

**ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΣΤΥΜΦΑΛΙΑΣ (Ν. ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ)¹**

ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ, Κ.², ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ, Α.³, ΜΑΡΚΑΝΤΩΝΗΣ, Κ.⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή επιχειρείται ο καθορισμός του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης της Στυμφαλίας, που βρίσκεται στο ΝΔ/κό τμήμα του Νομού Κορινθίας. Προς τούτο έγινε επεξεργασία και αξιολόγηση των υδρολογικών δεδομένων της λεκάνης για την περίοδο 1975-1999. Από την κατάρτιση του υδρολογικού ισοζυγίου στη λεκάνη Στυμφαλίας διαπιστώνεται η ύπαρξη αξιόλογου υδατικού δυναμικού. Το δυναμικό αυτό δεν αποτελεί τμήμα ενός στρατηγικού σχεδίου διαχείρισης των υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής. Η ορθολογική διαχείρισή του θα μπορούσε να συμβάλει αφενός στην ανάδειξη και ανάπτυξη της περιοχής και την προσέλκυση ήπιων οικονομικών δραστηριοτήτων σ' αυτήν και αφετέρου στην άμβλυνση του προβλήματος υδροδότησης τμήματος του Νομού που δεν είναι ευνοημένο υδρολογικά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Υδρολογικό ισοζύγιο, διαχείριση υδατικών πόρων, λεκάνη Στυμφαλίας, Κορινθία

KEY WORDS: Hydrological balance, Water resources management, Stimpfalia basin, Prefecture of Korinthos, Greece

ABSTRACT

An estimate of the Stimpfalia basin water balance is attempted in this study. The basin is located in the southwestern part of Corinth's Prefecture and has an areal extent of 218 km², including the adjacent basin of Pellini. In the lowest part of the basin the homonymous shallow lake, which is one of Greece's mountain lakes, is formed and covers some 750 hectares. During the dry period its extent reduces to 350 hectares and the pressure on the lake's ecosystem is profound. The prevailing geological formation of the surrounding mountainous region is limestone, whilst the lakebed is formed of impermeable fine sediments. Numerous karstic springs emerge in the basin, predominantly at the edge of the karst outcrop. The lake is recharged from the karstic springs and also via the manmade drainage tunnel of the Pellini basin, whilst natural surface runoff also contributes to a minor extent. The area's population exhibits a steady decrease, which between 1981 and 2001 is 22%, thus raising a serious demographic issue. Paradoxically, on the same time irrigation demands increase.

Hydrological data for the period 1975-1999 were used and linear regression was applied in order to complete the missing monthly data. The control of the Homogeneity control of precipitation data was based on the double mass curve method. Mean annual precipitation is 767 mm at 600 m a.s.l., and increases with altitude by 53 mm/100m. December is the wettest month and July the driest. About 42.6% of annual precipitation occurs in winter and only 8.3% in summer. Annual precipitation time series exhibit a declining trend in the last 20 years. The rainfall-altitude relationship was used to determinate rainfall volume, which is 230.5×10^6 m³/year.

Actual evapotranspiration and water surplus were calculated applying the Thornthwaite model. Potential evapotranspiration was initially calculated using the mean monthly temperature. Evapotranspiration losses are computed to 117×10^6 m³/year and the actual evapotranspiration coefficient ranges from 49% to 58% of the annual precipitation. The total volume of water that contributes to groundwater recharge amounts to 44.3×10^6 m³/year. A large volume of water is comprising the surface runoff (69×10^6 m³/year). The annual values of water surplus (infiltration and runoff) are proportional to precipitation.

1:HYDROLOGICAL BALANCE AND POSSIBILITIES OF SUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT IN STIMFALIA BASIN (PREFECTURE OF KORINTHOS)

2:Εργαστήριο Υδρογεωλογίας Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 26110 Ρίο, Πάτρα

E-mail: Kvoudour@internet.gr

3:Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων, Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, ΒΙ.ΠΕ. Σίνδου, 57400,

E-mail: Panagopoulos.lri@nagref.gr

4:Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών Ε.Μ.Π. Ζωγράφου, 15780, Αθήνα

A considerable fraction of surface runoff is augmenting lowland Corinthia irrigation networks via Hadrian's aqueduct and the river Asopos. Application of a rational water resources management scheme based on conjunctive use of surface and groundwater is imperative for economic and social development of the area. Based on the results of the study, a set of measures are proposed in order to achieve sustainable water resources management on a regional scale.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λεκάνη της Στυμφαλίας καταλαμβάνει το ΝΔ/κό τμήμα του Νομού Κορινθίας στα όρια με τους Νομούς Αργολίδας και Αρκαδίας. Συνδέεται διαμέσου σήραγγας (Παπαρρηγόπουλου) με την κλειστή λεκάνη Κλημεντίου-Καισαρίου ή Πελλήνης (38 km²) με την οποία αποτελούν μια ενιαία υδρολογική λεκάνη με εμβαδόν 218 Km². ΝΔ/κά χωρίζεται από τη λεκάνη του Φενεού με το όρος Μαυροβούνι (Σχ. 1). Αποστραγγίζεται προς τα Α/κά μέσω της σήραγγας Σούρι στην υδρολογική λεκάνη του Ασωπού ποταμού. Στη σήραγγα Σούρι οδηγούνται μέσω του Βοχαϊκού αύλακα και οι επιφανειακές επιφανειακές απορροές της λεκάνης Κλημεντίου-Καισαρίου, καθώς και οι πηγαίες εκφορτίσεις του ορεινού όγκου Κυλλήνης. Στο χαμηλότερο τμήμα της λεκάνης (600 m α.ε.θ.) σχηματίζεται η λίμνη της Στυμφαλίας, η οποία είναι ρηχή με μέγιστο βάθος 4-5 m και αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό στοιχείο της περιοχής (Σπινθάκης-Βουδούρης, 1998). Η έκτασή της κυμαίνεται από 3.500 στρέμματα (τέλος ξηρής περιόδου) έως 7.500 στρέμματα (τέλος υγρής περιόδου).

