

# Οι Υδατικοί Πόροι της Ελλάδας: Παρόν και Μέλλον

Μ.Α.Μιμίκου

Καθηγήτρια, Σχολή Πολ. Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος ΕΜΠ.

*Λέξεις κλειδιά:* Νερό, υδατικοί πόροι, κλιματική αλλαγή, πολιτική στρατηγικού σχεδιασμού, Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά, υδροφορείς, υδατικά αποθέματα

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Το νερό υπήρξε ιστορικά ένας βασικός μοχλός της οικονομικής, κοινωνικής και πολιτισμικής ανάπτυξης των χωρών. Η σημασία του νερού ιδιαίτερα στην Ελλάδα είναι τεράστια όχι μόνο ως αγαθού αλλά και ως καθοριστικού παράγοντα για την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη. Η εκτίμηση, πρόβλεψη, σχεδιασμός και διαχείριση των υδατικών πόρων είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης. Η συνεχής επιδείνωση και υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος και του υδατικού περιβάλλοντος ειδικότερα, έχουν επιφέρει δραματικές αλλαγές στην ποσότητα, ποιότητα και διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Η κατάσταση δε γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκη και δύσκολη υπό το πρίσμα των αλλαγών του κλίματος (φαινόμενο θερμοκηπίου) και χρήσεων γης (μείωση δασικών εκτάσεων, αύξηση αστικοποίησης κλπ). Σε αυτό το πλαίσιο, η προστασία, ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των υδατικών πόρων, αποτελούν κομβικά σημεία πολιτικής στρατηγικού σχεδιασμού σε εθνικό επίπεδο.

