

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΠΜΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

*«Εφαρμογή του μοντέλου *Mike She* σε
περιόδους κλιματικής αλλαγής»*

Δημήτριος Β. Σταματάκος

Επιβλέπων Χρίστος Καραβίτης Λέκτορας ΓΠΑ



Αθήνα 2010

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΠΜΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

*«Εφαρμογή του μοντέλου *Mike She* σε
περιόδους κλιματικής αλλαγής»*

Δημήτριος Β. Σταματάκος

Επιβλέπων Χρίστος Καραβίτης Λέκτορας ΓΠΑ



Αθήνα 2010

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

«Εφαρμογή του μοντέλου Mike She σε περιόδους κλιματικής αλλαγής»

Δημήτριος Β. Σταματάκος

Χρίστος Καραβίτης Λέκτορας ΓΠΑ Επιβλέπων

Ιωάννης Αργυροκαστρίτης Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Σταύρος Αλεξανδρης Λέκτορας ΓΠΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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

Το μοντέλο MIKE SHE χρησιμοποιήθηκε για να προσομοιώσει την απορροή στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Σάμου. Επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά και κλιματικά δεδομένα από δέκα μετεωρολογικούς σταθμούς που καλύπτουν όλη την επικράτεια του νησιού. Η χρήση των ημερήσιων δεδομένων εισόδου βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής σε συνδυασμό γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία, κυρίως από τη βιβλιογραφία, καθώς και οι παράμετροι αυτών, στοιχεία φυτοκάλυψης και φυλλικής επιφάνειας συγχρόνως με άλλα στοιχεία που αφορούν κυρίως τις καλλιέργειες αποτέλεσαν ένα σημαντικό υπόβαθρο για τη σωστή προσομοίωση όλων των φυσικών διαδικασιών. Συνολικά, το μοντέλο ήταν σε θέση να προσομοιώσει επιφανειακή απορροή αρκετά καλά σε ετήσια, εποχική, μηνιαία και ημερήσια χρονικά διαστήματα, που εκπροσωπούν όλα τα υδρολογικά στοιχεία επαρκώς.

Με τις διάφορες διαχειρίσεις σεναρίων προσομοίωσης, διαπιστώθηκε ότι το σενάριο της αποψίλωσης των δασών αυξάνει σημαντικά τη συνολική ροή. Από την άλλη πλευρά, οι υψηλές ακραίες τιμές απορροής μειώθηκαν και οι χαμηλές ροές αυξήθηκαν σημαντικά κατά την εφαρμογή του σεναρίου αποστράγγισης. Διαπιστώθηκε επίσης ότι η επιφανειακή ροή στο νησί της Σάμου αυξήθηκε κατά τα υγρά χρόνια και μειώθηκε τα κανονικά και ξηρά υδρολογικά έτη στο σενάριο της αλλαγής του κλίματος.

ABSTRACT

The MIKE SHE model is able to simulate the entire flow of watercourses including the direct flow and main flow. Many models either not simulate or using simplified methods for determining the basic flow. The model also examines the various land use and soil types to simulate and to evaluate different management scenarios. Besides that, MIKE SHE takes into account many other hydrological data. Since the study was directed towards the simulation of surface runoff and seepage to saturated and unsaturated zone, the MIKE SHE is an appropriate model to draw firm conclusions.

The MIKE SHE model was used to simulate the runoff in the entire area of the island of Samos. Meteorological and climate data were selected and used from ten meteorological stations covering the whole land of the island. The use of daily input rainfall and evapotranspiration data combined geological and soil data, mainly from the literature and the parameters of these elements, vegetation and leaf area along with other information relating in particular crops were an important foundation for the correct simulation of all natural processes. Overall, the model was able to simulate surface runoff quite well on annual, seasonal, monthly and daily intervals, representing all the hydrological data adequately.

The various simulation scenarios management found that the scenario of deforestation significantly increases the total flow. On the other hand, the high runoff peaks decreased and low flows have increased significantly in the implementation of drainage scenario. It was also observed that the surface flow on the island of Samos has increased during the wet years and decreased during the normal and dry hydrological years in the scenario of climate change.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υδατική προέλευση και κατανομή

Η προέλευση του νερού είναι στενά συνδεδεμένη με τις διαδικασίες και τους μηχανισμούς που διαμόρφωσαν τη γη και το στερεό φλοιό της. Ο Ο. Yu. Schmidt υποστήριξε ότι στα αρχικά στάδια σχηματισμού της, υδάτινα μόρια στερεοποιήθηκαν από ψύξη και ομαδοποιήθηκαν με τη μορφή νέφους αέριας σκόνης, που συμπυκνώθηκε. Η συσσωρευμένη θερμότητα, από τη μετέπειτα ραδιενεργή θέρμανση, προκάλεσε εξάτμιση της υδάτινης μορφής από τον πυρήνα της γης και οι υδρατμοί, ψυχόμενοι εκ νέου, συμπυκνώθηκαν σε σταγόνες και κατέπεσαν ως «θερμή μπόρα». Περισσότερο αληθοφανής ήταν η άποψη κατά την οποία οι υδρατμοί εμφανίστηκαν στο «πλάσμα» της σχηματιζόμενης γης ταυτόχρονα με τα διάφορα ορυκτά και, στην περίοδο της ψύξης μετέπεσαν στην υγρή μορφή σχηματίζοντας την υδρόσφαιρα. Την ταυτόχρονη διαμόρφωση στερεού φλοιού και νερού υποστήριξε ο σοβιετικός ακαδημαϊκός D. I. Scherbakov, ο οποίος πρόσθεσε ότι η συνολική μάζα του νερού στη γη δεν υφίσταται καμία μεταβολή.

Ο Αργεντινός γεωλόγος Geinsgeimer ανέφερε ότι η γη χάνει προοδευτικά νερό με τη διαδικασία της αποσύνθεσης των υδρατμών, στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, σε υδρογόνο και οξυγόνο, άποψη την οποία υποστήριξαν και σοβιετικοί επιστήμονες στη δεκαετία του '70, ενώ τόνισαν ότι η μείωση αυτή θεωρείται αμελητέα, αφού σύμφωνα με τους υπολογισμούς τους, η απώλεια νερού σε ολόκληρη τη γεωλογική ιστορία της γης, προκάλεσε υποβιβασμό στην επιφάνεια των ωκεανών μόλις της τάξης των 2-3 m. Τέλος, πειστική ήταν και η θεωρία του V. I. Vernadsky κατά την οποία η ποσότητα του νερού της γης έχει παραμείνει αμετάβλητη για μεγάλη περίοδο και οι θάλασσες, που πλημμυρίζουν την ξηρά, κατά τη διάρκεια των επικλύσεων, δεν είναι παρά «παφλασμοί» του παγκόσμιου ωκεανού (Στουρνάρας, 2007).

Το νερό της γης επομένως, δε χάνεται, αλλά ανακυκλώνεται, μετατρέπεται δηλαδή με κάθε δυνατό τρόπο από τη στερεά μορφή των πάγων στην υγρή των ποταμών, των λιμνών και της θάλασσας και στην αέρια των υδρατμών. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως "Υδρολογικός Κύκλος" ή "Κύκλος του Νερού" (σχήμα 1.1).

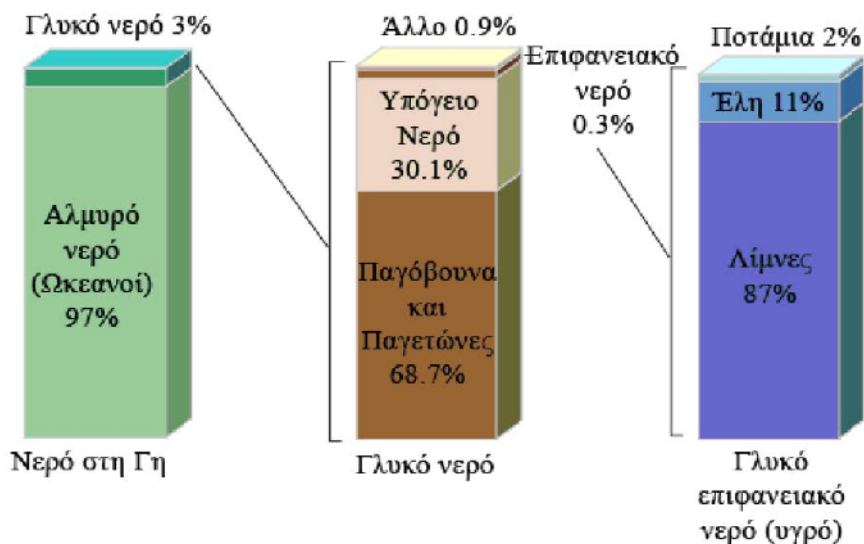


Σχήμα 1.1: Ο κύκλος του νερού Πηγή: Perlman et al., 2005

Η κυκλική διαδικασία του υδρολογικού κύκλου επιτυγχάνεται εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας. Λόγω της θέρμανσης και των ανέμων στην επιφάνεια της γης, τα νερά της εξατμίζονται και δημιουργούν τους υδρατμούς, των οποίων ένα μέρος 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, μεγαλώνουν, και τελικά πέφτουν ως βροχή ή άλλες μορφές υετού, εμπλουτίζοντας τις αποθήκες νερού της γης, επιφανειακές (θάλασσες, λίμνες) και υπόγειες .

Το νερό καλύπτει πάνω από το 70% της επιφάνειας της γης. Οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού βρίσκονται στη θάλασσα και καταλήγουν στην ξηρά, ως ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα με την εξάτμιση και τη μεταφορά των υδρατμών, ενώ τα επιφανειακά νερά των ποταμών και οι διαδρομές των υπογείων έχουν ως κατάληξη κάποιο φυσικό αποδέκτη, συνήθως τη θάλασσα. Το νερό των θαλασσών είναι αλμυρό, λόγω της μεγάλης του περιεκτικότητας σε αλάτι, ενώ το πόσιμο ή "γλυκό" νερό, προέρχεται από τους ποταμούς και τις λίμνες. Στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 1.2) περιγράφεται λεπτομερώς η κατανομή του νερού

της γης σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.



Σχήμα 1.2: Παγκόσμια κατανομή νερού

Παρατηρείται λοιπόν ότι από τα συνολικά 1.386 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα του νερού στη γη το 97% περίπου είναι αλμυρό. Το 68% του γλυκού νερού είναι δεσμευμένο σε πάγο και παγετώνες και ένα 30% του γλυκού νερού βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς. Το επιφανειακό γλυκό νερό που βρίσκεται σε ποτάμια και λίμνες ανέρχεται συνολικά σε 93.100 κυβικά χιλιόμετρα και αποτελεί το 1/150 του 1% του συνολικού νερού στη γη. Πάρα ταύτα, τα ποτάμια και οι λίμνες είναι οι βασικές πηγές νερού για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών.

Το γεγονός ότι οι λίμνες και τα ποτάμια (επιφανειακά νερά), είναι οι κύριες πηγές νερού, ή αλλιώς υδατικοί πόροι, φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με την εικόνα που δίνει ο παραπάνω πίνακας, σύμφωνα με την οποία τα υπόγεια νερά είναι κατά τάξεις μεγέθους περισσότερα από τα επιφανειακά. Η εξήγηση έγκειται στο ότι οι πόροι του νερού δεν είναι αποθεματικοί, αλλά ανανεώσιμοι. Επομένως αυτό που έχει σημασία δεν είναι η ποσότητα νερού που είναι αποθηκευμένη, αλλά αυτή που ανανεώνεται κάθε χρόνο. Έτσι, λοιπόν, τα επιφανειακά νερά διακινούνται και άρα ανανεώνονται με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς από τα υπόγεια. Με άλλα λόγια δεν έχει τόσο σημασία η στατική εικόνα της αποθήκευσης του νερού, αλλά η δυναμική

εικόνα της κυκλοφορίας του νερού στην υδρόγειο, η οποία περιγράφεται από τις ποσότητες των διακινήσεων του νερού ανάμεσα στις διάφορες μορφές, δηλαδή από τις ποσότητες που μεταφέρονται μέσα στον υδρολογικό κύκλο (Perlman et al.,2005).

Υδατικοί πόροι

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/EK, 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 .

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 km², ii) μεγάλα ρυάκια, με πλάτος από 1 έως 3 m και ζώνη επιρροής από 2 έως 50 km², iii) μικρά ποτάμια, με πλάτος από 3 έως 10 m και ζώνη επιρροής από 50 έως 300 km² και iv) μεγάλα ποτάμια, με πλάτος μεγαλύτερο των 10 m και ζώνη επιρροής από 50 έως 500 km² σε μεγάλο υψόμετρο και από 300 έως 500 km² 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 (EKBY, 2008).

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 πλώδη βλάστηση, από μη αποκλειστικώς ομβροδίατα 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 ιδιαίζουσες φυσικοχημικές συνθήκες, αποτίθενται και μετακινούνται φερτά υλικά και συναθροίζονται νεαρά ψάρια και καρκινοειδή (Παναγιωτίδης, 2007).

Η ανάπτυξη των υδατικών πόρων προϋποθέτει δύο βασικούς τύπους υδραυλικών έργων, τα έργα αποθήκευσης και τα έργα μεταφοράς. Τα κυριότερα έργα αποθήκευσης είναι οι ταμιευτήρες (τεχνητές λίμνες), οι οποίοι δημιουργούνται με την κατασκευή φραγμάτων σε

κατάλληλες θέσεις ποταμών. Τα έργα μεταφοράς περιλαμβάνουν υδραγωγεία και δίκτυα διανομής, τα οποία λειτουργούν είτε ως ανοικτοί αγωγοί (διώρυγες, υδατογέφυρες) είτε ως κλειστοί (σήραγγες, σίφωνες, σωλήνες υπό πίεση), ενώ μια τρίτη κατηγορία υδραυλικών έργων, τα αντιπλημμυρικά, κατασκευάζονται για την αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων που συνδέονται με την πλημμυρική (καταστροφική) δίαιτα του νερού (Ξανθόπουλος και Κουτσογιάννης, 1997).

Υδατικές διαστάσεις

Το νερό είναι ο απαραίτητος φυσικός πόρος και το μοναδικό οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό αγαθό για τη διατήρηση, ανάπτυξη και επιβίωση της ανθρωπότητας και του πλανήτη. Είναι όμως και το πλέον ευαίσθητο και το πρώτο θιγόμενο περιβαλλοντικό συστατικό όσον αφορά την ποσότητά του, λόγω της υπερκατανάλωσης και την ποιότητά του, λόγω της ρύπανσης (Κουσουρής, 2008).

Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2000/60 που καθορίζει το πλαίσιο της υδατικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης με κύριο άξονα την περιβαλλοντική διάσταση του νερού

«Το ύδωρ δεν είναι εμπορικό προϊόν, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται». Η Οδηγία στοχεύει στην αναχαίτιση οποιασδήποτε περαιτέρω υποβάθμισης και στην επίτευξη καλής κατάστασης για όλα τα υδάτινα σώματα των κρατών-μελών έως το

2015 και εισάγει νέα κριτήρια για μια ορθολογική οικονομική διαχείριση των υδατικών πόρων που καθορίζεται από την αρχή της ανάκτησης κόστους, συνεκτιμώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις χρήσεις του νερού βάσει της αρχής ο «ρυπαίνων πληρώνει», και την αξία του σε συνθήκες έλλειψης. Το νερό λοιπόν, ως πολύτιμο περιβαλλοντικό αγαθό, πρέπει να προστατεύεται με κάθε τρόπο, προκειμένου να συνεχίσει να υπάρχει ζωή στη φύση και να συντηρείται η οικολογική ισορροπία, ενώ οφείλει να έχει λελογισμένη χρήση.

Το νερό αποτελεί κοινωνικό αγαθό με την έννοια της παραδοχής του αναφαίρετου κοινωνικού δικαιώματος στη χρήση του. Η παραδοχή αυτή απένειμε μια μορφή κοινωνικής δικαιοσύνης, καθώς συνετέλεσε στο να αποκτήσουν πρόσβαση σε νερό ικανής ποσότητας και

ικανοποιητικής ποιότητας, ισότιμα, όλοι οι κάτοικοι της γης, χωρίς κοινωνικούς, οικονομικούς ή άλλους αποκλεισμούς. Ωστόσο, η κοινωνική θεώρηση του νερού έρχεται σε αντίφαση με την προσπάθεια κοστολόγησής του, καθώς ένα κοινωνικό αγαθό είναι δύσκολο να έχει τιμή που να ικανοποιεί ισότιμα όλους τους χρήστες (Κολοκυθά, 2000).

Στο παρελθόν η οικονομική διάσταση του νερού είχε παραβλεφθεί. Το γεγονός ότι λογιζόταν ως φυσικό αγαθό σε επάρκεια σε συνδυασμό με τη σχεδόν δωρεάν προσφορά του, οδήγησε τους χρήστες στην υποτίμηση της περιβαλλοντικής του αξίας, στη σπατάλη του και στην ποιοτική και ποσοτική του υποβάθμιση. Σήμερα, δεδομένου ότι το νερό βρίσκεται σε ανεπάρκεια σε πολλές περιοχές, η αναγνώριση της πλήρους αξίας του είναι επιβεβλημένη και αποτελεί εγγύηση για τη βιώσιμη διαχείριση, διατήρηση και προστασία του.

Η πλήρης αξία του νερού υπολογίζεται με τον υπολογισμό και την ένταξη στην οικονομική αξιολόγηση του άμεσου κόστους, του κόστους ευκαιρίας και του περιβαλλοντικού κόστους. Το άμεσο κόστος, έχει τη μορφή του κόστους κεφαλαίου, του κόστους εργασίας και του κόστους των διοικητικών και άλλων ρυθμίσεων που είναι απαραίτητες για τη συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και διανομή του νερού και αποτελεί μέχρι σήμερα τη συνήθη πρακτική, μιας και η τελική τιμή του νερού υπολογίζεται αποκλειστικά βάσει των δαπανών αξιοποίησής του, αγνοώντας οτιδήποτε σχετίζεται με την αξία αυτού καθαυτού του φυσικού πόρου. Το κόστος ευκαιρίας, αντιστοιχεί στην πλέον πολύτιμη εναλλακτική χρήση του νερού αποκαθιστώντας, όταν λαμβάνεται υπόψη, την ισχύ του οικονομικού νόμου της ζήτησης και της προσφοράς και, τέλος, το περιβαλλοντικό κόστος, με τη μορφή των διαφυγόντων κερδών, εξαιτίας της εξάντλησης ή της υποβάθμισης του νερού, αποδίδει στο φυσικό πόρο την περιβαλλοντική του αξία, συμπληρώνοντας την κοστολόγησή του σύμφωνα με την πλήρη αξία του.

Αυτό που θα κρίνει πάντως την επιτυχία της πολιτικής κοστολόγησης του νερού, σύμφωνα με την πλήρη αξία του, είναι το κατά πόσο θα επιτευχθεί να γίνει κοινή συνείδηση στους πολίτες, ότι δεν αποτελεί ένα ακόμη εισπρακτικό μέσο του κράτους και ότι δε στοχεύει πουθενά αλλού, παρά μόνο στην προστασία του πολύτιμου φυσικού αγαθού από τη σπάταλη χρήση και την ποιοτική υποβάθμιση. Η προβολή του κοινωνικού χαρακτήρα του τελικού στόχου, που είναι η βελτίωση της ποιότητας και των συνθηκών της ζωής, καθώς και του

γεγονότος της αποκατάστασης της σημερινής κοινωνικής αδικίας (άλλοι σπαταλούν και ρυπαίνουν το νερό και άλλοι αναγκάζονται να πληρώνουν για να το μεταφέρουν από μακριά ή να το καθαρίζουν), είναι στοιχεία που θα πρέπει να αξιοποιηθούν κατάλληλα για την υιοθέτηση μιας σύγχρονης πολιτικής νερού (Μυλόπουλος, 2008).

Το νερό, εκτός από τη σημασία του ως παράγοντας που καθορίζει την ποιότητα του περιβάλλοντος και την κοινωνική του σημασία, έχει έντονη αναπτυξιακή διάσταση. Καθορίζει τη δυνατότητα ή την αδυναμία επέκτασης των παραγωγικών δραστηριοτήτων, προσδιορίζοντας πολλές φορές και αυτήν την αποδοτικότητά τους. Το νερό, ως οικονομικό αγαθό, για να παραχθεί χρειάζεται την πραγματοποίηση επενδύσεων. Οι επενδύσεις που γίνονται για την παραγωγή και αξιοποίηση του νερού, ανάλογα με τη χρήση στην οποία θα διατεθεί, διακρίνονται σε επενδύσεις ύδρευσης (οικιακής χρήσης), άρδευσης (γεωργία) και σε επενδύσεις λοιπών οικονομικών δραστηριοτήτων (βιομηχανική χρήση και παραγωγή ενέργειας). Αποβλέπουν στην αξιοποίηση του νερού σε μία ή/και περισσότερες χρήσεις (ύδρευση και άρδευση, παραγωγή ενέργειας και άρδευση, παραγωγή ενέργειας, άρδευση και ύδρευση κ.λπ.) και έχουν άμεσα και έμμεσα κοινωνικοοικονομικά οφέλη που αφορούν στη μείωση του κόστους παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων (κυρίως των γεωργικών), στην ανάπτυξη παραγωγικών τομέων όπως ο τουρισμός, ενώ εμμέσως ενισχύεται η απασχόληση και τα εισοδήματα (Μουλαΐδου και Τσακαλίδου, 2004).

Επιφανειακοί υδατικοί πόροι

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 δεν γίνεται με βάση την οικονομικότερη λύση αλλά ανεξάρτητα του απόλυτου κόστους αυτής.

Γενικά το εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό δεν πρέπει να προσδιορίζεται ανεξάρτητα των αναγκών, οι οποίες είναι απαραίτητο να έχουν προσδιορισθεί προηγουμένως. Έτσι, η

εκτίμηση της τιμής μεγέθους του κόστους των έργων και η αναμενόμενη τιμή του νερού για μια 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 μικρού κόστους ή ακόμα και σε ταμιευτήρες (φράγματα) μεγάλους 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.

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 επιτρεπομένων ορίων δεν 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.

Για την πληρότητα της διδασκαλίας πρέπει να αναφερθούν και οι προσπάθειες που έχουν καταβληθεί και καταβάλλονται για την αύξηση του υδατικού δυναμικού είτε δια της παρεμβολής στον υδρολογικό κύκλο (π.χ. δημιουργία βροχοφόρων νεφών), είτε με αφαλάτωση, είτε με επαναχρησιμοποίηση νερών μετά από ειδική επεξεργασία.

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 παρατηρήσεις και τα δεδομένα αποκτούν τόσο μεγαλύτερη βαρύτητα κατά την στατιστική επεξεργασία όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος λήψεως αυτών. Επίσης, η καταγραφή εξαιρετικών υδρολογικών φαινομένων (πλημμύρες, ξηρασίες κ.λ.π.) αποτελεί πολύτιμο στοιχείο για την κατάστρωση σχεδίων αντιμετώπισής τους.

Υπόγειοι υδατικοί πόροι

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 υπογείων υδάτων ώστε να προκύψει το συνολικό διαθέσιμο υδατικό δυναμικό σαν άθροισμα των δυναμικών των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων.

Κατά την εκτίμηση των εκμεταλλεύσιμων όγκων των υπογείων υδάτων πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα κατωτέρω στοιχεία:

α. Ο όγκος του νερού που περιέχεται, υπό φυσικές συνθήκες, μέσα στους πόρους και στις ρωγμές των υδροφορέων και είναι δυνατόν να εκμεταλλευθεί.

β. Το ποσοστό εμπλουτισμού του υδροφορέα υπό φυσικές συνθήκες.

γ. Οι συμπληρωματικοί υδατικοί πόροι (κατείσδυση από την κοίτη των ποταμών ή από πλημμυρισμένες περιοχές, καθώς και τροφοδοσία των ποταμών από υπόγεια νερά).