Στην παρούσα εργασία με βάση τα υδρομετεωρολογικά στοιχεία της περιόδου 1975-1999 παρουσιάζεται το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης Στυμφαλίας και προτείνεται δέσμη μέτρων για την ορθολογική αξιοποίηση των υδατικών πόρων της περιοχής. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται έχουν προκύψει από την εκπόνηση υδρογεωλογικών μελετών, οι οποίες συντάχθηκαν για λογαριασμό της ΔΕΥΑ Κορίνθου με αντικείμενο το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης, καθώς και το καθεστώς λειτουργίας της λίμνης και τις πιθανές επιδράσεις σ' αυτό από την εκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών πόρων της περιοχής.

2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού εμβαδού της λεκάνης καταλαμβάνει το όρος Κυλλήνη (Ζήρια) και το βόρειο τμήμα του όρους Ολίγυρτου. Ο ορεινός όγκος της Κυλλήνης αναπτύσσεται σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 500 m και η υψηλότερη κορυφή έχει υψόμετρο 2.374 m. Η μέση μορφολογική κλίση είναι 25,2% με διακυμάνσεις (20-39%) για τα υψόμετρα από 600 έως 2.300 m. Το μεγαλύτερο ποσοστό του ορεινού όγκου (82%) αναπτύσσεται μεταξύ των υψομέτρων 800 και 1.900 m. Το μέσο υψόμετρο της ορεινής ζώνης ανέρχεται σε 1.550 m και ολόκληρης της λεκάνης σε 1.180 m. Μικρά υδρορέματα εμφανίζονται μόνο στις περιοχές όπου επικρατούν στεγανοί γεωλογικοί σχηματισμοί (Καστανιά και περιοχή μεταξύ Καλλιάνων-Μπουζίου).

Στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης οι απαντώμενοι γεωλογικοί σχηματισμοί ανήκουν στις τεκτονικές ζώνες Ωλονού-Πίνδου και Τριπόλεως. Η ζώνη Πίνδου αντιπροσωπεύεται από ασβεστόλιθους και η ζώνη Τριπόλεως από ασβεστόλιθους και δολομίτες. Γύρω από τη λίμνη εμφανίζονται πλειοκαινικές αποθέσεις (πολυγενή κροκαλοπαγή) και ολοκαινικές αποθέσεις (κορήματα και σύγχρονες προσχώσεις). Το πάχος των αργιλικών προσχώσεων που καλύπτουν τη λίμνη κυμαίνεται από λίγα έως 160 m (κέντρο της λίμνης), όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα γεωφυσικής έρευνας (Ζερβογιάννης, 1993). Στην περιοχή μεταξύ Καστανιάς και Δροσοπηγής εμφανίζονται πετρώματα της μεταμορφωμένης σειράς σχιστολίθων-φυλλιτών-χαλαζιτών, τα οποία έχουν μικρό πάχος και επεκτείνονται Α/κά μέχρι τα Κιόνια (De Wever, 1982).

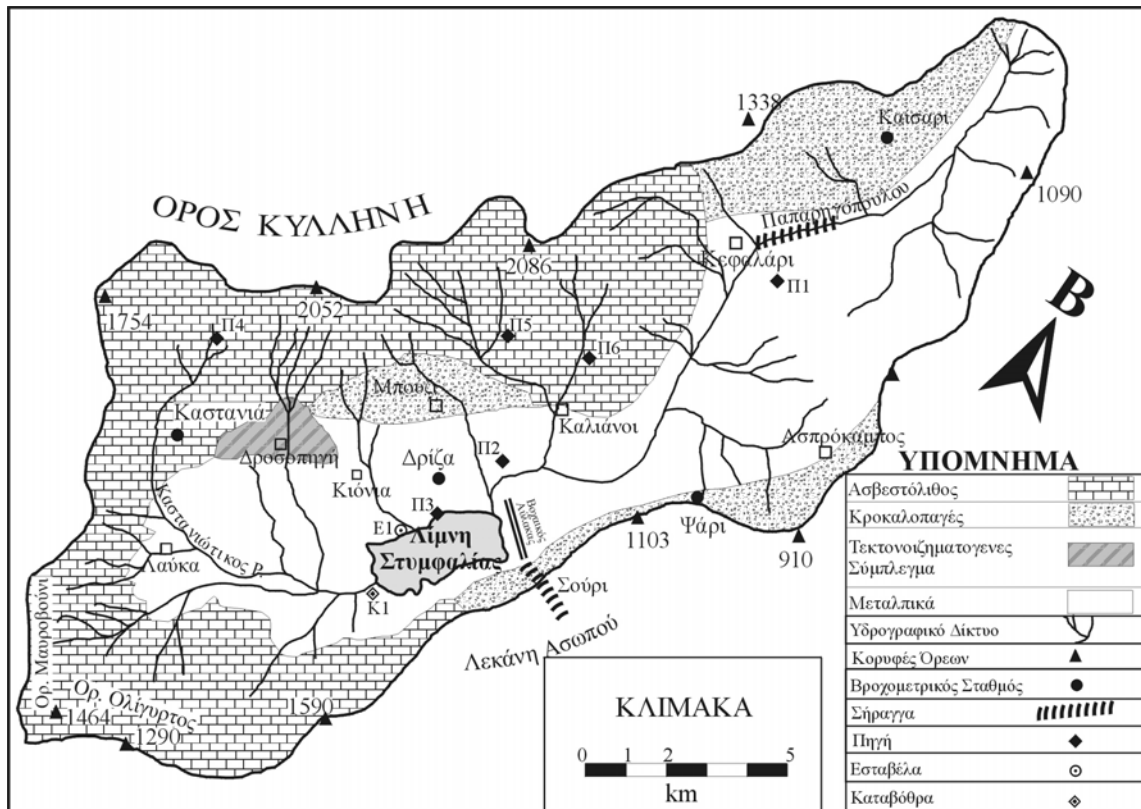
3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Για την εκτίμηση των μέσων τιμών βροχόπτωσης, αλλά και της κατανομής τους μέσα στο χρόνο και το χώρο έγινε συλλογή των δεδομένων τεσσάρων (4) βροχομετρικών σταθμών της περιοχής (Δρίζας, Ψαρίου, Καστανιάς, Κεφαλαρίου). Η γεωγραφική θέση των σταθμών φαίνεται στο Σχήμα 1. Ως κοινή χρονική περίοδος επελέγη το χρονικό διάστημα 1975-1999 (25 έτη) κατά το οποίο λειτουργούσαν οι σταθμοί Ψαρίου, Καστανιάς και Δρίζας, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από σχεδόν πλήρεις χρονοσειρές μηνιαίου βήματος με τυχαία κατανομή των ελλειπουσών τιμών. Η συμπλήρωση των μηνιαίων τιμών έγινε με βάση τη γραμμική συσχέτιση των παρατηρήσεων του προς συμπλήρωση σταθμού με αυτές του σταθμού αναφοράς (Βουδούρης, 2001). Για τον έλεγχο της ομοιογένειας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καμπύλης διπλής μάζας (Linsley et al, 1988). Με τη μέθοδο αυτή έγινε διόρθωση στο σταθμό Καστανιάς, που εμφανίζει ανομοιογένεια.