## 1 ΓΕΝΙΚΑ

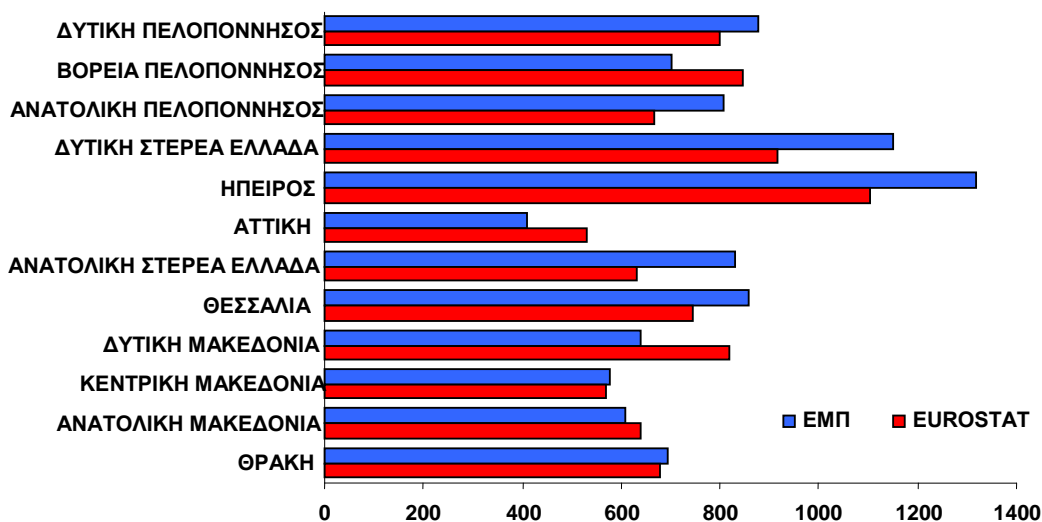
Το νερό μαζί με τον αέρα και το έδαφος αποτελούν τις κύριες πηγές απ' όπου ο άνθρωπος μπορεί να αντλήσει πόρους και αγαθά για να βελτιώσει τη ζωή του. Οι υδατικοί πόροι λοιπόν είναι βασικό αγαθό για τη ζωή και το περιβάλλον στον πλανήτη μας, αλλά και ρυθμιστικός παράγοντας της οικονομικής, τεχνολογικής, κοινωνικής και πολιτισμικής ανάπτυξης των χωρών. Επίσης, είναι ένα διεθνές ζήτημα και πρόβλημα το οποίο απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα και δημιουργεί διενέξεις – πολλοί πιστεύουν ότι μπορεί ν' αποτελέσει την αιτία ενός μελλοντικού πολέμου – ανάμεσα σε χώρες που μοιράζονται νερά από διασυνοριακά ποτάμια, λίμνες και υπόγειους υδροφορείς. Αν και το νερό φαίνεται να υπάρχει σε αφθονία στη γη, αφού το 70% της επιφάνειας της καλύπτεται απ' αυτό, η τελικά διαθέσιμη και κατάλληλη για χρήση ποσότητα είναι πολύ μικρή. Και αυτό γιατί το 98% του νερού της γης βρίσκεται στις θάλασσες, στους ωκεανούς και στους πάγους ενώ από το υπόλοιπο το μεγαλύτερο μέρος είναι τεχνικά μη εκμεταλλεύσιμο (π.χ. βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 800 μ) ή είναι υφάλμυρο και άρα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο. Μόνο το 0.6% του νερού σε παγκόσμια κλίμακα θεωρείται κατάλληλο και διατίθεται για χρήση. Αυτή η ήδη περιορισμένη ποσότητα των διαθέσιμων υδατικών πόρων είναι ανομοιόμορφα κατανεμημένη στο χώρο (Μιμίκου, 2006). Υπάρχουν χώρες οι οποίες έχουν αφθονία νερού και άλλες που έχουν μεγάλες ελλείψεις ή είναι έρημοι. Ακόμα και στο εσωτερικό των χωρών οι υδατικοί πόροι δε διατίθενται ομοιόμορφα, γεγονός που προκαλεί σοβαρές τοπικές διενέξεις μεταξύ των χρηστών. Η διαθεσιμότητα στο χρόνο είναι επίσης άνιση αφού το νερό του χειμώνα (που συχνά είναι πλημμυρικό) χρειάζεται περισσότερο το καλοκαίρι για συγκεκριμένες χρήσεις (άρδευση, τουρισμός, κλπ). Η εξαιρετικά περιορισμένη διαθεσιμότητα του νερού, η άνιση χώρο - χρονική κατανομή του, αλλά και η συνεχώς επιδεινούμενη ποιότητα του, καθιστούν τους υδατικούς πόρους αγαθό σε ανεπάρκεια. Για να αξιοποιηθούν σωστά οι υδατικοί πόροι και να αντιμετωπισθούν στο μέτρο του δυνατού αυτά τα αρνητικά για τον καταναλωτή χαρακτηριστικά τους, χρειάζεται να γίνουν έργα. Τα υδραυλικά έργα είναι αυτά που διασφαλίζουν την επάρκεια του νερού σε κάποια περιοχή ανάλογα με τη ζήτηση, που ρυθμίζουν κατάλληλα την ποσότητα του στο χρόνο (π.χ. ταμιευτήρες), που διανέμουν το νερό στο χώρο (π.χ. δίκτυα ύδρευσης), που προστατεύουν από τη πλημμυρική δράση του (αντιπλημμυρικά έργα) και που διατηρούν την

ποιότητα του (π.χ. βιολογικοί καθαρισμοί). Μέσα απ' αυτά τα έργα εξυπηρετείται κυρίως η ζήτηση για τις διάφορες χρήσεις του νερού (αγροτική, αστική, βιομηχανική, ενεργειακή). Οι υδατικοί πόροι, τα υδραυλικά έργα και οι χρήσεις νερού είναι συνιστώσες αλληλένδετες και επηρεαζόμενες που συγκροτούν τον συνολικό τομέα του νερού μιας χώρας και πρέπει να αντιμετωπίζονται με κοινή οπτική γωνία τουλάχιστον όσον αφορά στον τομέα της πολιτικής, της διαχείρισης και των αποφάσεων. Η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά αντιμετωπίζει με ενιαίο τρόπο τον συνολικό τομέα του νερού και έχει υψηλές απαιτήσεις και προδιαγραφές για στοιχεία, αναλύσεις, μοντέλα κλπ που αφορούν ένα σύνολο πολλών επιμέρους συνιστωσών (π.χ. επιφανειακά, υπόγεια και θαλάσσια ύδατα, οικοσυστήματα κλπ). Η Ελλάδα στο τομέα του νερού, εν όψει και της υποχρέωσης της για άμεση εφαρμογή της Οδηγίας, βρίσκεται ανέτοιμη. Τα πράγματα δεν έχουν μπει ακόμα στη σωστή τροχιά ιδιαίτερα στον τομέα της οργάνωσης.