δ. Η μείωση της εξάτμισης των υπογείων 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 αποθέματά 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. Θεσσαλική πεδιάδα) όσο μεγαλύτερη είναι η ανάπτυξη των υπογείων νερών τόσο μεγαλύτερος γίνεται ο βαθμός χρήσης, ο οποίος όμως σ' αυτή την περίπτωση ελέγχεται και υπόκειται σε οικονομικούς και νομικούς περιορισμούς αν χρειασθεί.

Η μεγιστοποίηση του βαθμού χρήσης μπορεί να γίνει όχι μόνο με την αύξηση της

αντλούμενης παροχής, αλλά και με την αναδιάταξη των γεωτρήσεων και του προγράμματος άντλησης. Η τοποθέτηση των υδρογεωτρήσεων κοντά στις πηγές εμπλουτισμού συνεπάγεται σχετική αύξηση των απολήψεων, χωρίς να μεγαλώνουν επιπλέον τα βάθη άντλησης.

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, παροχευετικότητα, ειδική απόδοση, αποθηκευτικότητα κ.λ.π.). Η παρουσία υπόγειου νερού σ' 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 κάθε ένας απ' αυτούς να μπορεί να δίνει στοιχεία για τη λειτουργικότητα του συνολικού συστήματος και έτσι να χρησιμεύει σαν 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 την 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 πλημμύρων κ.ά.) 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.

Έτσι μπορούν να δημιουργηθούν τεχνητοί ταμιευτήρες υπογείων νερών. Οι υπολογισμοί της χωρητικότητας και του τρόπου πλήρωσης αυτών γίνεται με υδροδυναμικές μεθόδους (μοντέλα ή αναλυτικές μέθοδοι).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων (ΔΥΠ), η οποία προβάλλει σήμερα περισσότερο από ποτέ ως κεφαλαιώδες ζήτημα πρωταρχικής σημασίας. Συγκεκριμένα δίνεται ο ορισμός, οι στόχοι, οι κανόνες και οι δραστηριότητες της ΔΥΠ και παρατίθενται τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διακρίνουν τους αναζητούμενους τρόπους υδατικής διαχείρισης αλλά και τα στοιχεία που συνθέτουν το βασικό υπόβαθρο μιας αποτελεσματικής διαχείρισης. Το κεφάλαιο αυτό παρέχει επίσης μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για την υδρολογικά μοντέλα και για τη διαχείριση σε επίπεδο ποτάμιας λεκάνης.

Γενικές αρχές διαχείρισης υδατικών πόρων

Η άνιση κατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων σε χωροχρονικό επίπεδο, οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες σε υδατικό δυναμικό 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 πρωτεύον και κυριαρχικό (Στουρνάρας, 2007). Η Διαχείριση Υδατικών Πόρων (ΔΥΠ), ως επιστημονική προσέγγιση, αλλά και ως επιχειρησιακή πρακτική, βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση και εμπλέκεται ενεργά με τη διαδικασία της ανάπτυξης, αλλά και με εκείνη της περιβαλλοντικής πολιτικής. Αυτό είναι φυσικό, καθώς το νερό είναι από τα πλέον πολύτιμα και ευαίσθητα περιβαλλοντικά αγαθά, ως ανανεώσιμος φυσικός πόρος, ενώ συγχρόνως συμμετέχει ενεργά στην αναπτυξιακή διαδικασία, αποτελώντας προϋπόθεση για κάθε μορφή οικονομικής ανάπτυξης (Μυλόπουλος, 2000).

Στη διεθνή βιβλιογραφία, απαντώνται περισσότεροι του ενός ορισμοί της ΔΥΠ. Σύμφωνα με το Ν. 1739/1987 του ΥΒΕΤ ως διαχείριση υδατικών πόρων, νοείται το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που πρέπει να αναπτύσσονται για την κάλυψη των αναγκών σε νερό. Ο Grigg (1996) ορίζει ως διαχείριση υδατικών πόρων την εφαρμογή μέτρων (κατασκευαστικών και μη)² για τον έλεγχο των συστημάτων υδατικών πόρων (φυσικών και τεχνητών) προς όφελος του ανθρώπου και του περιβάλλοντος. 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 απ' 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 επιτυχία της.(Καραβίτης, 2005).

Η ΔΥΠ έχει ως στόχους: α) την προμήθεια νερού επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας για την ικανοποίηση των διαφόρων αναγκών, β) την προστασία των υδατικών πόρων από τη ρύπανση, γ) τη διατήρηση των οικοσυστημάτων και του φυσικού περιβάλλοντος, δ) την προστασία από τα ακραία φαινόμενα (πλημμύρες/ξηρασίες), ε) τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των υδατικών πόρων, στ) τη μέριμνα για τη διατήρηση των αναγκαίων αποθεμάτων στο μέλλον και την αποφυγή μη αναστρέψιμων επεμβάσεων και ζ) τη διατήρηση υψηλού επιπέδου αξιοπιστίας (περιορισμός της αβεβαιότητας) (Κουτσογιάννης, 2007). Βασικοί κανόνες της ΔΥΠ είναι η ισομερής κατανομή μεταξύ των χρηστών με βάση αντικειμενικά κριτήρια, η οικονομική βελτιστοποίηση της χρήσης νερού σήμερα και στο μέλλον, η αποφυγή βλαβών και άλλων αρνητικών συνεπειών (καταστροφή πόρων και περιβάλλοντος) και η βιωσιμότητα της ανάπτυξης (Μαμάσης, 2007).

Δύο ειδών δραστηριότητες σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους. Η πρώτη δραστηριότητα περιλαμβάνει τα «έργα» και αναφέρεται στα έργα ανάπτυξης (δίκτυα ύδρευσης, γεωτρήσεις κ.λπ.) και τα έργα διατήρησης και ελέγχου (αντιπλημμυρικά έργα, έργα βιολογικού καθαρισμού κ.λπ.) των υδατικών πόρων. Η δεύτερη δραστηριότητα αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων για την εξασφάλιση της βέλτιστης χρήσης νερού στο παρόν και στο μέλλον. Στις δραστηριότητες της ΔΥΠ περιλαμβάνονται: α) η έρευνα και μελέτη των υδατικών πόρων (με οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια), β) η συλλογή και η ανάλυση των ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων για τους υφιστάμενους και αναξιοποίητους υδατικούς πόρους και τη ζήτηση σε όλους τους τομείς, με βάση τα υφιστάμενα έργα ή έργα που μπορούν να γίνουν, γ) η ανάπτυξη στρατηγικής και προετοιμασίας «σχεδίων», δ) η απόφαση για σχέδια και η εξασφάλιση αποδοχής και συμμετοχής των διαφόρων ενδιαφερομένων ομάδων και ε) η εφαρμογή κάθε σχεδίου (Τσακίρης, 1995).

Οι αναζητούμενοι τρόποι υδατικής διαχείρισης πρέπει να χαρακτηρίζονται από

ορθολογικότητα (δηλαδή να είναι επιστημονικά θεμελιωμένοι), αποδοτικότητα (δηλαδή να αξιοποιούν τους υδατικούς πόρους στο μέγιστο δυνατό βαθμό) και βιωσιμότητα (δηλαδή να

μη δημιουργούν πρόβλημα εξάντλησης των υδατικών πόρων στο μέλλον για την κάλυψη των αναγκών του σήμερα). Το αποτέλεσμα της βέλτιστης λειτουργίας είναι η κάλυψη της ζήτησης να γίνεται με αξιοπιστία (μείωση της πιθανότητας μη κάλυψης της ζήτησης νερού σε αποδεκτά επίπεδα), με νερό ασφαλούς ποιότητας, με μεθόδους που δε δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον και με οικονομικά πρόσφορο τρόπο (Μαμάσης, 2007).

Βασικό υπόβαθρο για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης, αποτελεί το ανθρώπινο δυναμικό και η τεχνολογική υποδομή, ενώ απαραίτητη είναι και η κατάλληλη υλικοτεχνική υποδομή, με την υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών και αντιλήψεων. Βάσεις δεδομένων, επαρκείς και ενημερωμένες με τα απαραίτητα δεδομένα, κατάλληλο λογισμικό για τη διαχείριση της πρωτογενούς πληροφορίας, βαθμονομημένα ομοιώματα για την προσομοίωση των φυσικών διεργασιών και την ανάπτυξη σεναρίων και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών για την προσομοίωση της χωρικής μεταβλητότητας των συνιστωσών είναι μόνο μερικά από τα απαραίτητα στοιχεία που συνθέτουν το πλαίσιο πάνω στο οποίο θα αναπτυχθούν οι δράσεις και οι ενέργειες με σκοπό τη διαχείριση (Βαράνου κ.ά., 2005).

Σύμφωνα με τον Ασημακόπουλο (2008) τα βασικά εργαλεία για την ορθολογική διαχείριση της ζήτησης νερού είναι τα εξής πέντε: α) επιβολή (νομοθεσία, αυστηρές προδιαγραφές, πρότυπα), β) ενθάρρυνση (υποστήριξη των καταναλωτών για την ορθολογική χρήση του νερού), γ) τεχνολογία και σχεδιασμός (διαχείριση διαρροών και ελαχιστοποίηση απωλειών, μέτρηση κατανάλωσης, μείωση πίεσης, μειωτές ροής), δ) οικονομικά εργαλεία (οικονομικά κίνητρα και αντικίνητρα-τιμολόγηση) και ε) εκπαίδευση (πρόσβαση σε δεδομένα, πληροφόρηση, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των καταναλωτών).

Για να θεωρηθεί ολοκληρωμένος ένας αναπτυξιακός σχεδιασμός, είτε σε επίπεδο χώρας, είτε σε επίπεδο περιφερειακό, επιβάλλεται να είναι ενταγμένη σ' αυτόν μια στρατηγική διαχείρισης υδατικών πόρων, κεντρικά και περιφερειακά. Απαιτείται δε, ενεργός συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων κρατικών φορέων και όλων των ενδιαφερομένων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Μια αποτελεσματική διαχείριση προάγει, ανάμεσα σε άλλα, τη διατήρηση των υπαρχόντων φυσικών υδατικών συστημάτων, τη σχεδιασμένη επαναχρησιμοποίηση των υδατικών πόρων, την αναβάθμιση της ποιότητας των υδατικών πόρων και τη διαχείριση της

ζήτησης του νερού με σκοπό την εξοικονόμηση (Βαράνου κ.ά., 2005)

Υδατικά προβλήματα

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. Η Ασία, η ήπειρος που φιλοξενεί το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού, κατέχει το 36% του συνολικού νερού που καταλήγει στις λίμνες και τα ποτάμια. Αντίθετα, ο ποταμός Αμαζόνιος περιέχει το

15% του συνολικού νερού των ποταμών, μόνο όμως το 0,4% του παγκόσμιου πληθυσμού έχει πρόσβαση, λόγω γεωγραφικής θέσης, στη χρήση του. Η ανομοιόμορφη κατανομή ισχύει και για τις βροχοπτώσεις με ορισμένες περιοχές της γης να είναι σχεδόν πάντοτε ξηρές, και άλλες, παρότι δεν είναι ξηρές, να πλήττονται κατά καιρούς από περιόδους ξηρασίας (Γκούνδρας, 2007).

Τα βασικά υδατικά ζητήματα που απασχολούν σήμερα κράτη και διεθνείς οργανισμούς είναι τα εξής τρία: η λειψυδρία, η μόλυνση 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 (Σύλλας, 2007).

Ως λειψυδρία καλείται η περιστασιακή ή μονιμότερη έλλειψη νερού σε σχέση πάντα με τη χρήση, την κατάχρηση και τις πάσης μορφής απώλειες (Τσακίρης, 2008). Το φαινόμενο της λειψυδρίας σημειώνεται όταν οι ποσότητες του νερού που αφαιρούνται από τις λίμνες, τα ποτάμια ή το υπέδαφος είναι τόσο μεγάλες, ώστε οι προμήθειες νερού δεν επαρκούν πλέον για την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών ή των αναγκών του οικοσυστήματος. Μιλώντας με αριθμούς, η λειψυδρία, έχει οριστεί ως η κατάσταση κατά την οποία η διαθεσιμότητα νερού σε μια χώρα ή μια περιοχή είναι μικρότερη των 1000 m³/άτομο/έτος (MIO-ECSDE, 2007). Σε έναν Ισλανδό αντιστοιχούν ετησίως 708.000 m³ νερού, σε έναν Έλληνα 3.000 m³ και σε έναν Αιγύπτιο 30 m³ (Σταμάτη, 2000).

Οι άνθρωποι στις αναπτυγμένες χώρες καταναλώνουν καθημερινά κατά μέσο όρο περίπου 10 φορές περισσότερο νερό από εκείνους στις αναπτυσσόμενες. Υπολογίζεται ότι ο

μέσος καταναλωτής των αναπτυγμένων χωρών χρησιμοποιεί την ημέρα άμεσα ή έμμεσα 500-800 λίτρα νερό (300 m³ ετησίως). Στις μεγάλες πόλεις, η κατανάλωση νερού υπολογίζεται σε 300-600 λίτρα ανά άτομο την ημέρα με το αντίστοιχο ποσό στις μικρές πόλεις να είναι 100-150 λίτρα. Στις αναπτυσσόμενες χώρες στην Ασία, την Αφρική και τη Λατινική Αμερική, η δημόσια κατανάλωση νερού αντιπροσωπεύει 50-100 λίτρα ανά άτομο την ημέρα (30 m³ ετησίως), ενώ σε περιοχές με ανεπαρκείς υδατικούς πόρους το ποσό αυτό ενδέχεται να μην ξεπερνά ημερησίως τα 10-40 λίτρα (Μεσόγειος SOS, 2008).

Στον πλανήτη κατοικούν 6,4 δισεκατομμύρια άνθρωποι, αριθμός διπλάσιος απ' ότι το 1960, ο οποίος το 2050 αναμένεται να παρουσιάσει αύξηση της τάξεως του 45% και να φτάσει τα 9,3 δις. Η αύξηση του πληθυσμού της γης, σε συνδυασμό με την αλλαγή των συνηθειών διαβίωσης, δημιουργούν δύο αντιφατικές τάσεις: τη συνεχή μείωση των κατά κεφαλήν διαθέσιμων υδατικών πόρων, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού από τη μία πλευρά, και τη διαρκή αύξηση των κατά κεφαλήν υδατικών απαιτήσεων, ως αποτέλεσμα της αλλαγής των συνθηκών διαβίωσης από την άλλη (ΑΣΔΑ, 2008).

Το νερό, εκτός από απαραίτητο για τη συντήρηση της ίδιας της ζωής, είναι πρωταρχικής σημασίας για μεγάλο πλήθος εξόχως σημαντικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου, από τη γεωργία και τη βιομηχανική ανάπτυξη, μέχρι τον τουρισμό και την παραγωγή ενέργειας. Η επέκταση και εντατικοποίηση των αρδεύσεων, με την εισαγωγή σύγχρονων υδροβόρων καλλιεργειών και την εφαρμογή σπάταλων σε νερό αρδευτικών μεθόδων στον αγροτικό τομέα και οι αυξημένες σε νερό απαιτήσεις επεξεργασίας των προϊόντων στο βιομηχανικό τομέα, επαληθεύουν τη μεγάλη αλλαγή που έχει επιτελεσθεί στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών στην υδατική ζήτηση. Στο μέλλον εκτιμάται ότι θα υπάρξει περαιτέρω αύξηση των υδατικών αναγκών για τη γεωργία, την παροχή πόσιμου νερού, τις υπηρεσίες υγιεινής, τη λειτουργία βιομηχανιών και την τροφοδότηση των πόλεων. Κατά συνέπεια, το έλλειμμα στο υδατικό ισοζύγιο προσφοράς-ζήτησης ενδέχεται να αυξηθεί ακόμη περισσότερο, απειλώντας την παγκόσμια οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη και περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Μεσόγειος SOS, 2008).

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

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που προήλθε από τις υψηλές εκπομπές των αερίων καύσης εξαιτίας της έντονης αναπτυξιακής δραστηριότητας των πλούσιων χωρών του βορρά στους τομείς της βιομηχανίας, της παραγωγής ενέργειας και των μεταφορών, προκάλεσε την υπερθέρμανση του πλανήτη, η οποία με τη σειρά της οδήγησε σε απορρύθμιση του κλίματος. Η απορρύθμιση του κλίματος έχει άμεσο αντίκτυπο σε οτιδήποτε σχετίζεται με το νερό. Μάλιστα η κλιματική αλλαγή εκτιμάται ότι θα επιφέρει στις περιοχές της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης αύξηση του μέσου ύψους της βροχής, στις περιοχές της Μεσογείου συχνότερη εμφάνιση ακραίων φαινομένων με τη μορφή της εναλλαγής ξηρών και υγρών περιόδων και στις περιοχές του τρίτου κόσμου αύξηση της ανομβρίας. Γίνεται λοιπόν εύκολα αντιληπτό ότι σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής, αναμένεται έξαρση των φαινομένων λειψυδρίας στις αναπτυσσόμενες χώρες (Μυλόπουλος, 2007).

Στα προβλήματα της λειψυδρίας και των απαιτήσεων του αυξανόμενου πληθυσμού, έρχεται να προστεθεί το πρόβλημα της μόλυνσης. Υπολογίζεται ότι η ποσότητα των λυμάτων (οικιακών και βιομηχανικών) που καταλήγει κάθε χρόνο στους ποταμούς του πλανήτη, ισοδυναμεί με 450 km³. Στην Αφρική, τα απόβλητα της αναπτυσσόμενης βιομηχανίας καταλήγουν, χωρίς καμία διεργασία, στα νερά των ποταμών. Στα αναπτυγμένα κράτη πάλι, οι ποταμοί συχνά δηλητηριάζονται από τοξικές χημικές ουσίες, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών λιπασμάτων. Στη Βόρεια Αμερική, τη Νότια Ασία και τις περιοχές του Ειρηνικού τα περισσότερα ποτάμια και λίμνες έχουν επιβαρυνθεί από νιτρικά άλατα, απόβλητα βιομηχανιών και βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, χρώμιο), ενώ οι 31 ποταμοί που διασχίζουν την Ευρώπη παρουσιάζουν προβλήματα ρύπανσης, με το 25% αυτών να είναι μολυσμένοι και ορισμένοι μάλιστα σε τέτοιο βαθμό, ώστε θεωρούνται οικολογικά νεκροί. Οι ασθένειες που σχετίζονται με το νερό (διαρροϊκές ασθένειες, χολέρα, τυφοειδής πυρετός) μπορούν να προκαλέσουν ακόμη και θάνατο. Υπενθυμίζεται ότι περισσότεροι από 400 εκατομμύρια άνθρωποι πάσχουν από γαστρεντερίτιδα και ακόμη 230 εκατομμύρια από άλλες ασθένειες που μεταδίδονται με το ακατάλληλο νερό (Καϊτατζής, 2007).

Η μεγάλη αύξηση του πληθυσμού, οι μη αειφόροι μορφές κατανάλωσης, οι κακές

πρακτικές διαχείρισης, η ρύπανση, η ανεπαρκής επένδυση σε υποδομές και η χαμηλή αποδοτικότητα στη χρήση του νερού, οδηγούν στην ταχύτερη μείωση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων. Η κατάσταση των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού παραμένει σήμερα εξαιρετικά επισφαλής, ενώ η ανάγκη για την ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείρισή τους, επείγει όσο ποτέ άλλοτε. Ο εντοπισμός και η ανάπτυξη νέων πόρων, η ενίσχυση του θεσμικού δυναμικού και της διακυβέρνησης σε όλα τα επίπεδα, η περαιτέρω προώθηση της τεχνολογίας, η επιστράτευση υψηλότερου μεγέθους οικονομικών πόρων και η σωστή εφαρμογή των υπάρχουσών πρακτικών και γνώσεων είναι ενέργειες που συνθέτουν το πλαίσιο δράσης για την επιτυχή αντιμετώπιση των κρίσιμων υδατικών ζητημάτων (Μεσόγειος SOS, 2008).

Ελληνική υδατική πραγματικότητα

Το σύνολο των υδατικών πόρων της Ελλάδας, επιφανειακών και υπόγειων, εκτιμάται στα 69 δις m³, εκ των οποίων τα 49 δις είναι η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή και τα 20 δις οι υπόγειοι υδατικοί πόροι (Δάνδολος κ.ά., 2008). Συνολικά η Ελλάδα διαθέτει επαρκείς επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους. Υπάρχουν, όμως, διάφοροι λόγοι που μειώνουν σημαντικά την πραγματική διαθέσιμη ποσότητά τους και δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι η χωρικά και χρονικά άνιση κατανομή των υδατικών πόρων, η χωρικά και χρονικά ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης ύδατος, η γεωμορφολογία της χώρας, η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από διασυνοριακούς ποταμούς (περίπου 13 Gm³/y), το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών και τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά. Τα προβλήματα διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων επιτείνουν η σημαντική αύξηση της κατανάλωσης, η μείωση της εισροής νερών από τις γειτονικές χώρες, η ρύπανση και η εμμονή ακραίων φαινομένων (ξηρασίες) (Σουφλιάς, 2008).

Οι δύο σημαντικότερες χρήσεις νερού στην Ελλάδα είναι η αστική και η αγροτική, με την αγροτική να απορροφά τη μερίδα του λέοντος με ποσοστό 86% (το 96% του οποίου αφορά άρδευση και απ' αυτό το 80% χάνεται σε απώλειες από τον υδρολογικό κύκλο της κάθε περιοχής). Η κατανομή για την αγροτική χρήση νερού της χώρας έχει ως εξής: το μεγαλύτερο μερίδιο κατέχει η Θεσσαλία (απορροφά το 25% του «γεωργικού» νερού και συγκεντρώνει το 21,7% της συνολικής ζήτησης νερού στη χώρα), με την Ανατολική Στερεά (12,5% της

αγροτικής ζήτησης νερού), στη δεύτερη θέση, και την Κεντρική Μακεδονία (10,5%), στην τρίτη. Το μεγαλύτερο ποσοστό της αστικής χρήσης απορροφάται στην ύδρευση των μεγάλων αστικών κέντρων. Στην Ελλάδα την πρωτιά κατέχει η περιοχή της Αττικής, όπου καταναλώνεται το 4% του συνολικά διαθέσιμου νερού της χώρας, ποσότητα υπερτριπλάσια της αμέσως επόμενης (Κεντρική Μακεδονία). Ως προς τις υπόλοιπες «κατευθύνσεις» του νερού, μόλις το 2% των υδάτων απορροφάται για βιομηχανική χρήση, ενώ στο 1% ανέρχεται το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας (Τερζής, 2006).

Το υδρολογικό καθεστώς της Ελλάδας παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που διαφοροποιούν σημαντικά τις ανατολικές περιοχές της χώρας, οι οποίες, μαζί με τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη, είναι περιοχές ιδιαίτερα προβληματικές από πλευράς φυσικού εμπλουτισμού, καθώς δέχονται μικρά ποσά βροχής, πολύ άνισα κατανεμημένα στο χρόνο. Βιώνουν δηλαδή καταστροφικές πλημμύρες, ιδιαίτερα το χειμώνα, και μεγάλες ξηρασίες το καλοκαίρι. Η ανισότητα αυτή αναμένεται να αυξηθεί με μια ενδεχόμενη κλιματική αλλαγή, η οποία θα επιδεινώσει την επικινδυνότητα των πλημμυρών και παράλληλα τη δριμύτητα της ξηρασίας. Ειδικά για την ξηρασία, οι περιοχές αυτές βιώνουν ένα καθεστώς «ενδημικής» έλλειψης νερού που, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, απασχολεί λιγότερο ή περισσότερο. Για να μιλήσει όμως κανείς για λειψυδρία, σε μια περιοχή, θα πρέπει να αναφέρεται συνδυασμένα όχι μόνο στην κατάσταση των υδατικών πόρων, αλλά και στις χρήσεις του νερού. Δυστυχώς για την Ελλάδα, οι μεγάλοι χρήστες νερού βρίσκονται κυρίως στη μειονεκτική, όπως προαναφέρθηκε, από πλευράς φυσικού εμπλουτισμού, ανατολική και νότια περιοχή της χώρας. Η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων, σε συνδυασμό με την πολύ υψηλή κατανάλωση νερού που συντελείται σε αυτές τις περιοχές, με ιδιαίτερη δε ένταση στη Θεσσαλία και στην Αττική, δημιουργούν σχεδόν μόνιμες συνθήκες διαρκούς επικινδυνότητας έλλειψης νερού και μη κάλυψης της υδατικής ζήτησης (Μιμίκου, 2001).

