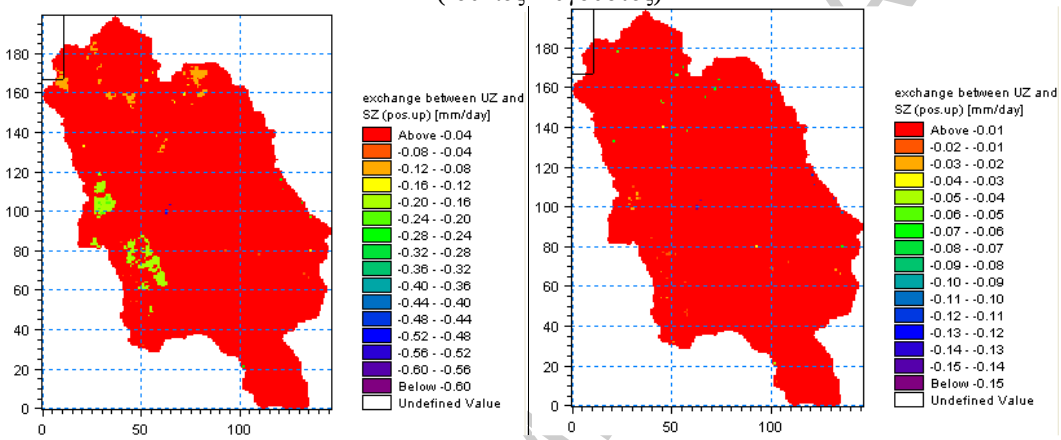


Χάρτες 6.27: Μέση Ημερήσια Ανταλλαγή Νερού μεταξύ Κορεσμένης και Ακόρεστης Ζώνης (Ιούνιος-Ιούλιος)

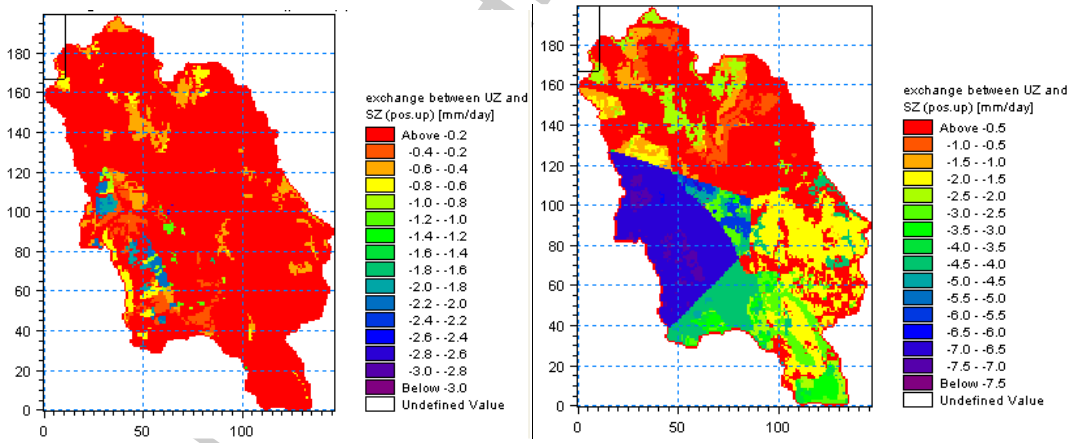
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ



Χάρτες 6.28: Μέση Ημερήσια Ανταλλαγή Νερού μεταξύ Κορεσμένης και Ακόρεστης Ζώνης (Ιούλιος-Αύγουστος)

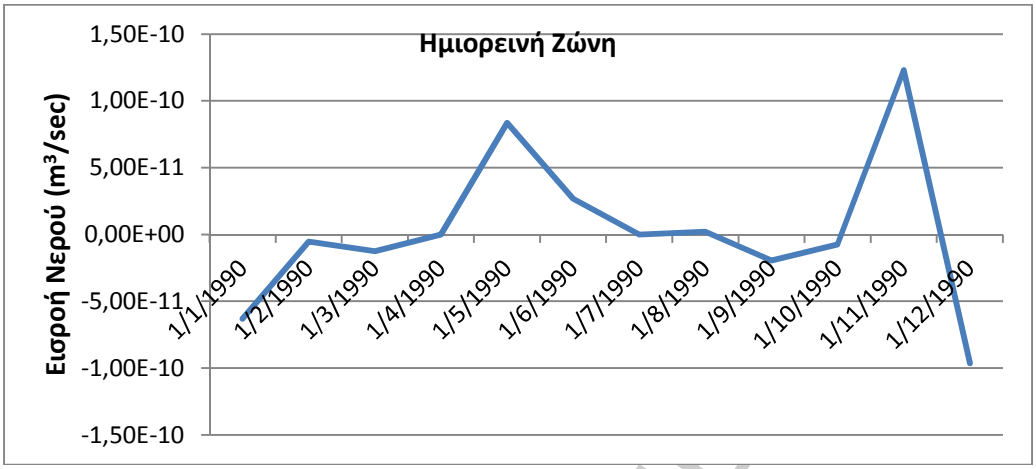


Χάρτες 6.29: Μέση Ημερήσια Ανταλλαγή Νερού μεταξύ Κορεσμένης και Ακόρεστης Ζώνης (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

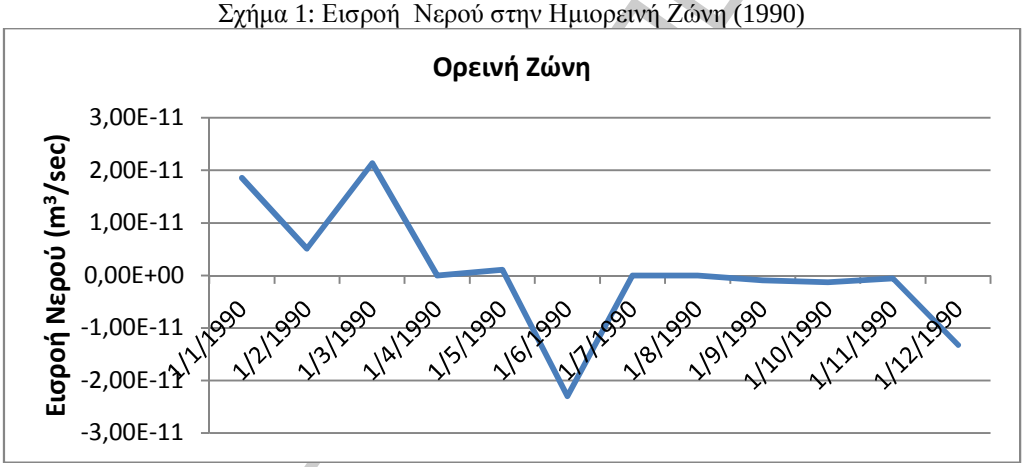


Χάρτες 6.30: Μέση Ημερήσια Ανταλλαγή Νερού μεταξύ Κορεσμένης και Ακόρεστης Ζώνης (Νοέμβριος-Δεκέμβριος)

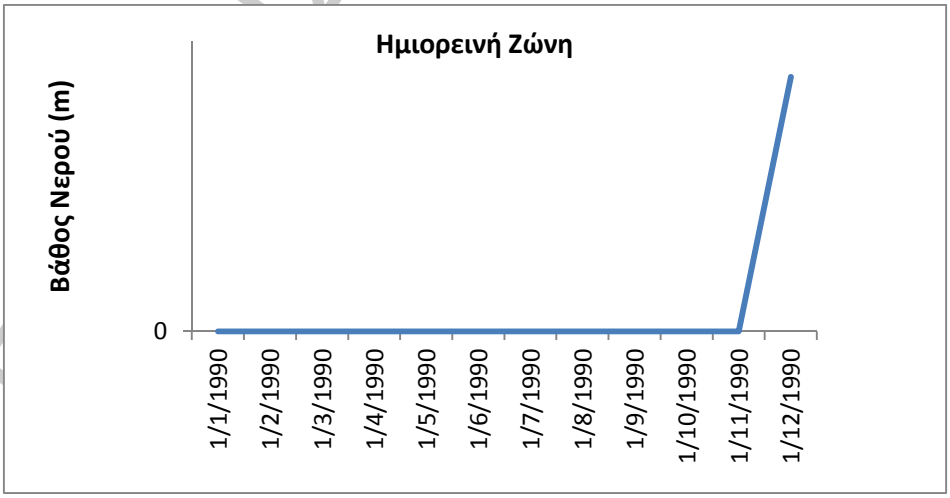
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



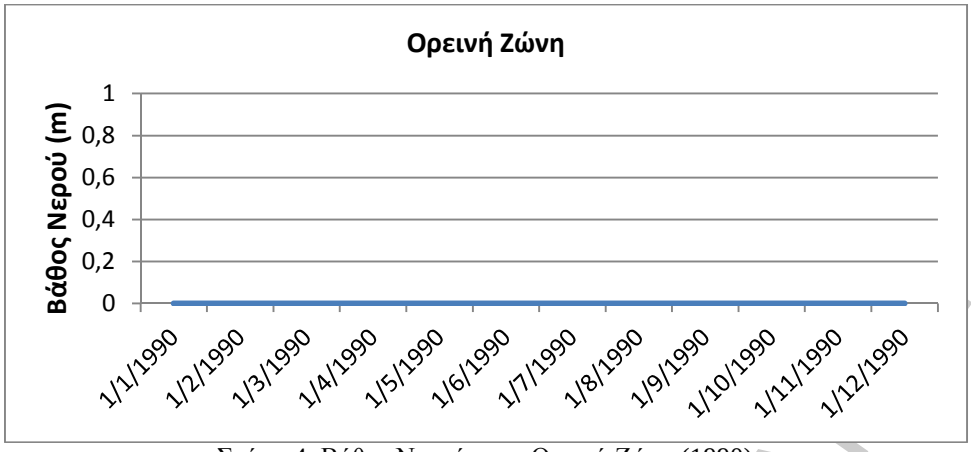
Σχήμα 1: Εισροή Νερού στην Ημιορεινή Ζώνη (1990)



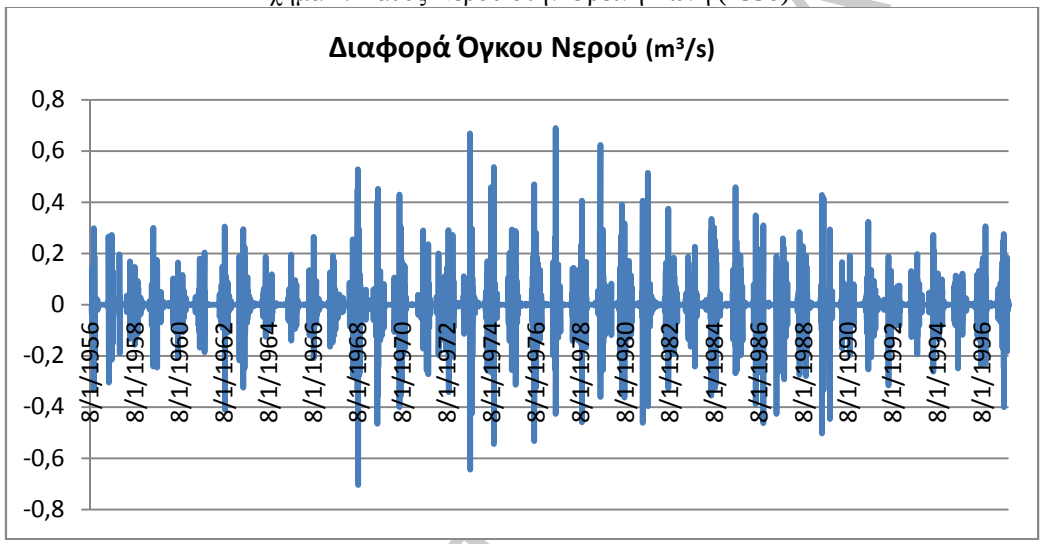
Σχήμα 2: Εισροή Νερού στην Ορεινή Ζώνη (1990)



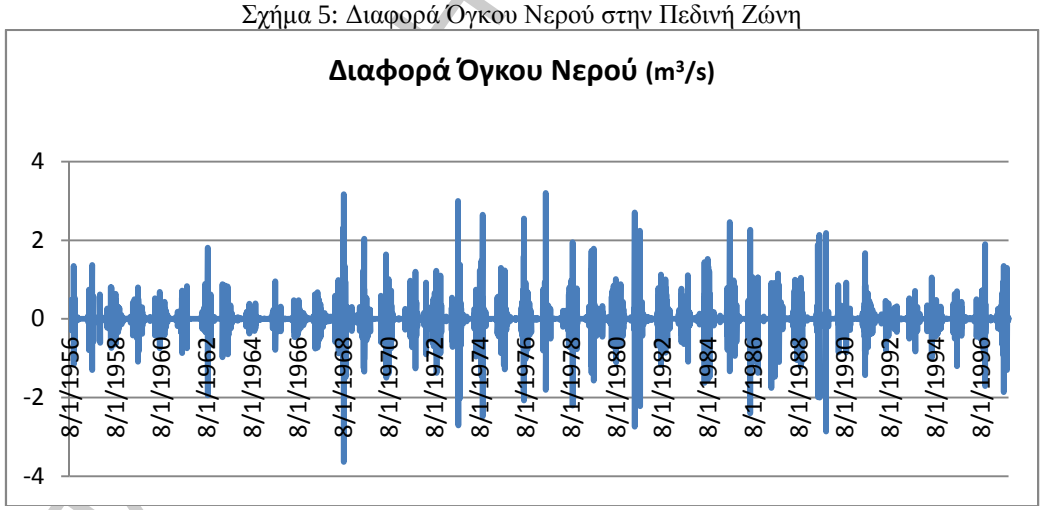
Σχήμα 3: Βάθος Νερού στην Ημιορεινή Ζώνη (1990)



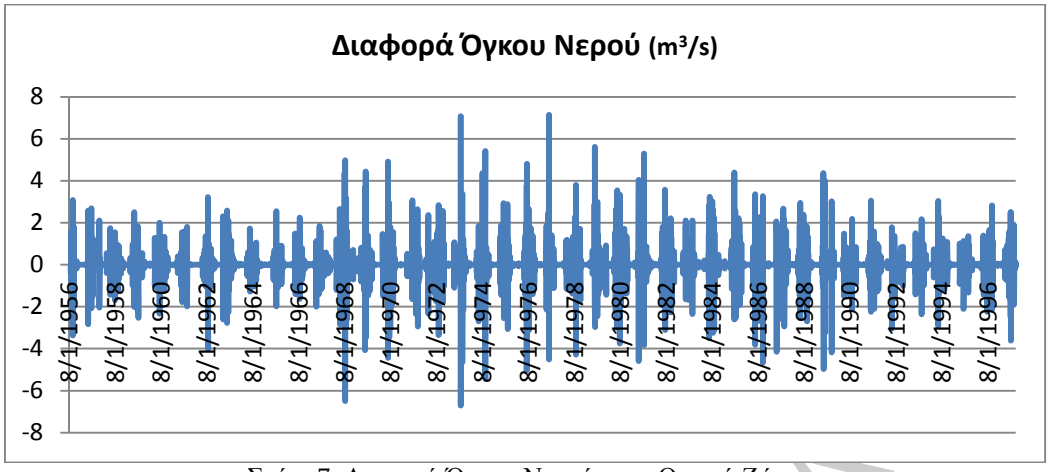
Σχήμα 4: Βάθος Νερού στην Ορεινή Ζώνη (1990)



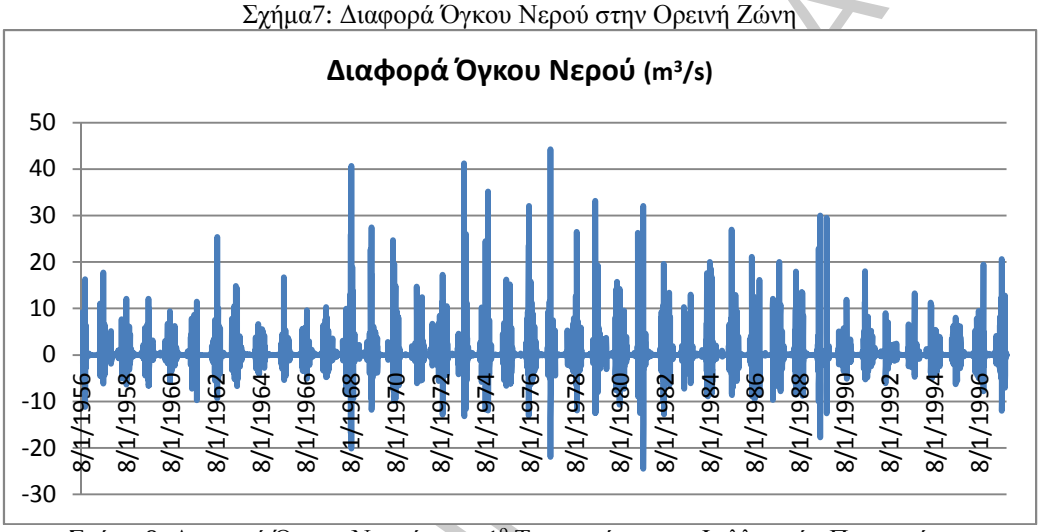
Σχήμα 5: Διαφορά Όγκου Νερού στην Πεδινή Ζώνη



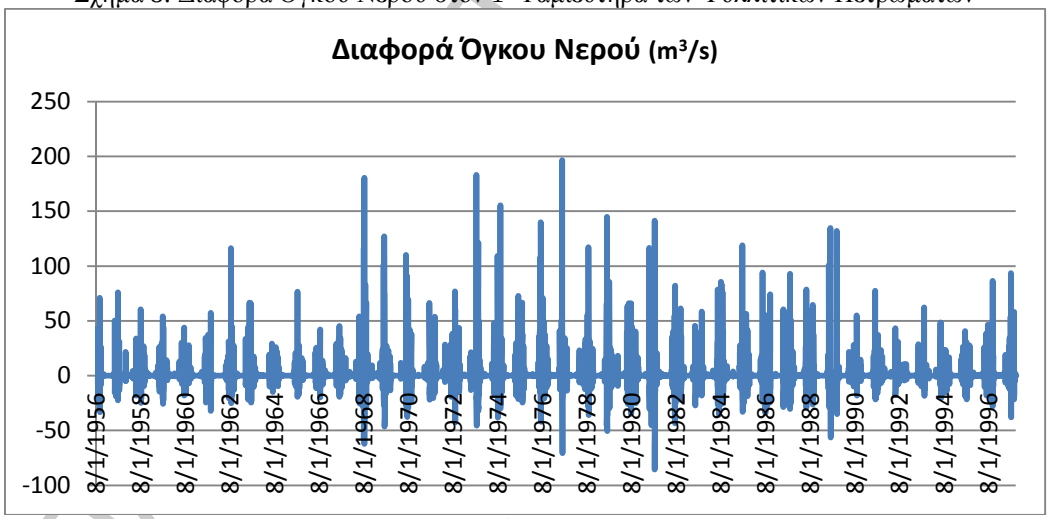
Σχήμα 6: Διαφορά Όγκου Νερού στην Ημιορεινή Ζώνη