Ο σταθμός Δρίζα (631 m) έχει μέση ετήσια βροχόπτωση 741 mm και ο σταθμός Καστανιά (989 m) εμφανίζει τη μεγαλύτερη μέση ετήσια βροχόπτωση 1097 mm. Πρέπει

να σημειωθεί ότι στην περιοχή η χιονοκάλυψη στον ορεινό όγκο της Κυλλήνης, διαρκεί μέχρι τον Ιούνιο μήνα. Το ύψος χιονιού έχει μετατραπεί σε ισοδύναμο ύψος νερού, δηλ. σε ύψος υδάτινου στρώματος που παράγεται από την τήξη του χιονιού.

Η συσχέτιση βροχόπτωσης-υψομέτρου είναι ισχυρή (Βουδούρης, 1999) και με βάση τα δεδομένα 15 σταθμών από όλη την έκταση του Νομού Κορινθίας για την περίοδο 1975-1999 (Βουδούρης, 2001) εκφράζεται από τη σχέση: $P=0,53 H+449,3$ ($r=0,87$). Από τη σχέση αυτή προκύπτει ότι η βροχόπτωση στο επίπεδο της λίμνης είναι 767 mm και αυξάνει κατά 53 mm ανά 100 m (βροχοβαθμίδα=0,53 mm/m).

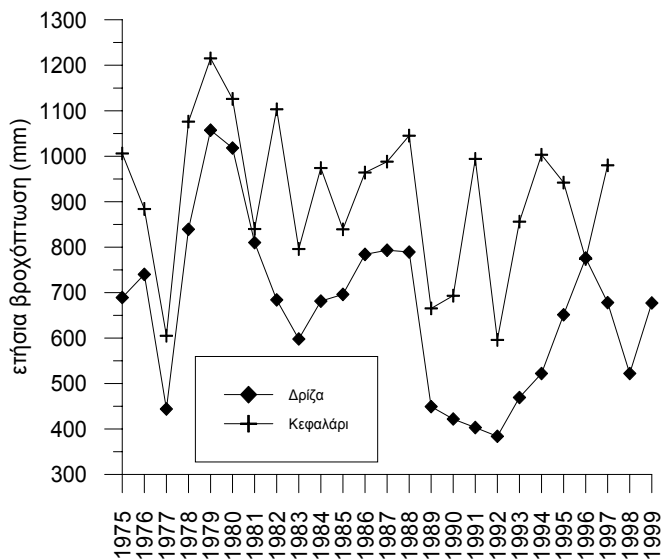


Σχήμα 1. Χάρτης της λεκάνης Στυμφαλίας και θέση των βροχομετρικών σταθμών.
Figure 1. Map of Stymphalia basin and location of rain gauge stations.

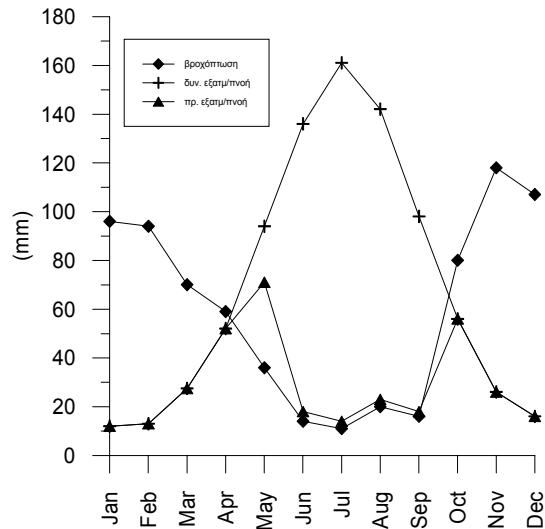
Στις χρονοσειρές των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης (Σχ. 2) διακρίνονται δύο ξηρές περίοδοι: 1977 και 1989-92. Το έτος 1989 σημειώθηκαν οι ελάχιστες ετήσιες τιμές όλων των σταθμών και έχει χαρακτηριστεί από πολλούς ερευνητές ως έτος ισχυρής ξηρασίας (Βουδούρης & Λαμπράκης, 1993). Κατά το έτος αυτό παρατηρήθηκε πλήρης ξήρανση της λίμνης Στυμφαλίας. Προκύπτει επίσης μια ελάττωση των μέσων ετήσιων τιμών βροχόπτωσης την 20-ετία (1980-1999) σε σχέση με την προηγούμενη (1960-1979) στους σταθμούς Δρίζας και Ψαρίου, η οποία ανέρχεται σε 14,9% και 11,8%, αντίστοιχα και αποδίδεται στην επίδραση που έχουν υποστεί οι χρονοσειρές από την ξηρασία της περιόδου 1989-91. Η κατανομή των βροχοπτώσεων είναι άνιση εποχικά με ποσοστό 84,2% της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης να υφίσταται την υγρή περίοδο Οκτωβρίου-Απριλίου.