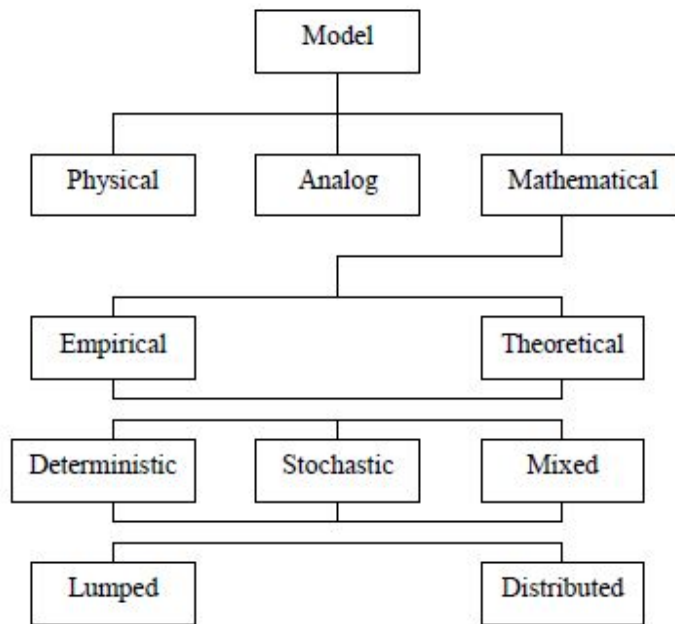
Τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα χαρακτηρίζουν η αλόγιστη χρήση και η ανεξέλεγκτη σπατάλη. Σε κάθε Έλληνα αναλογούν ετησίως περίπου 400 km³ νερό, όταν ο αντίστοιχος παγκόσμιος μέσος όρος είναι 240 km³. Καθημερινά χάνονται τεράστιες ποσότητες νερού λόγω των κακοσυντηρημένων αρδευτικών συστημάτων και της λανθασμένης νοοτροπίας των Ελλήνων καταναλωτών. Στον αγροτικό τομέα, καταγράφονται απώλειες νερού της τάξεως του 45%. Η μεγάλη σπατάλη νερού στη γεωργία προκύπτει από έρευνα του

Γεωπονικού Πανεπιστημίου, σύμφωνα με την οποία το νερό που καταναλώνει συνολικά η Ελλάδα ανέρχεται ετησίως σε 25,2 Gm³, από τα οποία μόλις τα 0,83 Gm³ χρησιμοποιούνται στον οικιακό τομέα. Η κατανάλωση του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση σήμερα στην Ελλάδα, συγκριτικά με τις ανάγκες, μπορεί να θεωρηθεί ως «υπεράντληση», αφού σπαταλάται μέχρι και 40% περισσότερο νερό από το απαιτούμενο. Ωστόσο, η χρήση προηγμένων τεχνολογιών άρδευσης, η ανακύκλωση νερού και η μείωση των απωλειών στην αποθήκευση, μεταφορά και εφαρμογή του νερού και ο περιορισμός του χρόνου άρδευσης στο δεκατετράωρο μεταξύ 18.00 και 08.00, αποτελούν σημαντικά στοιχεία αντιμετώπισης της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης (Γιουρουκέλη, 2008).

Μοντελοποίηση

Όπως αναφέρεται στην Dingman (2002), ένα μοντέλο είναι μια αναπαράσταση ενός μέρους του φυσικού ή του ανθρωπογενούς κατασκευασμένου κόσμου, η οποία μπορεί αρχικά να χαρακτηριστεί ως φυσική, αναλογική, ή μαθηματική (Σχήμα 2.1). Ένα φυσικό μοντέλο είναι μια μειωμένη έκδοση ενός πραγματικού συστήματος (Brooks et al., 1991). Σε ένα αναλογικό μοντέλο, οι παρατηρήσεις μιας διαδικασίας χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση μια άλλης ανάλογης φυσικής διαδικασίας. Το μαθηματικό μοντέλο αποτελείται από ρητή διαδοχική σειρά των εξισώσεων και αριθμητικής και από λογικά βήματα, τα οποία μετατρέπει αριθμητικές εισροές σε αριθμητική εξόδους (Dingman, 2002). Η ταχεία πρόοδος στην τεχνολογία των υπολογιστών οδήγησε στην αντικατάσταση των φυσικών και αναλογικών μοντέλων από τα μαθηματικά .

Τα μαθηματικά μοντέλα υποδιαιρούνται σε διάφορες κατηγορίες (Σχήμα 2.1). Εμπειρικά μοντέλα που προέρχονται από πειράματα ή παρατηρούμενες σχέσεις εισροών-εκροών, και θεωρητικά (physically-based) μοντέλα που βασίζονται σε φυσικούς νόμους και θεωρητικές αρχές (Brooks et al., 1991). Σε ένα ντετερμινιστικό μοντέλο, κάθε παράμετρος καθορίζεται πλήρως από εξισώσεις, ενώ σε ένα στοχαστικό (πιθανολογικό) μοντέλο, οι παράμετροι του μοντέλου ή μεταβλητών όλων ή εν μέρει περιγράφονται από τις εξισώσεις πιθανότητας.



Σχήμα 2.1 Ταξινόμηση Υδρολογικών Μοντέλων.

Τα Υδρολογικά μοντέλα, απλοποιούν αναπαραστάσεις πραγματικών υδρολογικών συστημάτων, προβλέπουν απαντήσεις υδρολογικών και επιτρέπουν σε κάποιον να μελετήσει τη λειτουργία και την αλληλεπίδραση των διαφόρων συντελεστών παραγωγής και με τον τρόπο αυτό την καλύτερη κατανόηση των γεγονότων υδρολογικών (Brooks et al., 1991). Ο στόχος της προσομοίωσης υδρολογικών είναι η εκτίμηση της διανομής και της κυκλοφορίας του ύδατος πέρα από το έδαφος, στα υπόγεια, και σε ροή, καθώς και την ποσότητα του νερού που αποθηκεύεται στο έδαφος ή / και σε φυσικά υδατικά συστήματα και την ανταλλαγή τους, μπορούν επίσης να εκτίμησουν πως αλλάζουν σε τιμές οι ποσότητες με την πάροδο του χρόνου.

Υδρολογικά Μοντέλα

Ένα υδρολογικό μοντέλο προσομοιώνει υδρολογικές διεργασίες σε μια λεκάνη απορροής υπο κλίμακα. Το πρώτο ορόσημο μοντέλο ήταν Stanford Watershed Model, που αναπτύχθηκε το 1966 από Crawford και Linsley (Singh, 1995). Από τότε, πολλά υδρολογικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί. Επί του παρόντος, τα πιο γνωστά μοντέλα είναι: το ADAPT, το AnnAGNPS, το ANSWERS-2000, το APEX, το BASINS, το CANWET, το CASC2D, το CREAMS, το DWSM, το EPIC, το HBV, το HEC-HMS, το HEC-GEOHMS, το HSPF, το Institute of Hydrology Distributed model, το KINEROS, το MIKE 11, το MIKE SHE, το NTRM, το NWSRFS, το PRMS, το RORB, το SIMPLE, το SLURP, το SPUR-91, το SRM, το SSARR, το SWAT, το SWMM, το SWRRB, το Tank model, το THALES, το TOPMODEL (Parsons, 2004; Singh, 1995).

Ωστόσο, για αυτή τη μελέτη, θα εξετάσουμε μόνο τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υδρολογικά μοντέλα, HEC-HMS, HEC-GEOHMS,

Το μοντέλο HEC-HMS

Το μοντέλο (HEC-HMS), έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει τις διαδικασίες κατακρήμνισης -απορροής των δενδριτικών συστημάτων υδροκρίτη. Σκοπός του η εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα γεωγραφικών περιοχών για την επίλυση πολλών τύπων προβλημάτων. Αυτό περιλαμβάνει μεγάλες παροχές νερού λεκανών ποταμών και υδρολογία πλημμύρων, και τη μικρή αστική ή φυσική απορροή υδροκρίτη. Το υδρογράφημα που παράγεται από το πρόγραμμα χρησιμοποιείται άμεσα ή από κοινού με άλλο λογισμικό για τις μελέτες διαθεσιμότητας νερού, της αστικής αποξήρανσης, της ροής που προβλέπουν, του μελλοντικού αντίκτυπου αστικοποίησης κλπ. Το πρόγραμμα είναι ένα γενικευμένο σύστημα διαμόρφωσης ικανό για πολλούς διαφορετικούς υδροκρίτες. Ένα πρότυπο του υδροκρίτη κατασκευάζεται με το χωρισμό του υδρολογικού κύκλου σε εύχρηστα κομμάτια και την κατασκευή των ορίων γύρω από τον υδροκρίτη ενδιαφέροντος. Οποιαδήποτε ροή μάζας ή ενέργειας στον κύκλο μπορεί έπειτα να αντιπροσωπευθεί με ένα μαθηματικό πρότυπο. Η παραγωγή της σωστής επιλογής απαιτεί τη γνώση του υδροκρίτη, οι στόχοι της υδρολογικής μελέτης, και της κρίσης

εφαρμοσμένης μηχανικής. Το πρόγραμμα χαρακτηρίζει ένα εντελώς ενσωματωμένο περιβάλλον εργασίας συμπεριλαμβανομένης μιας βάσης δεδομένων. Ένα γραφικό περιβάλλον χρήστη επιτρέπει συνεχή μετακίνηση μεταξύ των διαφορετικών μερών του προγράμματος. Η λειτουργία και η εμφάνιση προγράμματος είναι οι ίδια σε όλες τις υποστηριγμένες πλατφόρμες.

Το μοντέλο HEC-GEOHMS

Είναι ένα λογισμικό πακέτο για χρήση με το ArcView. Χρησιμοποιεί το ArcView και την επέκταση Spatial Analyst για να αναπτύξει διάφορες υδρολογικές εισαγωγές (inputs), μοντελοποίησης.

Αναλύοντας τις πληροφορίες ψηφιακών ανάγλυφων, μετασχηματίζει αυλάκια αποστράγγισης και τα όρια υδροκρίτη σε μια υδρολογική δομή δεδομένων που αντιπροσωπεύει την απόκριση υδροκρίτη στην κατακρήμνιση. Εκτός από την υδρολογική δομή δεδομένων, οι ικανότητες περιλαμβάνουν την ανάπτυξη πλεγματικής μορφής δεδομένων για το γραμμικό σχεδόν-κατανεμημένο μετασχηματισμό απορροών (ModClark), το μοντέλο λεκάνης HEC-HMS, φυσικά χαρακτηριστικά υδροκρίτη λεκανών και ρευμάτων, και το υπόβαθρο του χάρτη. Επίσης παρέχει σε ένα ενσωματωμένο περιβάλλον εργασίας τη διαχείριση δεδομένων και τις προσαρμοσμένες ικανότητες εργαλειοθηκών, η οποίες περιλαμβάνουν ένα γραφικό περιβάλλον χρήστη, με τις επιλογές, τα εργαλεία, και τα κουμπιά. Το πρόγραμμα χαρακτηρίζεται από ικανότητες προεπεξεργασίας ανάγλυφου. Επιπρόσθετες διαδραστικές ικανότητες επιτρέπουν στους χρήστες να κατασκευάσουν μια υδρολογική σχηματική αναπαράσταση του υδροκρίτη στα διαμετρήματα ρευμάτων; τις υδραυλικές δομές, και άλλα σημεία ελέγχου. Τα υδρολογικά αποτελέσματα από το λογισμικό, εισάγονται στο υδρολογικό σύστημα διαμόρφωσης, HEC-HMS, όπου εκτελείται η προσομοίωση. Μπορεί να εγκατασταθεί σε λειτουργικά συστήματα των WINDOWS.95 /98/NT/2000/XP/Vista.

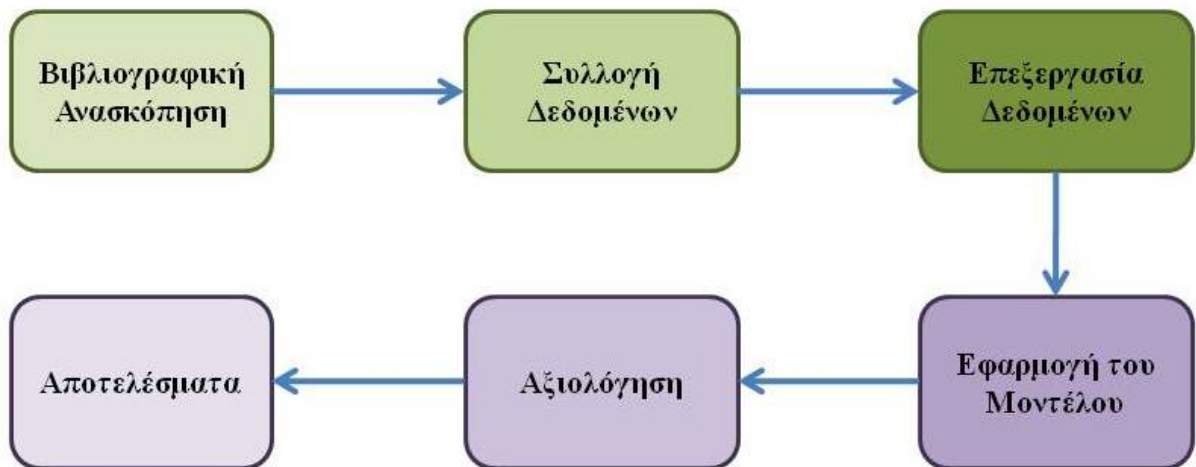
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε για την παρασκευή της μεταπτυχιακής μελέτης, περιγράφεται ο σκοπός της εργασίας και απεικονίζεται η διάρθρωση αυτής. Στην ενότητα αυτή, περιγράφεται επίσης η λειτουργία του μοντέλου MIKE SHE και σκιαγραφείται μαθηματική διατύπωση του.

Το μοντέλο MIKE SHE έχει τη δυνατότητα να προσομοιώσει το σύνολο της ροής των υδατορευμάτων που περιλαμβάνει την άμεση ροή και τη βασική ροή. Πολλά μοντέλα είτε δεν προσομοιώνουν, ή χρησιμοποιούν απλοϊκές μεθόδους, για τον προσδιορισμό της βασικής ροής. Το μοντέλο εξετάζει επίσης διάφορες χρήσεις γης και τους τύπους εδάφους στην προσομοίωση και επιτρέπει την αξιολόγηση των διαφορετικών σεναρίων διαχείρισης. Εκτός αυτού, MIKE SHE λαμβάνει υπ όψιν και πολλά άλλα υδρολογικά στοιχεία. Δεδομένου ότι η μελέτη αυτή κατευθυνθεί προς την προσομοίωση των επιφανειακών απορροών, καθώς και της διήθησης σε κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη, το MIKE SHE φαίνεται να είναι κατάλληλο μοντέλο.

Το μοντέλο MIKE SHE χρησιμοποιήθηκε για να προσομοιώσει την απόρροή στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Σάμου. Επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά και κλιματικά δεδομένα από δέκα μετεωρολογικούς σταθμούς που καλύπτουν όλη την επικράτεια του νησιού. Επίσης κυρίως από τη βιβλιογραφία χρησιμοποιήθηκαν γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία καθώς και οι παράμετροι αυτών, στοιχεία φυτοκάλυψης και φυλλικής επιφάνειας συγχρόνως με άλλα στοιχεία που αφορούν κυρίως τις καλλιέργειες.

Στο παρακάτω σχήμα σκιαγραφείτε η διαδικασία σχεδιασμού της μελέτης.



Σχήμα 3.1. Μεθοδολογία Μεταπτυχιακής Μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ MIKE SHE

Το Υδρολογικό Μοντέλο MIKE SHE

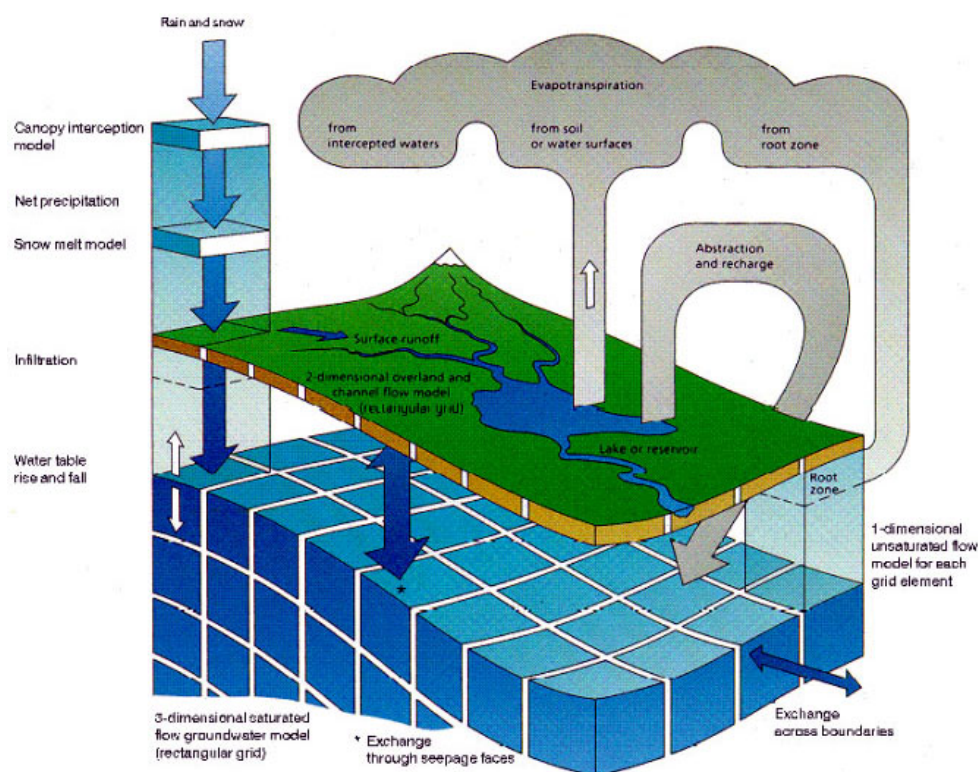
Υδρολογική Περιγραφή

MIKE SHE προσομοιώνει όλες τις διαδικασίες του υδρολογικού κύκλου οι οποίες συμβαίνουν κατά τη διάρκεια που νερό βρίσκεται στη γη, όπως αναφέρεται στην DHI (2004). Το νερό της βροχής, που προέρχεται από την ατμόσφαιρα ως χιονόπτωση ή βροχόπτωση, εν μέρει παρακρατηθεί από τη βλάστηση και δομικά έργα. Η διήθηση αποθηκεύεται και στη συνέχεια εξατμίζεται η περνάει στην επιφάνεια του εδάφους. Μια σημαντική ποσότητα των βροχοπτώσεων, που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους, εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα. Ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα, το χιόνι συσσωρεύεται στην επιφάνεια του εδάφους σε θερμοκρασία κάτω των 0° C, ενώ οι βροχοπτώσεις διηθούνται μέσα από την ακόρεστη ζώνη.

Η διείσδυση του νερού στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους μπορεί να αποθηκευτεί, να εξατμιστεί, να ληφθεί από τις ρίζες των φυτών και να φύγει στην ατμόσφαιρα μέσα από τη διαδικασία της διαπνοής των φύλλων, ή ακόμα και να διηθηθεί κορεσμένη ζώνη. Το νερό ρέει δια ξηράς κατά μήκος της τοπογραφίας επιφάνεια, εξατμίζεται και διεισδύει στο δρόμο, φτάνοντας μέχρι και σε ρυάκια, ποτάμια και άλλα συστήματα επιφανειακών υδάτων. Τα υπόγεια ύδατα συμβάλλουν επίσης σε ρέματα και τα ποτάμια, ως μόνιμη ροή, ενώ το νερό στα ποτάμια και ρέματα διεισδύει πίσω στην κορεσμένη ζώνη, όπως επαναφόρτιση (DHI, 2004).

Μαθηματική Περιγραφή

Σχήμα 3.1 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.



Copyright DHI - Water and Environment

Σχήμα 4.1 Σχηματική παρουσίαση του μοντέλου MIKE SHE (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).

Εξατμισοδιαπνοή

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 δυναμικής 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_0) 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 ($r_s = 70s/m$) και αεροδυναμική αντίσταση ($r_a = 208/U_2 s/m$))

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{mean} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \cdot U_2)}$$

ET_0 : 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*)

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

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

Δ : Κλίση καμπύλης τάσης υδρατμών [kPa/°C] (*Slope Vapour Pressure Curve*)

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

e_a : πραγματική τάση υδρατμών [kPa]

a) Από την T_{max} , T_{min} , RH_{max} , RH_{min} (συνίσταται για ημερήσιο βήμα τήμησης):

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

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

Ψυχομετρική σταθερά (γ): $\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda}$ Όπου P η ατμοσφαιρική πίεση

$$\text{συναρτήσεϊ του υψομέτρου (z)} \quad P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065 z}{293} \right)^{5.26}$$

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)

Επιφανειακή Απορροή

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.

3.1.2.3 Unsaturated Zone Components

The flow in the unsaturated zone is assumed to be vertical. The model provides three options to calculate flow: (i) full Richard's equation, (ii) a simplified gravity flow and (iii) a simple two-layer water balance method for shallow water tables. The full Richard's equation was used in this study.

Η ροή στην ακόρεστη ζώνη θεωρείται ότι είναι κάθετη. Το μοντέλο παρέχει τρεις επιλογές για τον υπολογισμό της ροής: (i) την πλήρη εξίσωση Richard, (ii) μια απλοποιημένη ροή βαρύτητας και (iii) μια απλή δύο στρωμάτων μέθοδο ισοζυγίου του νερού για υδροφόρους ορίζοντες. Η πλήρης εξίσωση Richard χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ MIKE SHE

Γεωγραφία

Η Σάμος είναι ένα νησί του βόρειο - ανατολικού Αιγαίου Πελάγους. Πιο συγκεκριμένα βρίσκεται ανατολικά του Ικάριου Πελάγους και νότια της νήσου Χίου. Στα ανατολικά της υπάρχει ο Επταστάδιος Πορθμός, που τη διαχωρίζει από τα Μικρασιατικά Παράλια, με μήκος 12 Km και ελάχιστο πλάτος 1.650 m περίπου. Στα δυτικά της βρίσκονται το νησιωτικό σύμπλεγμα των Κορσεών (Φούρνων) σε απόσταση 8 Km και η Ικαρία σε απόσταση 20 Km.



Σχήμα 5.1. Θέση της νήσου Σάμου.



Σχήμα 5.2. Η νήσος Σάμος.

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες που την περικλείουν είναι μεταξύ των μεσημβρινών $26^{\circ} 34' 00''$ – $27^{\circ} 04' 14''$ ανατολικού γεωγραφικού πλάτους και μεταξύ των παραλλήλων $37^{\circ} 38' 11''$ – $37^{\circ} 48' 52''$ βόρειου γεωγραφικού πλάτους.

Το σχήμα του νησιού είναι επίμηκες, με τον μεγάλο άξονα του (44 km) να εκτείνεται με διεύθυνση από Ανατολή προς Δύση και τον μικρό του άξονα (19 Km) να εκτείνεται με διεύθυνση από Βορρά προς Νότο. Ως όγδοο σε έκταση νησί της Ελλάδας, η συνολική του έκταση εκτιμάται σε $478,03 \text{ Km}^2$ (με βάση το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Corine) και η συνολική ακτογραμμή του σε 160 Km περίπου.