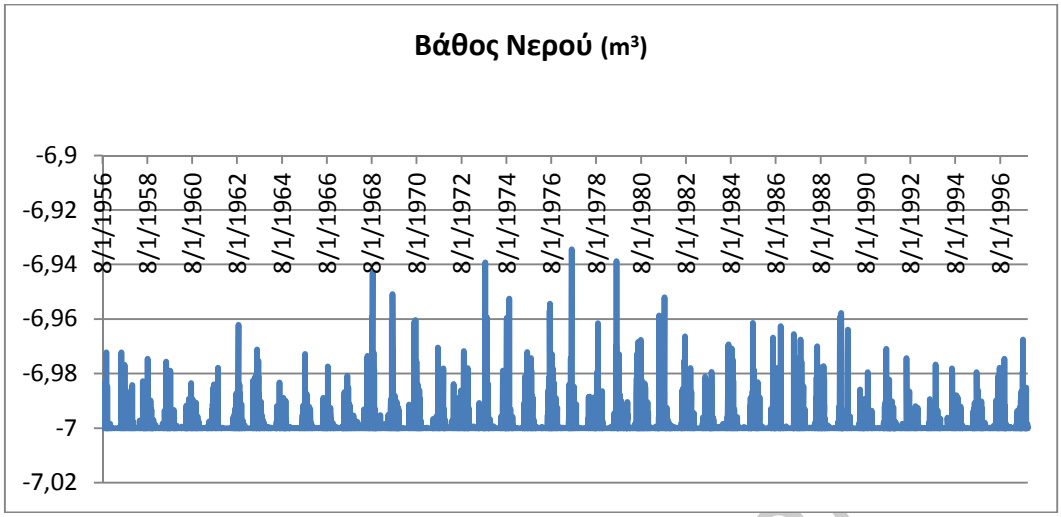
Σχήμα7: Διαφορά Όγκου Νερού στην Ορεινή Ζώνη



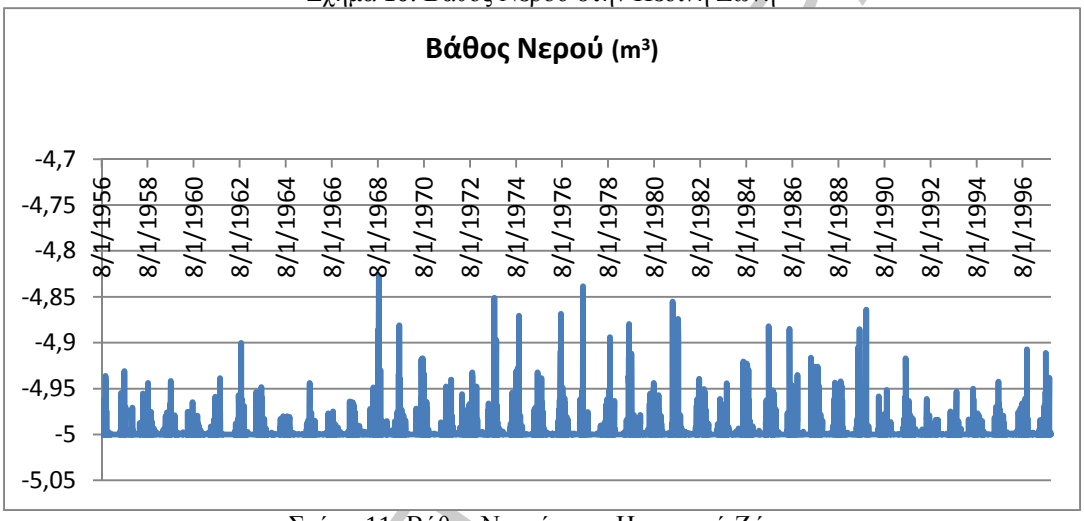
Σχήμα 8: Διαφορά Όγκου Νερού στον 1^{ο} Ταμιευτήρα των Φυλλιτικών Πετρωμάτων



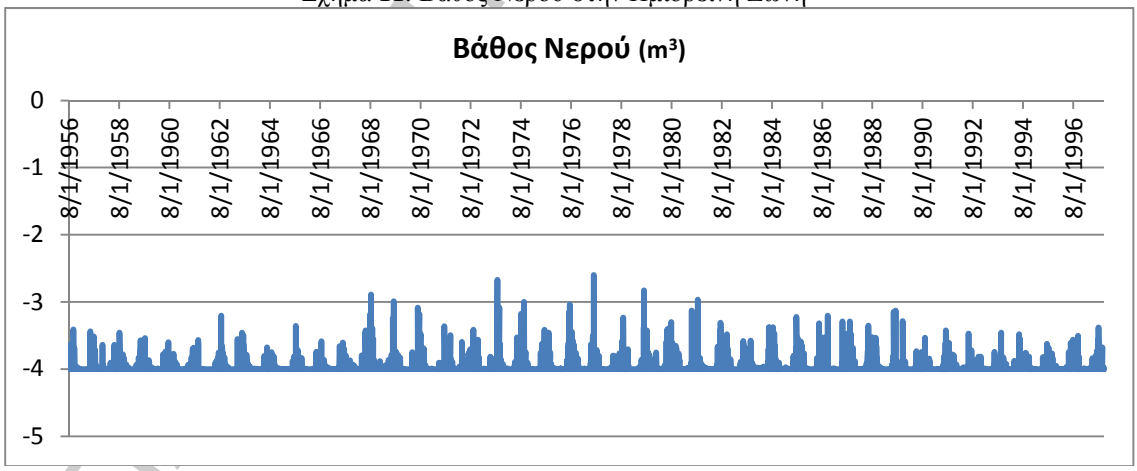
Σχήμα 9: Διαφορά Όγκου Νερού στον 2^{ο} Ταμιευτήρα των Φυλλιτικών Πετρωμάτων



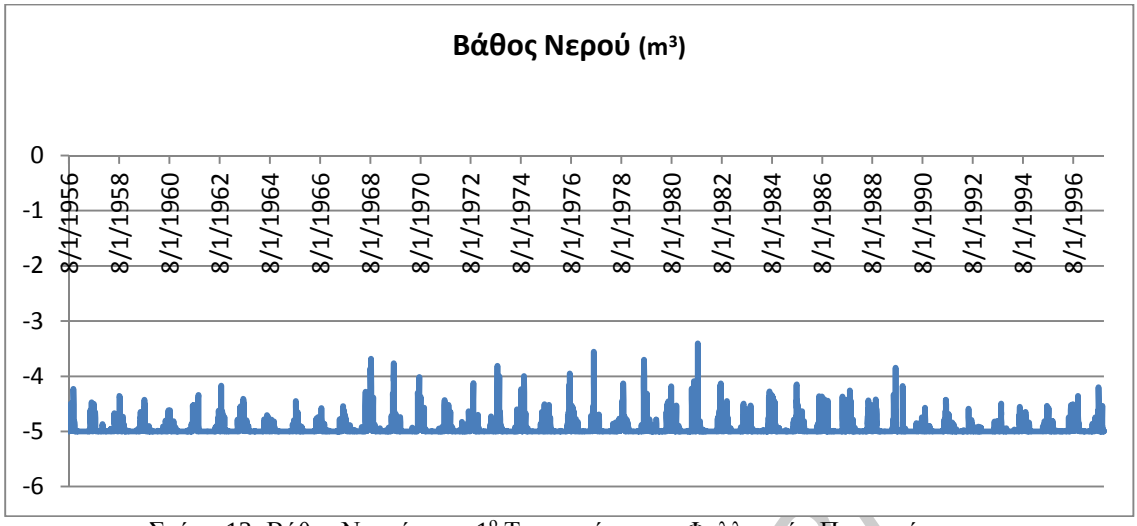
Σχήμα 10: Βάθος Νερού στην Πεδινή Ζώνη



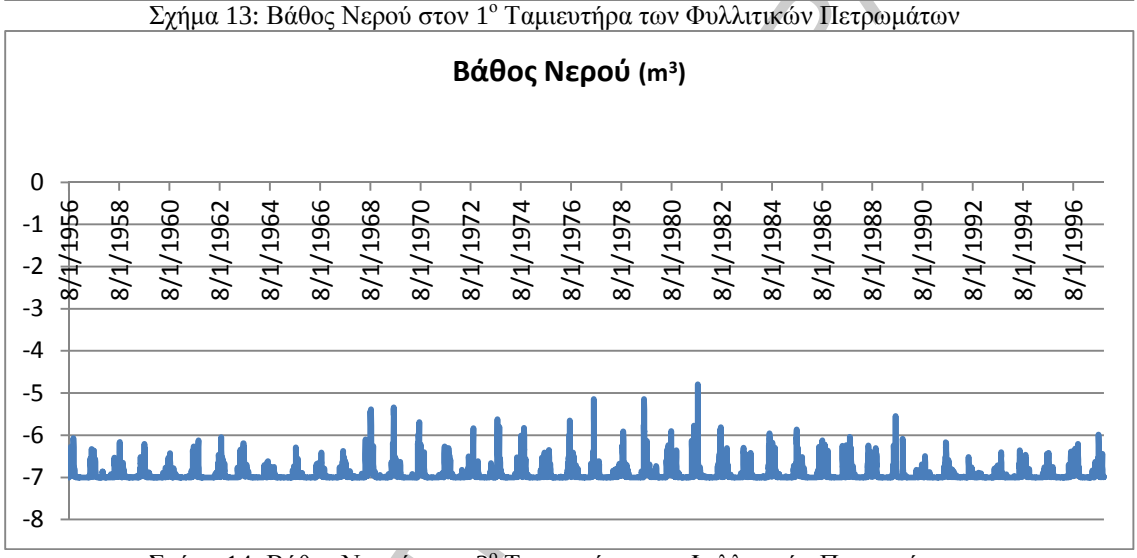
Σχήμα 11: Βάθος Νερού στην Ημιορεινή Ζώνη



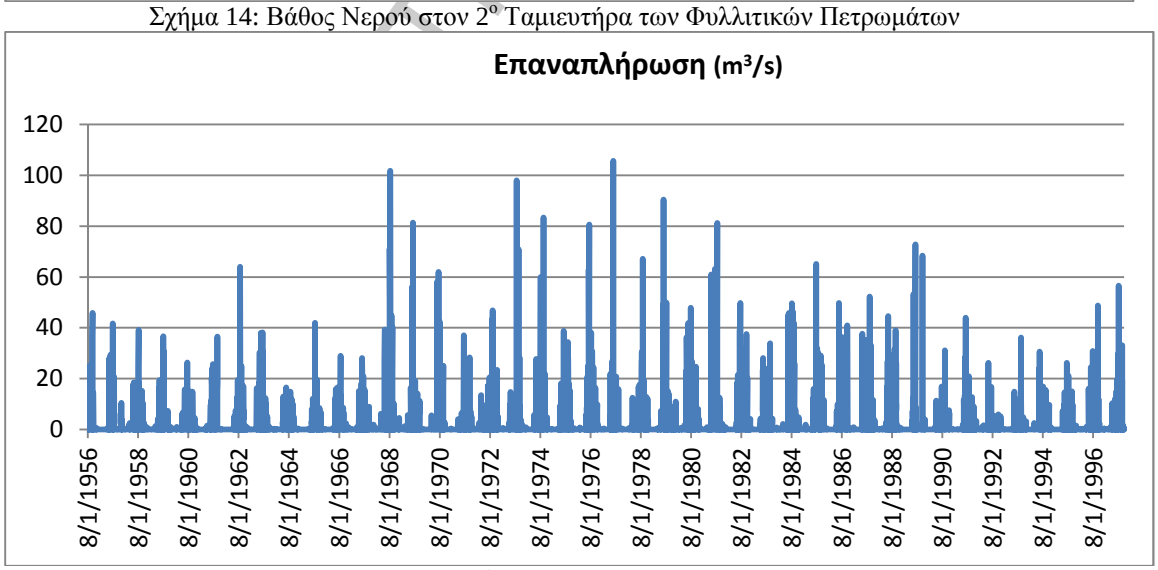
Σχήμα 12: Βάθος Νερού στην Ορεινή Ζώνη



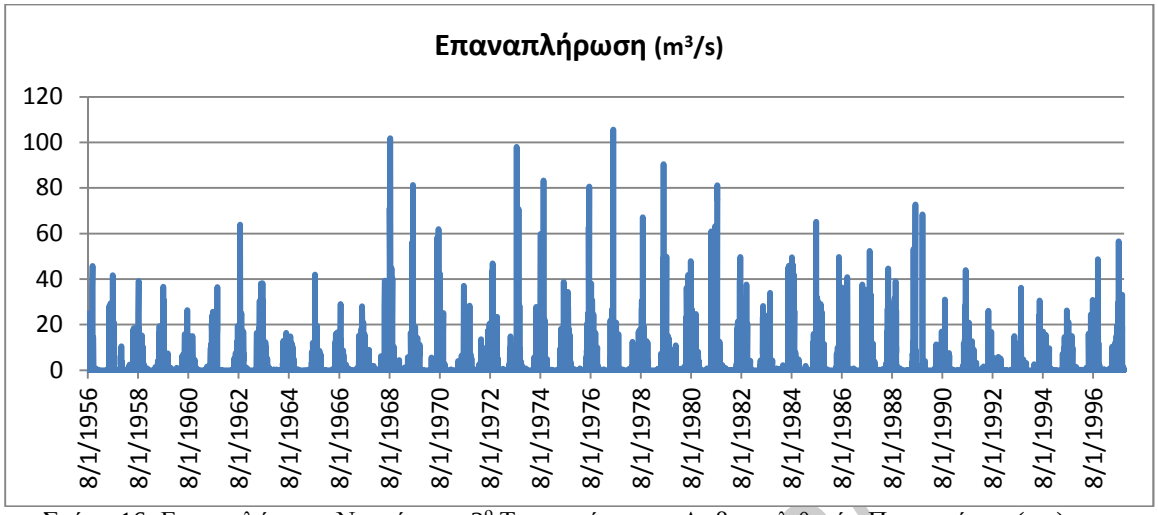
Σχήμα 13: Βάθος Νερού στον 1ο Ταμιευτήρα των Φυλλιτικών Πετρωμάτων



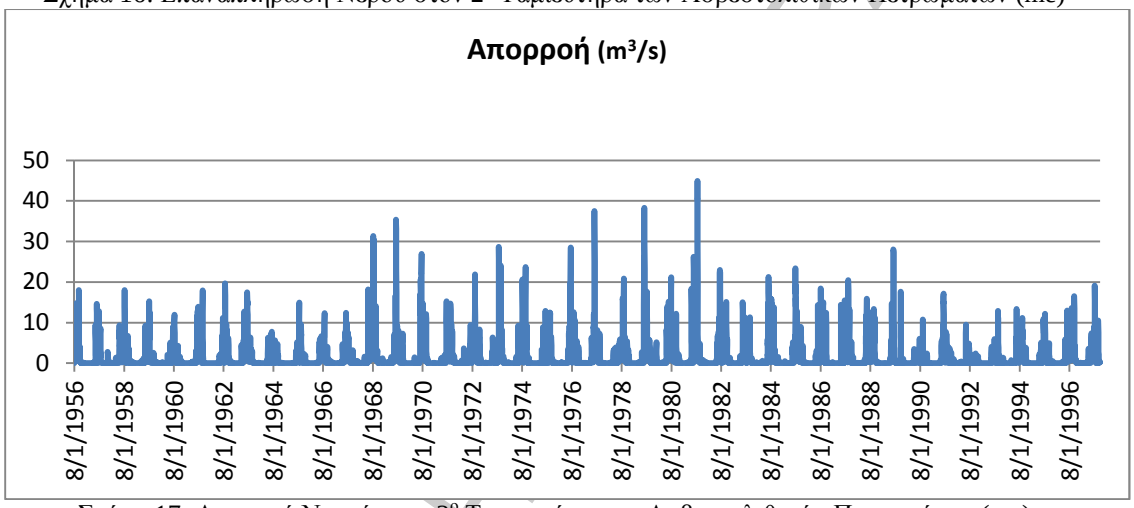
Σχήμα 14: Βάθος Νερού στον 2ο Ταμιευτήρα των Φυλλιτικών Πετρωμάτων



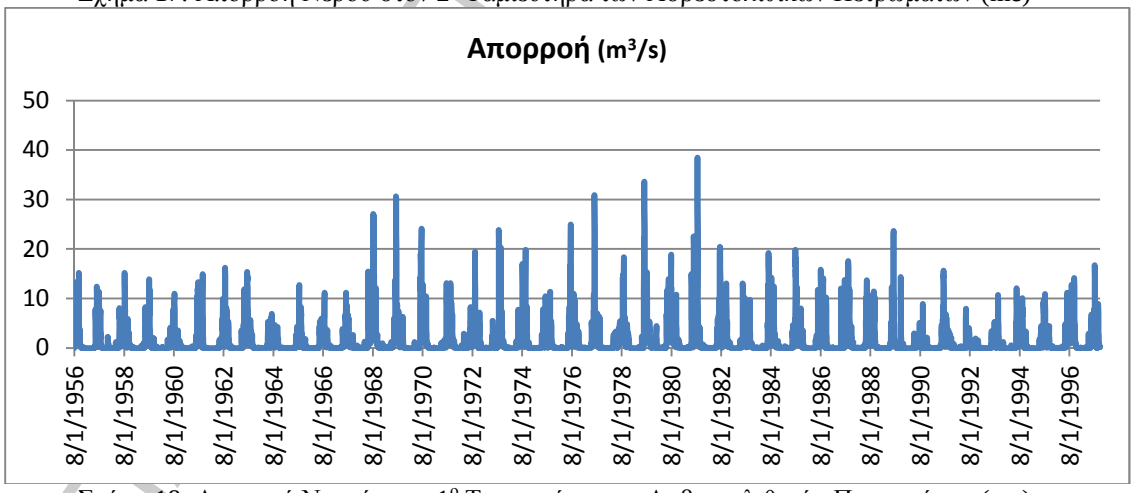
Σχήμα 15: Επαναπλήρωση Νερού στον 1ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)



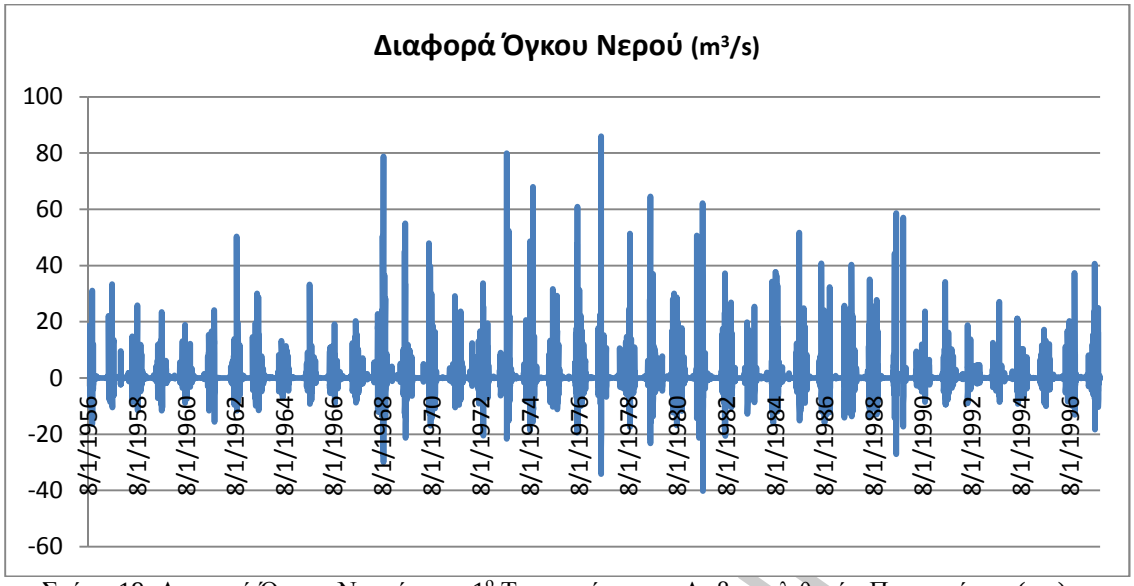
Σχήμα 16: Επαναπλήρωση Νερού στον 2ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)