Η σχέση που συσχετίζει τη μέση ετήσια θερμοκρασία (T) με το υψόμετρο (H) των σταθμών στο Νομό Κορινθίας είναι (Βουδούρης, 2001): $T (^{\circ}\text{C})=-0,00589 H (\text{m})+17,99$ ($r=0,96$). Από τη σχέση αυτή προκύπτει μέση ετήσια θερμοκρασία 14,45 °C στην επιφάνεια της λίμνης και ελάττωση αυτής κατά 0,589 °C ανά 100 m υψομέτρου.

Στην περιοχή της λεκάνης Στυμφαλίας, όπως έχει προαναφερθεί, κυριαρχούν τα ανθρακικά πετρώματα του ορεινού όγκου της Κυλλήνης για τα οποία ο συντελεστής κατείδυσης εκτιμάται σε 51%, λόγω της παρουσίας δευτερογενούς πορώδους εξ' αιτίας της τεκτονικής δράσης (Kessler, 1965, Μαρίνος, 1975), όπως προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου Kessler στο σταθμό Καστανιάς. Για τα κροκαλοπαγή ο συντελεστής κατείδυσης εκτιμήθηκε 35%, για τις προσχώσεις και τα κορήματα 15% και για το τεκτονοϊζηματογενές σύμπλεγμα 2%. Τα ανωτέρω ποσοστά μπορεί να διαφοροποιούνται ελαφρά από έτος σε έτος συναρτήσει της έντασης των βροχοπτώσεων.



Σχ. 2. Διακύμανση ετήσιας βροχόπτωσης
Fig.2. Fluctuations of annual rainfall



Σχ. 3. Μέσο ισοζύγιο ύδατος (Δρίζα)
Fig. 3. Mean water balance (Driza)

Ο σημαντικότερος χειμάρρος είναι ο Καστανιώτικος, που αποστραγγίζει τα πετρώματα της περιοχής Καστανιάς και καταλήγει στη λίμνη Στυμφαλίας. Σύμφωνα με μετρήσεις του Υπουργείου Γεωργίας την περίοδο 1982-84 είχε συνεχή ροή με μέση ετήσια παροχή $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ (περίπου $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού ετησίως). Στην περιοχή των ανθρακικών πετρωμάτων εμφανίζεται συγκεντρωμένη επιφανειακή απορροή σε υδρορέματα μόνο κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων. Στη λεκάνη καταγράφονται πολλές πηγές, κυρίως καρστικές, εκ των οποίων οι κυριότερες είναι οι πηγές Κεφαλαρίου (Π1) και Στυμφαλίας (Π2).

Η πηγή Κεφαλαρίου (διάσπαρτη ανάβλυση) αναβλύζει σε υψόμετρο 700 m και σε απόσταση 2 Km Α/κά του ομώνυμου οικισμού. Είναι καρστική πηγή υπερχείλισης των ασβεστολίθων της ζώνης Πίνδου, που φράσσονται από λεπτομερή μεταλλικά ιζήματα. Η μέση ετήσια απορροή της ανέρχεται σε $4,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού.

Οι πηγές του συγκροτήματος Στυμφαλίας (Δρίζας) αναβλύζουν σε υψόμετρο 615 m, σε απόσταση 500 m βόρεια της λίμνης και σε ένα μέτωπο 470 m. Πρόκειται για καρστική πηγή υπερχείλισης των ασβεστολίθων της ζώνης Τρίπολης, που φράσσονται από λεπτομερή τεταρτογενή ιζήματα. Η μέση ετήσια απορροή της ανέρχεται σε $28 \times 10^6 \text{ m}^3$. Με εφαρμογή της μεθόδου Maillet υπολογίστηκε ο μέσος συντελεστής στείρευσης (1990-91) ίσος με $\alpha=0.014 \text{ d}^{-1}$, που υποδηλώνει ροή σε άστρωτους καρστικούς ασβεστολίθους διαμέσου διακριτών καρστικών αγωγών (Milanovic, 1981, Ozler, 1999).

Οι μέγιστες παροχές των πηγών παρατηρούνται κατά το χρονικό διάστημα Μαρτίου-Απριλίου και οι ελάχιστες μεταξύ Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου. Ο λόγος μέγιστης προς ελάχιστη παροχή παίρνει μικρές τιμές, που υποδηλώνει καλή αποθηκευτική ικανότητα των ασβεστολίθων που τροφοδοτούν τις καρστικές πηγές. Η περίοδος μέγιστου των πηγών εμφανίζεται με υστέρηση 2-3 μηνών από το μέγιστο των βροχοπτώσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζεται και δεύτερο μέγιστο που αποδίδεται στην τήξη των χιονιών.