Ιστορικά Στοιχεία

«Σάμος: μακάρων νήσος, και ορνίθων γάλα φέρει»

Μαίνανδρος

«Τούτος ο τόπος ήταν το κέντρο ενός σπουδαίου πολιτισμού»

Γιάννης Ρίτσος

Έτσι χαρακτηρίζουν τη Σάμο σπουδαίοι άνθρωποι. Το όνομά της πιθανόν να προέρχεται από τους Φοίνικες και σύμφωνα με τον αρχαίο ιστορικό και γεωγράφο Στράβωνα, σημαίνει «ύψος παρά την ακτή». Αρκετά είναι όμως τα ονόματα που της έχουν αποδοθεί στην αρχαιότητα για κάθε ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, όπως Ανθεμίσ, Δρυούσα, Δόρυσσα, Κυπαρισσία και κατά τον Αισχύλο Ελαιόφυτο (Πτίνης, α/β, 1997).

Η Σάμος από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα αποτελεί ένα νησί με ανεπτυγμένους τους τομείς του εμπορίου και της γεωργίας. Η ευφορία της γης σε συνδυασμό με το εξαιρετο κλίμα της συντελούν στην παραγωγή των προϊόντων της που κατά κύριο λόγο είναι το λάδι και το κρασί, ενώ ακολουθούν ο καπνός, τα φρούτα, οι ξηροί καρποί, τα σιτηρά και τα όσπρια.

Η πιο μεγάλη ακμή της σημειώνεται κατά τον 6ο αιώνα π. Χ., υπό την ηγεσία του τυράννου Πολυκράτη, όπου τα σαμιακά πλοία ταξιδεύουν σ' ανατολή και δύση και φέρνουν στο νησί πλούτο και γνώσεις. Σημαντικό ρόλο κατέχει η θέση της καθώς βρίσκεται πολύ κοντά στην μικρασιατική ακτή και ανάμεσα στο σταυροδρόμι που ενώνει την Ελλάδα με την Ανατολή και τον Εύξεινο Πόντο με την Αίγυπτο και την Ανατολική Μεσόγειο.

Χαρακτηριστικές είναι οι μορφές που αναδείχθηκαν στον χώρο του πνεύματος και της τέχνης, όπως ο μέγιστος μαθηματικός - φιλόσοφος Πυθαγόρας, ο αστρονόμος Αρίσταρχος, "... όστις πρώτος υπάπτειυσεν ότι η γη κινείται περί τον ήλιον...", ο αρχιτέκτονας Μανδροκλής, ο φιλόσοφος Μέλισσος, οι της Χαλκοπλαστικής άριστοι και αρχιτέκτονες Ροίκος και Θεόδωρος, που ανήγειραν το ναό της Ήρας.

Σύμφωνα με ιστορικές πηγές, η Σάμος από τις αρχές του 15ου έως και το 19ο αιώνα σταδιακά περιήλθε σε διαφορετικές φάσεις ακμής και παρακμής. Η ερήμωση του νησιού και η δραματική αραίωση του πληθυσμού λίγα χρόνια μετά την επικράτηση των Οθωμανών στο Αιγαίο (1452-1476), οδήγησε στην εγκατάλειψη μεγάλου μέρους των καλλιεργειών. Γύρω στα τέλη του 16ου αιώνα η εμπορική κίνηση στο νησί είναι σχεδόν ανύπαρκτη και τα εισοδήματα των Σαμίων κατά κύριο

λόγο είναι γεωργικά, ποιμενικά και βιοτεχνικά. Από τα μέσα του 17ου αιώνα, το εμπόριο και η ναυτιλία άρχισαν να αποτελούν κυρίαρχη δραστηριότητα για τους κατοίκους του νησιού, ωστόσο, η μεγάλη ανάπτυξη του εμπορίου αναφέρεται σε εξαγωγές των τοπικών προϊόντων, όπως το σαμιώτικο κρασί, οι σταφίδες κ.α. Το 18ο αιώνα εισήλθε στο πλέγμα των εμπορικών σχέσεων που αναπτύσσονταν στο χώρο του Αιγαίου αφού ο βασικός τύπος καλλιέργειας ήταν η πολυκαλλιέργεια, με κυρίαρχη αυτή των δημητριακών, παράλληλα με την αμπελοκαλλιέργεια (που κάλυπτε τα 4/5 της συνολικής έκτασης του νησιού έως το 1892) (Σταματιάδης, 1970).

Στο τελευταίο τέταρτο του 19ου αιώνα, η Σάμος άρχισε να προοδεύει όλο και περισσότερο ακολουθώντας τις εξελίξεις του καιρού της. Η πρόοδος αναφέρεται, πλέον, στη δημιουργία υποδομών και αναβάθμιση των ήδη υπάρχοντων (οδικό δίκτυο, δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, αναδιοργάνωση και ανάπτυξη βιομηχανίας - κυρίως δερμάτων και καπνού – και της γεωργίας κ.α).

Σημαντική είναι και η εγκαθίδρυση και ανάπτυξη στο Καρλόβασι τριών τμημάτων της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου, η ανθοφορία των οποίων είναι υψηλός στόχος της τοπικής κοινωνίας και της Πανεπιστημιακής κοινότητας.

Σήμερα, η Σάμος πέρα από έναν ανεπτυγμένο πρωτογενή τομέα, διαθέτει ένα πολύ πλούσιο πλέγμα τουριστικών εγκαταστάσεων και υπηρεσιών προς τους επισκέπτες, οι οποίες συντελούν σε μια διαφορετικής μορφής οικονομική ανάπτυξη. Τα βιομηχανικά κτίρια, βυρσοδεψεία στο Καρλόβασι, καπνεργοστάσια στην πόλη της Σάμου, οιναποθήκες στον Αγ. Κωνσταντίνο και άλλα πολλά, που θυμίζουν τον πολιτισμό και την καθημερινή ζωή του νησιού από τις παλαιότερες εποχές, είναι κάποια από τα υπολείμματα μιας πάλαι ποτέ οικονομικής και πολιτιστικής άνθησης.

Γεωλογία

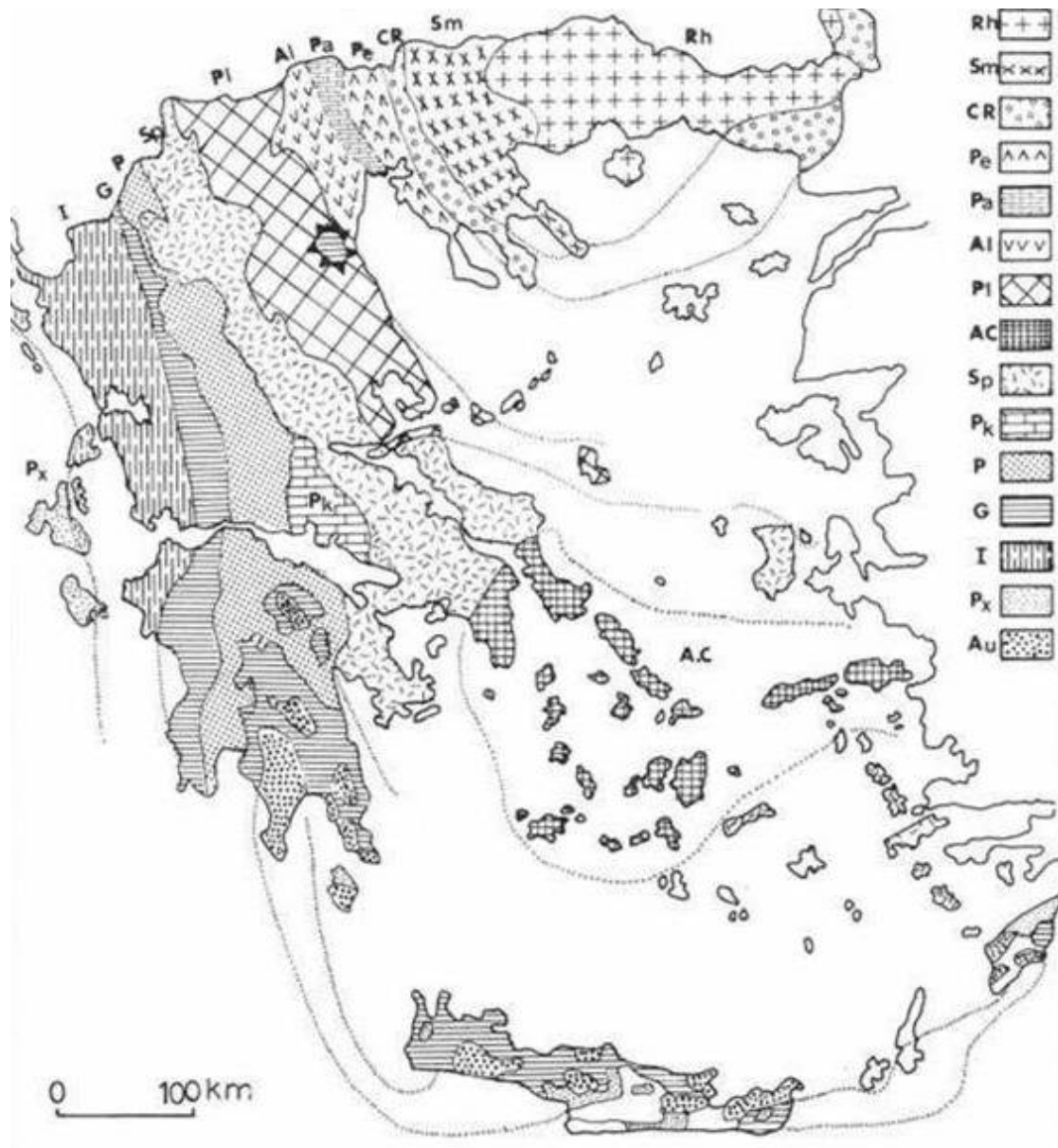
Σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985), η Σάμος, από γεωτεκτονική άποψη, ανήκει στην Αττικο-Κυκλαδική ζώνη των Γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. Στη ζώνη αυτή ανήκουν τα νησιά των Κυκλάδων, ένα τμήμα της Αττικής καθώς και της Νότιας Εύβοιας (Σχ. 2). Πρόκειται για μια μάζα ετερογενούς σύστασης που αποτελείται από διάφορες ενότητες σχηματισμών με τεκτονικές μεταξύ τους σχέσεις.

Η Ενότητα της Αττικο-Κυκλαδικής ζώνης αποτελείται από τρεις επιμέρους ενότητες, την Ενότητα της Αττικής, την Ενότητα των Βορείων Κυκλάδων και την Ενότητα των Νότιων Κυκλάδων. Η Σάμος με βάση το σχήμα 3 ανήκει στην Ενότητα των Βόρειων Κυκλάδων. Η Ενότητα αυτή έχει κυρίως εξάπλωση στα νησιά Σύρος, Τήνος, Άνδρος, Γυάρος, Κέα, Κύθνος καθώς και στη Νότια Εύβοια. Περιλαμβάνει μάρμαρα ηλικίας Άνω Τριαδικού – Κάτω Ιουρασικού, μετα – ηφαιστειακά πετρώματα (μετα – τόφρους και μετα – λαβές) και κλαστικά ιζήματα που συγκροτούν έναν πιθανό σχηματισμό φλύσχη ηλικίας τέλους Κρητιδικού – Ηωκαίνου (Μουντράκης, 1985).

Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της Ενότητας είναι ότι τα πετρώματα της εμφανίζουν δύο μεταμορφώσεις: μία υψηλής πίεσης – χαμηλής θερμοκρασίας, με σχηματισμό γλαυκοφανούς που έχει μεγάλη εξάπλωση σε όλο το χώρο των Β. Κυκλάδων, και μία δεύτερη πρασινοσχιστολιθική που θεωρείται ανάδρομη σχετικά με την πρώτη (Μουντράκης, 1985).

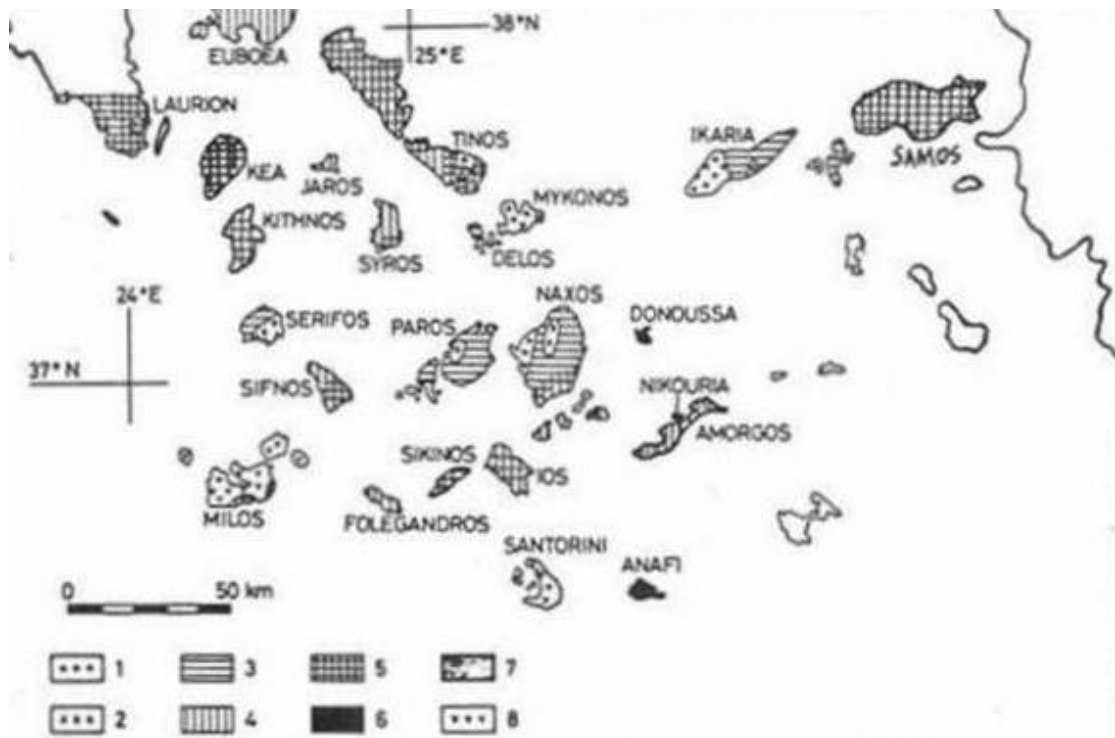
Επιπλέον, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ένα ακόμα κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ζώνης αυτής που είναι οι μεγάλες οφειολιθικές μάζες και η συνοδεύουσα αυτές σχιστοκερατολιθική διάπλαση που έχει μεγάλη εξάπλωση.

Συγκεκριμένα, το δυτικό τμήμα του νησιού εντάσσεται στην Υποελαγονική ζώνη, με εμφανίσεις κυρίως μαρμάρων, σχιστόλιθων, ασβεστόλιθων, φυλλιτών και μεταμορφωμένων βασικών πετρωμάτων. Το κεντρικό τμήμα εντάσσεται στην ενότητα των Βορείων Κυκλάδων¹, η οποία διαχωρίζεται από τις άλλες, με μία λωρίδα εκτεταμένων Νεογενών λιμναίων ιζημάτων. Αποτελείται από Μάρμαρα (μάρμαρα Αμπέλου), σχιστόλιθους² και σχιστογενέσιους. Το ανατολικό τμήμα του νησιού εμπίπτει στην ενότητα των Νοτίων Κυκλάδων³, όπου εντοπίζονται μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι. Εκεί υπάρχουν και εκτεταμένες Νεογενείς αποθέσεις (Δήμος Πυθαγορείου Σάμου, 2000).



Σχήμα 5.3. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών.

Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική Ζώνη, Ac: Αττικο – Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα «Ταλέα όρη – πλακώδεις ασβεστόλιθοι» πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Πηγή: Μουντράκης, 1985 από Mountrakis et al. 1983).



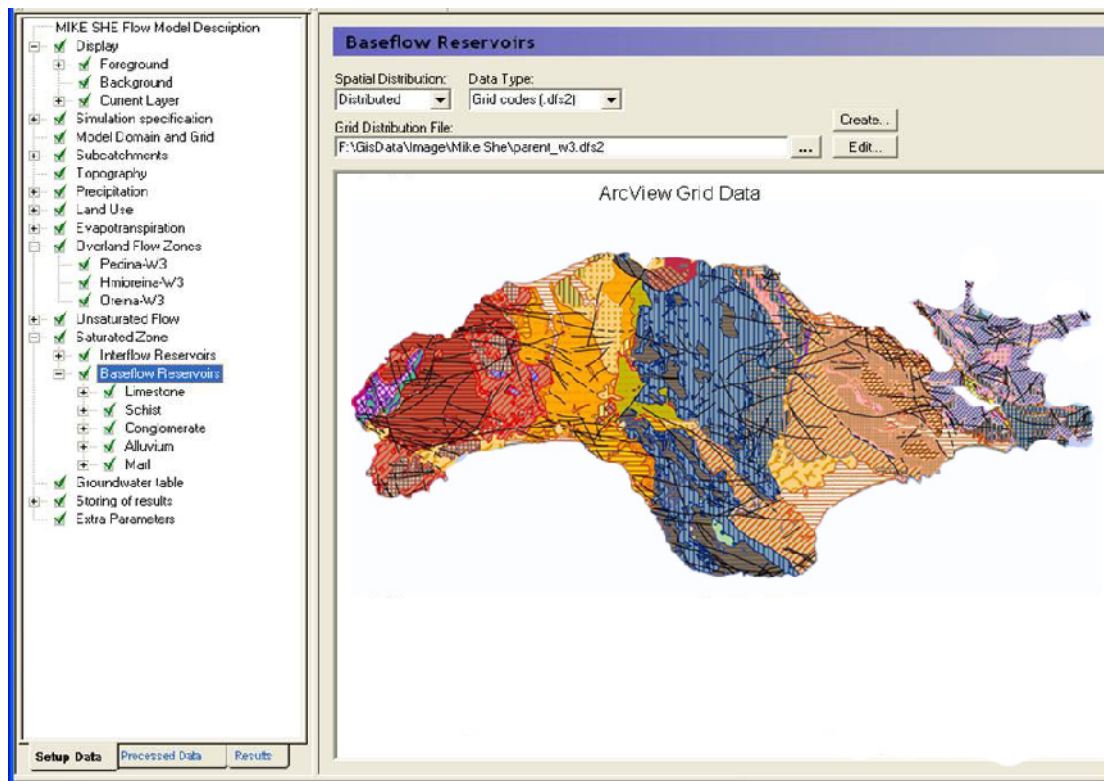
Σχήμα 5.4. Χάρτης του χώρου της Αττικοκυκλαδικής ζώνης στον οποίο φαίνονται οι περιοχές εξάπλωσης των τριών τύπων μεταμόρφωσης.

1: πλουτωνίτες Μειοκαίνου, 2: πλουτωνίτες Ολιγοκαίνου – Μειοκαίνου, 3: μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθική Ολιγοκαίνου – Μειοκαίνου, 4: μεταμόρφωση υψηλής P/T (γλαυκοφανιτική) Ηωκαίνου, 5: (περιοχές όπου διακρίνεται η επίδραση της νεώτερης πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης επί της παλιότερης γλαυκοφανιτικής, 6 και 7: μεταμορφωμένα πετρώματα άγνωστης τοποθέτησης και μεταμόρφωσης, 8: τεταρτογενή ηφαιστειακά πετρώματα (Πηγή: Μουντράκης, 1985 από Altherr et al. 1982).

Ο ορυκτός πλούτος του νησιού περιλαμβάνει επίσης βωξίτη, αργυρούχο γαληνίτη, γύψο, σμυρίδα και μοναδική εμφάνιση νίτρου στην Ελλάδα (στην θέση Αγιάδα, 1 Km βορειοδυτικά από το Πυθαγόρειο) (Δήμος Πυθαγορείου Σάμου, 2000).

Αναλυτικά η γεωλογία της Σάμου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Όλα τα παραπάνω συγκεντρώθηκαν και συνδυάστηκαν ώστε με τη βοήθεια του GIS να εισαχθεί στο μοντέλο ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής.



Σχήμα 5.7 Απεικόνιση της γεωλογίας μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE

Γεωμορφολογία

Η Σάμος είναι ένα νησί που συνδυάζει με αρμονικό τρόπο το νησιωτικό χαρακτήρα ενός νησιού με την επιβλητικότητα των ορεινών όγκων της και με την ευφορία των πεδιάδων της.

Πιο συγκεκριμένα, αποτελείται από δύο κύριους ορεινούς όγκους. Το όρος Κερκετεύς ή Κέρκης υψώνεται στο δυτικό τμήμα του νησιού, με την υψηλότερη κορυφή του Βίγλα να βρίσκεται σε υψόμετρο 1.434 m. Στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του νησιού υψώνεται το όρος Άμπελος⁴ που καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση από τον Κερκετέα, με τις υψηλότερες κορυφές του, τον Καρβούνη στα 1.153 m και τον Αϊ-Λια στα 1.127 m

Μικρές αλλά εύφορες πεδιάδες εντοπίζονται σε ολόκληρη την έκταση του νησιού. Η μεγαλύτερη σε έκταση (μήκους 5 Km και πλάτους 2 Km) βρίσκεται στην νότια πλευρά του νησιού με την ονομασία Κάμπος του Ηραίου – Χώρας και έπεται η πεδιάδα του Μεσόκαμπου στα νοτιοανατολικά. Οι κοιλάδες των Καρλοβασίων στα βόρεια και της Βλαμαρής στα ανατολικά (κοντά στην πρωτεύουσα του νησιού) αποτελούνται από γόνιμο έδαφος, κατάλληλο για καλλιέργεια.

Η Σάμος σε όλο το μήκος της ακτογραμμής της έχει ομαλές ακτές και μικρά λιμανάκια. Χαρακτηριστικοί είναι οι κόλποι που έχουν σχηματιστεί στο νησί. Στη νοτιοδυτική πλευρά του έχει σχηματιστεί ο ανοιχτός κόλπος του Μαραθόκαμπου και στη νοτιοανατολική πλευρά ο κόλπος του Τηγανίου (Πυθαγορείου), ενώ στην ανατολική και βορειοανατολική πλευρά του της Μυρτιάς και του Βαθέος⁵. Επίσης, χαρακτηριστικά είναι και τα ακρωτήρια του, όπως του Αγίου Δομνίκου, της Κολόνας, του Κότσικα και άλλα πολλά. Το μεγαλύτερο νησάκι του νησιού βρίσκεται στη νοτιοδυτική πλευρά του και ονομάζεται Σαμιοπούλα, ενώ έπονται αρκετά μικρότερα όπως η Πέτρα, το Βαρελούδι, το Κασονήσι, το Μακρονήσι και ο Άγιος Νικόλαος.

Η Σάμος δεν έχει μεγάλους ποταμούς, αλλά αποστραγγίζεται από πολλούς χειμάρρους και ρυάκια, τα οποία ρέουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στο σχήμα 4 διακρίνονται οι 8 κυριότεροι χειμάρροι του νησιού. Αρκετές και πλούσιες είναι επίσης οι πηγές και οι φλέβες της, αφού αναβλύζουν συνεχώς πόσιμο νερό, ιδίως στις ορεινές περιοχές.



Σχήμα 5.8. Οι 8 κυριότεροι χείμαρροι της Σάμου (Πηγή: Βαβλιάκης κ. α., 2002, Μούρτζιος, 2008).

Σε προηγούμενη αντίστοιχη έρευνα που διεξάχθηκε για την Σάμο (Μούρτζιος, 2008), προκειμένου να χαρακτηριστεί το ανάγλυφο που παρατηρείται, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ταξινόμησης των υψομέτρων κατά Dikau (Dikau, 1989). Σύμφωνα με τη ταξινόμηση αυτή, μία περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με το υψόμετρο που παρουσιάζει πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (πίνακας 1).