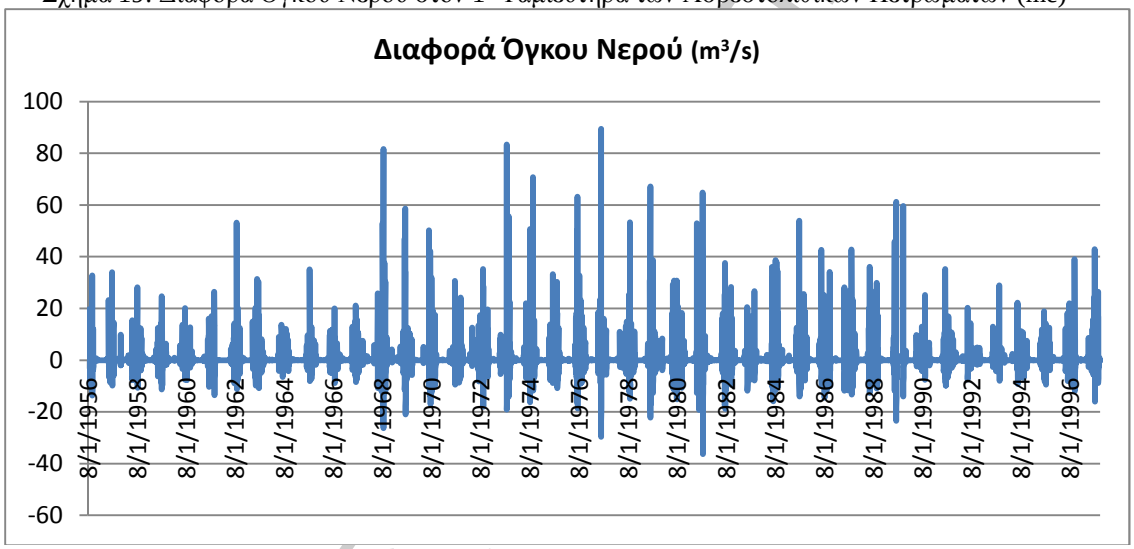
Σχήμα 17: Απορροή Νερού στον 2ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)



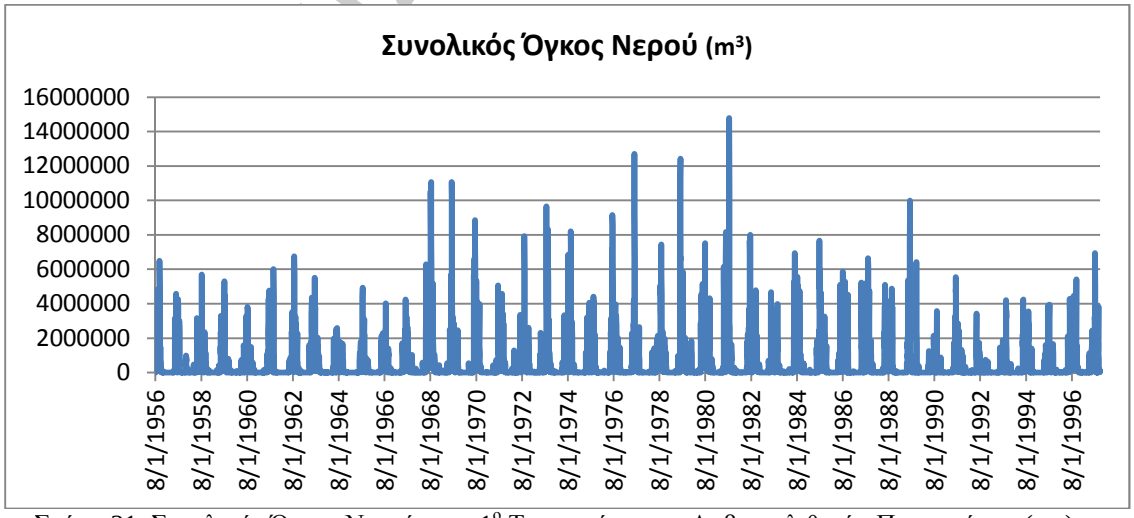
Σχήμα 18: Απορροή Νερού στον 1ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)



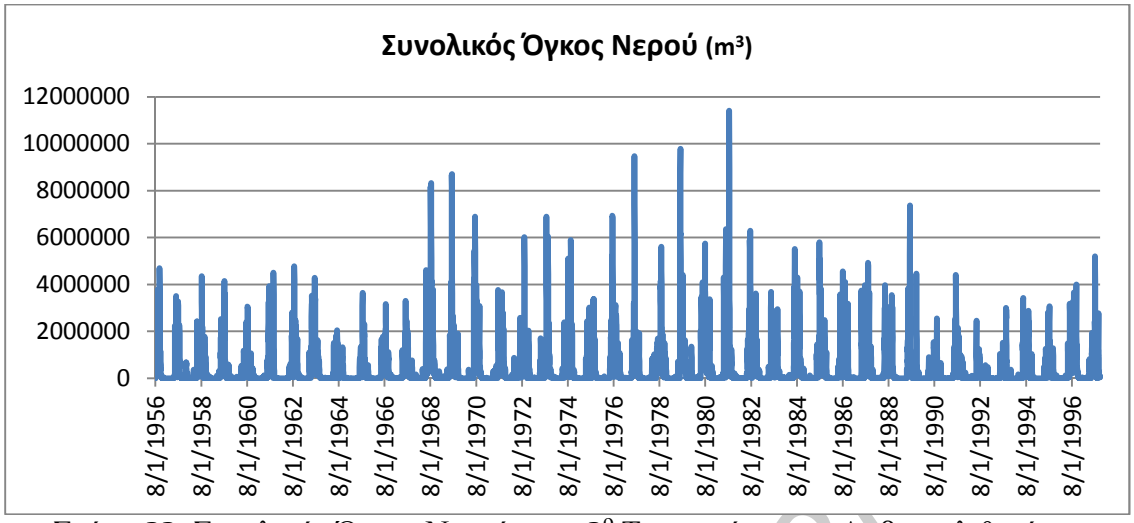
Σχήμα 19: Διαφορά Όγκου Νερού στον 1ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)



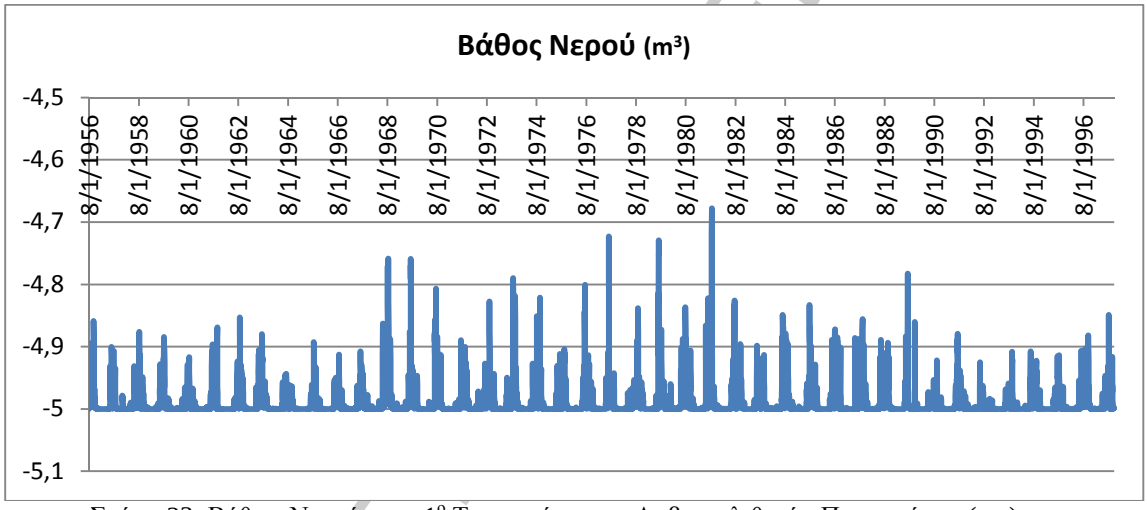
Σχήμα 20: Διαφορά Όγκου Νερού στον 2ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)



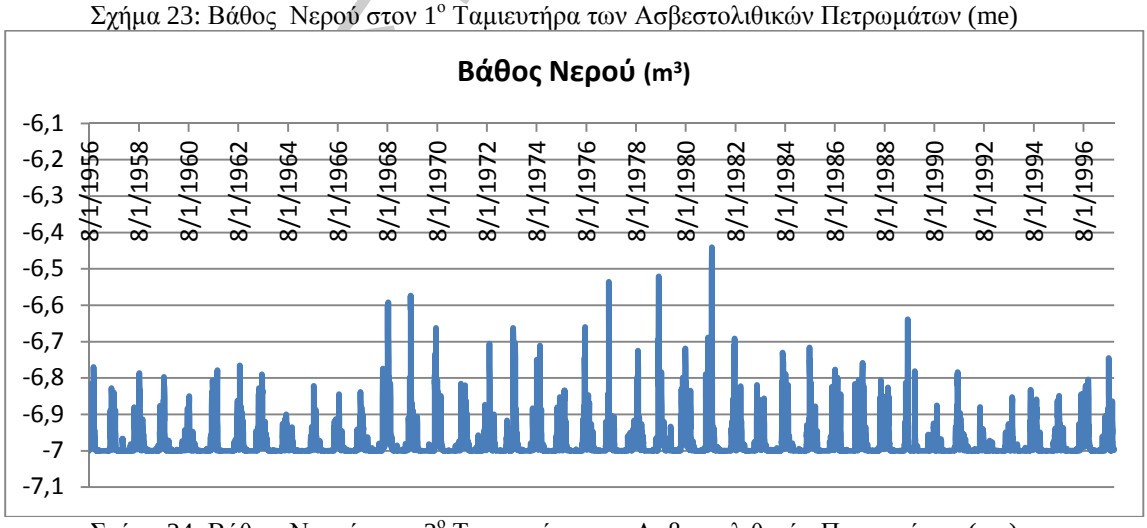
Σχήμα 21: Συνολικός Όγκος Νερού στον 1ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)



Σχήμα 22: Συνολικός Όγκος Νερού στον 2ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)

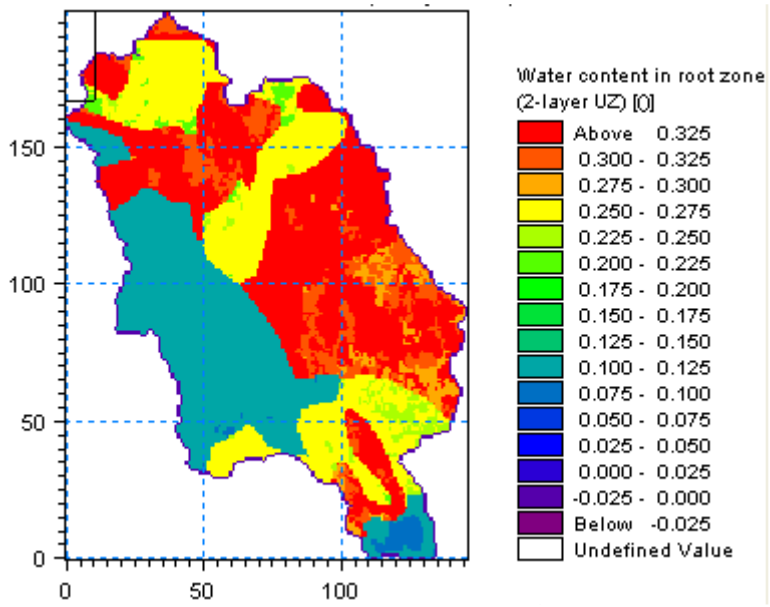


Σχήμα 23: Βάθος Νερού στον 1ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)

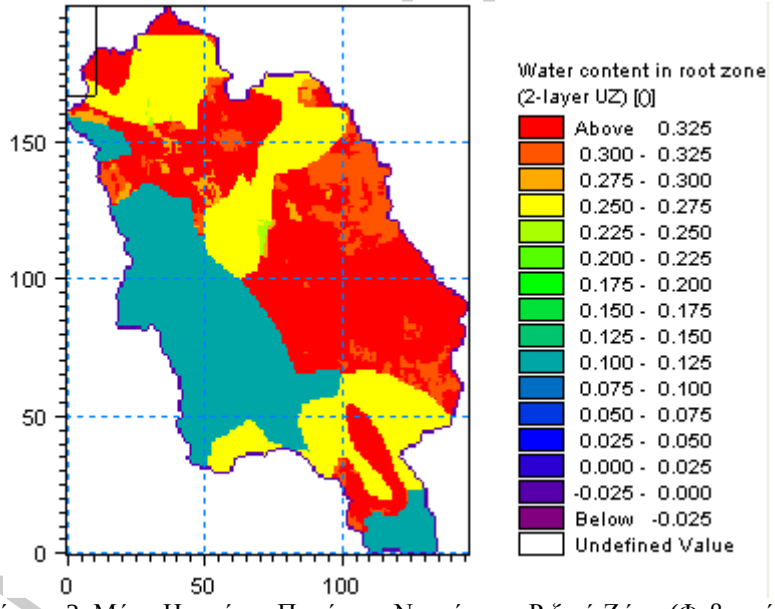


Σχήμα 24: Βάθος Νερού στον 2ο Ταμιευτήρα των Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων (me)

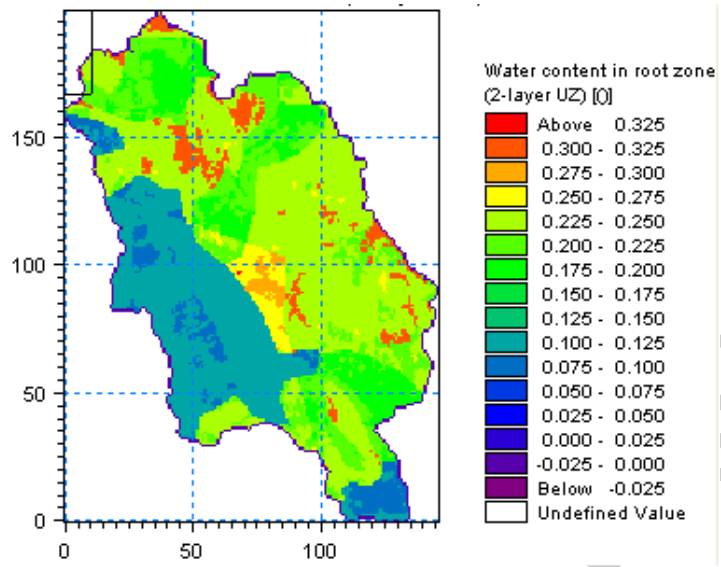
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β



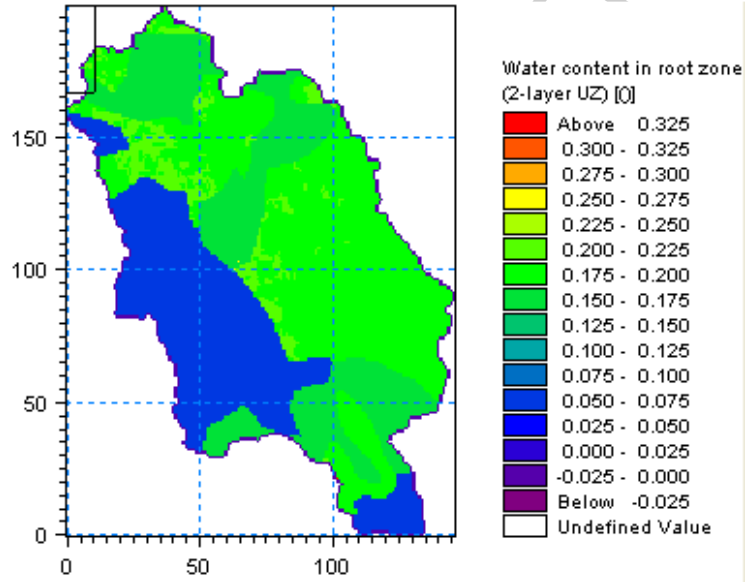
Χάρτης 1: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Ιανουάριος,1990)



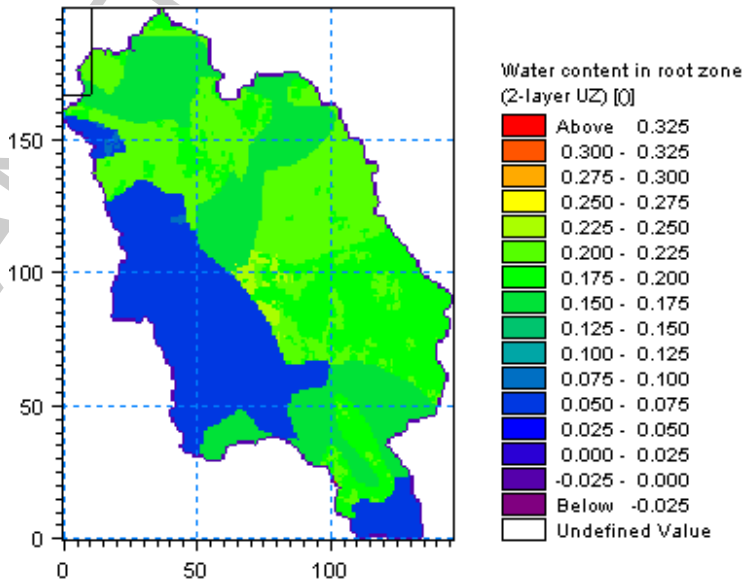
Χάρτης 2: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Φεβρουάριος,1990)



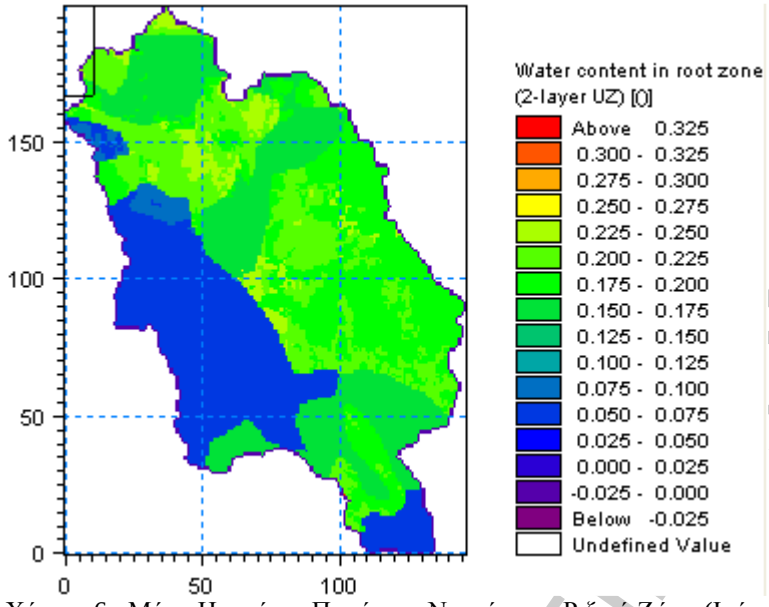
Χάρτης 3: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Μάρτιος,1990)



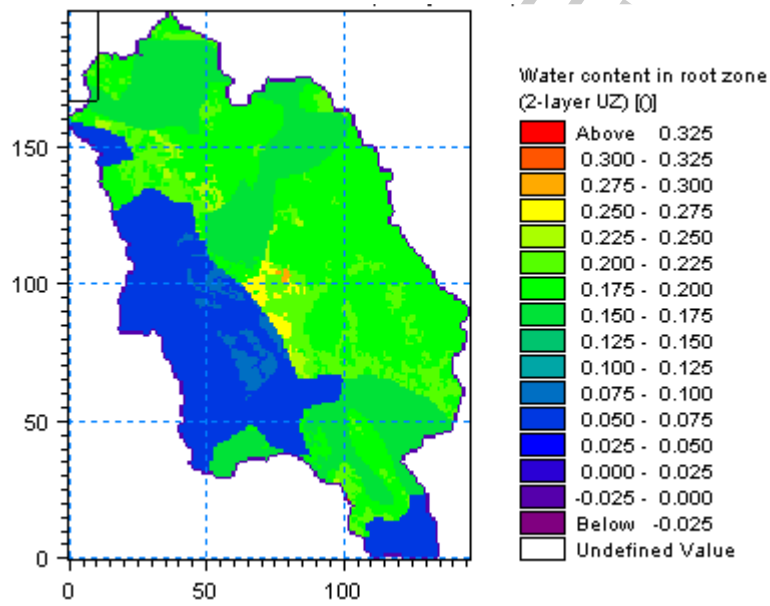
Χάρτης 4.: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Απρίλιος,1990)