Υπάρχουν και άλλες μικρότερες πηγές όπως: Βελατσούρι (Π3), Καστανιάς (Π4), Μπουζίου (Π5), Αγίας Παρασκευής στους Καλλιάνους (Π6), κ.ά. Η συνολική μέση ετήσια πηγαία απορροή στη λεκάνη Στυμφαλίας εκτιμάται σε $37,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού.

3.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Με την προϋπόθεση ότι η λεκάνη Στυμφαλίας αποτελεί αυτοτελές υδρολογικό σύστημα και ότι οι ανθρώπινες επεμβάσεις και μεταβολές στα αποθέματα είναι μηδαμινές η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου έχει τη μορφή (Castany, 1973): $P=Er+R+I$, όπου: P =ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, Er =πραγματική εξατμισοδιαπνοή, R =επιφανειακή απορροή και I =κατείσδυση. Για τον προσδιορισμό ενός προσεγγιστικού υδρολογικού ισοζυγίου στη λεκάνη Στυμφαλίας υπολογίστηκε χωριστά καθεμιά από τις παραπάνω παραμέτρους, όπως περιγράφεται στη συνέχεια. Για την καλύτερη σύνταξη του χωρίσθηκε η περιοχή έρευνας σε δύο ζώνες:

- τη ζώνη του ορεινού όγκου της Κυλλήνης (131 km^2), όπου επικρατούν κυρίως καρστικοί σχηματισμοί
- τη χαμηλή ζώνη (87 km^2), όπου επικρατούν μεταλλικοί μη καρστικοί γεωλογικοί σχηματισμοί.

ΌΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (Ρ)

Για τον υπολογισμό του όγκου νερού πολλαπλασιάστηκε το εμβαδόν της επιφάνειας του γεωλογικού σχηματισμού ανάμεσα σε δύο ισοϋψείς επί τη βροχόπτωση που αντιστοιχεί στο μέσο υψόμετρο. Ο υπολογισμός της βροχόπτωσης έγινε με βάση τη σχέση ύψους βροχόπτωσης-υψομέτρου. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή στον ορεινό όγκο της Κυλλήνης παρουσιάζονται στους Πίνακα 1, απ' όπου προκύπτει ότι, ο μέσος ετήσιος όγκος νερού που δέχεται ο ορεινός όγκος της Κυλλήνης ανέρχεται σε $164,5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η πεδινή περιοχή της Λεκάνης, όπου επικρατούν οι μεταλλικοί σχηματισμοί που καταλαμβάνουν έκταση 87 km^2 , δέχεται έναν επιπλέον ετήσιο όγκο νερού της τάξεως των $66 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($87 \text{ km}^2 \times 760 \text{ mm}$ βροχόπτωσης).

ΌΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ (Ε)

Η μέση ετήσια δυναμική εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο Thornthwaite-Mather (1955), λαμβάνοντας ως αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους τα 110 mm (τεταρτογενή ιζήματα) στη χαμηλή ζώνη ανέρχεται σε 835 mm (Σχ. 3) και ο συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σε 58% του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης. Η εφαρμογή των μεθόδων Turc και Coutagne έδωσε τιμές συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής 81% και 77%, αντίστοιχα, οι οποίες θεωρούνται υψηλές για την περιοχή. Έτσι για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Thornthwaite-Mather. Στο σταθμό Καστανιάς (υψόμετρο 989 m) με αποθηκευτική ικανότητα 50 mm (ανθρακικά ιζήματα) ο συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με την ίδια μέθοδο ανέρχεται σε 48%.

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται στο μέσο υψόμετρο κάθε γεωλογικού σχηματισμού. Έτσι προκύπτει ότι ετήσιος όγκος νερού της τάξεως των $78,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ επιστρέφει στην ατμόσφαιρα από την ορεινή και $38,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ από τη χαμηλή ζώνη της Λεκάνης (Πίνακας 1).

ΠΛΕΟΝΑΣΜΑ ΝΕΡΟΥ (ΑΠΟΡΡΟΗ+ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ)

Το πλεόνασμα νερού (S) αντιπροσωπεύει τις ποσότητες νερού που διατίθενται στις διαδικασίες της απορροής (R) και της κατείδυσης (I) και προκύπτει από τον όγκο νερού βροχόπτωσης αν αφαιρεθεί ο όγκος νερού που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ο όγκος νερού ανά γεωλογικό σχηματισμό, που πλεονάζει στην περιοχή του ορεινού όγκου της Κυλλήνης, απ' όπου προκύπτει ότι ένας σημαντικός όγκος της τάξεως των $113,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ πλεονάζουν ετησίως στη λεκάνη της Στυμφαλίας. Στο σύνολο της Λεκάνης Στυμφαλίας ένα προσεγγιστικό υδρολογικό ισοζύγιο έχει ως κάτωθι (Πίνακας 2 και Σχήμα 5).

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι ο μέσος ετήσιος όγκος νερού από βροχόπτωση στην κλειστή υδρολογική λεκάνη της Στυμφαλίας ανέρχεται σε $230,5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Από τον όγκο αυτόν εξατμίζονται ετησίως τα $117 \times 10^6 \text{ m}^3$, κατεισδύουν $82 \times 10^6 \text{ m}^3$ /έτος και απορρέουν επιφανειακά $31,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ /έτος.

Πρέπει να τονισθεί εδώ ότι ένας μέσος ετήσιος όγκος νερού ($37,5 \times 10^6 \text{ m}^3$), που αρχικά κατεισδύει, εκφορτίζεται μέσω των πηγών και προστίθεται στην επιφανειακή απορροή, η οποία τελικά ανέρχεται σε $69 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Πίνακας 1. Ισοζύγιο νερού ανά γεωλογικό σχηματισμό στη λεκάνη Στυμφαλίας.