Σύμφωνα με τον Μούρτζιο, 2008, το ανάγλυφο του νησιού κατά 33,316% χαρακτηρίζεται ως πεδινό, κατά 51,053% λοφώδες, κατά 11,412% ημιορεινό και κατά 4,217% ορεινό (πίνακας 2).

Υψος από την επιφάνεια της θάλασσας (σε m)	Χαρακτηρισμός περιοχής	Έκταση σε Km ²	Ποσοστό έκτασης (%)
<150 m	Πεδινή	159,417	33,316
150 – 600 m	Λοφώδης	244,289	51,053
600 – 900 m	Ημιορεινή	54,606	11,412
>900 m	Ορεινή	20,18	4,217

Πίνακας 5.1. Τύποι αναγλύφου και ποσοστά αυτών, όπως συναντώνται στο νησί της Σάμου (Μούρτζιος, 2008).

Ο συνδυασμός των μεγάλων διακυμάνσεων υψομέτρου (κυρίως στη βόρεια πλευρά του νησιού) με την έντονη διάβρωση εξαιτίας της εδαφολογικής δομής και των έντονων βροχοπτώσεων, ώθησε του κατοίκους του, κυρίως εκείνους των

φτωχότερων τάξεων, στη δημιουργία αναβαθμίδων ή πεζούλων, προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις μεγάλες δυσκολίες στην καλλιέργεια της γης (Μακρής, 2000).

Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό των αναβαθμιδωμένων εκτάσεων συγκεντρώνεται σε υψόμετρα έως και τα 300m και σε κλίσεις μεταξύ

10% και 30%. Η έκθεση, φαίνεται να μην παίζει ιδιαίτερο ρόλο στην κατανομή των αναβαθμιδωμένων εκτάσεων ενώ, εξαίρεση αποτελεί η βόρεια έκθεση, όπου παρουσιάζεται μικρότερη συχνότητα γενικότερα.

Σε γενικές γραμμές υπάρχει μία αντιστρόφως ανάλογη σχέση του υψομέτρου και της συχνότητας καλλιέργειας επί αναβαθμίδων. Δηλαδή, όσο αυξάνει το υψόμετρο τόσο μειώνεται η συχνότητα εμφάνισης αναβαθμιδωμένων περιοχών. Παρόμοιο είναι το πρότυπο και για την κλίση. Σε κλίσεις άνω του 30% η συχνότητα των αναβαθμιδωμένων εκτάσεων μειώνεται χαρακτηριστικά. Τέλος, παρατηρείται ότι στις αναβαθμιδωμένες εκτάσεις ισοκατανέμονται σχεδόν οι μικρές και μεγάλες πυκνότητες (Παπανικολάου & Σταυριανού, 2005).

Εδαφολογία

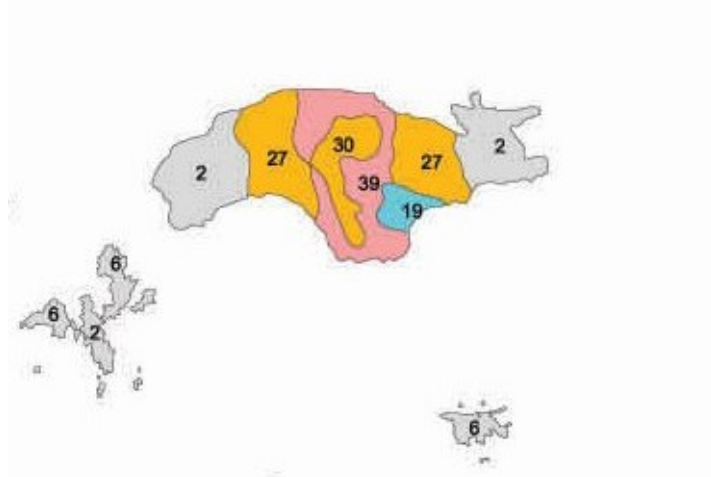
Το κλίμα, η βλάστηση, το μητρικό υλικό, το τοπογραφικό ανάγλυφο και ο χρόνος δράσης τους είναι ορισμένοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται η διαμόρφωση και ο τύπος των εδαφών μίας περιοχής.

Η σχέση μεταξύ της βλάστησης και των χαρακτήρων των εδαφών είναι αμφίδρομη αφού η δράση της βλάστησης είναι πολλαπλή και επηρεάζει την κατεύθυνση της εδαφογένεσης, ενώ ορισμένοι από τους χαρακτήρες του εδάφους καθορίζουν την εξάπλωση διαφόρων μονάδων βλάστησης, καθώς και το τελικό στάδιο εξέλιξης της βλάστησης (Κλουβάτος, 2006).

Σύμφωνα με τον Χριστοδουλάκη, 1986, (Σχ. 5) στο δυτικό, ανατολικό και κεντρικό ορεινό τμήμα της Σάμου απαντώνται ποτζολικά εδάφη μαζί με όξινα ορφνά δασικά, τα οποία έχουν αναπτυχθεί πάνω σε κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα. Η βλάστηση που αναπτύσσεται πάνω σ' αυτά συνίσταται κυρίως από κωνοφόρα ή είναι μικτή από κωνοφόρα και φυλλοβόλα είδη.

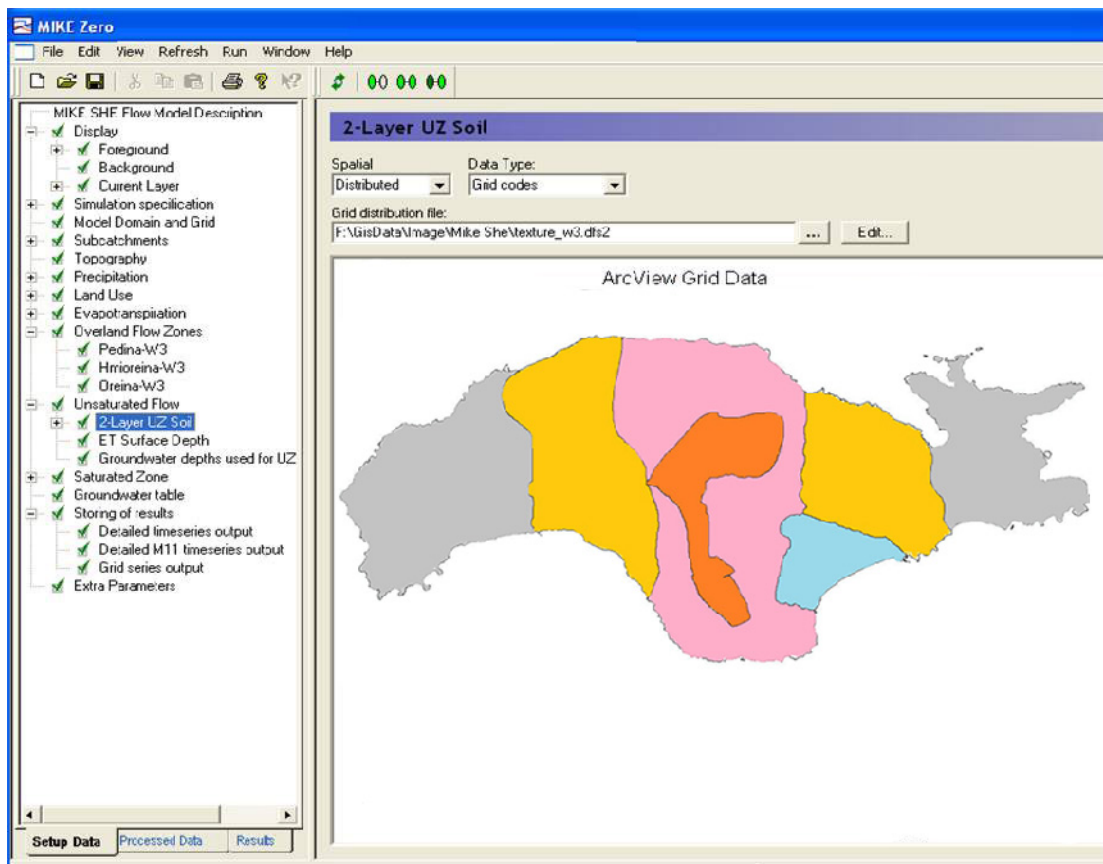
Στην περιοχή μεταξύ των ορεινών όγκων του Κέρκη και του Καρβούνη, καθώς και μεταξύ του ανατολικού άκρου του νησιού, απαντώνται Ρεντζίνες, ορφνά δασικά εδάφη και Regosols. Πάνω στις Ρεντζίνες αναπτύσσονται κυρίως ξηροφυτικά είδη και μακκία βλάστηση.

Τέλος, στις χαμηλότερες θέσεις των περιοχών αυτών έχουν διαμορφωθεί κυρίως ορφνά δασικά εδάφη και Regosols (Χριστοδουλάκης, 1986).



Σχήμα 5.9. Εδαφολογικός χάρτης της Σάμου (Ν. Γιάσογλου)

Με τον συνδυασμό όλων των παραμέτρων και τη χρήση του GIS εισήχθει στο MIKE SHE ψηφιακός εδαφολογικός χάρτης.



Σχήμα 5.10 Απεικόνιση της εδαφολογίας μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE

Κλίμα και χλωρίδα – πανίδα

Το κλίμα του νησιού είναι μεσογειακό με δροσερά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Το καλοκαίρι παρατηρούνται σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες διαρκούν για μικρό χρονικό διάστημα (Ιούλιος – Αύγουστος). Ωστόσο, η θάλασσα αύρα προκαλεί σημαντική πτώση της θερμοκρασίας στις παράκτιες περιοχές, ενώ τα μελτέμια προκαλούν πτώση σε ολόκληρη την περιοχή (Μυτελετσής & Θεοδώρου, 2000). Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα διαρκούν για λίγο (Δεκέμβριος – Μάρτιος) ενώ την υπόλοιπη περίοδο οι θερμοκρασίες είναι ήπιες (Δήμος Πυθαγορείου, 2000).

Πιο συγκεκριμένα το κλίμα της Σάμου, σύμφωνα με την κατάταξη του Κοppenb, ανήκει στον τύπο Csa (Υγρό μεσόθερμο μεσογειακό), είναι δηλαδή εύκρατο μεσογειακό, με ζεστό καλοκαίρι (Κιλουκιώτης, 2000).

Η θέση του νησιού και κυρίως τα ψηλά βουνά της συντελούν ώστε να είναι πρώτη σε βροχοπτώσεις απ' όλα τα νησιά του Αιγαίου και από πολλές άλλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου. Επίσης, αξίζει να αναφέρουμε ότι επηρεάζεται άμεσα και από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στα παράλια της Μικράς Ασίας.

Η πλούσια χλωρίδα και η μεγάλη βιοποικιλότητα είναι τα δύο βασικά χαρακτηριστικά της Σάμου. Η χλωρίδα της αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μεσογειακού τύπου και φιλοξενεί πλούσια μεσογειακή πανίδα καθώς και εκτεταμένες καλλιέργειες εξαιτίας της επίδρασης των συνθηκών του περιβάλλοντος και κυρίως του Μεσογειακού κλίματος της περιοχής.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα στοιχεία της μελέτης του Δήμου Πυθαγορείου (2000), η Σάμος καλύπτεται σε ποσοστό 33,5% από καλλιέργειες, σε ποσοστό 40,5% από βοσκότοπους, σε ποσοστό 21,4% από δάση, το 1,0% αντιστοιχεί στους λοιπούς περιβαλλοντικούς τύπους και τέλος το 3,1% σε αστική δραστηριότητα (οικισμοί, δρόμοι, κλπ).

Η κύρια καλλιέργεια της Σάμου είναι η ελιά. Βάσει των στοιχείων της Διεύθυνσης Γεωργίας Σάμου, το έτος 1999 καλλιεργούνταν περίπου 122.500 στρέμματα ελαιοδέντρων. Δεύτερη σε μέγεθος καλλιέργεια είναι το αμπέλι, που καλλιεργείται σε έκταση 16.700 στρεμμάτων περίπου (για το έτος 1999) ενώ τα οπωροφόρα είναι μία ακόμα κατηγορία καλλιεργούμενων φυτών που ευδοκimeί στη Σάμο, αν και δεν εντοπίζονται συστηματικές καλλιέργειες.

Τα δάση πεύκης υπολογίζονται σε 179.000 στρέμματα περίπου το 21,9% της συνολικής έκτασης της Σάμου και καταλαμβάνουν κυρίως τις ορεινές περιοχές. Στα χαμηλότερα υψόμετρα επικρατεί η τραχεία πεύκη (*Pinus brutia*) ενώ στα υψηλότερα η μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*). Άλλες δασικές εκτάσεις υπολογίζονται σε 88.700 στρέμματα (17,3% της συνολικής έκτασης του νησιού) και τα κυριότερα είδη των οικοτόπων αυτών, είναι τα πουρνάρια (*Quercus coccifera*), ο σκίνος (*Pistacia lentiscus*), οι αγριελιές (*Olea oleaster*), οι χαρουπιές (*Ceratonia siligua*), τα κέδρα (*Juniperus sp.*), τα πεύκα (*Pinus brutia*), τα σπάρτα (*Spartium sp.*), οι ασπάλαθοι (*Calicotome sp.*), ο βάτος (*Robus sp.*), το αγιόκλημα (*Lonicera sp.*) και πάρα πολλά άλλα. Σε ρέματα, σε περιοχές όπου υπάρχουν πηγές και υψηλή εδαφική υγρασία, αναπτύσσονται υγρόφιλα δένδρα, με κυρίαρχο τον πλάτανο (*Platanus orientalis*). Συνήθης επίσης είναι η παρουσία δάφνης (*Laurus nobilis*), και σε ορισμένες περιοχές, όπως στο ρέμα των Μυτιληνίων, ιτιάς (*Salix cinerea*).

Όσον αφορά τον τομέα της Ζωογεωγραφίας, η Σάμος παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με αυτή της χερσονήσου της Μυκάλης. Η σαύρα της Σάμου (*Lacerta anatolica aegaea*) αποτελεί το μοναδικό από τα είδη σαύρας που περιορίζεται αποκλειστικά και μόνο στις δύο αυτές περιοχές.

Όπως αναφέρουν στο βιβλίο «τα ζώα της Σάμου» οι Αχ. Δημητρόπουλος, Μαρ. Δημάκη και Γιαν. Ιωαννίδης, 1998, «Συνολικά στη Σάμο παρατηρήθηκαν 139 είδη πουλιών από τα οποία 39 παραμένουν όλο το χρόνο στο νησί, 28 ξεχειμωνιάζουν, ενώ περνούν κατά την μετανάστευση. Είκοσι έξι (26) είδη φωλιάζουν στο νησί ενώ για άλλα 20 είδη δεν είναι πιστοποιημένο ότι φωλιάζουν».

Τέλος, έχει παρατηρηθεί ένας μικρός πληθυσμός φώκιας *monachus monachus* και χελώνας *caretta caretta* στις βορειοδυτικές ακτές του νησιού στη θέση Σεϊτάνι, περιοχή όπου προστατεύεται και έχει χαρακτηριστεί ως βιολογικό πάρκο (Δήμος Πυθαγορείου, 2000).

Υδρογραφία

Ως Υδρογραφικό Δίκτυο μιας περιοχής θεωρείται το σύνολο των ρυακιών, χειμάρρων, παραποτάμων και ποταμών, τα οποία διαυλακώνουν και αποστραγγίζουν την περιοχή αυτή. Τα υδρογραφικά δίκτυα εμφανίζονται υπό διάφορες μορφές, εξαρτώμενες από τον συνδυασμό των γεωλογικών και κλιματικών στοιχείων της περιοχής.

Στην περίπτωση της Σάμου, το σχήμα (Σχ. 9) του υδρογραφικού δικτύου έχει την δενδριτική μορφή, οι κλάδοι του οποίου ενώνονται μεταξύ τους αλλά και με τον κορμό υπό οξείες γωνίες, και συνήθως μεγαλύτερες των 30°. Το δίκτυο με την δενδριτική μορφή καταλαμβάνει όλον τον προσφερόμενο χώρο με μία ομοιομορφία και κανονικότητα των κλάδων του (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984, Μούρτζιος, 2008).



Σχήμα 5.11. Υδρογραφικό δίκτυο της Σάμου.

Για την ποσοτική ανάλυση ενός υδρογραφικού δικτύου έχουν προταθεί από διάφορους επιστήμονες (Horton, 1945, Strahler, 1952, από Αστάρια 1980) μέθοδοι αρίθμησης του, με σκοπό τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των κλάδων του δικτύου.

Στην παρούσα διατριβή ειδίκευσης, η αρίθμηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου έγινε κατά Strahler (1952), όπου τα ρεύματα τα οποία δεν δέχονται τα ύδατα

μικρότερων κλάδων ρευμάτων ονομάζονται 1ης τάξεως. Η σύνθεση δύο κλάδων 1ης τάξης δημιουργεί ένα κλάδο 2ης τάξης. Η σύνθεση δύο κλάδων 2ης τάξης δημιουργεί ένα ρεύμα 3ης τάξης κ.ο.κ (Strahler 1952, Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος 1984).

Τα αποτελέσματα της αρίθμησης του υδρογραφικού δικτύου παρουσιάζονται στον πίνακα 3, όπου παρατηρείται ότι ο μεγαλύτερος κλάδος είναι 5ης τάξης. Πιο αναλυτικά, στο σύνολο τους έχουμε 1.175 κλάδους υδρογραφικού δικτύου εκ των οποίων οι 878 είναι 1ης τάξης, οι 238 είναι 2^{ης} τάξης, οι 48 είναι 3ης τάξης, οι 9 είναι 4ης τάξης και τέλος μόνο οι 2 είναι 5^{ης} τάξης.

Πίνακας 5.2. Οι τάξεις και ο αριθμός κλάδων του υδρογραφικού δικτύου της Ν. Σάμου.

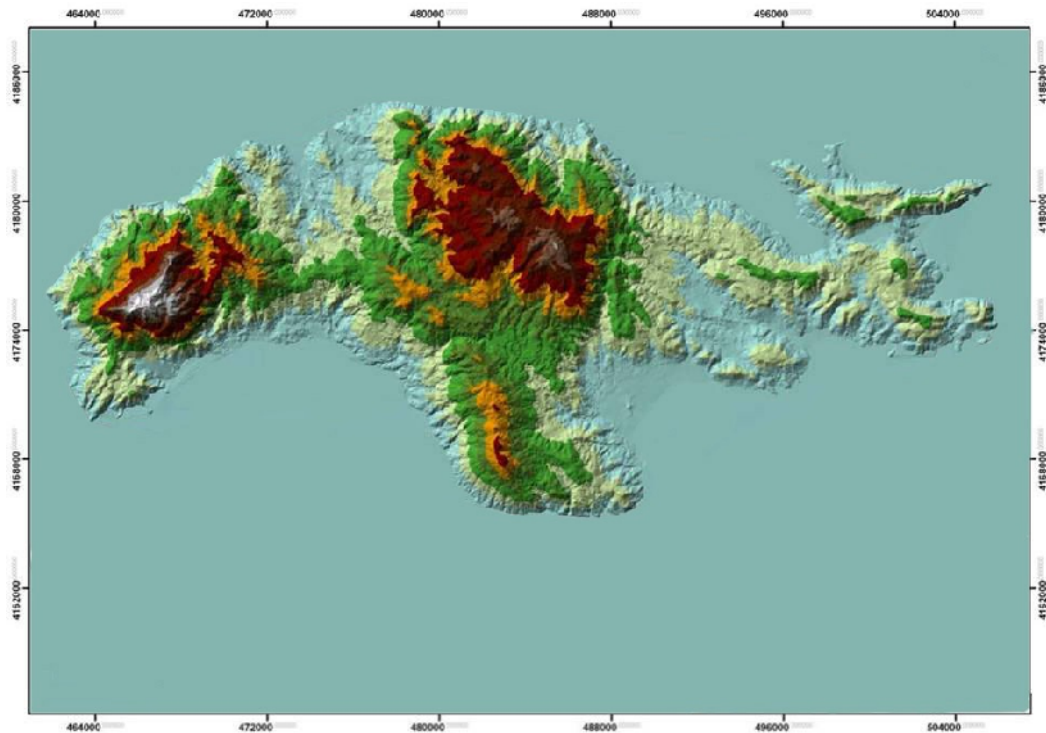
Τάξης κλάδων (u)	Αριθμός κλάδων (Nu)
1	878
2	238
3	48
4	9
5	2
ΣΥΝΟΛΟ	1.175

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

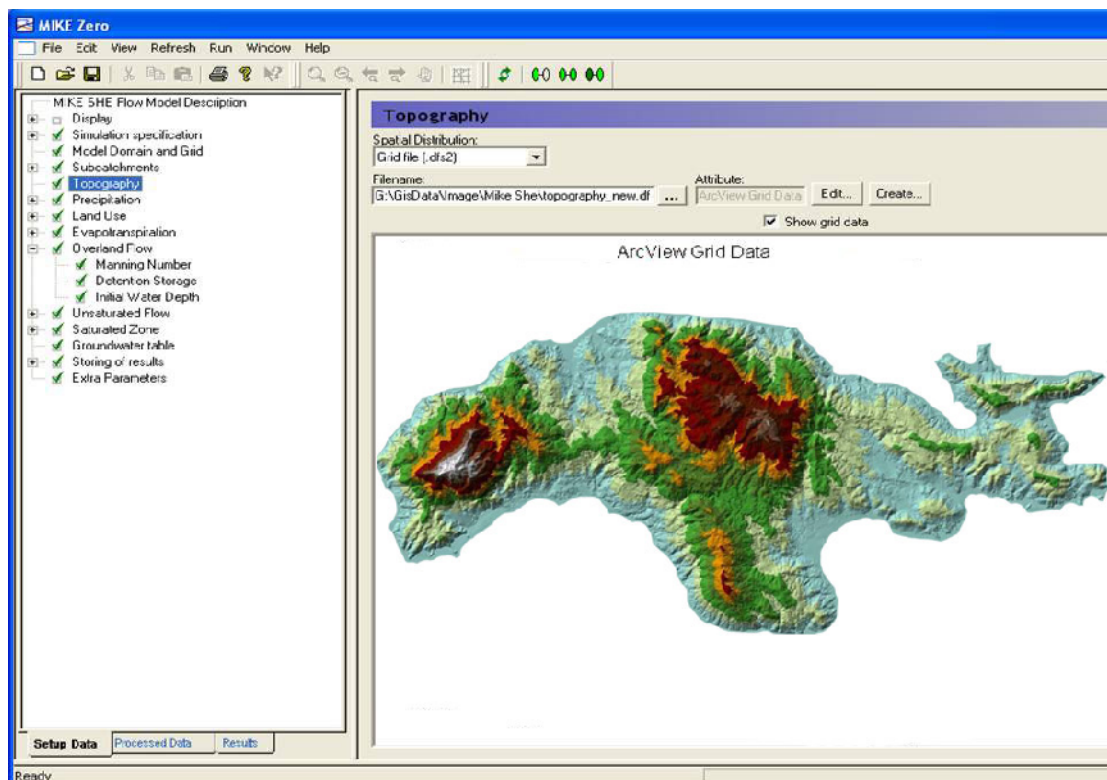
Σύμφωνα με τους Γιαννόπουλο κ.α., 2005, τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (Ψ.Μ.Ε.) διακρίνονται ως προς τη μορφή της ψηφιακής πληροφορίας που περιέχουν σε: Τριγωνικό Δίκτυο Αναγλύφου (TIN, Triangulate Irregular Network) και Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων (DEM, Digital Elevation Model). Η διαφορά τους έγκειται στην ηλεκτρονική απεικόνιση, η οποία είναι διανυσματική (vector) στα μοντέλα μορφής TIN και ψηφιδωτή (raster) στα μοντέλα μορφής DEM.

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 πολώνυμο. 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.



Σχήμα 5.12. Τριγωνικό Δίκτυο Αναγλύφου (TIN, Triangulate Irregular Network) της Σάμου.