## 2 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

### 2.1 Περίληψη

Τα υδατικά αποθέματα (υδατικοί πόροι) μίας χώρας είναι το σύνολο του νερού που «παράγεται» μέσα στην χώρα μαζί με την εξωτερική συνεισφορά νερού από τις γειτονικές χώρες (π.χ. διασυνοριακοί ποταμοί). Η κατακρήμνιση και η εξατμισοδιαπνοή συνιστούν τις κύριες κλιματικές μεταβλητές που σε συνδυασμό με τα φυσικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφορέων καθορίζουν την ποσότητα των εσωτερικά παραγόμενων υδατικών πόρων μίας χώρας. Η κατακρήμνιση αποτελεί την κύρια συνιστώσα εμπλουτισμού των επιφανειακών και υπόγειων υδροφορέων. Η μέση κατακρήμνιση στην Ελλάδα τα 849 mm/έτος. Στο Σχήμα 1 δίνονται αναλυτικά τα συγκριτικά στοιχεία των βροχοπτώσεων μαζί με τις αντίστοιχες εκτιμήσεις που έχουν προκύψει από επεξεργασία των στοιχείων της Eurostat (Eurostat 1998, 1999; CEDEX 1998, 2000) από το ΕΜΠ. Από τον πίνακα προκύπτει μία μέση απόκλιση των δύο ανεξάρτητων εκτιμήσεων της τάξεως του 15%, η οποία εξηγείται από το γεγονός ότι κατά την επεξεργασία των βροχοπτώσεων στην Ελληνική μελέτη χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι και πιο αντιπροσωπευτικοί σταθμοί. Κατά συνέπεια αυτά τα αποτελέσματα πρέπει να θεωρούνται πιο αξιόπιστα.



Εικόνα 1. Συγκριτικά στοιχεία βροχοπτώσεων

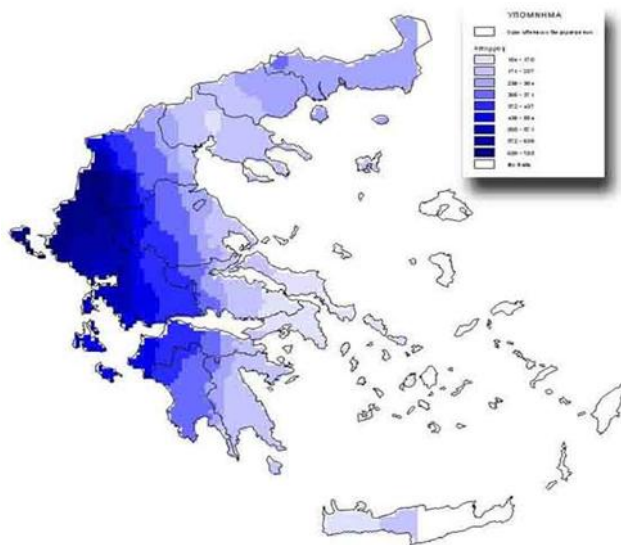
Από το Σχήμα 1 γίνεται φανερό ότι στην Ελλάδα υπάρχει ένα ιδιόμορφο υδρολογικό καθεστώς: η Δυτική Ελλάδα δέχεται το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων, ενώ η Ανατολική Ελλάδα με τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη έχουν σημαντικά μικρότερες βροχοπτώσεις π.χ στην Αττική πέφτουν περίπου 400 χιλιοστά σε μέση υπερετήσια βάση. Από την άλλη πλευρά, η εξατμισοδιαπνοή (της οποίας η θεωρητικά ανώτερη τιμή λέγεται δυνητική εξατμισοδιαπνοή) είναι μια σημαντική υδρολογική απώλεια τόσο από τους επιφανειακούς φορείς όσο και από τις ανώτερες εδαφικές στρώσεις και είναι αρκετά υψηλή, ιδιαίτερα μάλιστα στις μειονεκτικές από πλευράς νερού ανατολικές περιοχές της χώρας. Η θεωρητική, ανώτερη τιμή της (δυνητική εξατμισοδιαπνοή) εξαρτάται από διάφορους φυσικούς και κλιματικούς παράγοντες μεταξύ των οποίων είναι η θερμοκρασία, οι ώρες ηλιοφάνειας, η ταχύτητα ανέμου, η ατμοσφαιρική υγρασία καθώς και η φυτοκάλυψη του εδάφους. Αυτή η θεωρητική τιμή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, ειδικά σε περιοχές με σχεδόν ξηρό κλίμα, όπως αρκετές νοτιοανατολικές περιοχές της Ελλάδος. Μια μέση ετήσια τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής εκτιμάται σε 447 mm/έτος (Eurostat 1998; 1999).