Table 1. Hydrological balance for each geological formation of Stimpfalia basin.

Γεωλογικός Σχηματισμός	Έκταση/ Μέσο υψόμετρο (Km ² /m)	Όγκος νερού Βροχής (x10 ⁶ m ³)	Όγκος νερού Εξάτμισης (x10 ⁶ m ³)	Πλεόνασμα νερού (x10 ⁶ m ³)	Κατείδυση (x10 ⁶ m ³)	Απορροή (x10 ⁶ m ³)
Ασβεστόλιθοι (Τρίπολης)	45/1800	63	30,2	32,8	32,2	0,63
Ασβεστόλιθοι (Πίνδου)	44/1660	58	27,8	30,2	29,6	0,58
Κροκαλοπαγή	22/1120	23	11,0	12,0	8,05	3,95
Προσχώσεις- Κορήματα	13/1250	13	6,2	6,8	1,95	4,85
Τεκτονο- Ιζηματογενές	7/1150	7,5	3,6	3,9	0,15	3,75
Χαμηλή ζώνη (μεταλλικά ιζήματα)	87/615	66	38,3	27,7	9,9	17,8

Πίνακας 2. Ισοζύγιο νερού ($\times 10^6 \text{ m}^3$) στην υδρολογική λεκάνη Στυμφαλίας.

Table 2. Hydrological balance ($\times 10^6 \text{ m}^3$) of Stimfalia basin.

Έκταση (Km ²)	Όγκος νερού Βροχόπτωσης ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Όγκος νερού Εξάτμισης ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Πλεόνασμα νερού ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Κατείδυση ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Απορροή ($\times 10^6 \text{ m}^3$)
218	230,5	117,1	113,4	81,85	31,55
ΣΥΝΟΛΟ	230,5	117,1	113,4	44,7	69,0

Συγκριτικά με τους Rockel-Hotzl (1986) υπάρχει απόκλιση της τάξεως 3,5% στον υπολογισμό του όγκου νερού από βροχόπτωση και 7% στον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, που αποδίδεται στις διαφορετικές χρονοσειρές δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

Η φυσική αποστράγγιση της λεκάνης γίνεται με τις καταβόθρες, εκ των οποίων οι δύο κύριες είναι: 1) της Γιδομάντρας και 2) της Φόρστας. Η Γιδομάνδρα (K1) βρίσκεται ΝΑ/κά της λίμνης Στυμφαλίας και πρακτικά δεν λειτουργεί, αν και είναι ενεργή, επειδή η στάθμη της λίμνης βρίσκεται χαμηλότερα από την είσοδό της. Η Φόρστα (E1) λειτουργεί ως εσταβέλλα (Σχ. 1). Έτσι η αποστράγγιση της λεκάνης πρακτικά γίνεται μέσω της σήραγγας Σούρι προς τη λεκάνη του Ασωπού ποταμού.

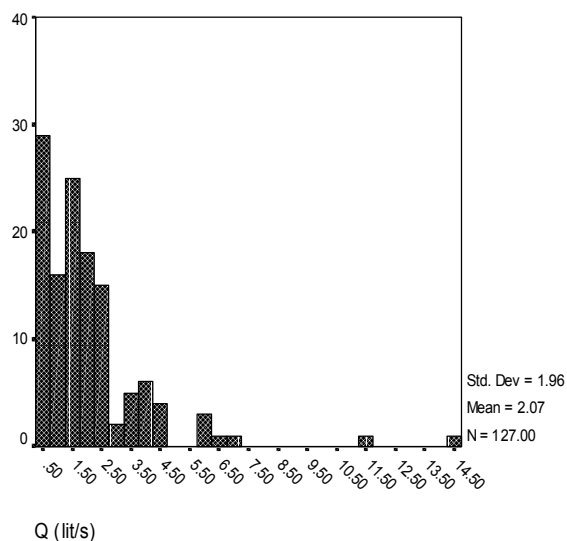
Με βάση τις μετρήσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ (Σχ. 4) την περίοδο 1987-1999 στην έξοδο της υδρολογικής λεκάνης η μέση ετήσια παροχή ανέρχεται σε $2,07 \text{ m}^3/\text{s}$ ($65,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$), που προσεγγίζει την υπολογισθείσα απορροή με βάση το υδρολογικό ισοζύγιο. Ποσοστό 65% της ετήσιας απορροής πραγματοποιείται κατά το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου-Μαΐου και τα μέγιστα των απορροών από τη σήραγγα ακολουθούν με υστέρηση 2-3 μηνών τα μέγιστα των βροχοπτώσεων.

Ένας σημαντικός όγκος νερού που αρχικά κατείδυει κινείται υπόγεια προς τα ΝΑ/κά. Με τη βοήθεια ιχνηθετήσεων έχει διαπιστωθεί επικοινωνία της καταβόθρας Στυμφαλίας με τις πηγές Λέρνης και Κιβερίου στην πεδινή και παράκτια αντίστοιχα ζώνη του Νομού Αργολίδας (Rockel-Hotzl, 1986).