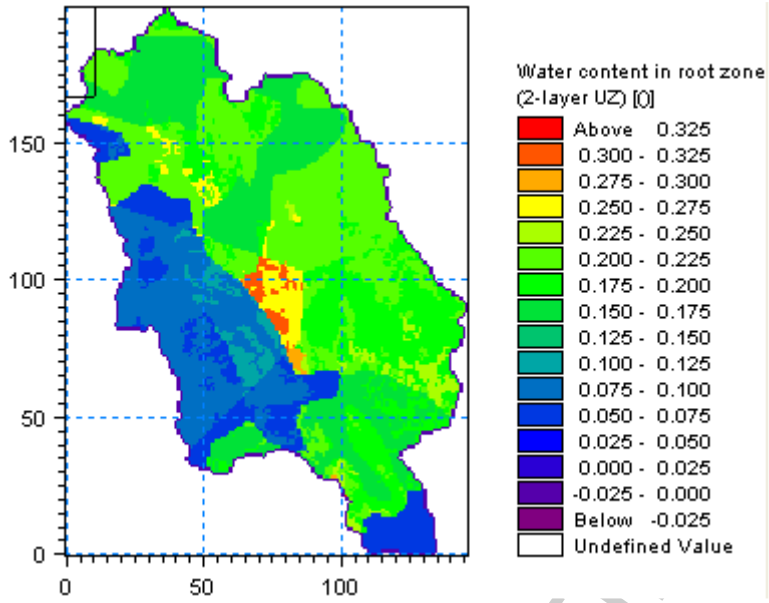
Χάρτης 5.: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Μάιος,1990)



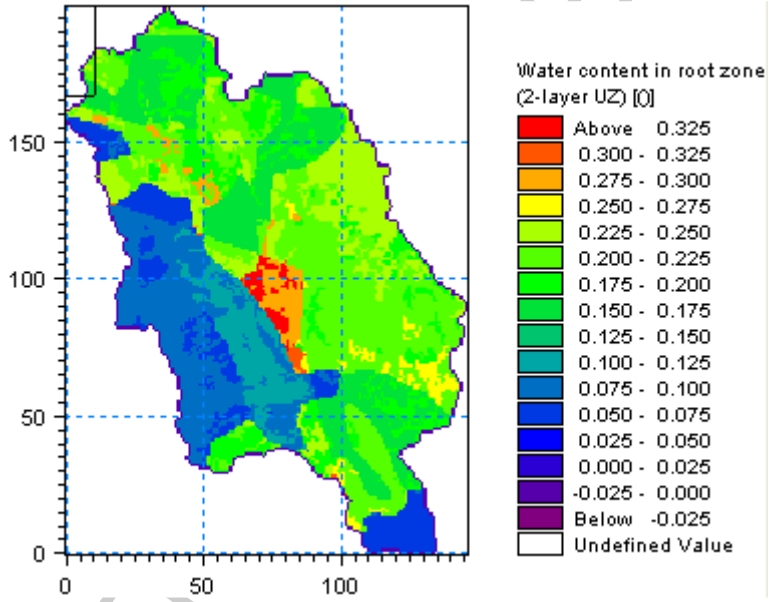
Χάρτης 6.: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Ιούνιος,1990)



Χάρτης 7.: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Ιούλιος,1990)

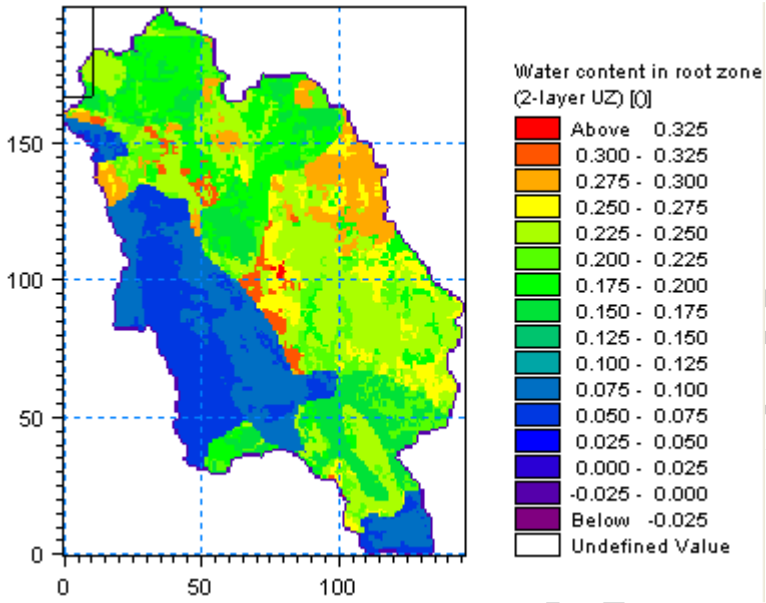


Χάρτης 8: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Αύγουστος,1990)

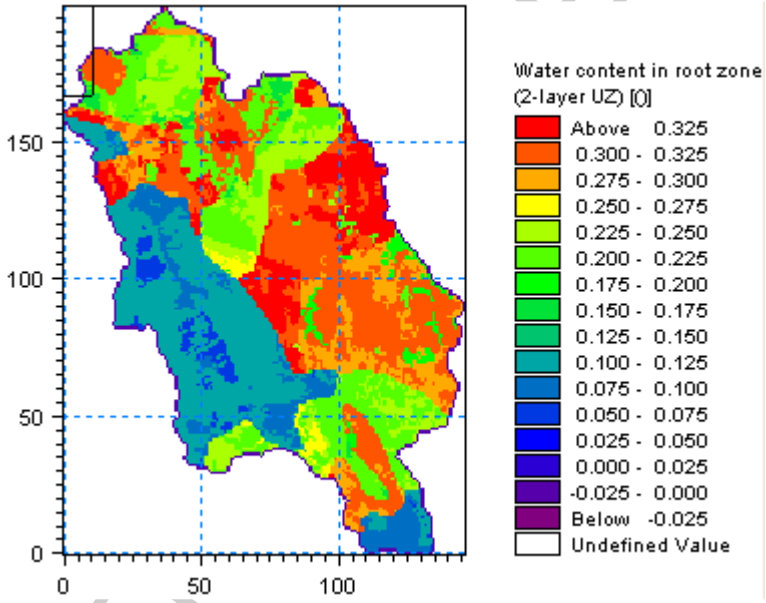


Χάρτης 9: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Σεπτέμβριος,1990)

ΠΑΝΕΠΙ

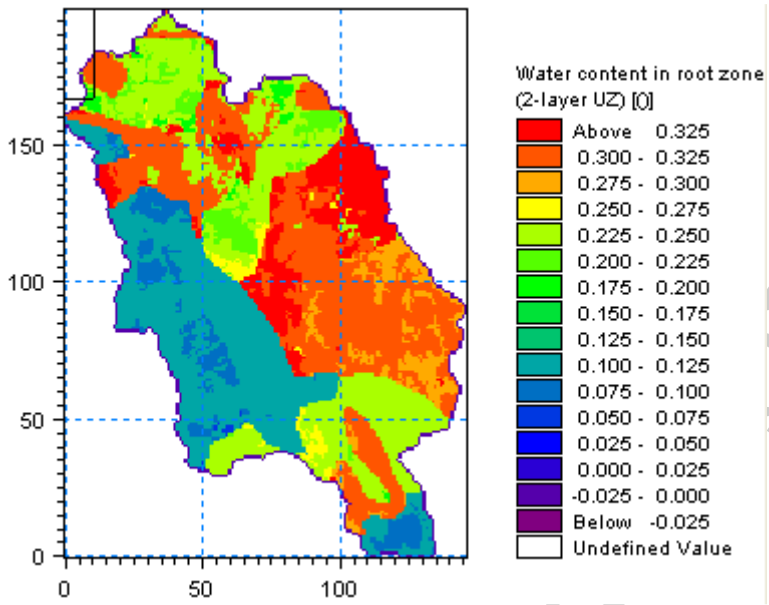


Χάρτης 10: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Οκτώβριος,1990)

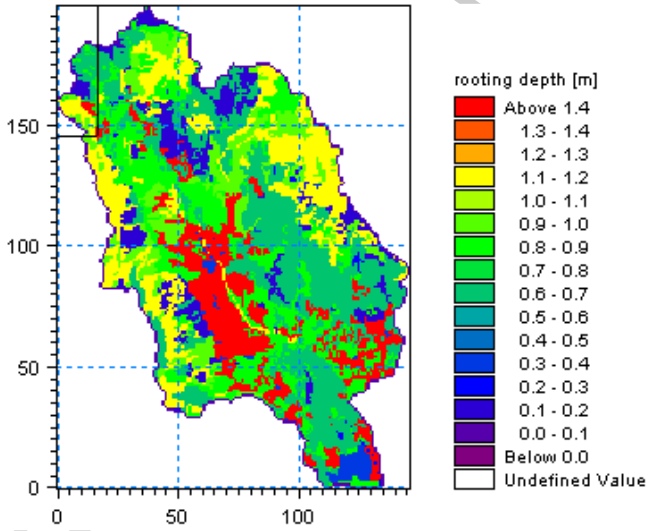


Χάρτης 11: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Νοέμβριος,1990)

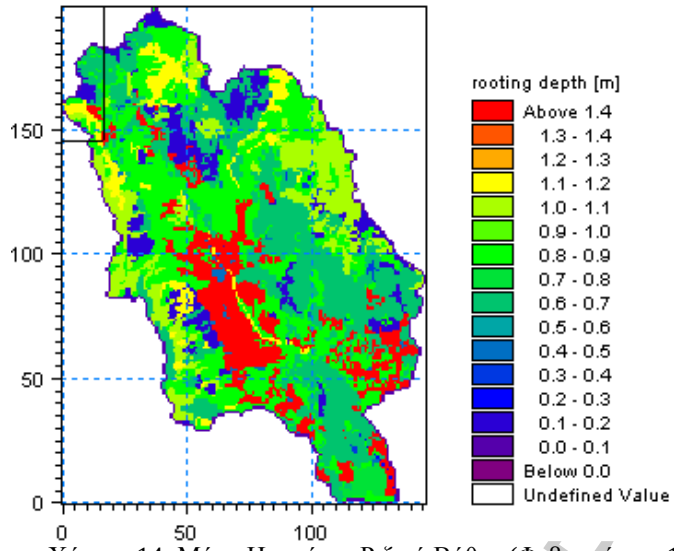
ΠΑΝΕΠ



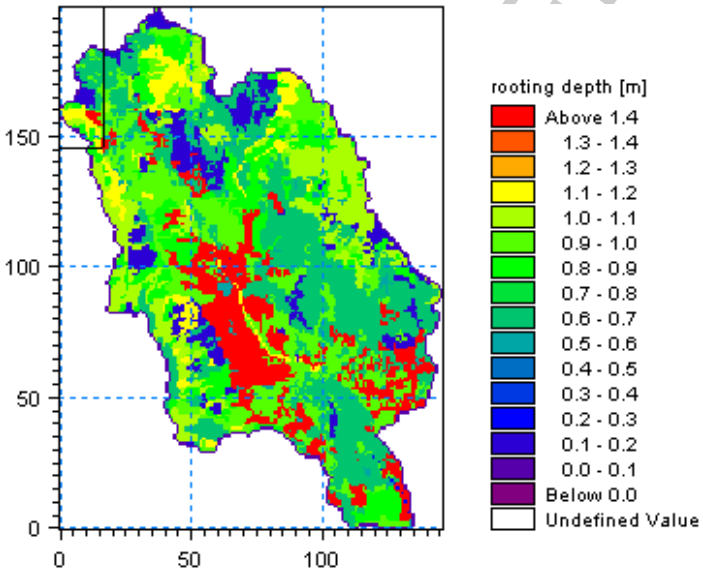
Χάρτης 12: Μέση Ημερήσια Ποσότητα Νερού στην Ριζική Ζώνη (Δεκέμβριος,1990)



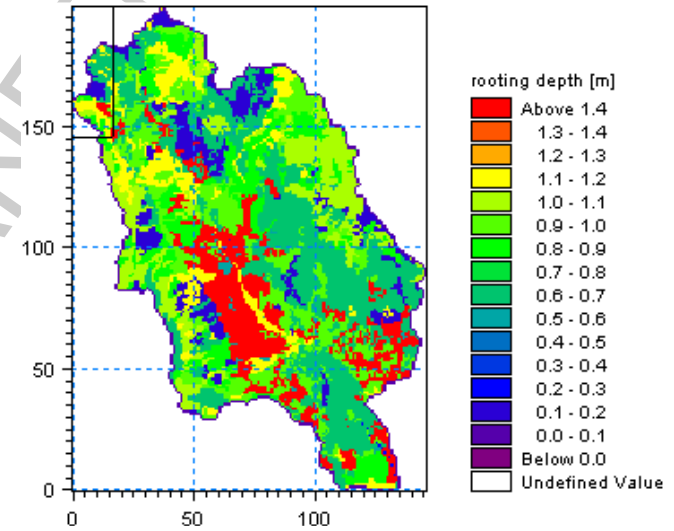
Χάρτης 13: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Ιανουάριος)



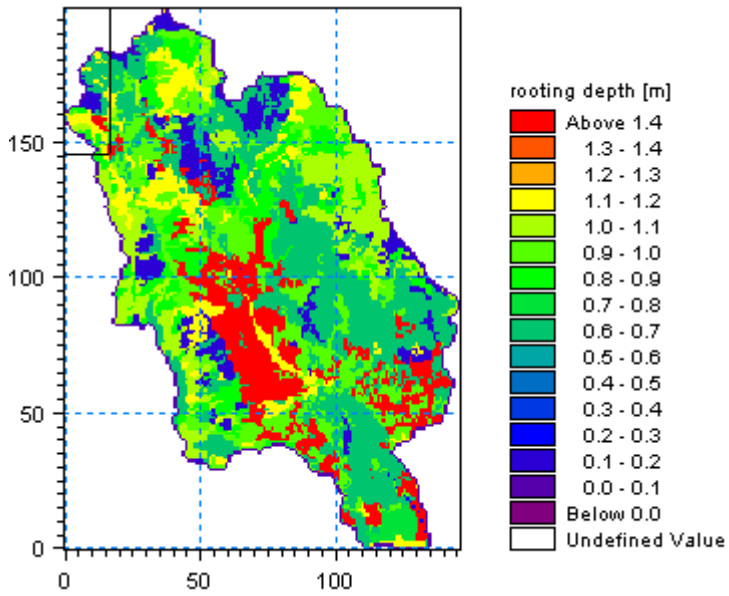
Χάρτης 14: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Φεβρουάριος,1990)



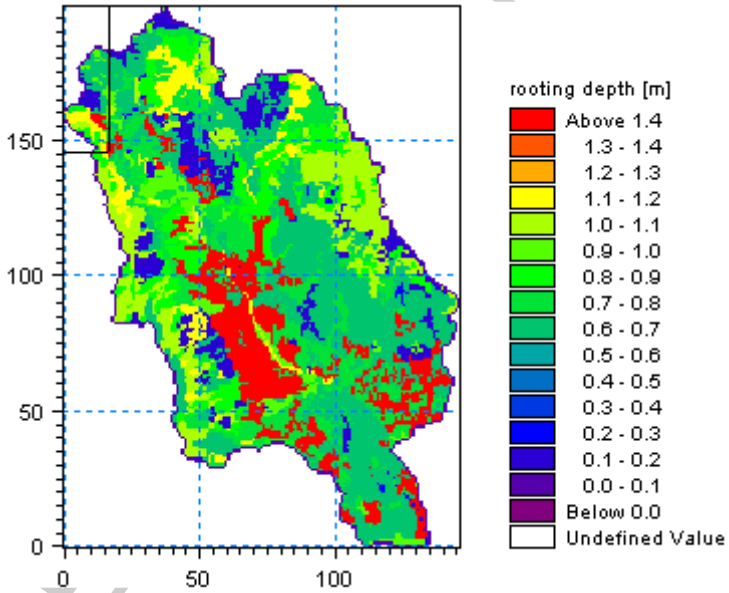
Χάρτης 15: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Μάρτιος,1990)



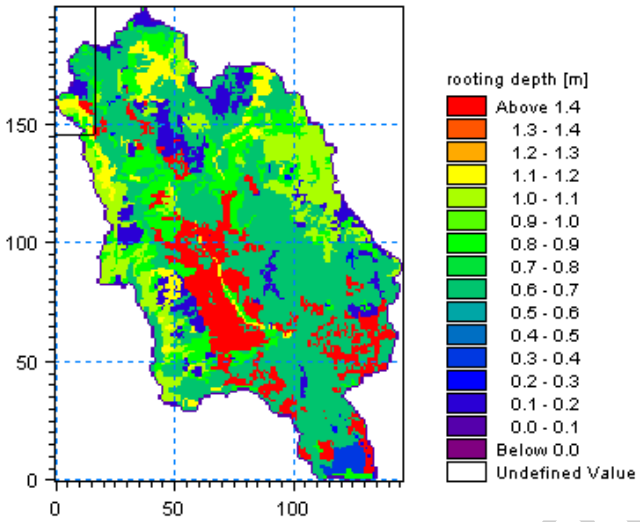
Χάρτης 16: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Απρίλιος,1990)



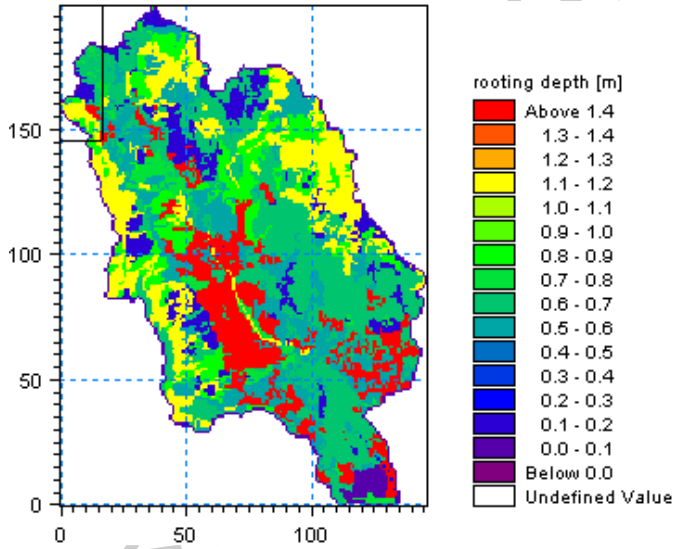
Χάρτης 17: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Μάιος,1990)



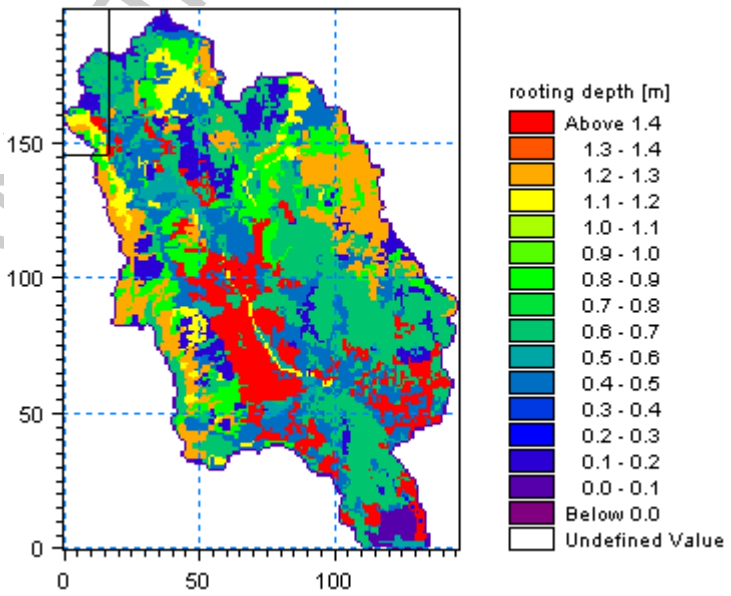
Χάρτης 18: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Ιούνιος,1990)