Ένας δείκτης ευρέως χρησιμοποιούμενος για τον κλιματικό χαρακτηρισμό μίας περιοχής είναι ο δείκτης ξηρότητας της UNESCO που ορίζεται ως ο λόγος της μέσης υπερετήσιας βροχόπτωσης προς την αντίστοιχη δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Δείκτες ξηρότητας μικρότεροι του 0.20 χαρακτηρίζουν ξηρές περιοχές, μεταξύ 0.20 και 0.49 σχεδόν ξηρές, μεταξύ 0.50 και 0.74 σχεδόν υγρές και μεγαλύτεροι του 0.75 υγρές περιοχές. Από τον χάρτη του Σχήματος 3, μπορούμε να συμπεράνουμε την ιδιαιτερότητα της Ελλάδας από πλευράς έντονης χωρικής διαφοροποίησης της υδραυλικότητας της, όπως και την δριμύτητα της ξηρασίας που πλήττει την Νοτιοανατολική Ελλάδα και τα νησιά του Αιγαίου.



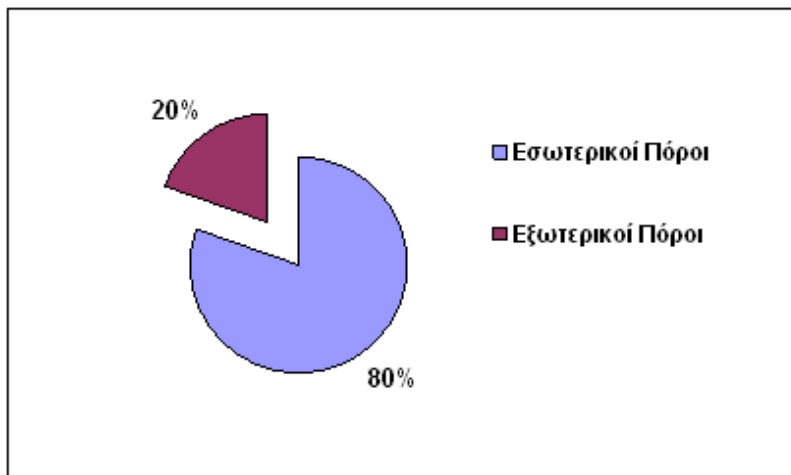
Εικόνα 2. Δείκτης ξηρότητας για τον Ελλαδικό χώρο

Η ελλειμματικότητα από πλευράς νερών των περιοχών αυτών της χώρας φαίνεται και από την κατανομή της απορροής στην Ελλάδα στο Σχήμα 3, η οποία παρουσιάζει ανάλογη με την βροχόπτωση άνιση κατανομή.



Εικόνα 3. Κατανομή της απορροής στην Ελλάδα

Μία μέση εκτίμηση των πόρων αυτών σε επίπεδο χώρας είναι 402mm/έτος (CEDEX 1998; 2000; WRI 1997; MIMAM 1998). Παράλληλα με τους εσωτερικούς πόρους μίας χώρας που «παράγονται» εντός των συνόρων σημαντική προσθήκη στο υδατικό απόθεμα αποτελεί και η εξωτερική «συνεισφορά» από γειτονικές χώρες. Συγκεκριμένα για την Ελλάδα εκτιμάται ότι οι εξωτερικοί πόροι ανέρχονται σε 99 mm/έτος, δηλαδή το ποσοστό αυτής της συνεισφοράς πλησιάζει στο 20% του συνόλου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Οι κύριες πηγές των εξωτερικών πόρων είναι ο Αξιός, ο Νέστος, ο Στρυμόνας και ο Έβρος. Με βάση και αυτή την έρευνα, η εκτίμηση των συνολικών (εσωτερικών και εξωτερικών) παραγόμενων νερών ανέρχεται σε 501 mm/έτος.