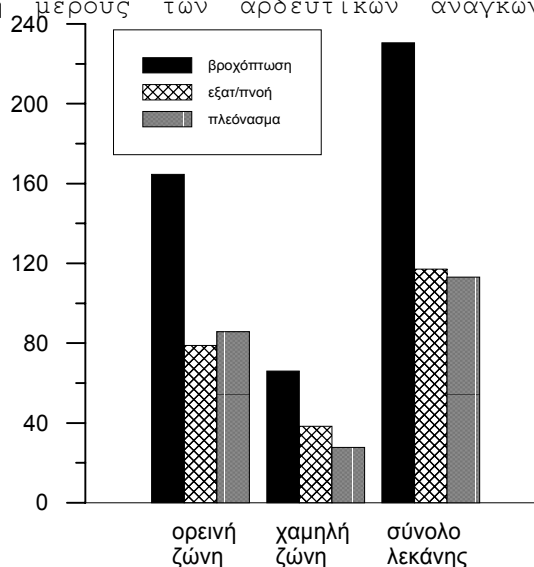
4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΣΤΥΜΦΑΛΙΑΣ

4.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η κάλυψη των υδατικών αναγκών της περιοχής γίνεται από την εκμετάλλευση των πηγαίων και των επιφανειακών νερών (χειμάρρος Καστανιάς και νερών λίμνης). Τα τελευταία χρόνια έχουν ανоруχθεί αρκετές γεωτρήσεις για την εκμετάλλευση των υπόγειων νερών για την κάλυψη κυρίως των αρδευτικών αλλά και των υδρευτικών αναγκών, όπου αυτές δεν καλύπτονται από πηγαία νερά. Οι περισσότερες γεωτρήσεις έχουν ανоруχθεί στην περιοχή Καισαρίου (λεκάνη Πελλήνης), Κεφαλαρίου, Λαύκας, Καλλιάνων, Ψαρίου. Την αρδευτική περίοδο χρησιμοποιούνται οι απορροές του Καστανιώτικου χειμάρρου για την κάλυψη μέρους των αρδευτικών αναγκών της περιοχής Λαύκας-Καστανιάς.



Σχ. 4. Κατανομή παροχών στη σήραγγα Σούρι
Fig. 4. Distribution of discharge (l/s) at the Souri tunnel.



Σχ.5 Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης
Fig. 5. Hydrological balance of Stimfalia basin ($\times 10^6 \text{ m}^3$).

Τελευταία έχει κατασκευασθεί μεταλλικός αγωγός μεταφοράς νερού από τη λίμνη, καθώς και δεξαμενή στην έξοδο του χειμάρρου από την ορεινή ζώνη. Οι υπόλοιπες περιοχές αρδεύονται με κατάκλιση μέσω ανοικτών αυλάκων. Οι κυριότερες χρήσεις γης είναι: γεωργικές καλλιέργειες (25%), βοσκότοποι (45,7%), δάση (20,5%), οικιστικές (2,6%) και νερά της λίμνης (6,2%). Οι κύριες καλλιέργειες της περιοχής είναι οι αροτριάδες, δενδρώδεις, αμπελοκαλλιέργειες, κηπευτικά.

Στην περιοχή κυριαρχεί η δημογραφική παρακμή. Ο πληθυσμός του Δήμου Στυμφαλίας ανέρχεται σε 2.886 κατοίκους (απογραφή 2001) και εμφανίζει συνεχή μείωση τις τελευταίες δεκαετίες (-22% σε σχέση με το 1981).

Υπολογίζεται ότι ένας όγκος νερού που ανέρχεται ετησίως σε $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ απαιτείται για την κάλυψη των υδατικών αναγκών ύδρευσης και άρδευσης (7.000 στρέμματα). Οι απολήψιμες ποσότητες από τα υπόγεια νερά είναι σχετικά μικρές σε σχέση με το υφιστάμενο δυναμικό της λεκάνης και υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω αξιοποίησης του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα της Κυλλήνης με αναρρύθμιση των πηγών. Σημαντική υδροφορία αναμένεται επίσης από την εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα των κροκαλοπαγών της περιοχής.

4.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Το νερό μπορεί να αποτελέσει μοχλό ανάπτυξης στην περιοχή έρευνας συμβάλλοντας στην αύξηση της γεωργικής παραγωγής, την ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών τουρισμού και την αναστροφή της δημογραφικής κατάρρευσης της περιοχής. Η βέλτιστη διαχείριση πρέπει να στοχεύει στη μέγιστη εκμετάλλευση των υδατικών πόρων χωρίς αρνητικές επιπτώσεις. Για τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής προτείνονται τα κάτωθι:

- Η λήψη μέτρων για τη διατήρηση της λίμνης Στυμφαλίας, ως περιοχής ειδικού φυσικού κάλλους. Με κέντρο τη λίμνη της Στυμφαλίας μπορεί να αναπτυχθεί ο αγροτουρισμός και άλλες εναλλακτικές μορφές τουρισμού. Σήμερα η λίμνη δέχεται μικρές μόνο ποσότητες νερού από τις πηγές του μετώπου Στυμφαλίας, τόσες όσες να συγκρατείται σε μια στάθμη που να εξυπηρετεί τη διενέργεια αντλήσεων απ' αυτήν για αρδεύσεις στη νοτιοδυτική περιοχή της. Κρίνεται απαραίτητη η δέσμευση ορισμένης ποσότητας νερού στις περιόδους ξηρασίας για τη διατήρηση και προστασία του οικοσυστήματος της λίμνης.

- Η κατασκευή αρδευτικών δικτύων, καθώς και η αντικατάσταση των υφιστάμενων ανοικτών αγωγών με κλειστούς υπό πίεση για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών σε όλη την περιοχή θα συμβάλλει στον περιορισμό των απωλειών και ως εκ τούτου στην εξοικονόμηση επιπλέον ποσοτήτων νερού, που θα μπορούν να αξιοποιηθούν με άλλον τρόπο, όπως τεχνητό εμπλουτισμό στην πεδινή ζώνη (Κουμαντάκης κ.ά, 1999) και μεταφορά για κάλυψη υδρευτικών αναγκών άλλων περιοχών.