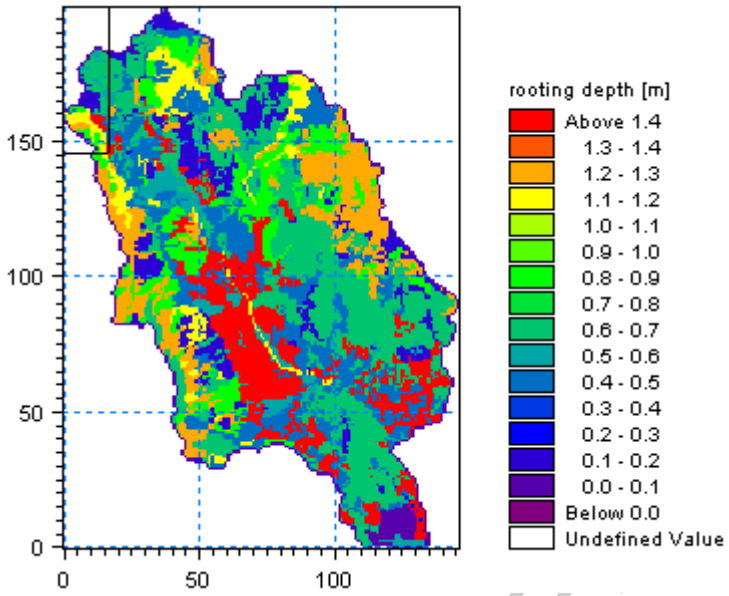
Χάρτης 19: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Ιούλιος,1990)



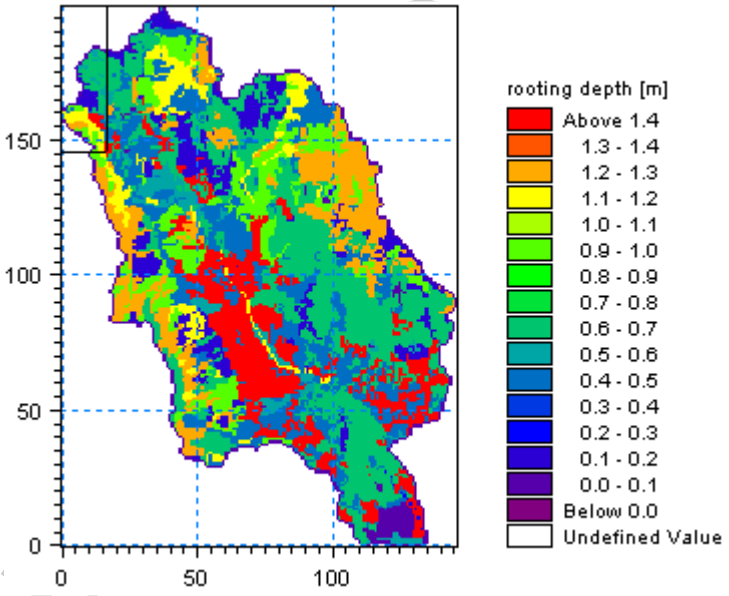
Χάρτης 20: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Αύγουστους,1990)



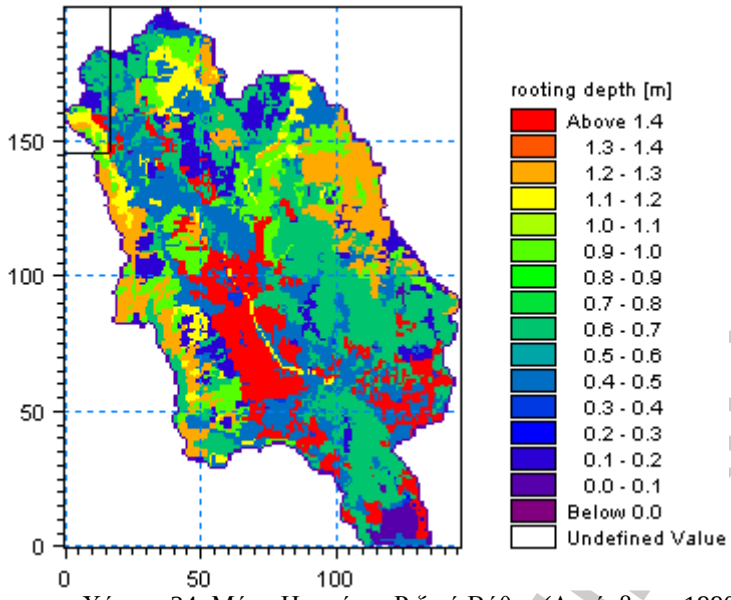
Χάρτης 21: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Σεπτέμβριος,1990)



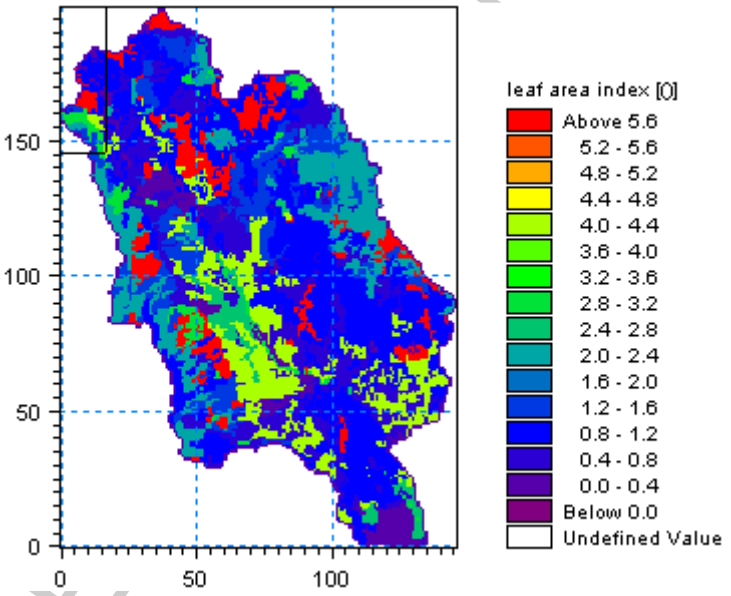
Χάρτης 22: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Οκώβριος,1990)



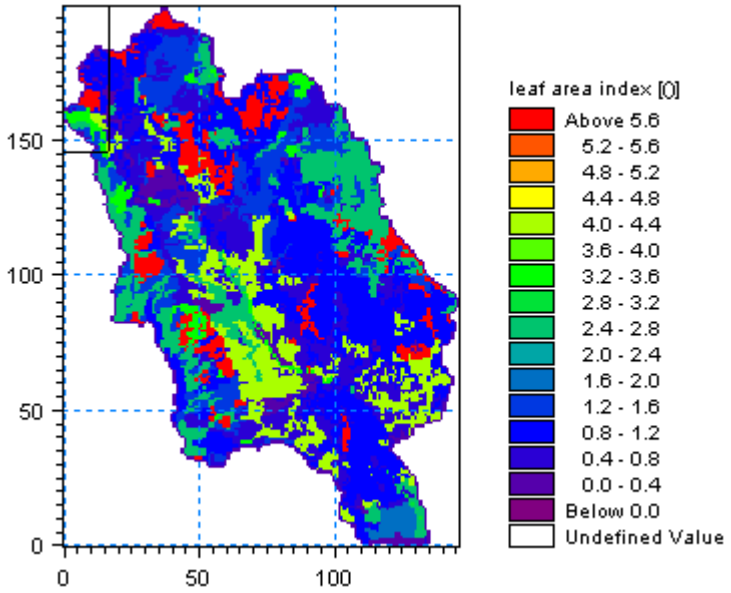
Χάρτης 23: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Νοέμβριος,1990)



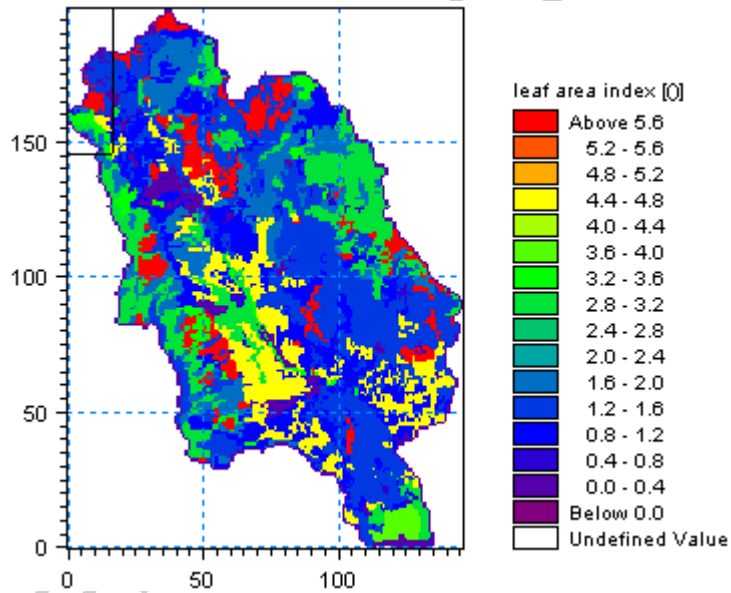
Χάρτης 24: Μέσο Ημερήσιο Ριζικό Βάθος (Δεκέμβριος,1990)



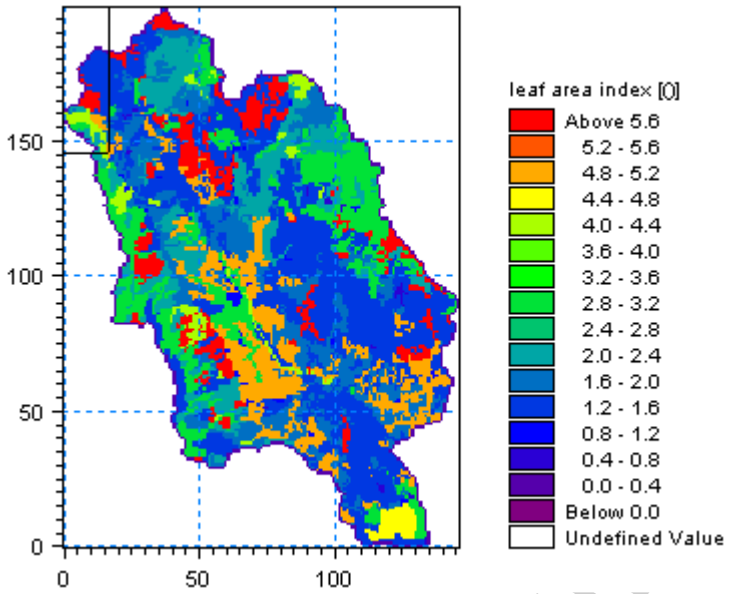
Χάρτης 25: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Ιανουάριος,1990)



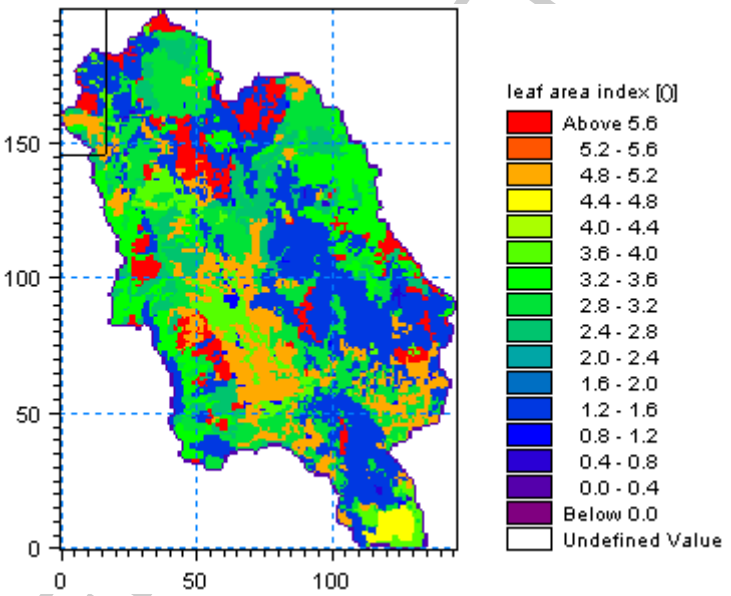
Χάρτης 26: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Φεβρουάριος,1990)



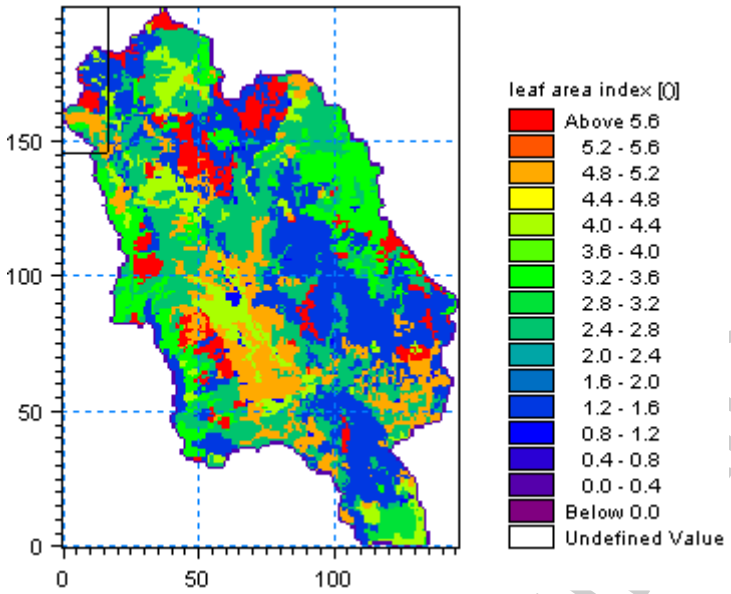
Χάρτης 27: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Μάρτιος,1990)



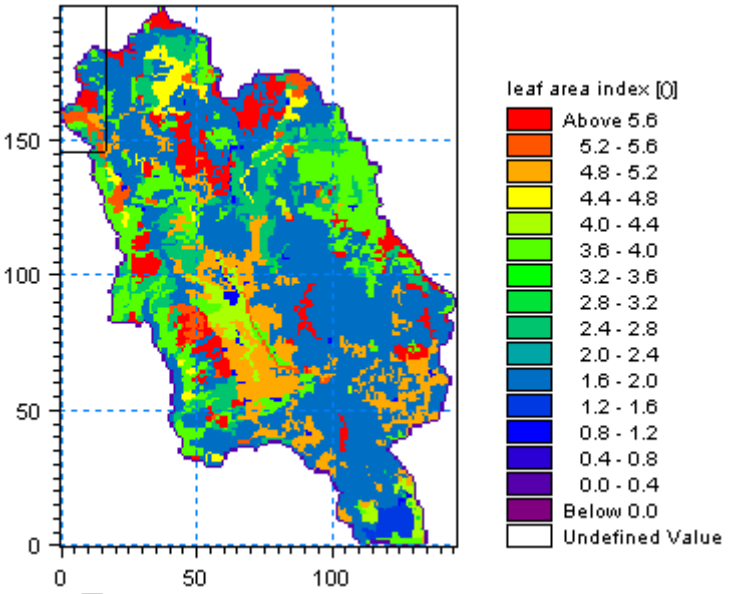
Χάρτης 28: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Απρίλιος,1990)



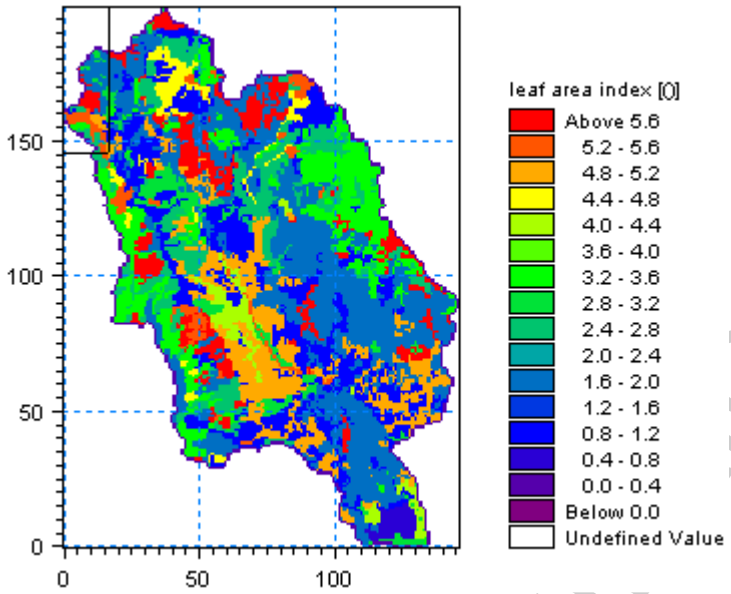
Χάρτης 29.: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Μάιος,1990)



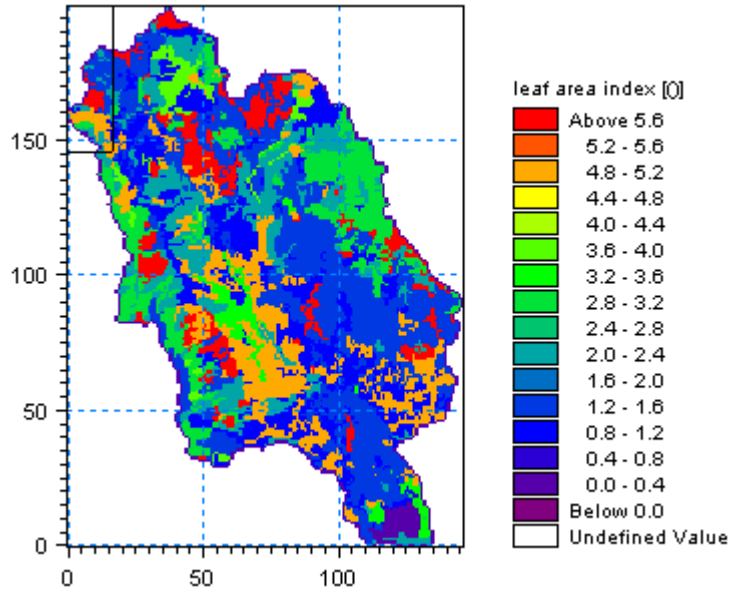
Χάρτης 30: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Ιούνιος,1990)



Χάρτης 31: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Ιούλιος,1990)

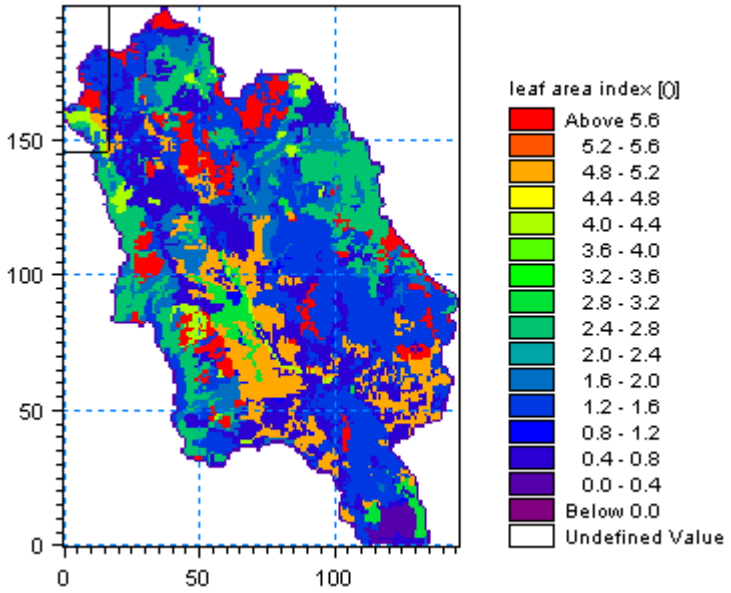


Χάρτης 32: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Αύγουστος,1990)