Σχήμα 5.13 Απεικόνιση της τοπογραφίας μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE

Εδαφική Κάλυψη

Το πρόγραμμα εδαφικής κάλυψης για τον Ελλαδικό χώρο εκπονήθηκε από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.). Η έναρξη του προγράμματος έγινε την άνοιξη του 1990 και η ολοκλήρωση του το Δεκέμβριο του 1996. Πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις που αφορούν αντίστοιχες γεωγραφικές ενότητες, με σκοπό την δημιουργία θεματικών χαρτών κάλυψης και χρήσεων γης για όλη την Ελλάδα (Πεχλιβανίδου, 2007).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής :

- 22 εικόνες Landsat TM ημερομηνία λήψης : Μάιος - Σεπτέμβριος 1987
- Αεροφωτογραφίες ΓΥΣ κλίμακας 1 : 30.000 περιόδου 1982 – 1987
- Χάρτες γενικής χρήσεως της ΓΥΣ σε κλίμακα 1 : 100.000 και 1 : 50.000.
- Ορθοφωτοχάρτες 1 : 20.000 του Υπ. Γεωργίας.
- Δασικοί χάρτες του Υπ. Γεωργίας.

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης του προγράμματος παρουσιάστηκαν κάποιες δυσκολίες, όπως η δυσκολία στην κατανόηση της ονοματολογίας, η οποία από τη φύση της ανέλυε το βιοφυσικό περιβάλλον με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να καλύψει την ανομοιογένεια του φυσικού τοπίου ανάμεσα στις

μεσογειακές και τις χώρες της κεντρικής ή Βόρειας Ευρώπης, η έλλειψη ειδικευμένου προσωπικού και η δυσκολία κατανόησης των όρων, οι οποίοι δεν ήταν ελληνικοί. Επίσης, ο προβλεφθείς από την μεθοδολογία αριθμός αεροφωτογραφιών που χρειαζόταν για τη φωτοερμηνεία, αποδείχθηκε ανεπαρκής για την Ελλάδα και τελικά δεκαπλασιάστηκε. Η ύπαρξη του έντονου αναγλύφου, η έντονη ποικιλία του φυσικού τοπίου αλλά και η μικρή διάσπαρτη ιδιοκτησία – κάλυψη γης δεν είχαν προβλεφθεί από την αρχική μεθοδολογία του προγράμματος εδαφικής κάλυψης του CORINE (Πεχλιβανίδου, 2007).

Το πρόγραμμα εδαφικής κάλυψης για τον ελλαδικό χώρο αναβαθμίστηκε το έτος 2000, όπως πραγματοποιήθηκε και για τις υπόλοιπες συμμετέχουσες χώρες (Πεχλιβανίδου, 2007).

Για τη Σάμο τα δεδομένα του προγράμματος εδαφικής κάλυψης Corine διακρίνονται σε τρία επίπεδα ταξινόμησης, με βάση το σύστημα ταξινόμησης του προγράμματος (Πιν. 5). Κάθε χρήση και κάλυψη γης αναπαρίσταται με ένα κλειστό πολύγωνο, το οποίο έχει ένα τριψήφιο κωδικό. Ο κωδικός αυτός δημιουργείται από μία σύνθεση των μονοψήφιων κωδικών των τριών επιπέδων ταξινόμησης. Οι τύποι κάλυψης και χρήσεων γης του τρίτου επιπέδου συγχωνεύονται και ενοποιούνται σε

κατηγορίες του δεύτερου επιπέδου και με την ίδια διαδικασία, οι τύποι του δεύτερου επιπέδου ενοποιούνται σε κατηγορίες του πρώτου επιπέδου.

Τα δεδομένα για τη νήσο Σάμο το έτος 2000 δίνονται σε κλίμακα 1:100.000 και η επεξεργασία τους έγινε σε περιβάλλον λογισμικού ArcGIS. Η έκταση που καταλαμβάνουν τα πολύγωνα μετριέται σε εκτάρια (Ha) και για δική μας διευκόλυνση έγινε μετατροπή τους σε Km².

Με βάση τα αποτελέσματα που εξήχθησαν, παρατηρούμε ότι από τις 44 κατηγορίες χρήσεων και κάλυψης γης που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα Corine, μόνο οι 19 απαντώνται στο νησί, οι οποίες φαίνονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 5.3. Κατηγορίες χρήσεων και κάλυψης γης που απαντώνται στη νήσο Σάμο.

Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Κωδικός
Τεχνητές επιφάνειες	Αστικές δομές	Ασυνεχείς αστικές δομές	112
	Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες	Βιομηχανικές και εμπορικές μονάδες	121
		Αεροδρόμια	124
	Μεταλλεία, χωματερές και μεταφορικές μονάδες	Μεταλλεία	131
	Τεχνητές, μη αγροτικές περιοχές με βλάστηση	Αθλητικοί χώροι και Χώροι αναψυχής	142
Αγροτικές περιοχές	Αρόσιμη γη	Μη αρδευόμενες, οργώσιμες εκτάσεις	211
		Αμπελώνες	221
	Μόνιμες καλλιέργειες	Οπωρώνες	222
		Ελαιώνες	223
		Σύνθετοι τύποι καλλιεργειών	242
		Καλλιεργούμενες περιοχές με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	243
Δασικές και ημιφυσικές περιοχές	Δάση	Πλατύφυλλα δάση	311
		Κωνοφόρα δάση	312
		Μικτά δάση	313
	Θάμνοι και /ή χορτώδης βλάστηση	Φυσικά χορτολίβαδα	321
		Σκληρόφυλλη βλάστηση	323
		Μεταβατικοί δασότοποι / θάμνοι	324
Ανοιχτές περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση	Περιοχές με διασκορπισμένη βλάστηση	333	
Υγρότοποι	Παράκτιοι υγρότοποι	Αλμυρά έλη	421

Το γεγονός αυτό πιθανότατα να οφείλεται στην μικρή έκταση του νησιού, στη γεωμορφολογία και γεωλογία του, στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν καθώς και σε ανθρωπογενείς παράγοντες.

Πιο αναλυτικά, στον πίνακα 7 παρατηρούμε την ακριβή έκταση που καταλαμβάνουν οι χρήσεις και η κάλυψη γης στη Σάμο, ανά κατηγορία και επίπεδο ταξινόμησης, καθώς και το ποσοστό που αντιστοιχεί στην κάθε μία κατηγορία στο σύνολο της έκτασης του νησιού.

Πίνακας 5.4. Ακριβής έκταση και ποσοστά που καταλαμβάνουν οι χρήσεις και η κάλυψη γης στη νήσο Σάμο, ανά κατηγορία και επίπεδο ταξινόμησης

Κωδικός	Έκταση Επιπέδου 3 (Km ²)	Ποσοστό Επιπέδου 3 (%)	Έκταση Επιπέδου 2 (Km ²)	Ποσοστό Επιπέδου 2 (%)	Έκταση Επιπέδου 1 (Km ²)	Ποσοστό Επιπέδου 1 (%)
112	4,97	1,04	4,97	1,04	6,37	1,33
121	0,52	0,11	0,87	0,18		
124	0,35	0,07				
131	0,26	0,05	0,26	0,05		
142	0,26	0,05	0,26	0,05		
211	1,37	0,29	1,37	0,29	201,01	42,03
221	18,48	3,86	37,23	7,78		
222	3,51	0,73				
223	15,25	3,19				
242	31,73	6,63	162,4	33,96		
243	130,67	27,32				
311	7,88	1,65	128,68	26,9	270,63	56,58
312	82,4	17,23				
313	38,4	8,03				
321	3,22	0,67	130,79	27,35		
323	76,75	16,05				
324	50,82	10,63				
333	11,17	2,33	11,17	2,33		
421	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
ΣΥΝΟΛΟ	478,03	100	478,03	100	478,03	100

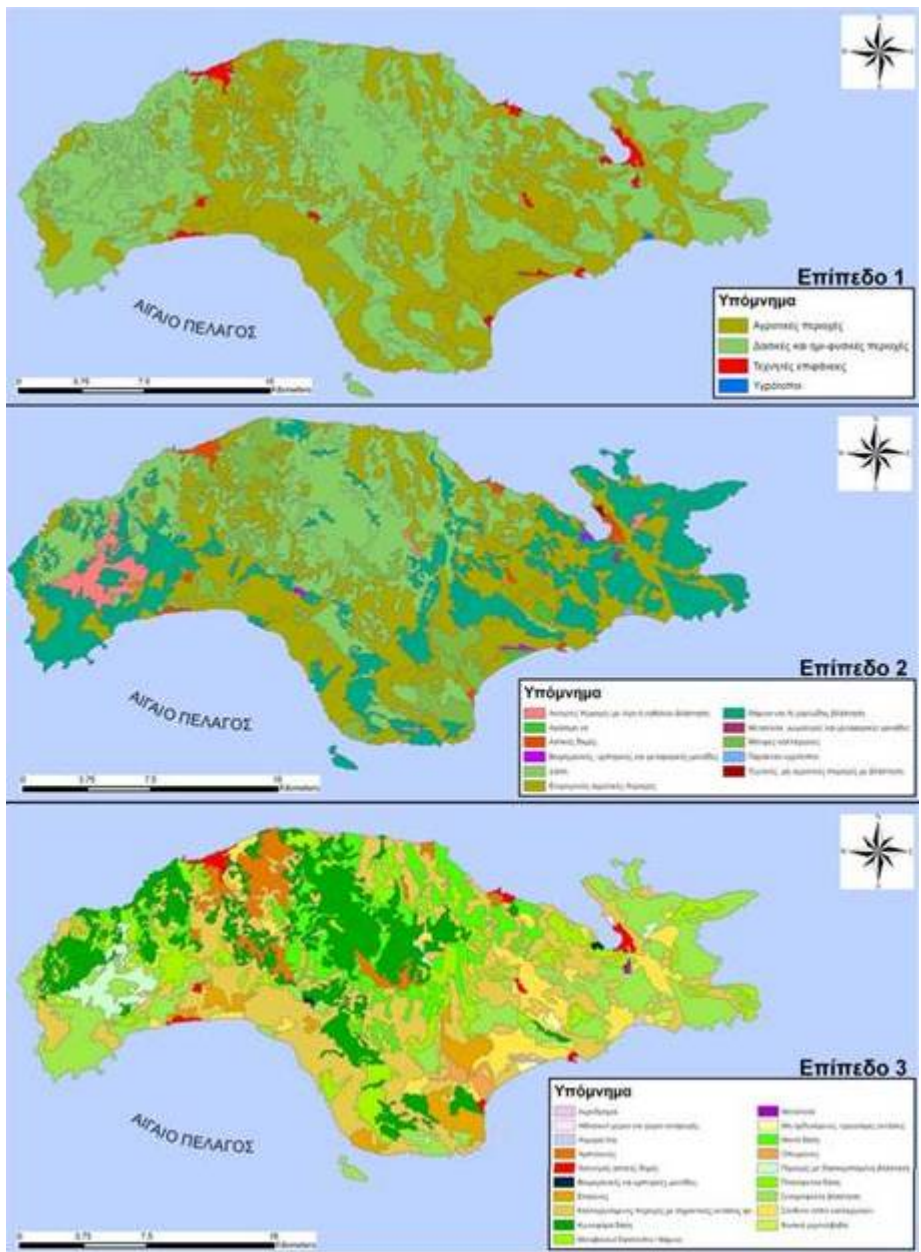
Όσον αφορά το τρίτο επίπεδο ταξινόμησης, την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν οι καλλιεργούμενες περιοχές με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης, με έκταση 130,67 Km² και ποσοστό 27,32%, ακολουθούν τα κωνοφόρα δάση με έκταση 82,40 Km² και ποσοστό 17,23%, η σκληρόφυλλη βλάστηση με έκταση 76,75 Km² και ποσοστό 16,05%, οι μεταβατικοί δασότοποι / θάμνοι με έκταση 50,82 Km² και έκταση 10,63%, τα μικτά δάση με έκταση 38,40

Km² και ποσοστό 8,03%, οι σύνθετοι τύποι καλλιεργειών με έκταση 31,73 Km² και ποσοστό 6,63% ενώ η καθεμία από τις υπόλοιπες κατηγορίες χρήσεων και κάλυψης γης καταλαμβάνει έκταση μικρότερη των 20 Km², δηλαδή ποσοστό μικρότερο του 4% της συνολικής έκτασης του νησιού.

Όσον αφορά τον δεύτερο επίπεδο ταξινόμησης, την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν οι ετερογενείς αγροτικές περιοχές με έκταση 162,40 Km² και ποσοστό 33,96%. Αξιοσημείωτη είναι και η έκταση που καταλαμβάνουν οι θάμνοι και / ή χορτώδης βλάστηση, 130,79 Km² και ποσοστό 27,35% και τα δάση (πλατύφυλλα, κωνοφόρα, μικτά), 128,68 Km² με ποσοστό 26,90%.

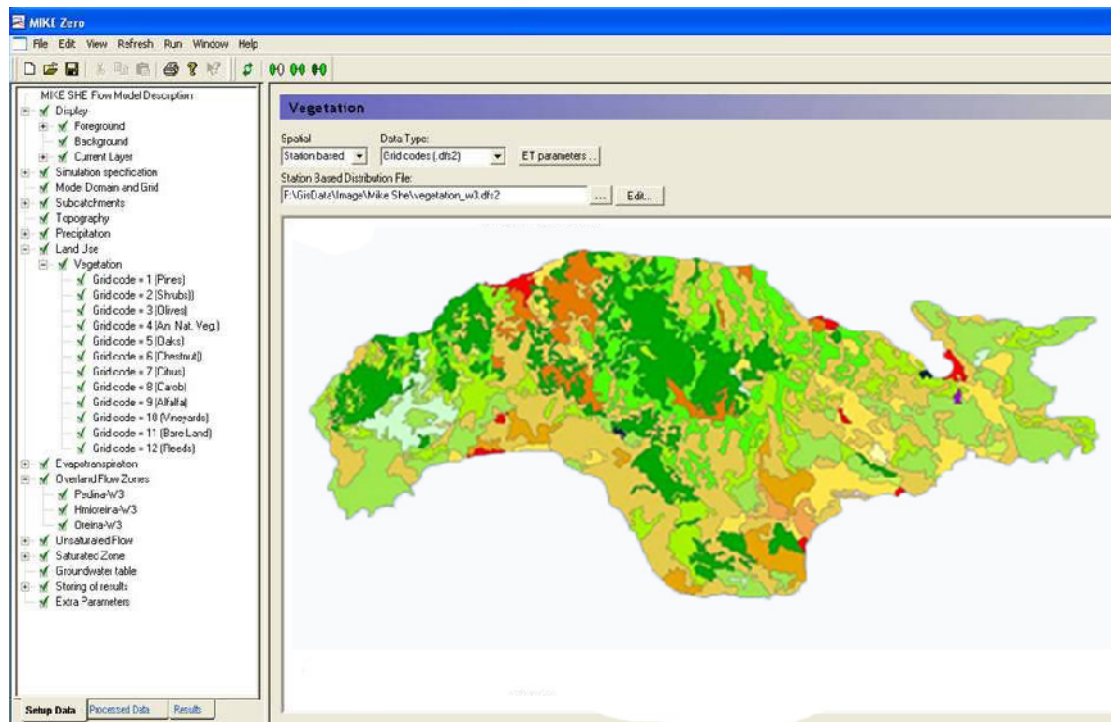
Τέλος, η κατηγορία που καταλαμβάνει την μεγαλύτερη έκταση σε Km² είναι οι δασικές και ημι-φυσικές περιοχές με έκταση 270,63 Km² και ποσοστό 56,58%. Έπειτα ακολουθούν οι αγροτικές περιοχές με έκταση 201,01 Km² και ποσοστό 42,03%, οι τεχνητές επιφάνειες με έκταση 6,37 Km² και ποσοστό 1,33% και οι υγρότοποι με έκταση 0,02 Km² και ποσοστό 0,01%.

Στο σχήμα 5.14 παρουσιάζεται ο χάρτης της Σάμου με τις χρήσεις και την κάλυψη γης και των τριών επιπέδων του προγράμματος Corine για το έτος 2000.



Σχήμα 5.14. Χάρτης απεικόνισης και των τριών επιπέδων χρήσεων και κάλυψης γης της Σάμου για το έτος 2000.

Τα αποτελέσματα της φυτοκάλυψης μετά από επεξεργασία εισήχθησαν στο υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE



Σχήμα 5.15 Απεικόνιση της φυτοκάλυψης μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE

Μετεωρολογικά – Κλιματολογικά Στοιχεία

Το γεγονός ότι η Σάμος βρίσκεται στη λεκάνη της Μεσογείου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον καιρό και το κλίμα της. Στη Σάμο μπορεί να συναντήσει κανείς τα κυριότερα στοιχεία του μεσογειακού κλίματος με τον ήπιο χειμώνα και το δροσερό καλοκαίρι. Είναι το κλίμα στο οποίο ευδοκιμούν τ' αμπέλια, οι ελιές και τα οπωροφόρα δέντρα. Γι' αυτό και στο νησί κυριαρχούν τέτοιες καλλιέργειες. Σε σχέση με τις ακτές της ηπειρωτικής Ελλάδας, που βρίσκονται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος, η Σάμος έχει πιο ζεστούς χειμώνες και πιο δροσερά καλοκαίρια. Εδώ φαίνεται η ευνοϊκή επίδραση της θάλασσας στις θερμοκρασίες του νησιού. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι πιο ζεστοί μήνες του χρόνου, ενώ τις πιο χαμηλές θερμοκρασίες τις βρίσκουμε το Φεβρουάριο. Οι βροχοπτώσεις είναι αρκετές. Συνήθως ξεκινούν στα τέλη Οκτωβρίου. Το Δεκέμβριο και Ιανουάριο έχουμε τις περισσότερες βροχές, ενώ το καλοκαίρι οι βροχές είναι σπάνιες. Όταν συμβεί να βρέξει το καλοκαίρι, η βροχή είναι απότομη και μέσα σε λίγες ώρες πέφτουν συνήθως μεγάλες ποσότητες νερού.

Η Σάμος έχει περισσότερες βροχές σε σχέση με τα υπόλοιπα κοντινά νησιά του Αιγαίου. Σ' αυτό συντελεί οπωσδήποτε το μεγάλο υψόμετρο των δύο βουνών της, του Κέρκη και του Καρβούνη. Τα βουνά αυτά επηρεάζουν σημαντικά το κλίμα του νησιού και σε άλλους τομείς. Έτσι κάποια στοιχεία του κλίματος διαφοροποιούνται από το ένα μέρος στο άλλο. Στο βόρειο και δυτικό τμήμα του, για παράδειγμα, υπάρχουν περισσότερες βροχές και υγρασία. Αυτό το ξέρουν καλά οι μελισσοκόμοι, οι οποίοι κουβαλούν κάθε καλοκαίρι τα μελίσσια τους στις βόρειες πλαγιές της Σάμου, όπου, λόγω της υγρασίας, υπάρχει περισσότερη τροφή. Ίσως και σ' αυτή την υγρασία να οφείλονται οι λιγότερες φωτιές που παρατηρούνται εκεί. Οι βόρειοι και οι βορειοδυτικοί είναι οι άνεμοι που φυσούν συχνότερα στη Σάμο. Το χειμώνα, όταν ο ΒΔ - ο μαΐστρος όπως τον λένε οι ναυτικοί - φυσάει με μεγάλη ένταση, γεννιέται η προβέντζα, ένας πολύ άσχημος καιρός, που πολλές φορές κάνει καταστροφές.

Ένα χαρακτηριστικό φαινόμενο του καλοκαιριού είναι τα μελέμια. Είναι βόρειοι άνεμοι που φυσούν με διαλείμματα από το Μάιο ως τον Οκτώβριο. Είναι εκείνες οι δυνατές φουρτούνες της βόρειας Σάμου, που όλο το καλοκαίρι και πιο πολύ τον Αύγουστο δροσίζουν ευχάριστα την ατμόσφαιρα του νησιού. Ο αέρας και η υγρασία είναι λοιπόν τα επικρατέστερα καιρικά φαινόμενα του νησιού. Το χαλάζι είναι σπάνιο. Ακόμα σπανιότερο είναι το χιόνι που, όταν σκεπάσει για λίγες ώρες τα χαμηλά, γίνεται αντικείμενο έκπληξης και χαράς. Αντίθετα, πολύ συχνά το χειμώνα οι κορυφές του Κέρκη και του Καρβούνη είναι χιονισμένες. Πάντως, η ηλιοφάνεια

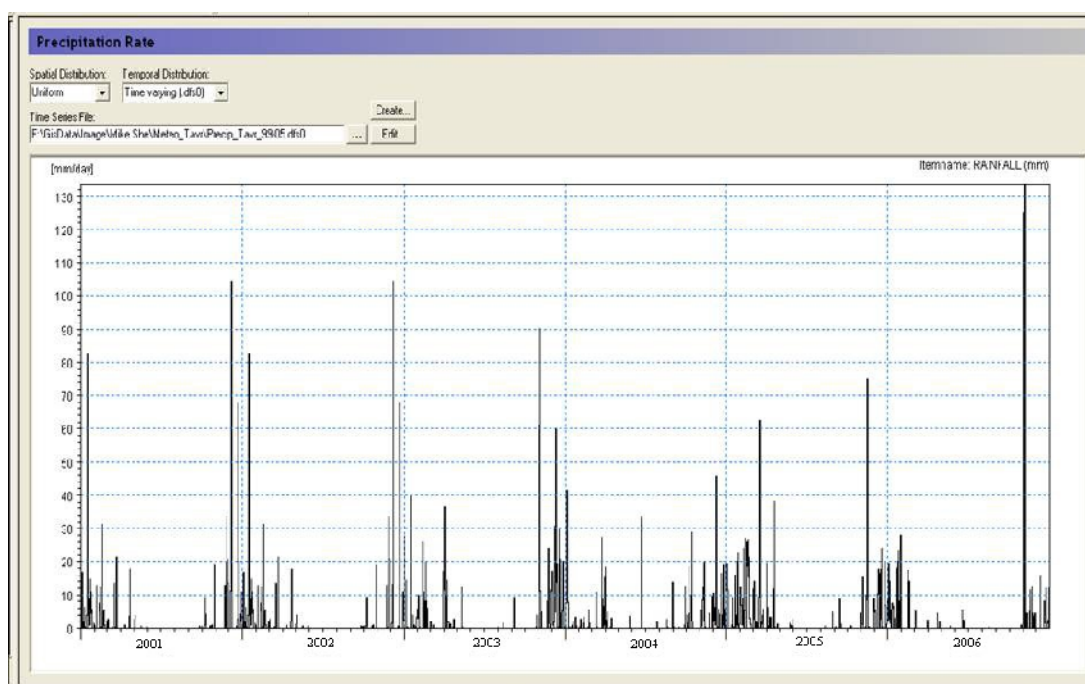
του νησιού είναι τόσο μεγάλη που κανένας δεν μπορεί να φανταστεί τη Σάμο χωρίς ήλιο και φως.

Τα μετεωρολογικά στοιχεία που επεξεργάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο αποκομίσθηκαν από την Νομαρχία της Σάμου, και συγκεκριμένα από τους δέκα μετεωρολογικούς σταθμούς τύπου CAMPBELL που διαθέτει.