- Η λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας των υδατικών πόρων (πηγές, υπόγεια και επιφανειακά νερά, λίμνη Στυμφαλίας). Τα μέτρα αυτά θα πρέπει να περιλαμβάνουν τον έλεγχο της χρήσης κάθε πρόσθετου μέσου ενίσχυσης της γεωργικής παραγωγής (λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων κ.λπ.), καθώς επίσης και τη διαχείριση των αστικών λυμάτων, απορριμμάτων και γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων της λεκάνης Στυμφαλίας και τη σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου προέκυψαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Η μέση ετήσια βροχόπτωση στο επίπεδο της λίμνης (600 m) είναι 767 mm και αυξάνει κατά 53 mm ανά 100 m. Τον χειμώνα πέφτει το 42,6% των ετησίων βροχοπτώσεων, ενώ αντίθετα το καλοκαίρι το 8,3%.

- Η θερμοκρασία ελαττώνεται με το υψόμετρο. Η μέση θερμοβαθμίδα υπολογίσθηκε σε $0,589 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$. Η μέση τιμή του συντελεστή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής στην ορεινή ζώνη ανέρχεται σε 48% της ετήσιας βροχόπτωσης και στη χαμηλή ζώνη σε 58%.

- Από την κατάρτιση του υδρολογικού ισοζυγίου στην περιοχή της λεκάνης Στυμφαλίας με συνολική έκταση 218 Km^2 προκύπτουν τα εξής:

Όγκος νερού από βροχόπτωση= $230,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, Εξατμισοδιαπνοή= $117 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, Κατείσδυση= $44,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, Απορροή (επιφανειακή και πηγαία)= $69 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.

- Η μέση επιφανειακή απορροή με βάση τις μετρήσεις στην έξοδο της λεκάνης (σήραγγα Σούρι) ανέρχεται σε $2,07 \text{ m}^3/\text{s}$ ($65 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$).

- Για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών απαιτούνται ετησίως $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Οι απολήψιμες ποσότητες από τα υπόγεια νερά είναι σχετικά μικρές σε σχέση με το υφιστάμενο δυναμικό της λεκάνης Στυμφαλίας.

Από τα ανωτέρω εκτεθέντα διαπιστώνεται η ύπαρξη αξιόλογου υδατικού δυναμικού στην υδρολογική λεκάνη Στυμφαλίας. Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων

(υπόγειων και επιφανειακών) μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη της περιοχής, καθώς και τμήματος του Νομού Κορινθίας, που δεν είναι ευνοημένο υδρολογικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]Βουδούρης, Κ., Λαμπράκης, Ν., (1993): Στατιστικά χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων της Δυτικής Ελλάδας. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Πάτρα. Τόμος Α' σελ. 33-41.
- [2]Βουδούρης, Κ., (1999): Μελέτη της χωρικής διακύμανσης των βροχοπτώσεων στη Βόρεια Πελοπόννησο. Πρακτικά 5^{ου} Παν. Υδρογ. Συνεδρίου, Λευκωσία, σελ. 245-254.
- [3]Βουδούρης, Κ. (2001): Το κλίμα του Νομού Κορινθίας. Εκ. Καταγράμμα. Κόρινθος.
- [4]Castany, G. (1973):*Traite pratique de eaux souterraines*. Dunod, Paris, 661 p.
- [5]Ζερβογιάννης, Γ., Σεργουλόπουλος, Α., Σίμου, Γ., (1993): Συμβολή της γεωφυσικής έρευνας στη διευκρίνιση του μηχανισμού λειτουργίας των πηγών Στυμφαλίας Κορινθίας. Πρακτικά 2^{ου} Παν. Υδρογ. Συν., Πάτρα. Τόμ. Β' σελ. 501-511.
- [6]De Wever, P., (1982): Γεωλογικός χάρτης, Φύλλο Κανδήλα, κλ. 1:50.000, ΙΓΜΕ.
- [7]Kessler, H., (1965):*Water balance investigation in the karstic region of Hungary*. A.I.H.S.-UNESCO, 73, pp. 208-212.
- [8]Linsley, R., Kohler, M., Paulhus, J., (1988): *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill Book Company.
- [9]Μαρίνος, Π., (1975): Ενεργός κατεΐσδυσις εντός ασβεστολίθων. Σφάλματα κατά τον υπολογισμό εκ διαφοράς μέσω υδρολογικού ισοζυγίου. *An. Geol. pays Hell.*, Vol. 27, pp. 159-178.
- [10]Milanovic, PT., (1981): *Karst hydrogeology*. Water resources publication.
- [11]Κουμαντάκης Γ., Παναγόπουλος, Α., Σταυρόπουλος, Ε., Βουδούρης, Κ., (1999): Εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού στο παράκτιο υδροφόρο σύστημα του βόρειου τμήματος του Ν. Κορινθίας. Πρακτικά 5^{ου} Παν. Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Λευκωσία.
- [13]Rockel-Hotzl, (1986): *Karst Hydrogeology of the Central and Eastern Peloponnesus*, pp. 148-152.
- [14]Ozler, M., (1999): *Water balance and water quality in the Curuksu basin, W. Turkey*. *Hydrogeology Journal*, Vol. 7, No 4, August 1999.
- [15]Επινθάκης, Β., Βουδούρης, Κ., (1999): Ο υγρότοπος της λίμνης Στυμφαλίας (Ν. Κορινθίας) και περιβαλλοντική εκπαίδευση. Διεθνές συνέδριο «Προστατευόμενες περιοχές και περιβαλλοντική εκπαίδευση», Σίγρι Λέσβου, 24-26 Σεπτεμβρίου 1999.
- [16]Thornthwaite, C., Mather, J., (1955): *The water balance*. *Climatology*, Vol. VIII, No 1, pp. 1-37.