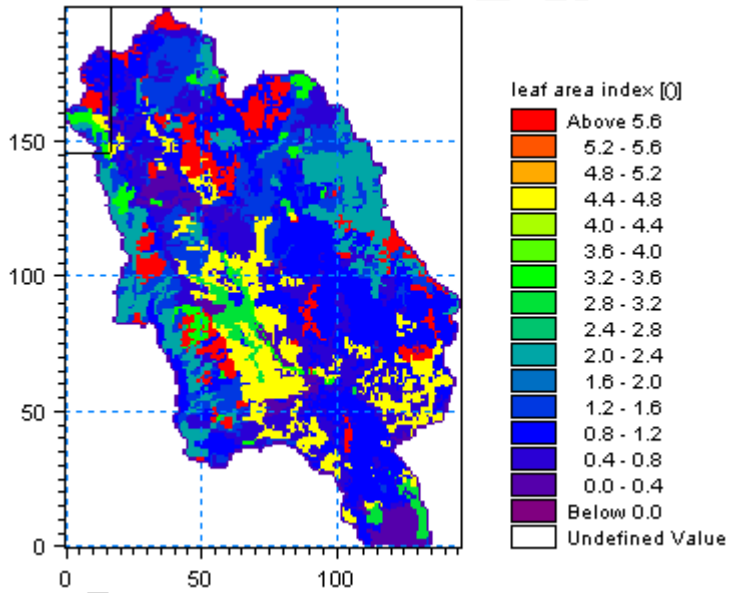


Χάρτης 33: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Σεπτέμβριος,1990)

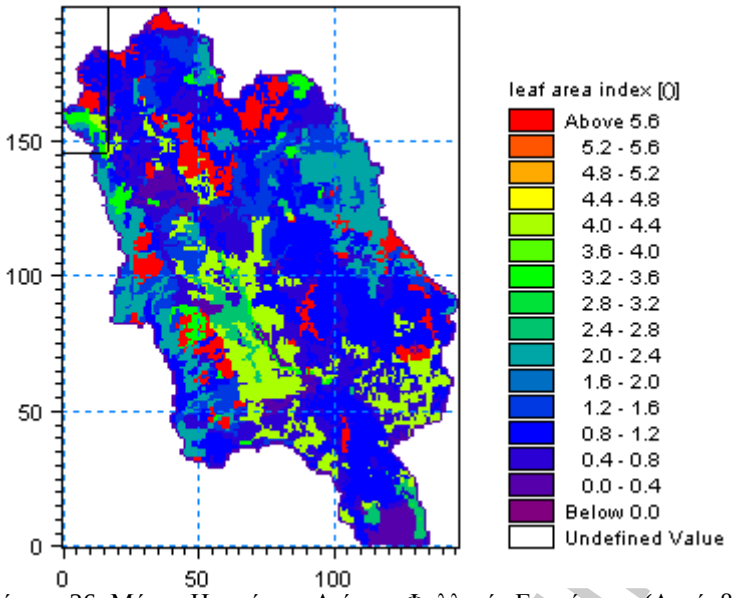
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ



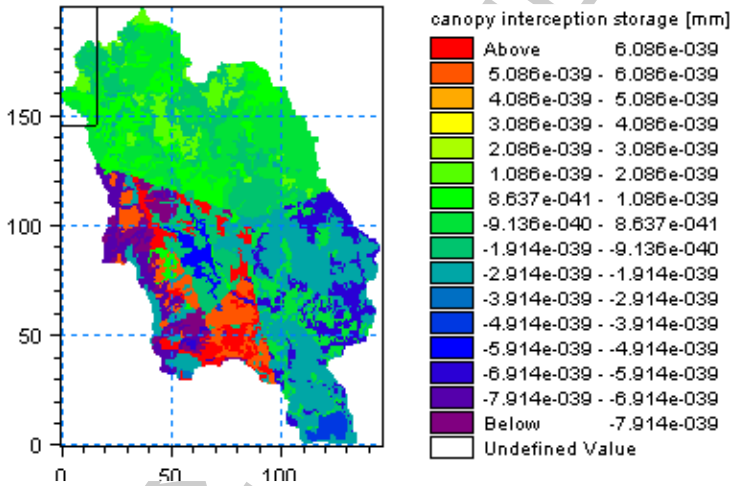
Χάρτης 34: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Οκτώβριος,1990)



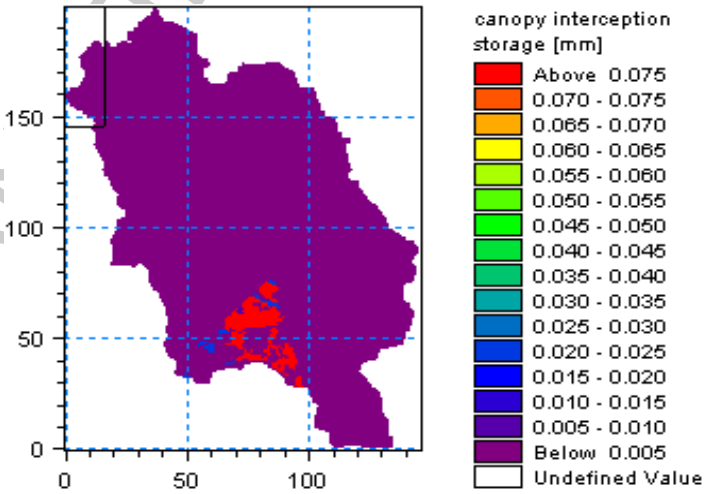
Χάρτης 35: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Νοέμβριος,1990)



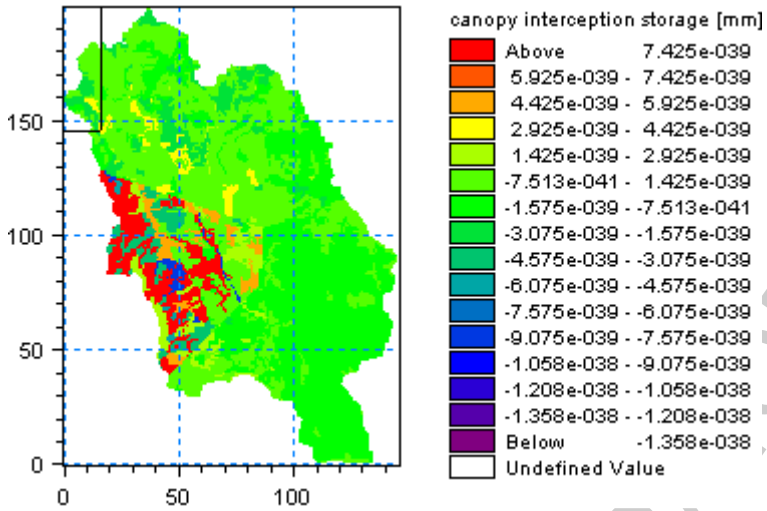
Χάρτης 36: Μέσος Ημερήσιος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Δεκέμβριος,1990)



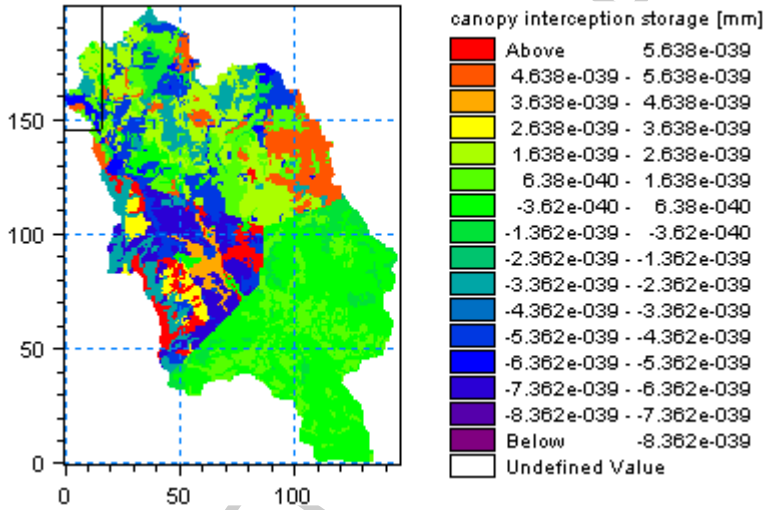
Χάρτης 37: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Ιανουάριος,1990)



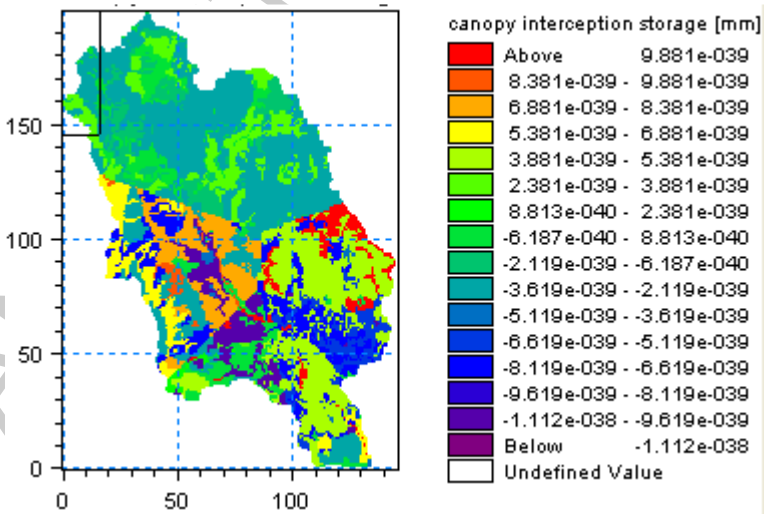
Χάρτης 38: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Φεβρουάριος,1990)



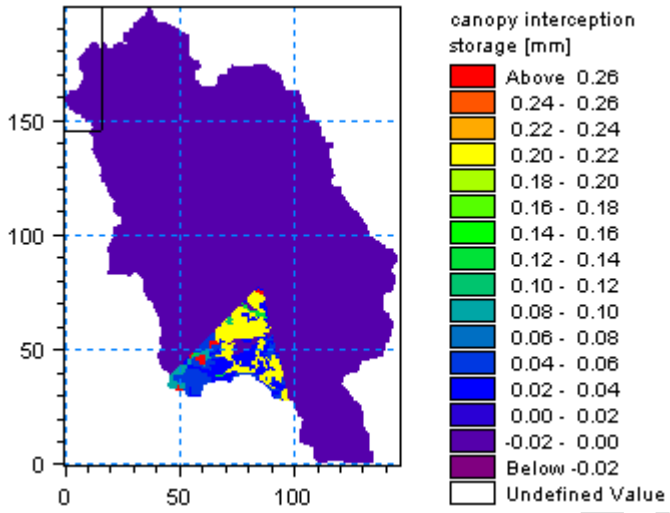
Χάρτης 39: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Μάρτιος,1990)



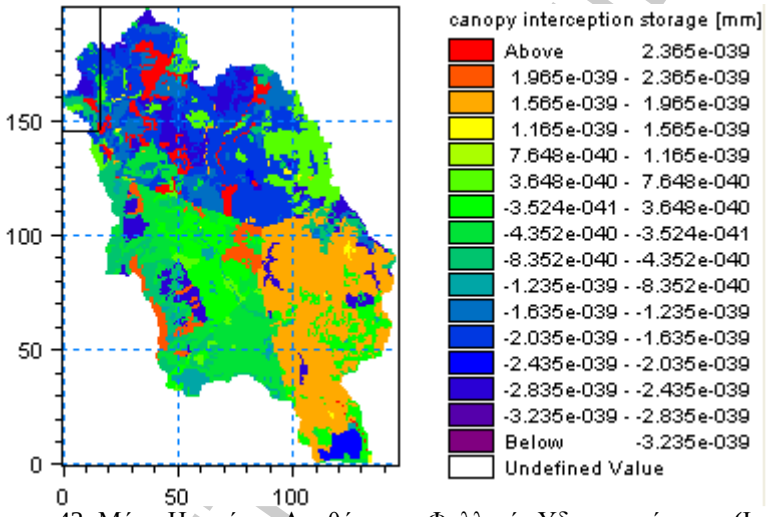
Χάρτης 40: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Απρίλιος,1990)



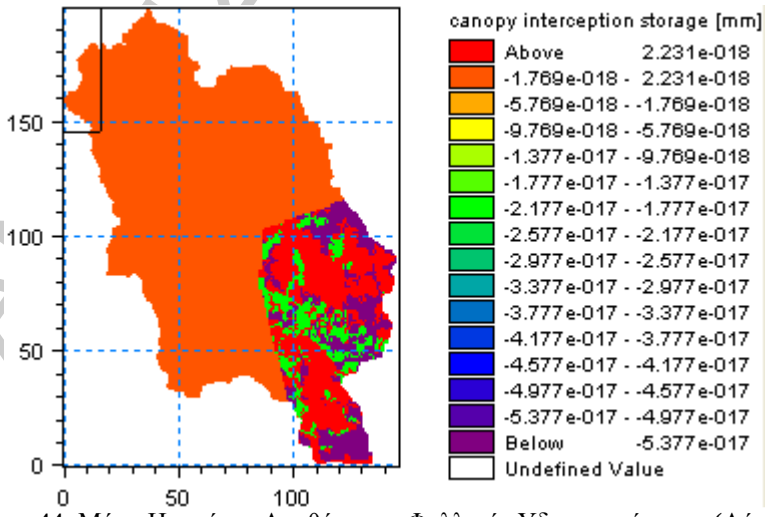
Χάρτης 41: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Μάιος,1990)



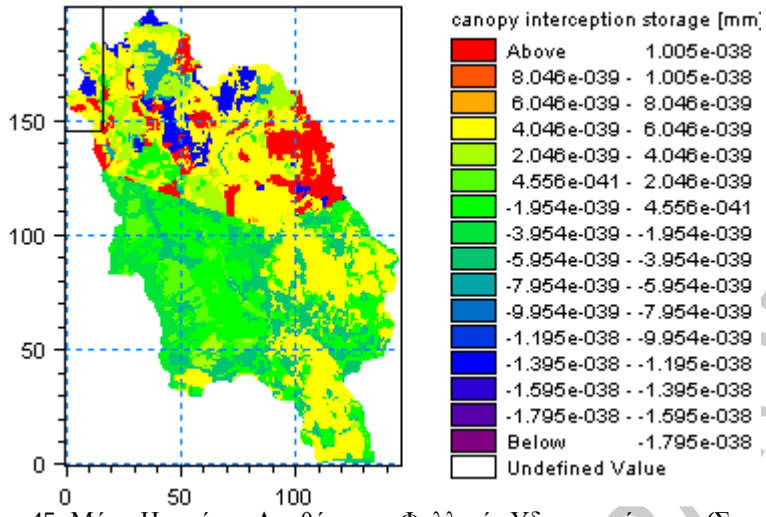
Χάρτης 42: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Ιούνιος,1990)



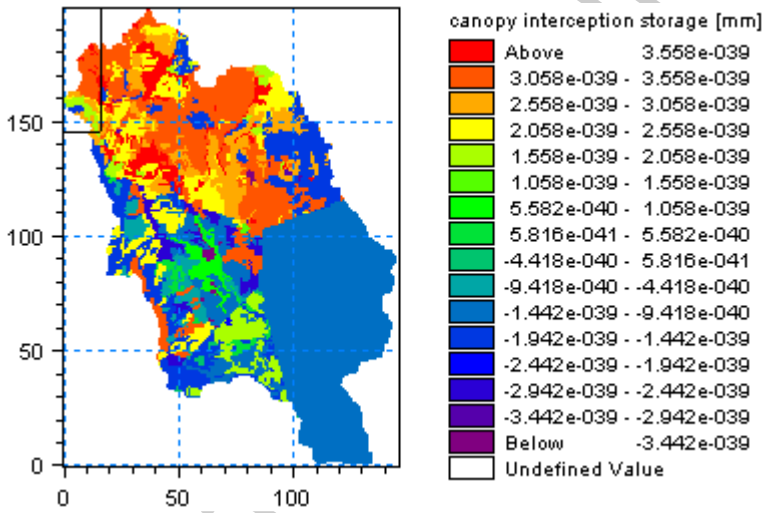
Χάρτης 43: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Ιούλιος,1990)



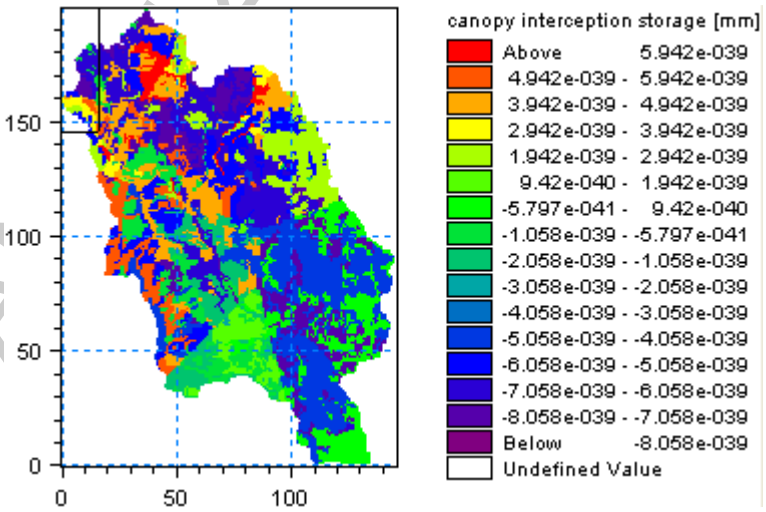
Χάρτης 44: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Αύγουστος,1990)



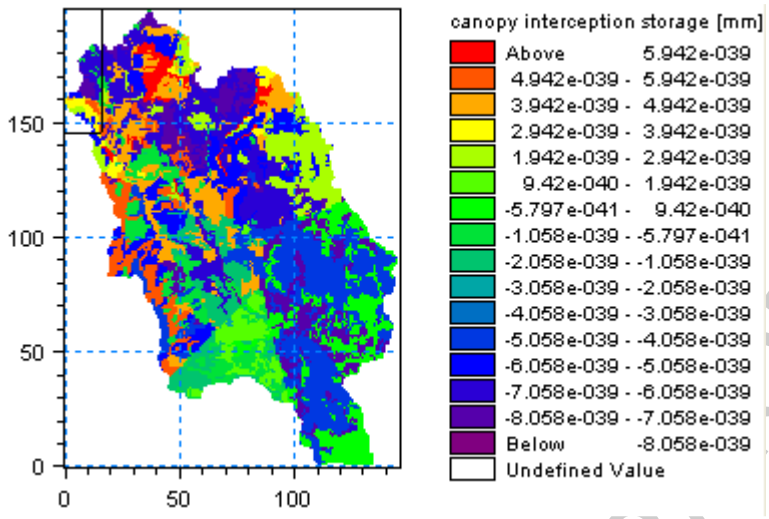
Χάρτης 45: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Σεπτέμβριος,1990)



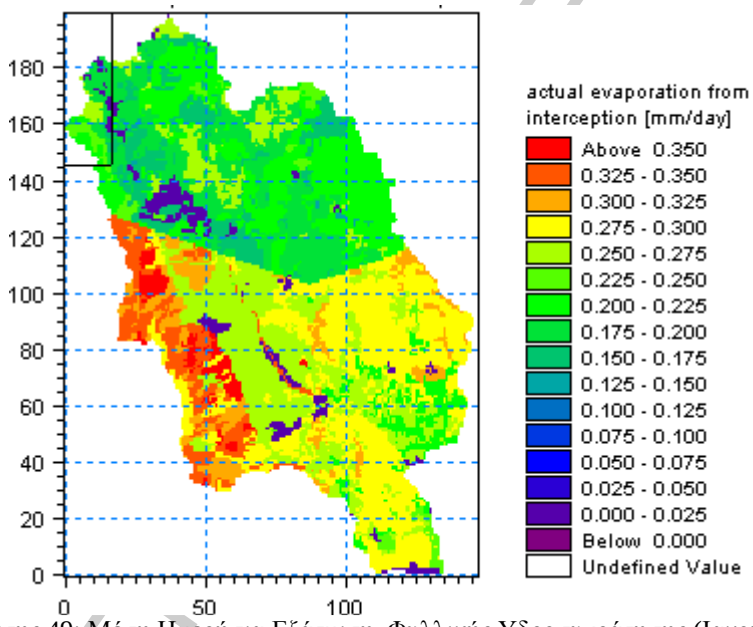
Χάρτης 46: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Οκτώβριος,1990)



Χάρτης 47: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Νοέμβριος,1990)