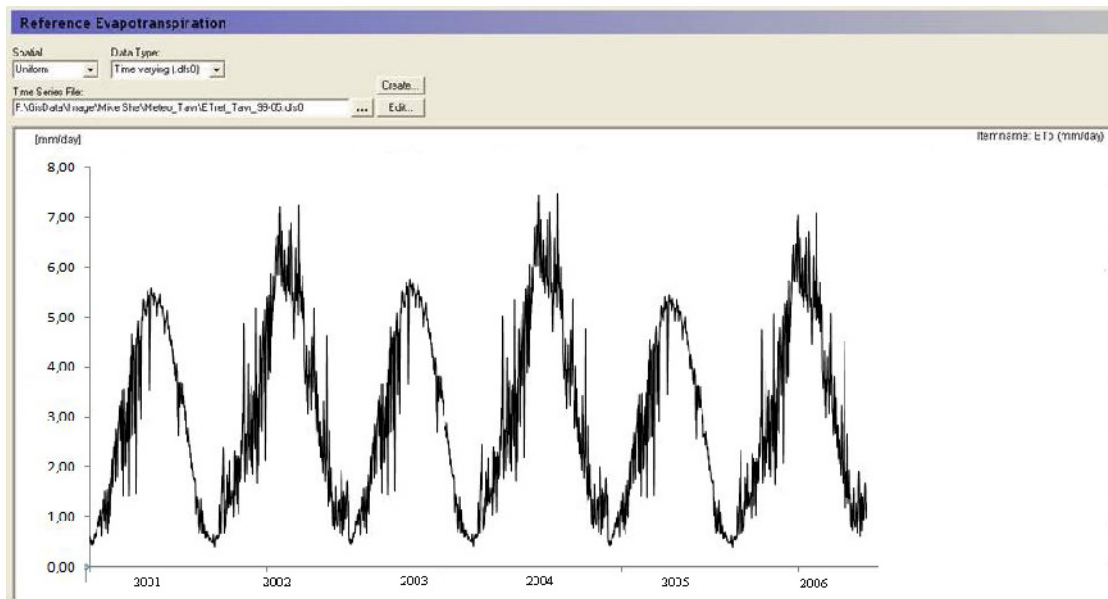
Πίνακας 5.5. Στοιχεία των σταθμών του Μετεωρολογικού Δικτύου της Σάμου.

Σταθμός	Συντεταγμένες	Υψόμετρο
Άγιος Κωνσταντίνος	North. 37° 47' 57", East. 026° 51' 17", Alt. 125m	125m
Αγρόκτημα	North. 37° 40' 56", East. 026° 52' 43", Alt. 21m	21m
Καστανιά	North. 37° 45' 16", East. 026° 41' 30", Alt. 310m	310m
Μπουρνιάς	North. 37° 41' 01", East. 026° 48' 21", Alt. 734m	734m
Μυτηλινοί	North. 37° 43' 47", East. 026° 53' 55", Alt. 254m	254m
Πάνδροσος	North. 37° 43' 40", East. 026° 49' 12", Alt. 593m	593m
Πλάτανος	North. 37° 44' 33", East. 026° 44' 53", Alt. 590m	590m
Σάμος	North. 37° 45' 06", East. 026° 58' 56", Alt. 10m	10m
Βελανδία	North. 37° 43' 10", East. 026° 42' 38", Alt. 40m	40m
Βουρλιώτες	North. 37° 46' 16", East. 026° 51' 08", Alt. 596m	596m

Τα στοιχεία επεξεργάστηκαν και μορφοποιήθηκαν έτσι ώστε να αποτελέσουν αρχείο εισαγωγής για το MIKE SHE. Παρακάτω ακολουθούν τα δύο Γραφήματα της Βροχόπτωσης και της εξατμισοδιαπνοής.



Σχήμα 5.16 Απεικόνιση της Βροχόπτωσης μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE



Σχήμα 5.17 Απεικόνιση της εξατμισοδιαπνοής μέσω του λογισμικού πακέτου MIKE SHE

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Ανάλυση Υδατικού Ισοζυγίου

Το υδατικό ισοζύγιο για τα τέσσερα υδρολογικά έτη χρόνια 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006 και το επίπεδο υδροφόρου ορίζοντα από την 1^η Οκτωβρίου κάθε έτους νερό παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.1 και 6.2 αντίστοιχα.

Στον πίνακα 6.1 εμφανίζεται το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο και πιο συγκεκριμένα η Βροχόπτωση, η Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή και η Απορροή . Στον πίνακα 6.2 περιγράφεται το εποχιακό υδατικό ισοζύγιο και για τις τέσσερις εποχές.

Πίνακας 6.1 Ετήσιο Υδατικό Ισοζύγιο

Υδρολογικό έτος	PPT (mm)	ET (mm)	RO (mm)	Μεταβολή (mm)	Λάθος mm (%)
2002-03	814	618	244	-46	-2 (0.2)
2003-04	1136	560	444	128	4 (0.4)
2004-05	906	545	414	-50	-3 (0.3)
2005-06	678	599	265	-181	-5 (0.7)
Total	3534	2322	1368	-149	-7 (0.2)

PPT – Βροχόπτωση (mm),

ET – Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (mm),

RO –Απορροή (mm),

Πίνακας 6.2 Εποχιακό Υδατικό Ισοζύγιο

Υδρολογι κό έτος	Χειμώνας(Δεκ-Μαρτ)					Ανοιξη (Απρ-Μάιος)				
	P	ET	BF	S_ _{RO}	O_ _{RO}	P	ET	BF	S_ _{RO}	O_ _{RO}
2002-03	2	3	4	15	17	1	1	-	5	6
2003-04	2	3	4	19	16	2	1	-	13	14
2004-05	3	3	6	31	34	1	1	-	3	8
2005-06	2	4	4	20	18	9	1	-	2	2
Μέσο	2	3	4	21	21	1	1	2	6	8
Υδρολογι κό έτος	Καλοκαίρι(Ιουν-Αυγ)					Φθινόπορο(Σεπ-Νοε)				
	P	ET	BF	S_ _{RO}	O_ _{RO}	P	ET	BF	S_ _{RO}	O_ _{RO}
2002-03	2	3	2	1	2	2	1	2	5	6
2003-04	2	3	2	5	4	2	7	2	6	5
2004-05	2	3	2	1	1	1	8	2	4	3
2005-06	1	3	2	2	1	-	-	-	-	-
Μέσο	2	3	2	1	2	2	9	2	5	5

PPT – Βροχόπτωση (mm), ET – Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (mm),

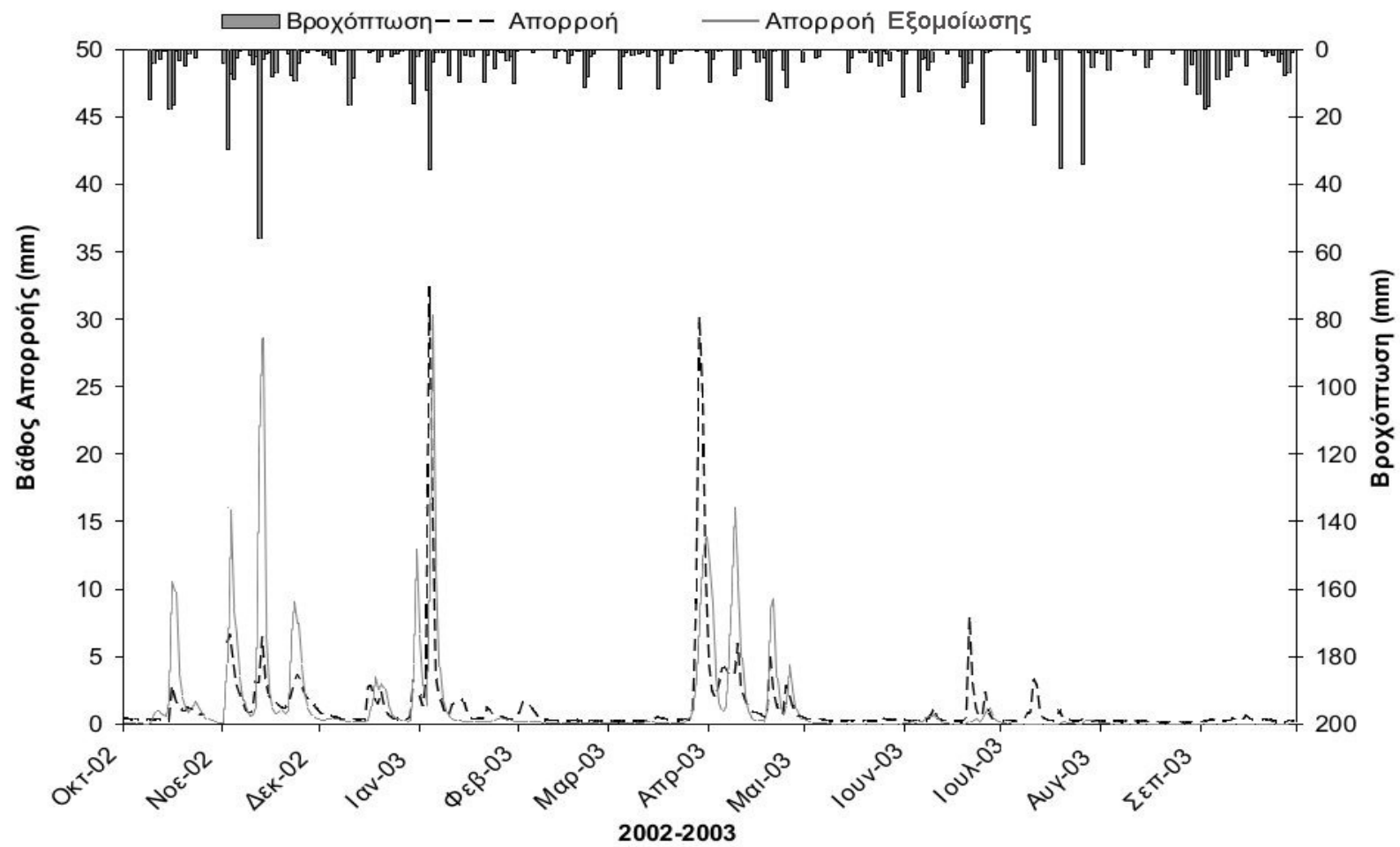
BF – Βασική Ροή (mm), Re – Επαναπλήρωση (mm),

S__{RO} – Απορροή Εξομοίωσης (mm), O__{RO} – Παρατηρηθείσα Απορροή (mm)

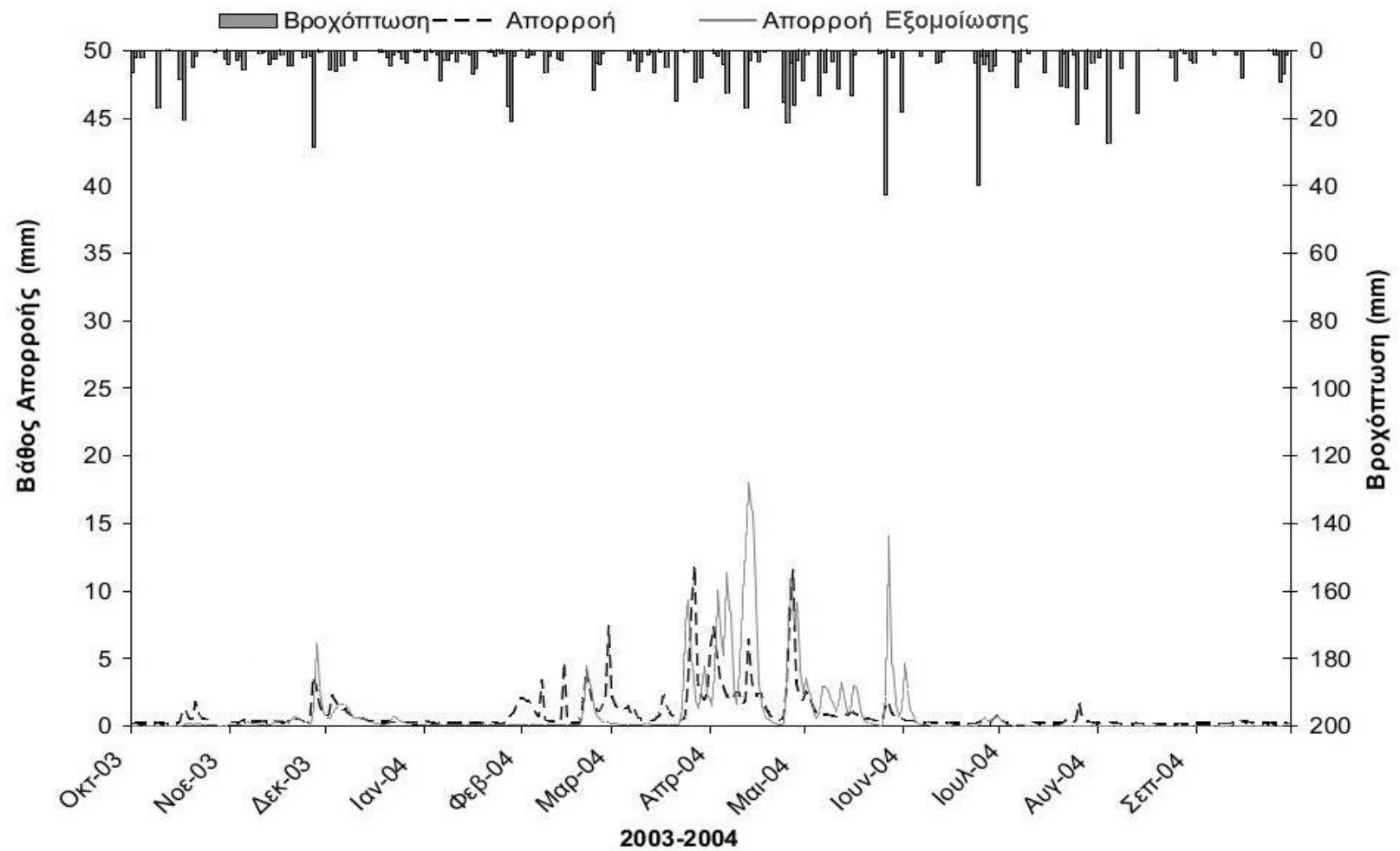
Ανάλυση Υετογραφήματος και Υδρογραφήματος

Τα υετογραφήματα μαζί με τα υδρογραφήματα για την περίοδο 2002-2006 δείχνουν ότι η προσομοίωση της απορροής συμφωνεί γενικά με την αντίστοιχη που έχει παρατηρηθεί και μάλιστα σε καλά επίπεδα. Το “timing” της προσομοίωσης και της παρατήρησης είναι πολύ καλό καθώς οι κορυφές συμπίπτουν. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, η κορυφή της απορροής προσομοίωσης είναι ελαφρώς υπέρ-ή υπό- εκτιμημένη. Αυτά τα γεγονότα απορροής ακολουθούν ως επί το πλείστον βροχοπτώσεις, με εξαίρεση την περίοδο χειμώνα / άνοιξης, όπου η απορροή συμβαίνει κυρίως λόγω της διαδικασίας λιώσιματος του χιονιού. Σε μερικές περιπτώσεις, σημειώθηκαν ανωμαλίες, πιθανώς λόγω δυσλειτουργιών κατά τη διάρκεια καταγραφής των μετρήσεων.

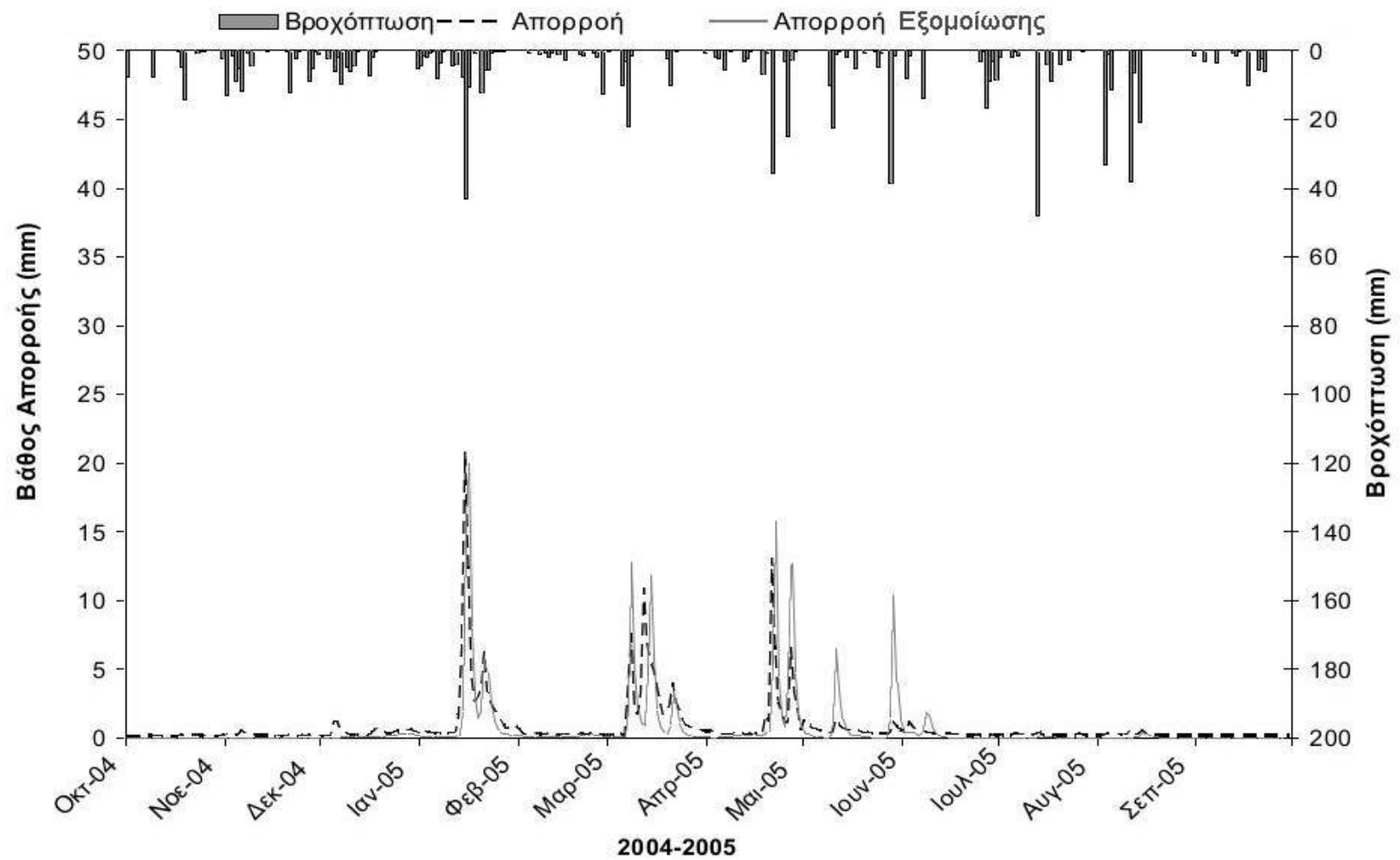
Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε τα Υετογράφηματα και Υδρογραφήματα για τα Υδρολογικά έτη 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006.



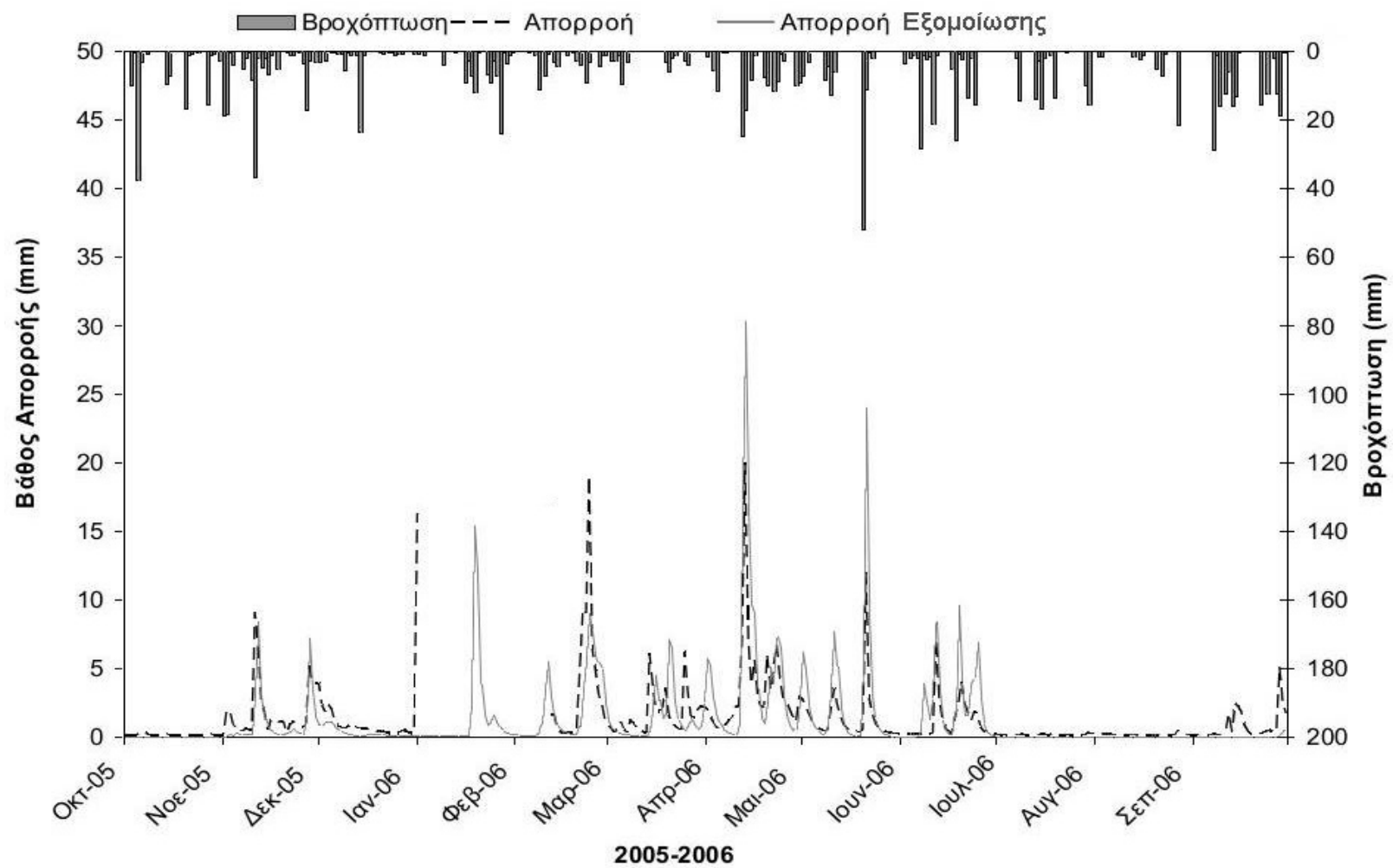
Σχήμα 6.1 . Υετογράφημα και Υδρογραφήματα για το Υδρολογικό έτος 2002-2003.



Σχήμα 6.2 . Υετογράφημα και Υδρογραφήματα για το Υδρολογικό έτος 2003-2004.



Σχήμα 6.3 . Υετογράφημα και Υδρογραφήματα για το Υδρολογικό έτος 2004-2005.



Σχήμα 6.4. .Υετογράφημα και Υδρογραφήματα για το Υδρολογικό έτος 2005-2006.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Λαμβάνοντας υπόψη όλα όσα αναπτύχθηκαν μέχρι τώρα μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα τα οποία αφορούν τα πλημμυρικά φαινόμενα που εμφανίζονται κατά τα υγρά υδρολογικά έτη και συγκεκριμένα σε περιπτώσεις ακραίων καιρικών φαινομένων όπως η έντονη βροχόπτωση άλλα και σε συμπεράσματα και μέτρα για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας κατά τη διάρκεια των ξηρών υδρολογικών ετών.

Όσον αφορά στις πλημμύρες μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα:

1. Οι πλημμύρες στη Σάμο είναι ένα φυσικό διαχρονικό φαινόμενο που καταγράφηκε τόσο στο γεωλογικό χρόνο (αλλουβιακά ριπίδια) όσο και στον ιστορικό χρόνο (θάψιμο αρχαιολογικών χώρων) αλλά συνεχίζει να εκδηλώνεται και σήμερα.

2. Η εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Σάμου οφείλεται καταρχήν σε καθαρά φυσικές διεργασίες, αλλά ενισχύεται από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις.

3. Στις υδρολογικές λεκάνες, τα πλημμυρικά φαινόμενα που εκδηλώνονται οφείλονται περισσότερο σε φυσικούς παράγοντες, λόγω της εισόδου του νερού από την ορεινή στην πεδινή περιοχή, με μεγάλη κινητική ενέργεια και στερεοπαροχή, στις υπό διαμόρφωση και γεωλογικά πρόσφατες, κοίτες των αλλουβιακών ριπιδίων. Τα προβλήματα εστιάζονται πολλές φορές στις κοίτες των ποταμών και ρεμάτων.