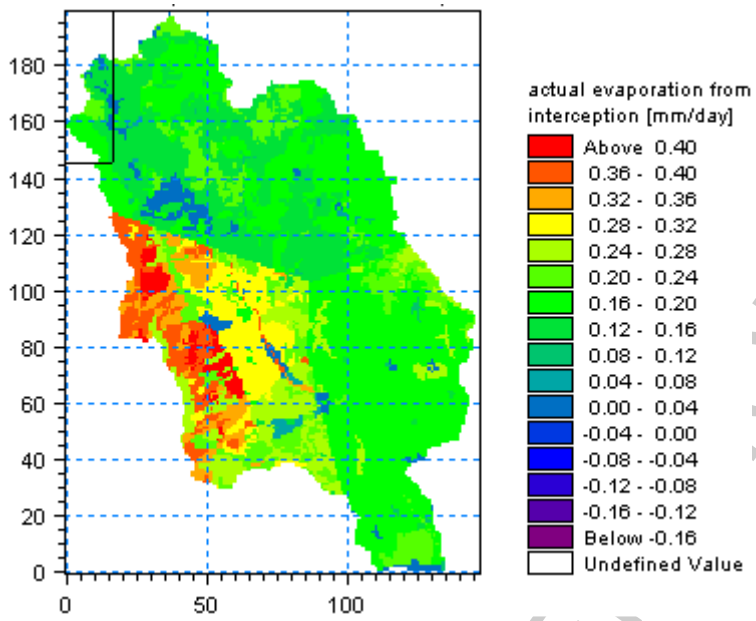


Χάρτης 48: Μέση Ημερήσια Αποθήκευση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Δεκέμβριος,1990)

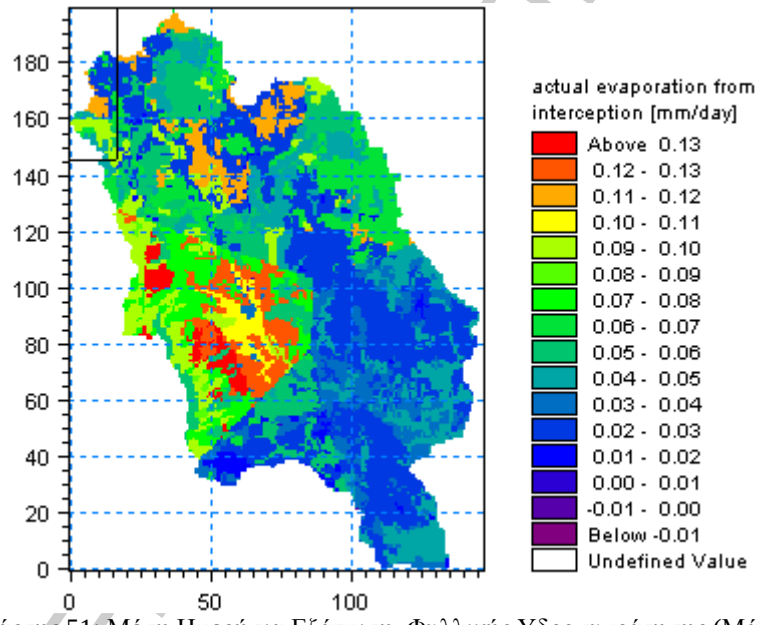


Χάρτης 49: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Ιανουάριος,1990)

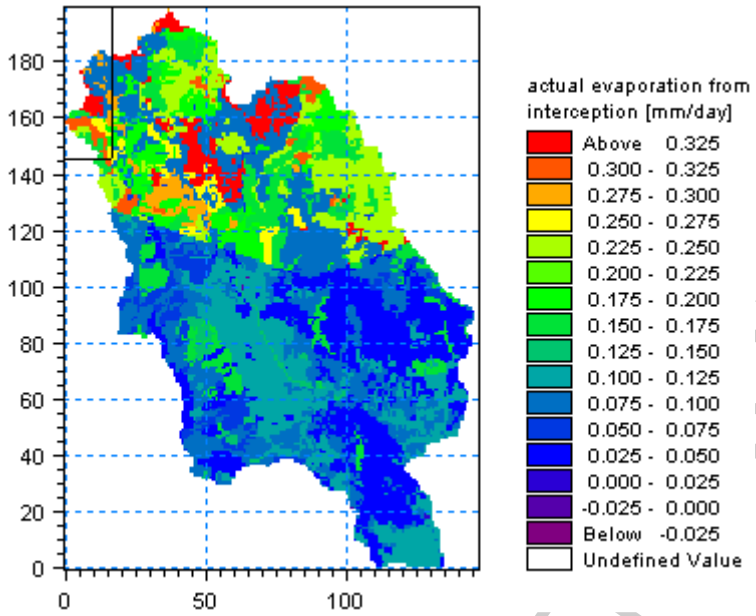
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ



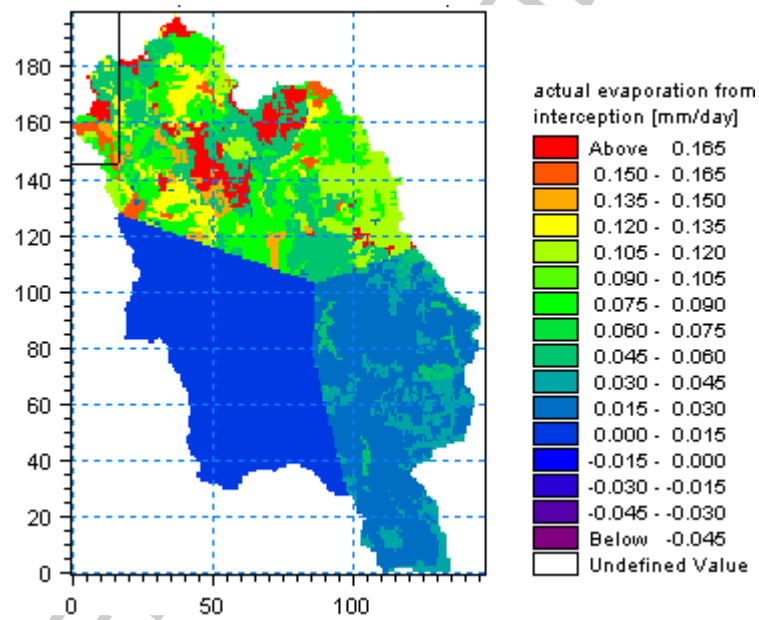
Χάρτης 50: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Φεβρουάριος,1990)



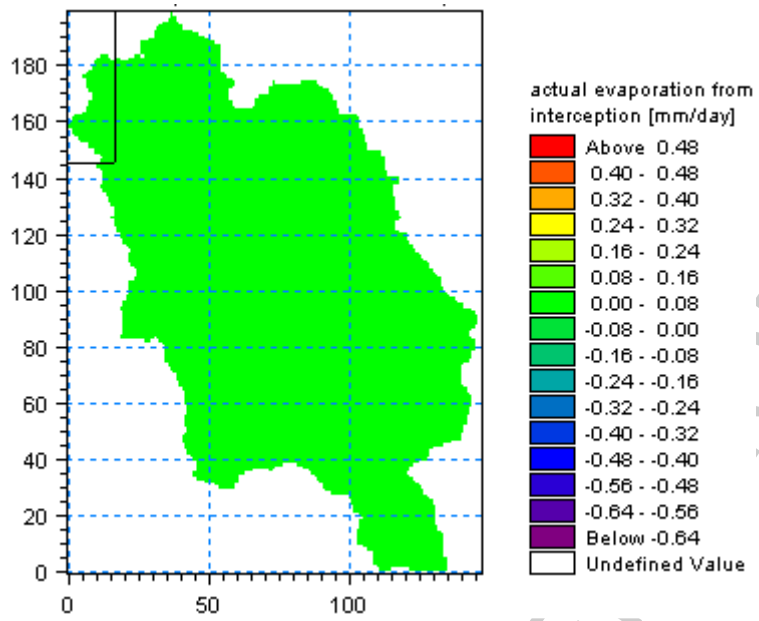
Χάρτης 51: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Μάρτιος,1990)



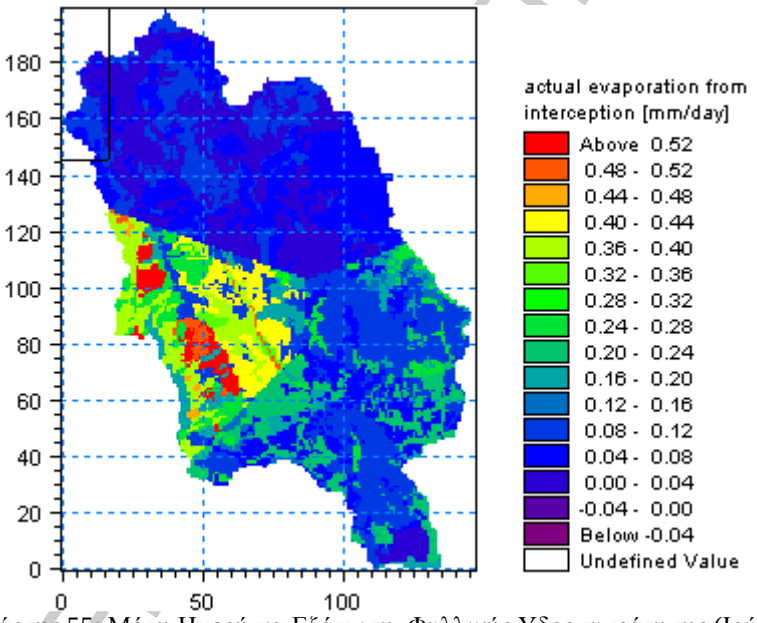
Χάρτης 52: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Απρίλιος,1990)



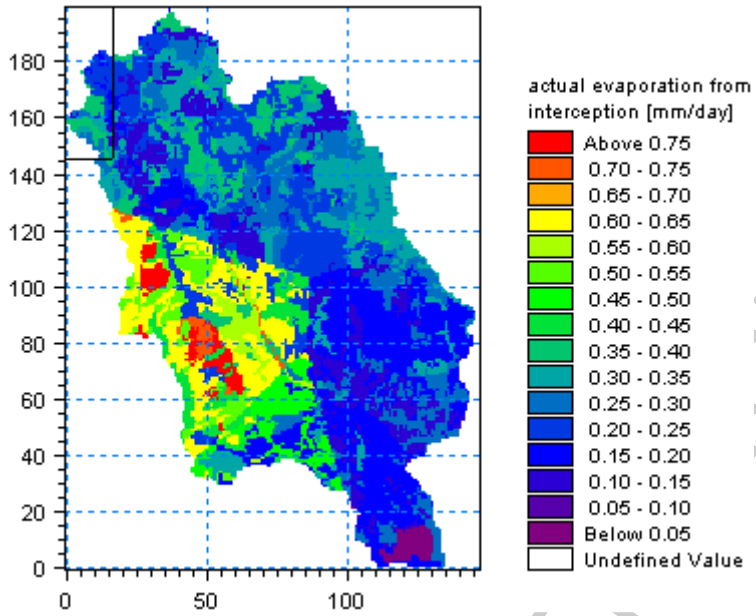
Χάρτης 53: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Μάιος,1990)



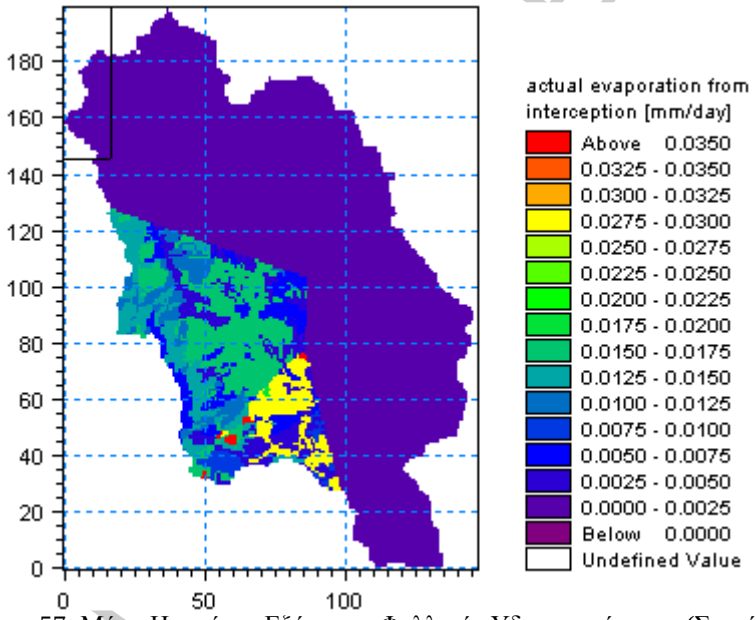
Χάρτης 54: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Ιούνιος,1990)



Χάρτης 55: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Ιούλιος,1990)

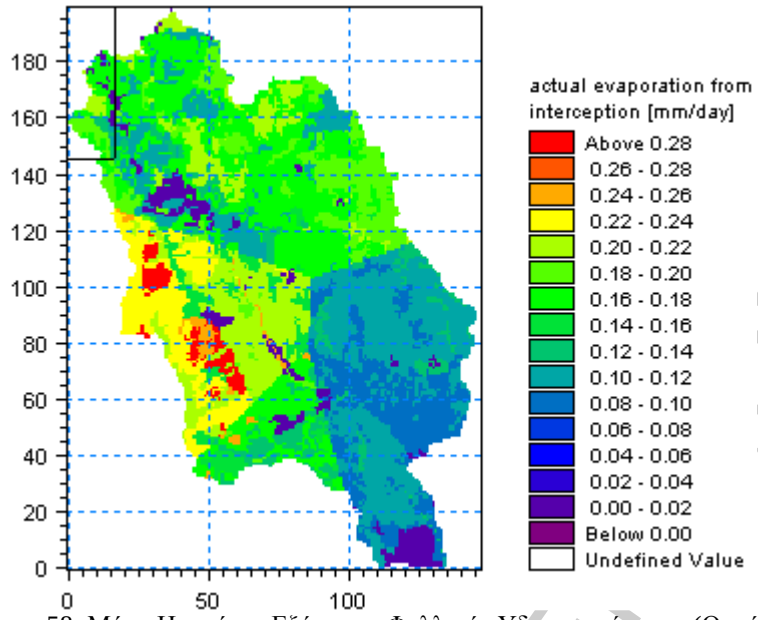


Χάρτης 56: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Αύγουστος,1990)

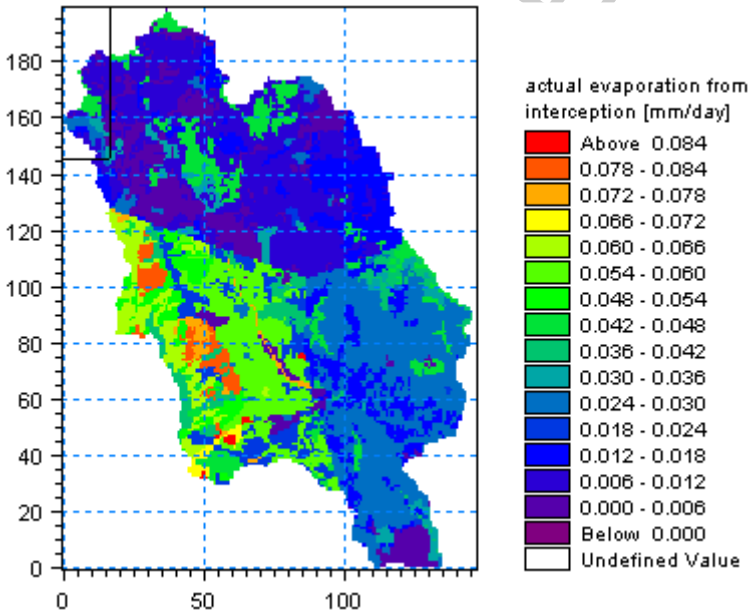


Χάρτης 57: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Σεπτέμβριος,1990)

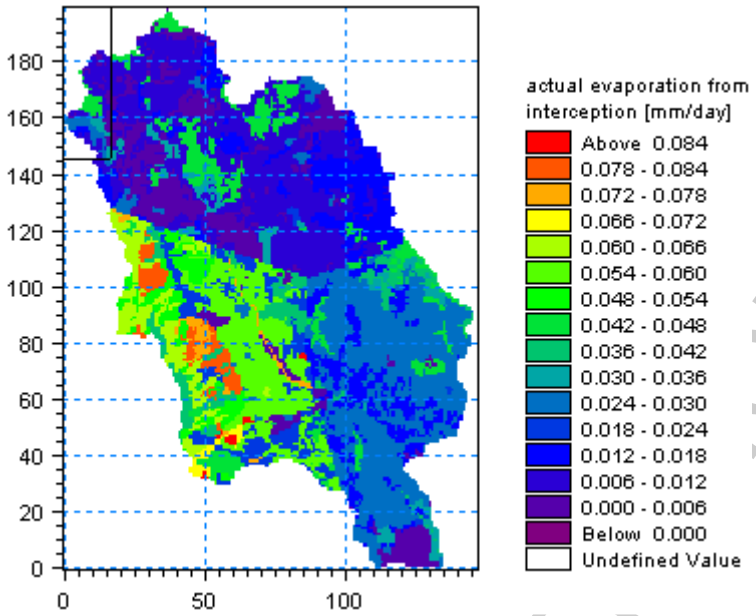
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ



Χάρτης 58: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Οκτώβριος,1990)

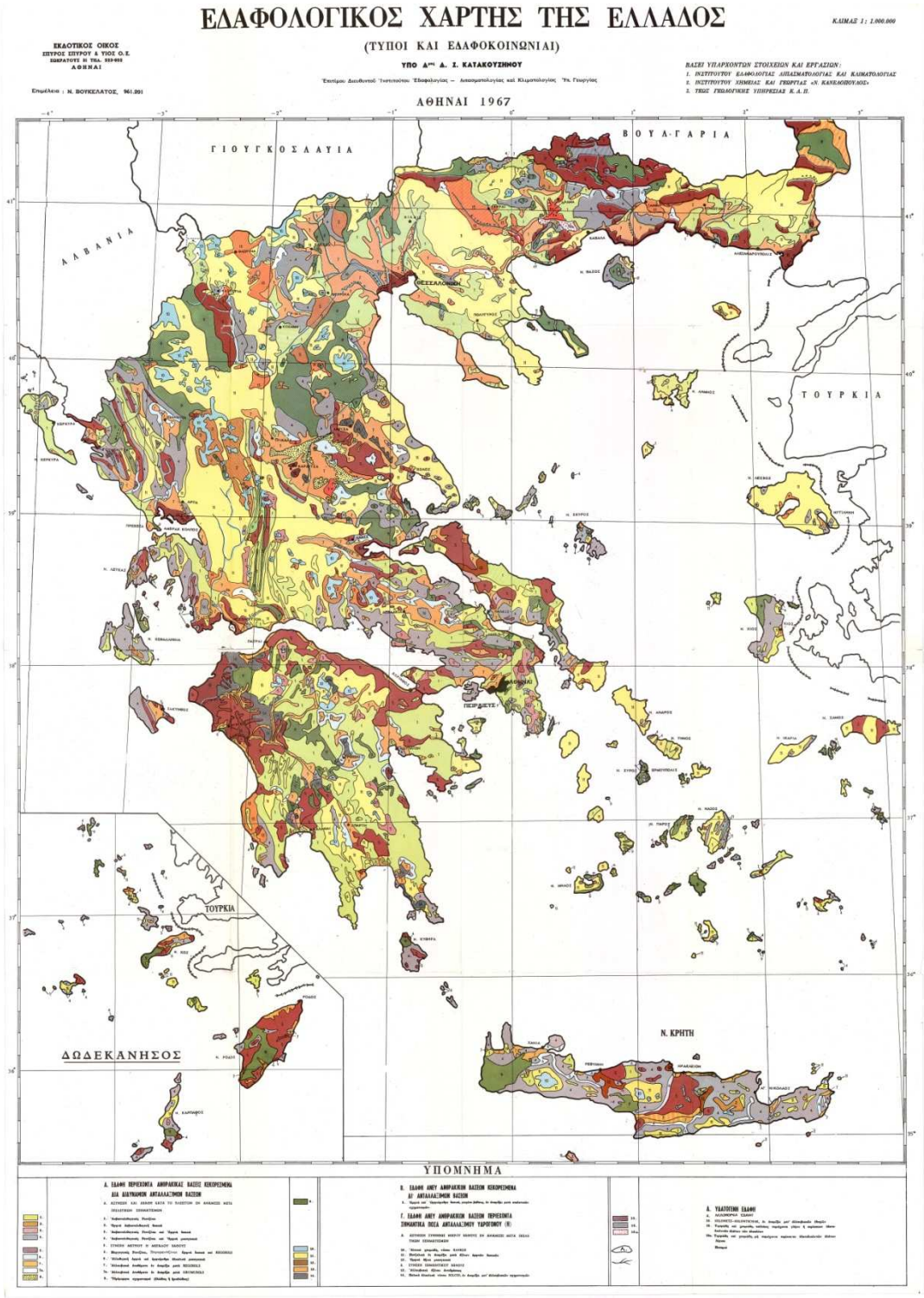


Χάρτης 59: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Νοέμβριος,1990)

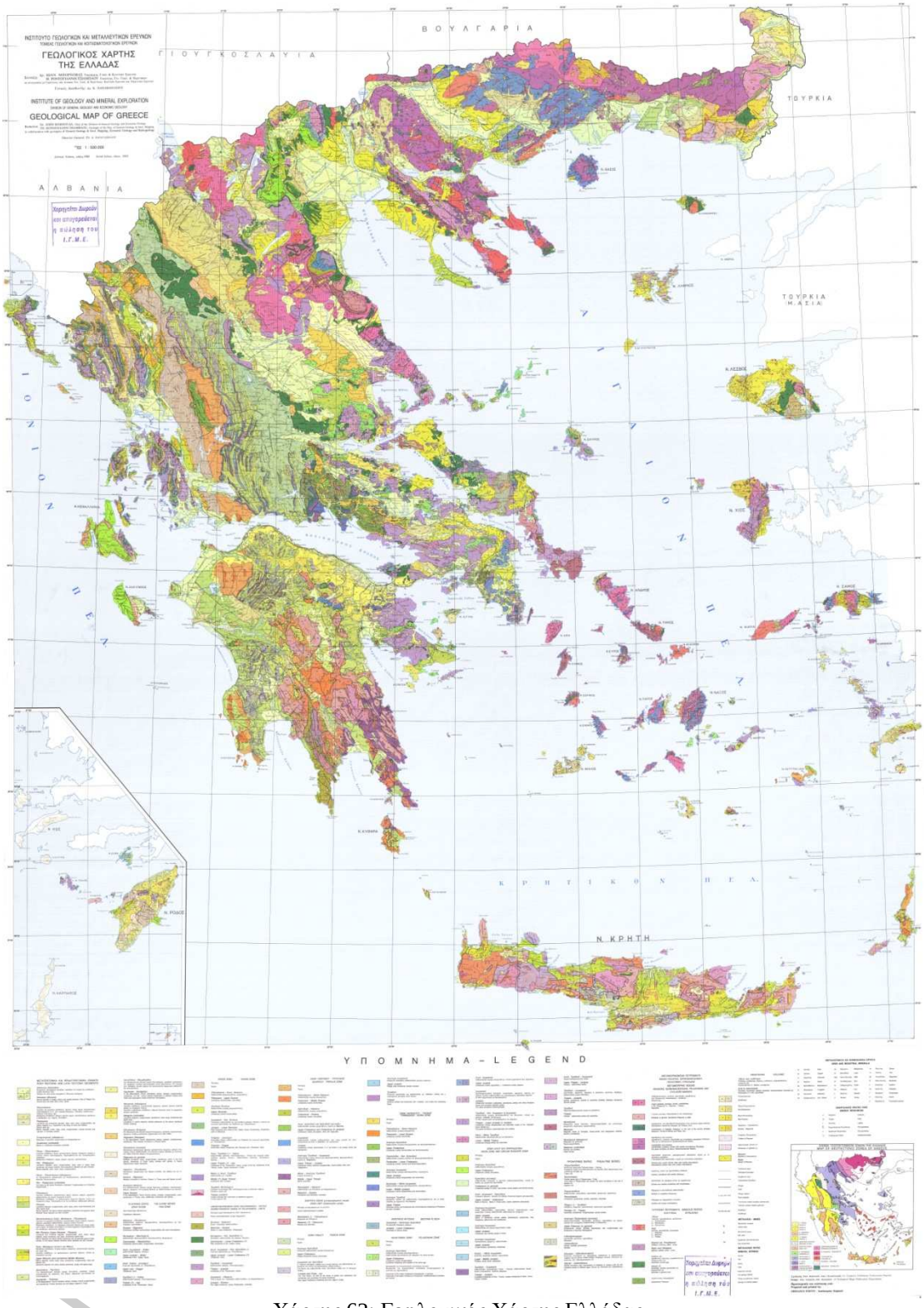


Χάρτης 60: Μέση Ημερήσια Εξάτμιση Φυλλικής Υδροσυγράτησης (Δεκέμβριος,1990)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ



Χάρτης 61: Εδαφολογικός Χάρτης Ελλάδας.



Χάρτης 62: Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. Abbott, D., Morton, J. and Holmes, M. (1986). ‘’Heat flow measurements on a hydrothermally-active, slow-spreading ridge: the Escanaba Trough’’. Geophysical Research Letters 13(7).

2. Brooks, R. A., (1991). "Intelligence Without Representation", Artificial Intelligence Journal (47), pp. 139–159.

3. Burnash, R.J.C., Ferrak, R.L., and McGuire, R.A., (1973). “A General Streamflow Simulation System – Conceptual Modelling for Digital Computers”. Report by the Joint Federal State River Forecasts Center, Sacramento, Calif.

4. Chen, C.W., Dean, J.D., Gherini, S.A. and Goldstein, R.A., (1982a). “Acid Rain Model-Hydrologic Module”. J. of Environmental Engineering, American Society of Civ. Eng., Vol. 108, 455-472.

5. Chen, C.W., Hudson, R.J.M., Gherini, S.A., Dean, J.D. and Goldstein, R.A., (1982b). “Acid Rain Model-Canopy Module”. J. of Environmental Engineering, American Society of Civ. Eng., Vol. 109, 585-603.

6. Crawford, N.H. and Linsley, R.K., (1966). “Digital Simulation in Hydrology, Stanford Watershed Model IV”. Tech. Rep. No. 39, Civ. Eng. Dept. Stanford University.

7. CSD (1997a). ‘’Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World’’. Report of the Secretary-General. United Nations Economic and Social Council.

8. CSD (1997b). Overall Progress Achieved Since the United Nations Conference on Environment and Development. Report of the Secretary-General. Addendum -

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources. United Nations Economic and Social Council.

9. DHI, (2004). ''MIKE SHE: An Integrated Hydrological Modeling System''. Danish Hydraulic Institute, Hørsholm, Denmark.

10. DHI, (2009). ''The MIKE SHE User and Technical Reference Manual''. Danish Hydraulic Institute, Copenhagen.

11. Dingman, S.L., (2002) ''Physical Hydrology'' , 2nd ed., Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall.

12. Georgakakos, K.P., (1986). "A Generalised Stochastic Hydrometeorological Model for Flood and Flash-flood Forecasting". 2, Case Studies, Water Resources Research, 22(13), pp. 2096-2106.

13. Gray, N.F., (1994), "Drinking Water Quality - Problems & Solutions. John Wiley & Sons, New York.

14. Hellenic Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works, (2002), ''National Strategy for Sustainable Development Greece – Executive Summary'', Athens.

15. JACOBSHAGEN, V., DURR, S., KOCKEL, F., KOPP, K.O. & KOWALCZYK,G., with contributions of BERCKHEMER, H. & BUTTNER, D. (1978): **"**Structure and Geodynamic Evolution of the Aegean region''. In: Alps, Appenines, Hellenides (edited by CLOOS, H., ROEDER, D. & SCHMIDT, K.). Schweizerbart, Stuttgart, 537-564.

16. Quevauviller, P., (2002), "Quality Assurance for Water Analysis", John Wiley and Sons, West Sussex, ISBN 0-471-89962-3

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

17. Heinemann, W., (1918), ‘’Pausanias, Description of Greece, with an English Translation by W. H. S. Jones, Litt.D. 4 vols. Cambridge, Mass.: Harvard University Press; London.

18. Revenga, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K., Payne, R., (2000), “Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems”, Washington, D.C.: World Resources Institute

19. Rocwood, D.M. and Nelson, M.L., (1966). “Computer Application to Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation”. IV Int. Conf. Irrig. Drain

20. Smith, C.J., (1990), “Hydrogeology with respect to underground contamination”, Environmental Fate of Pesticides, 7, pp 47-99

21. Spulber, N. and Sabbaghi, A., (1994), *Economics of Water Resources: From Regulation to Privatization*, USA, Kluwer Academic Publishers.

22. Turcotte R., Fortin J.-P., Rousseau A. N., Massicotte S., Villeneuve J.-P., (2000). ‘’Determination of the drainage structure of a watershed using a DEM and a digital river and lake network’’, Journal of Hydrology,pp 225-242.

23. UNESCO, (2004), “Water & Ethics – Water in Agriculture”, UNESCO International Hydrological Programme, World Commission of Ethics of Scientific Knowledge & Technology, ISBN 92-9220-020-8.

24. U.S.EPA, (2006), “Growing Toward More Efficient Water Use: Linking Development, Infrastructure & Drinking Water Policies”, EPA 230-R-06-001, Washington DC, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

25. U.S.G.S., (2009), “The Water Cycle: Summary”, Water Science Basics, U.S. Geological Survey.

26. WMS, (1999). ‘’Watershed Modeling System v6.0, Reference Manual’’, Brigham Young University – Environmental Modeling Research Laboratory. Utah, U.S.A.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

27. WMS, (1999). ‘’Watershed Modeling System v6.0, Tutorials’’, Brigham Young University -Environmental Modeling Research Laboratory. Utah, U.S.A.

28. W.R.I., (2000), “World Resources 2000-2001, People & Ecosystems: The Fraying Web of Life”, World Resources Institute, Washington D.C.

29. Worldwatch Institute, (2003), “State of the World, 2003”, W.W. Norton & Company, New York, ISBN 978-0393323863.

30. World Water Council (2000). World Water Vision Commission Report: A Water Secure World. Vision for Water, Life and the Environment. World Water Council.

31. Young, G.J, Dooge, J.C.I., Rodda, J.C., (1994), “Global Water Resources Issues”, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 0-521-46153-7.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

32. Ανδριανάκη , Μ., (2007). ‘’Ελεγχόμενη Φυσική Αποκατάσταση Ρύπων στη Λεκάνη Απορροής του ποταμού Ευρώτα’’. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά.

33. Αναγνωστόπουλος, Α., (1993), “Η Ρύπανση του Περιβάλλοντος”, Γ΄ Έκδοση, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

34. Ανδρίτσος, Ν., (2008), “Ποιότητα και Επεξεργασία Βιομηχανικού Νερού”, Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρύπανσης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Λάρισα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

35. Αντωνάκος Αν., (1997): ‘’Ρύπανση και μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου της ευρύτερης περιοχής Σπάρτης από ανθρωπογενείς δραστηριότητες’’. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Γεωλογίας, ΜΔΕ ‘Γεωεπιστήμες & Περιβάλλον’, Πάτρα 1997.

36. Αντωνιάδης, Β., (2007), “Εισαγωγή στη Ρύπανση Υδατικών Οικοσυστημάτων», Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.

37. Βαλκανάς, Γ., (1992), “Ρύπανση Περιβάλλοντος – Επιστήμη & Τεχνική Αντιμετώπισης”, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

38. Δημητράκου Π., (1958) *‘’Μεγάλη Γεωγραφία Άτλας της Ελλάδος’’.* Αθήνα.

39. Δημόπουλος, Π., (2005). ‘’Εκτίμηση κινδύνου από τη διαχείριση των φυσικών πόρων στην λεκάνη απορροής του Ευρώτα’’, ΕΛ.ΚΕ.ΘΕ

40. Ελληνικό Κέντρο Βιότοπων - Υγρότοπων (ΕΚΒΥ) (2008), ‘’Ελληνικοί Υγρότοποι’’. Αθήνα

41. Ελληνικό Κέντρο Βιότοπων - Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) (2011).,’’Οικολογική αποτύπωση του όρους Ταΰγετου για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας ’’, Αθήνα.

42. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2002), “Το Νερό είναι Ζωή, Οδηγία Πλαίσιο περί Υδάτων”, Υπηρεσία Επίσημων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Λουξεμβούργο.

43. Ευστρατιάδης, Α., Καραβοκυρός, Γ., Κουτσογιάννης, Δ. (2007). ‘’Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»’’, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα ΟΔΥΣΣΕΥΣ, Τεύχος 9, ΕΜΠ, Αθήνα.

44. Ευστρατιάδης, Α., Ε. Ρόζος, και Κουκουβίνος, Α. (2009). ‘’Υδρόγειος: Μοντέλο υδρολογικής και υδρογεωλογικής προσομοίωσης - Θεωρητική τεκμηρίωση, Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και εφαρμογών λογισμικού σε διαδικτυακό περιβάλλον για την «Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας»’’. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Ε.Μ.Π., Αθήνα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

45. Ε.Σ.Υ.Ε., (2001), "Πίνακας Συνολικού Πληθυσμού, Αριθμού Οικισμών & Έκτασής των Νομαρχίας Λακωνίας", Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, Απογραφή 2001.

46. Ζαφειρίου, Ε., (2006),''Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων: Η περίπτωση της Ελλάδας''. 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αγροτικής Οικονομίας, Αθήνα.

47. Καζαλής, Γ., Τουμπεκής, Χ., Χαλκιά, Α., (2006), "Ρύπανση από Επιλεγμένες Βιομηχανικές-Βιοτεχνικές Μονάδες στο Νόμο Ηρακλείου. Ευαισθητοποίηση Κοινωνικών Ομάδων & Φορέων σε Θέματα Υγείας", Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Επαγγελμάτων Υγείας & Πρόνοιας, Τμήμα Κοινωνικής Εργασίας.

48. Καραβίτης, Χ., (2005). Διαχείριση Περιβάλλοντος, Γ.Π.Α., Αθήνα.

49. Καραλέμας, Ν., (2006): Μηχανισμοί λειτουργίας των πηγών του ανατολικού Ταΰγετου, Διατριβή Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης, Εθνικό Καποδιστριακό Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αθήνα.

50. Καραμπουρνιώτης Κ.,(2008):''Αντιδράσεις αζώτου και φωσφόρου σε ιζήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα: Χωρική κατανομή'', Διατριβή Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

51. Κοζάνης, Σ., Χριστοφίδης, Α. και Ευστρατιάδης, Α. (2010). ''Θεωρητική τεκμηρίωση για το λογισμικό Υδρογνώμων (έκδοση 4), Ανάπτυξη βάσης Μελέτη του χειμαρρικού περιβάλλοντος του ποταμού Σπερχειού με το ολοκληρωμένο, υδρολογικό, φυσικής βάσης μοντέλο MIKE-SHE και χρήση GIS Αειφορική Διαχείριση Ορεινών Υδρολεκανών με ευφυή συστήματα και Γ.Σ.Π. 148 δεδομένων και εφαρμογών λογισμικού σε διαδικτυακό περιβάλλον για την «Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας»''. Ανάδοχος: Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Ε.Μ.Π, Αθήνα.

52. Κολοκυθά, Ε., (2000). ''Η σταγόνα και το γκαζόν: Αυτοί που καταναλώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες νερού πληρώνουν ελάχιστα έως καθόλου''. ΤΟ ΒΗΜΑ, 12 Ιανουαρίου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

53. Κουσούρης, Θ., (2007). ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ (Προέλευση, Ταξινόμηση, Κατανομή, Αποθέματα, Υγρότοποι, Αξιοποίηση, Διαχείριση).

54. Μάρης, Φ., (2011). ''Παρουσίαση προϊόντων της ΥΔΡΟΓΑΙΑΣ – ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ''. Παρουσιάσεις Εργαστηρίου Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων και Διαχείρισης Κινδύνου, Δ.Π.Θ. Ορεστιάδα.

55. Μιγκίρος, Γ., (2008), "Διαχείριση Νερού ως Φυσικός Πόρος", Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών & Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Αθήνα.

56. Μοντεσάντου, Β., (1999). ''Σημειώσεις Λιμνολογίας: Ποτάμια Υδροσυστήματα''. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Οικολογίας και Ταξινομικής

57. Μυλόπουλος, Ι., (2000). ''Διαχείριση της Ζήτησης και Κοστολόγηση Νερού'', Ελληνική Επιτροπή Υδάτων.

58. Νικολαΐδης, Ν., Σκουλικίδης, Ν., Τσακίρης, Κ., & Καλογεράκης, Ν., (2006): ''Προκαταρτικό Σχέδιο Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής του Ποταμού Ευρώτα και της Παράκτιας Ζώνης'', Τεχνική έκθεση 242σ. + Παράρτημα 79σ. Στην Έκδοση: Νικολαΐδης Ν., Ν. Καλογεράκης, Ν. Σκουλικίδης, Κ. Τσακίρης, 2005-2009. Τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον για αγροτική ανάπτυξη. Πρόγραμμα Life-περιβάλλον, LIFE05ENV/Gr/000245 ΕΕ (EnviFriendly).

59. Ξανθόπουλος Θ., Κουτσογιάννης Δ., (1997) "Υδατικοί πόροι, Τεχνολογία και Πληροφορική", Εκπαιδευτική Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια, 19, 403-404, Εκδοτική Αθηνών, Αθήνα.

60. ΟΟΣΑ (2000),.''Εκθέσεις περιβαλλοντικών επιδόσεων-Ελλάδα''.

61. Πάλλη, Α., (2008), "Υδάτινοι Πόροι: Μέριμνα Ανάπτυξης", Γενική Γραμματεία Εμπορικού & Βιομηχανικού Επιμελητηρίου Αθηνών, Αθήνα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

62. Παναγιωτίδης, Π. (2007). Διαχείριση Υδατικών Οικοσυστημάτων Παράκτια & Μεταβατικά Ύδατα Μέρος γ: Ακτή, Διάλεξη του Δ.Π.Μ.Σ. «Επιστήμη καιΤεχνολογία Υδατικών Πόρων», Ε.Μ.Π., Αθήνα.

63. Παπαρρίζος Σ., (2012). ‘’Το χειμαρρικό περιβάλλον του ποταμού Σπερχειού με το ολοκληρωμένο, υδρολογικό, φυσικής βάσης μοντέλο MIKE-SHE και χρήση GIS’’ Μεταπτυχιακή Διατριβή. Ορεστιάδα, Δ.Π.Θ..

64. Ρομπόκα, Μ., (2009). «Εκτίμηση απολήψιμου δυναμικού για την ύδρευση της Αθήνας με εφαρμογή του λογισμικού ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

65. Σιγαλός, Δ.,(1959) ‘’Η Σπάρτη και η Λακεδαίμων ιστορία των Λακώνων από των Μυθικών χρόνων μέχρι των καθημάς 1862’’ .Ιδιωτική Έκδοση

66. Σταματάκος, Β. (2010).’’Εφαρμογή του μοντέλου Mike She σε περιόδους κλιματικής αλλαγή’’, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γ.Π.Α, Αθήνα.

67. Στουρνάρας, Γ. (2007). Νερό. Περιβαλλοντική Διάσταση και Διαδρομή, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Αθήνα.

68. Σύλλας, Χ., (2008). ‘’Πρόχειρο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων’’, ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ. Διαθέσιμο στην URL: http://www.mofeu.eu/forum/showthread.php?t=1147 .

69. Τζαμτζής, Ι., (2008).’’Το νερό και το μέλλον, Hydromedia’’.

70. Τσακίρης, Γ., (1995).’’Υδατικοί Πόροι : Ι’’. Τεχνική Υδρολογία. Αθήνα.

71. Φυτιάνος, Κ., (2007). “Ρύπανση των Υπογείων Νερών”, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημείας, Θεσσαλονίκη.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