Λαμβάνοντας επίσης υπόψη ότι:

a. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των πλημμυρικών φαινομένων δεν είναι γνωστά για την περιοχή, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να προβλεφθεί η εκδήλωσή τους. Η συνεχής παρακολούθηση των καιρικών φαινομένων με μεγάλη χρονική ανάλυση μπορεί να τροφοδοτήσει με κρίσιμα στοιχεία ένα μοντέλο αντίδρασης των επιμέρους λεκανών στα ακραία καιρικά φαινόμενα. Λαμβάνοντας υπόψη τα γεωλογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά κάθε υπολεκάνης, είναι δυνατό να προβλέπεται η αύξηση της παροχής των ρεμάτων και να υπάρχει χρόνος αντίδρασης και επέμβασης, ακόμα και αν δεν έχουν γίνει αντιπλημμυρικά έργα

b. Η αντιπλημμυρική προστασία πρέπει να ξεκινά από τις ορεινές περιοχές, έτσι ώστε να μετριάζεται το φαινόμενο εν τη γενέσει του. Έτσι είναι πιο εύκολη η

παρέμβαση. Αντίθετα, αν η αντιπλημμυρική προστασία εστιαστεί στις πεδινές περιοχές πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις μεγάλης κλίμακας με αμφίβολα αποτελέσματα και δυσανάλογο κόστος.

c. Ο σχεδιασμός των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας πρέπει να βασίζεται σε μελέτη με πραγματικά δεδομένα των μηχανισμών απορροής και κυρίως σε υδρομετεωρολογικά δεδομένα (βροχοπτώσεις, παροχές κ.λπ) επί μεγάλο χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να περιλαμβάνει συνήθεις και ακραίες συνθήκες.

d. Να συνδυαστεί ο σχεδιασμός έργων αντιπλημμυρικής προστασίας με τη δυνατότητα τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων στις περιοχές που μπορεί να γίνει αυτό.

Σε ότι αφορά τώρα το υδατικό ισοζύγιο στα τέσσερα υδρολογικά έτη που εξετάστηκαν μόνο στο ένα το ισοζύγιο αυτό είχε θετικό πρόσημο με αποτέλεσμα το γενικό σύνολο να είναι αρνητικό και μάλιστα σημαντικό για τη μικρή περίοδο των τεσσάρων χρόνων. Κρίνουμε πως το νερό που απορρέει είναι πολύ μεγάλο ποσοστό της τιμής της βροχόπτωσης κι η επαναπλήρωση των ζωνών του υπόγειου υδροφόρου είναι ελλιπής. Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα τη σημαντική έλλειψη νερού κυρίως τους θερινούς μήνες τους οποίους είναι αναγκαίο για την αστική χρήση, τη γεωργία και τον τουρισμό.

Μία δέσμη μακροπρόθεσμων έργων τα οποία θα εστίαζαν στην αύξηση του διαθέσιμου νερού αλλά και στη μείωση της κατανάλωσης θα μπορούσαν να είναι :

- Κατασκευή Φραγμάτων.
- Τεχνητός Εμπλουτισμός.
- Μεταφορά νερού.
- Χρήση υποβαθμισμένων νερών. (αφαλάτωση – ανακύκλωση)
- Εκσυγχρονισμός – ανακατασκευή αρδευτικών και υδρευτικών δικτύων.
- Ανακύκλωση νερού.
- Αναδιάρθρωση καλλιεργειών
- Γεωπονικές τεχνικές μείωσης της κατανάλωσης.
- Τιμολογιακή πολιτική

Για τον ίδιο λόγο θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και άλλα μέτρα άμεσου χαρακτήρα τα οποία όμως δεν αναμένεται να έχουν την αποτελεσματικότητα των προηγούμενων. Τέτοια άμεσα μέτρα που και αυτά με τη σειρά τους προσβλέπουν

τόσο στην αύξηση του διαθέσιμου νερού όσο και στη μείωση της κατανάλωσης είναι:

- Επισκευή δικτύων διάθεσης νερού (μείωση απωλειών).
- Χρήση γεωτρήσεων.
- Διάνοιξη νέων γεωτρήσεων. (2και 3 υπερεκμετάλλευση υπόγειων υδάτων)
 - Πληροφόρηση κοινού (φυλλάδια, αφίσες, σποτ τηλεο/κά – ραδιο/κά, συγκεντρώσεις).
 - Μείωση ή απαγόρευση διαφόρων χρήσεων. (κήποι, αυλές, πλύσιμο αυτοκινήτων, μπάνια, τουαλέτες...)
 - Αλλαγή μεθόδων και συνηθειών άρδευσης.
 - Καλλιεργητικές φροντίδες για μείωση αναγκών νερού.
 - Μείωση ετήσιων υδροβόρων καλλιεργειών.
 - Ορθολογική άρδευση (ελάχιστες αναγκαίες ποσότητες, κυρίως στις ελιές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Appelo, C. A. J. (1985). □CAC, Computer Aided Chemistry, for the Evaluation of Groundwater Quality with a Geochemical Computer Model (in Dutch)□. H2O 26, pp. 557-562.
- Buras, N. (1966). □Conjunctive Operation of Dams and Aquifers□. Journal of Hydraulics Div., Amer. Soc. of Civil Engrs., V. 89, No. HY6, pp. 111-131.
- Buras, N. (1972). □Scientific Allocation of Water Resources□. American Elsevier Publishing Company. New York.
- Chankong, V. and Y. Y. Haines (1983). □Multiobjective Decision Making: A Theory and Methodology□. Elsevier Science Publishing, New York.
- Chave P., The EU Water Framework Directive – An introduction, IWA Publishing, London, 2001
- Cohon. J. L. (1978). □Multiobjective Programming and Planning□. Academic Press, New York.
- Domenico, P. A. (1972). □Concepts and Models in Groundwater Hydrology□. Mc Graw-Hill Book Company. 405 pp., New York.
- Dreyfus, H., and Dreyfus, S. (1986). Mind over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer, Free Press.
- Edgar, T. F. and D.M. Himmelblau (1988). □Optimization of Chemical Processes□. Mc Graw - Hill, New York.
- Eom, S. B., Lee, S. M., Kim E. B., and Somarajan, C. (1998). A survey of decision support system applications (1994-1998), Journal of Operational Research.
- Extence, C. A. , Bates A. J. , Forbes W. J. and Barham P. J. (1987). “Biologically based water quality management”. Environmental Pollution, Vol. 45, pp. 221 – 36.
- French, S. (2000). Decision Analysis and Decision Support Systems, 3rd draft edition.
- Friedrich G. , Chapman D. and Bein A. (1996). “The use of biological material”. In: Chapman D. ed. , Water Quality Assessments, E. and F. N. Spon, London, pp. 174 – 242.

- Gass, S.I. (1963). Linear Programming and Extensions. Princeton University Press, Princeton, N. Jersey.
- Gibbs, R. (1970). □Mechanisms Controlling World Water Chemistry□. Science 170, pp. 1088-1090.
- Grigg, N. S. (1996). Water Resources Management, McGraw-Hill, New York.
- Hawkes H. A. (1998). “Origin and development of the Biological Monitoring Working Party score system”. Water Research, Vol. 32, pp. 964 – 8.
- Hellowell J. M. (1986). “Biological indicators of freshwater pollution and environmental management”. Elsevier Applied Science, London.
- Hellowell J. M. (1986). “Biological surveillance of rivers”. Water Research Centre, Stevenage.
- Henderson, J. M. and R. E. Quandt (1980). □Microeconomic Theory: A Mathematical Approach□. Mc Graw - Hill, New York.
- Hiller, F. S. and G. J. Liebermann (1990). Introduction to Operations Research, 5th Edition, Mc Graw-Hill Inc., New York.
- Howe, C. W. (1971). □Benefit - Cost Analysis for Water System Planning□. Water Resources Monograph 2, American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Kirpich, Z. (1940). □Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds□. Civil Eng., Vol. 10, No 6.
- Mandel, S. and Z. Shiftman (1981). □Groundwater Resources. Investigation and Development□. Academic Press, N.Y. - London, 269 pp.
- Mays, L. W. and Y-K. Tung (1992). □Hydrosystems: Engineering and Management□. Mc Graw-Hill Inc. New York.
- Mc Gample M. L. Lucey J. and Clabby K. C. (1992). “Biological assessment of river water quality in Iceland”. In: Newman P. J. , Piavaux M. A. and Sweeting R. A. eds, River Water Quality: Ecological Assessment and Control, office for the official Publications of the European Communities, Luxembourg, pp. 371 – 97.
- Mc Garrigle, M. L., Lucey, J. and Clabby, K. C., 1992 Biological assessment of river water quality in Ireland. In: Newman, P. J., Piavaux, M. A., and Sweeting, R. A., eds, River Water Quality: Ecological Assessment and Control, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. pp 371 – 97.

- MIKE SHE, 2004 DHI
- MIO-ECSDE (2007). Στοιχεία για το Νερό και τη Λειψυδρία. Ecocrete.gr, Το βήμα των Οικολογικών και Περιβαλλοντικών Ομάδων της Κρήτης, 23 Μαρτίου
- Nutall, D., 1983 The use of an objective index as an aid to water quality management in Ireland. *Irish Journal of Environmental Science*, 2, 19 – 31.
- Perlman, H., Makropoulos, C., and Koutsoyiannis, D. (2005). The water cycle, United States Geological Survey.
- Premazzi, G. and Chiaudani, G., 1992 Current approaches to assess water quality in lakes. In: Newman, P. J., Piavaux, M. A., and Sweeting, R. A., eds, *River Water Quality: Ecological Assessment and Control*, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. pp 249 – 308.
- Rathbum R. E. (1977). □Reaeration coefficients of streams - state of the art□. *J. of Hydraulics Div. , ACSE*, 103, 409-424 pp..
- Sage, A. P. (1993). *Associates systems for decision support, Information and Decision Technologies*.
- Streeter, H. and E. Phelps (1925). □A Study of the Purification of the Ohio River□. *U.S. Publ-Health Service Bull. No 146*, Washington, D.C.
- Taha, A. T. (1987). “Operations Research: An Introduction”. Macmillan, New York.
- Thorpe W. E. and Williams I. L. (1980). “A guide to the use of algae for the biological surveillance of rivers”. *Technical Memorandum 20*, Water Data Unit, Reading, UK.
- Todd, D. K. (1959). □Ground Water Hydrology□. Wiley International Edition, 336 pp.
- Turban, E., and Aronson, J. (1998). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Turc, L. (1954). □Le bilan d’ eau des sols. Relations entre les précipitations l’ évaporation et l’ ecouiement. *Ann. Agronomiques IV 1954: 491-595*, Versailles.
- Watkins, D. W., and McKinney, D. C. (1995). Recent developments associated with decision support systems in water resources, U.S. National Report to International Union of Geodesy and Geophysics 1991-1994,

Reviews of Geophysics, Vol. 33 Supplement 1995, American Geophysical Union.

- Winston, W. L. (1987). "Operations Research: Applications and Algorithms". PWS - Kent Publisher, Boston.
- Winston, W. L. (1994). Operations Research, Applications and Algorithms, 3rd edition, Duxbury, Belmont.
- World Commission on Dams (2000). Dams and Development: A New Framework for Decision-Making.
- Wright J. F. , Furse M. T. and Armitage P. D. (1993). "PIVPACS – a technique for evaluating the biological quality of rivers in the UK". European Water Pollution Control, Vol. 3, pp. 15 – 25.
- Ασημακόπουλος, Δ. (2008). Προοπτικές και Εργαλεία για την Ορθολογική Διαχείριση της Ζήτησης Νερού. Παρουσίαση στο πλαίσιο της ημερίδας «Το νερό στην εποχή της κλιματικής αλλαγής». Αθήνα, 28 Μαρτίου.
- Βαράνου, Α., Δασακλής, Α., Φωτόπουλος, Φ., και Μπαλτάς, Ε. (2005). Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Σημειώσεις του μαθήματος "Διαχείριση Υδατικών Πόρων" του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Γανίδου, Μ. (2002). Νερό, Μέσο Ζωής, Ανάγκη Προστασίας, Καταναλωτικά Βήματα,
- Γιουρουκέλη, Μ. (2008). Χάνονται 1,6 δις. km³ νερού το χρόνο στην Ελλάδα. ΗΜΕΡΗΣΙΑ,
- Ευστρατιάδης, Α. και Καραβοκυρός, Γ. (2007). Το μαθηματικό μοντέλο του Υδρονομέα, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Ευστρατιάδης, Α., και Κουτσογιάννης, Δ. (2004). Κασταλία (έκδοση 2.0): Σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, Τεύχος 23, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων-ΕΜΠ, Αθήνα.
- Ευστρατιάδης, Α., Καραβοκυρός, Γ., Κουκουβίνος, Α., Κουτσογιάννης, Δ., Μαμάσης, Ν., Ναλμπάντης, Ι., Ρόζος, Ε., Νασίκας, Α., Νικολόπουλος, Δ., Κούτρα, Μ. (2004). Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της

Αθήνας - Έτος 2003-2004, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, ΕΜΠ, Αθήνα.

- 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.
- Ευστρατιάδης, Α., Κουτσογιάννης, Δ., Κοζάνης, Σ. (2005). Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών «Κασταλία», Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ), Τεύχος 3, ΕΜΠ, Αθήνα. την 4η Προγραμματική Περίοδο 2007-2013, Αθήνα.
- Ευστρατιάδης, Α., Μαμάσης, Ν., Κουτσογιάννης, Δ. (2007). Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων σε προβλήματα διαχείρισης υδατικών πόρων, Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος "Διαχείριση Υδατικών Πόρων" του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Καραβίτης Χ. , 2005 Διαχείριση Περιβάλλοντος
- Καραβοκυρός, Γ. (2001). Η διαχείριση των πόρων για την ύδρευση της Αθήνας-Το υπολογιστικό σύστημα Υδρονομέας, ΤΑ ΝΕΑ ΤΟΥ ΣΕΓΜ, Σεπτέμβριος-Οκτώβριος. Καραβοκυρός, Γ., Ευστρατιάδης, Α., Βαζίμας, Ι. (2007). Υδρονομέας έκδοση 4: Υπολογιστικό Σύστημα Προσομοίωσης και Βέλτιστης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές Α.Ε., Αθήνα.
- Καραβοκυρός, Γ., Ευστρατιάδης, Α., Κουτσογιάννης, Δ. (2004). Υδρονομέας (έκδοση 3.2): Σύστημα υποστήριξης της διαχείρισης υδατικών πόρων, Τεύχος 24, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Καρανίκας, Χ. (2008). SOS για τη Λειψυδρία σε όλη τη Χώρα. ΤΑ ΝΕΑ, 11 Σεπτεμβρίου.
- Κοζάνης, Σ., Χριστοφίδης, Α., Ευστρατιάδης, Α. (2005). Περιγραφή συστήματος διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων «Υδρογνώμων», Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα ΟΔΥΣΣΕΥΣ, Τεύχος 2, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Κολοκυθά, Ε. (2000) Η σταγόνα και το γκαζόν: Αυτοί που καταναλώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες νερού πληρώνουν από ελάχιστα έως καθόλου, Το

- ΒΗΜΑ, 12 Ιανουαρίου. Κουσουρής, Θ. (2008). Βιωματικά Εργαλεία Ευαισθητοποίησης ως προς το Νερό, τις Αξίες και Λειτουργίες του.
- Κουσουρής, Θ. (2007). ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ (Προέλευση, Ταξινόμηση, Κατανομή, Αποθέματα, Υγρότοποι, Αξιοποίηση, Διαχείριση).
 - Κουτσογιάννης, Δ. (1999). Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας, Διαμόρφωση θεσμικού πλαισίου ποιότητας πόσιμου νερού της πρωτεύουσας, ΕΜΠ, Αθήνα.
 - Κουτσογιάννης, Δ. (2001). Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων στη διαχείριση υδατικών πόρων: Η περίπτωση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, 2η Ημερίδα της ΕΥΔΑΠ για την Παγκόσμια Ημέρα Νερού, Αθήνα, 22 Μαρτίου.
 - Κουτσογιάννης, Δ. (2007). Εισαγωγή: έννοιες, μεθοδολογία, μεγέθη, πλαίσιο διαχείρισης υδατικών πόρων στην Ελλάδα, Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος "Διαχείριση Υδατικών Πόρων" του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
 - Κουτσογιάννης, Δ. (2007). Έργα Αξιοποίησης των Υδατικών Πόρων, Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος "Διαχείριση Υδατικών Πόρων" του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
 - Κουτσογιάννης, Δ. (2007). Νερό και Αστική Ανάπτυξη, Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος "Διαχείριση Υδατικών Πόρων" του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
 - Κουτσογιάννης, Δ. και Ευστρατιάδης, Α. (2003). Εμπειρία από την ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση μεγάλης κλίμακας υδροσυστημάτων της Ελλάδας, Πρακτικά της Ημερίδας "Μελέτες και Έρευνες Υδατικών Πόρων στον Κυπριακό Χώρο", Σιδηρόπουλος, Ε. και Ιακωβίδης, Γ. (επιμ.), ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
 - Κουτσογιάννης, Δ., Ανδρεαδάκης, Α., Μαμάσης, Ν. (2005). ΟΔΥΣΣΕΥΣ: Πληροφοριακό σύστημα για την προσομοίωση και διαχείριση υδροσυστημάτων, 15η συνάντηση Ελλήνων χρηστών του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (G.I.S.) ArcInfo-ArcView-ArcIMS, Marathon Data Systems, Αθήνα.
 - Κουτσογιάννης, Δ., και Ευστρατιάδης, Α. (2002). Κασταλία: Σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

- Κουτσογιάννης, Δ., Μαμάσης, Ν., Ευστρατιάδης, Α. (2007). Σχηματοποίηση υδροσυστήματος, προσφορά, ζήτηση, Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος "Διαχείριση Υδατικών Πόρων" του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Λέκκας, Θ. (1996). Περιβαλλοντική Μηχανική Ι, Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Πανεπιστήμιο
- Μαμάσης, Ν. (2007). Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος "Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη" του Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μεσόγειος SOS (2008). Η λειψυδρία προ των πυλών, Δίκτυο Μεσόγειος SOS.
- Μιμίκου, Μ. και Φωτόπουλος, Φ. (2004). Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Σημειώσεις του Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μιμίκου, Μ. (2001). Κι όμως είναι αγαθό εν ανεπαρκεία- Ελλάδα: Και «πνιγμένη» και διψασμένη, ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ, 21 Αυγούστου.
- Μοντεσάντου, Β. (1999). Σημειώσεις Λιμνολογίας-Ποτάμια Υδροσυστήματα. Διάλεξη του
- Μόσχου, Ν. (2008) Προβληματική η Διαχείριση των Υδάτων σε Πανευρωπαϊκό Επίπεδο, Act click, e-εφημερίδα, 21 Μαρτίου-21 Απριλίου, Έτος 2ο, Τεύχος 38ο.
- Μουλαΐδου, Φ. και Τσακαλίδου, Φ. (2004). Το πρόβλημα του Νερού, Λευκωσία.
- Μπεριάτος Η., Αραβώσης Κ., Κούγκολος Α., Καραγιαννίδης Α., Περκουλίδης Γ., Κολτσίδα Ε., Θεσμικό πλαίσιο και πολιτική διαχείρισης στερεών αποβλήτων – Εξελίξεις και προοπτικές, ΠερΔικ 2003, 306.
- Μυλόπουλος Ν., Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμ. Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας 2001.
- Μυλόπουλος, Ι. (2000). Αγαθό εν ανεπαρκεία, ΤΟ ΒΗΜΑ, 12 Νοεμβρίου.
- Μυλόπουλος, Ι. (2000). Διαχείριση της Ζήτησης και Κοστολόγηση Νερού, Ελληνική Επιτροπή Υδάτων.
- Μυλόπουλος, Ι. (2007). Νερό ο Επόμενος εφιάλτης, xIaxanas, 10 Αυγούστου.
- Μυλόπουλος, Ι. (2008). Είναι το νερό Οικονομικό Αγαθό;, Σόλων, 1 Αυγούστου.

- Μωράκη, Χ. (2008). Ο πλανήτης διψάει, Act click, e-εφημερίδα, 21 Μαρτίου-21 Απριλίου, Έτος 2ο, Τεύχος 38ο.
- Νασίκας, Α. (2003). Διαχείριση εξωτερικού υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας. ΕΥΔΑΠ Α.Ε. Λάρνακα, 22 Μαρτίου.
- Ξανθόπουλος, Θ. και Κουτσογιάννης, Δ. (1997). Υδατικοί Πόροι, Τεχνολογία &
- Ξένος, Δ. (2002). Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νερού: το κλειδί για την αειφορία των υδατικών πόρων, ΥΔΡΟΡΑΜΑ 2002, 3ο Διεθνές Φόρουμ., Αθήνα.
- Παναγιωτίδης, Π. (2007). Διαχείριση Υδατικών Οικοσυστημάτων Παράκτια & Μεταβατικά Ύδατα Μέρος α: Θάλασσες, Διάλεξη του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Παναγιωτίδης, Π. (2007). Διαχείριση Υδατικών Οικοσυστημάτων Παράκτια & Μεταβατικά Ύδατα Μέρος β: Λιμνοθάλασσες, Διάλεξη του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Παναγιωτίδης, Π. (2007). Διαχείριση Υδατικών Οικοσυστημάτων Παράκτια & Μεταβατικά Ύδατα Μέρος γ: Ακτή, Διάλεξη του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Παναγιωτίδης, Π. (2007). Υδατικά Οικοσυστήματα: Εσωτερικά Ύδατα, Διάλεξη του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Παναγιωτίδης, Π. (2007). Υδατικά Οικοσυστήματα: Παράκτια & Μεταβατικά Ύδατα, Διάλεξη του Δ.Π.Μ.Σ. "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, Αθήνα..
- Παναγιώτου, Ι. (2008). Παγκόσμιο πρόβλημα η έλλειψη νερού, ΑΙΧΜΕΣ, 28 Μαρτίου.
- Πληροφορική, Εκπαιδευτική Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια: Εκδοτική Αθηνών.
- Σκούλλος, Μ. (2002). Προβλήματα στην αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, Ελληνικοί υδατικοί πόροι-μια ρεαλιστική προσέγγιση, Συνέδριο, Αθήνα, 25 Μαΐου. Σούλιος, Γ. (2008). Εκμετάλλευση και Διαχείριση Υπογείου Νερού, Τμήμα Γεωλογίας- Τομέας Γεωλογίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Σουφλιάς, Γ. (2008). Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων,

- Στουρνάρας, Γ. (2007). Νερό. Περιβαλλοντική Διάσταση και Διαδρομή, Αθήνα: Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.
- Σύλλας, Χ. (2008). Πρόχειρο το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων, ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ.
- Τερζής, Γ. (2006). Τεράστια σπατάλη νερού για άρδευση, ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 17 Μαΐου.
- Τεχνική Υδρολογία, Τσακίρης, Γ. (επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Τσακίρης, Γ. (1995). Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Υδατικοί Πόροι: Ι.
- Τσακίρης, Γ. (2001). Διαχείριση Υδατικών Πόρων για την Ειρήνη την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον, Αιγαίο-Νερό-Βιώσιμη Ανάπτυξη, Συμπόσιο του Υπουργείου Αιγαίου, Πάρος, 6-7 Ιουλίου.
- Τσακίρης, Γ. (2008). Λειψυδρία: παροδικό ή μόνιμο φαινόμενο;, *Kykladesnews*, 5 Ιουνίου.
- Χαϊνταρλής Μ., Η Οδηγία 2000/60 για τα νερά και η ορθή ενσωμάτωσή της στην ελληνική νομική και διοικητική πραγματικότητα, Εισήγηση στο 3ο Συνέδριο Ανάπτυξης της Θεσσαλίας (Επιστημονικό συνέδριο για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και την αειφόρο ανάπτυξη στη Θεσσαλία), Λάρισα, 12 – 13 Δεκεμβρίου 2003.