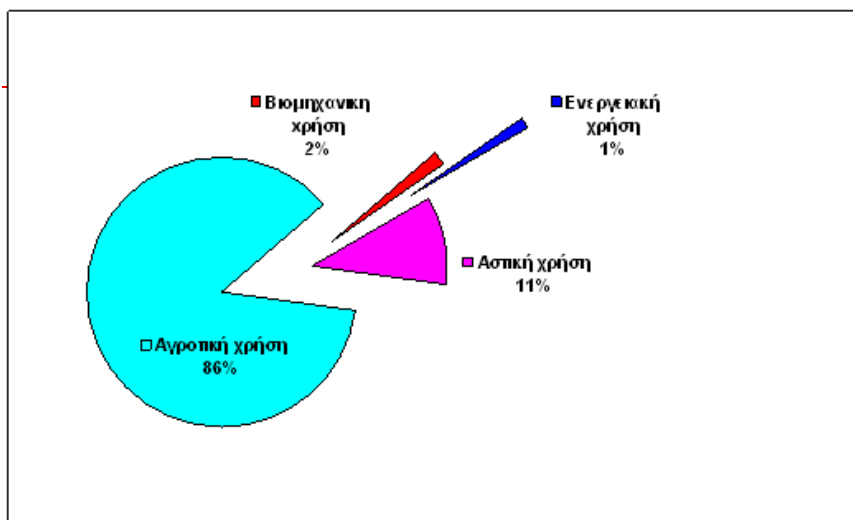
Εικόνα 4. Ποσοστιαία κατανομή εσωτερικών και εξωτερικών παραγόμενων νερών στην Ελλάδα

Από τα υδρολογικά στοιχεία που αναφέρθηκαν και την κατανομή τους ανά υδατικό διαμέρισμα φαίνεται ότι οι νότιες και ανατολικές περιοχές της χώρας παρουσιάζουν σοβαρή έλλειψη φυσικών διαθεσίμων νερού, κατάσταση που εμφανίζεται να είναι μια μόνιμη, «ενδημική» θα λέγαμε, η οποία ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες εμφανίζεται με μικρότερη ή μεγαλύτερη ένταση και για την οποία κινητοποιούμεθα δυστυχώς μόνο όταν τα φαινόμενα γίνονται ακραία και φθάνουν να θίγουν σημαντικά τον καταναλωτή. Αλλά και αυτές οι κινητοποιήσεις βασίζονται συνήθως στη λήψη πυροσβεστικών ή κατασταλτικών μέτρων, ενώ είναι φανερό ότι τέτοιες καταστάσεις μπορούν να

αντιμετωπισθούν με μακροπρόθεσμη πολιτική συνολικής ορθολογικής διαχείρισης τόσο των πόρων όσο και των χρήσεων του νερού.

## 2.2 Χρήσεις Νερού

Η συνολική χρήση του νερού χωρίζεται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες :στην αστική, στην αγροτική, στη βιομηχανική και στην ενεργειακή χρήση. Η αστική χρήση περιλαμβάνει τον εφοδιασμό με νερό του αστικού και αγροτικού πληθυσμού, συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανιών που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο του αστικού εφοδιασμού. Ο αστικός εφοδιασμός με νερό είναι αναμφίβολα βασική υπηρεσία για την κοινωνία και σε σύγκριση με τις άλλες χρήσεις είναι πολύ πιο απαιτητική όσον αφορά στην ποιότητα του παρεχόμενου νερού. Η αγροτική χρήση του νερού αναφέρεται τόσο στην γεωργία όσο και στην κτηνοτροφία και αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής ζήτησης. Από ποσοτική άποψη, η γεωργική ζήτηση (ουσιαστικά η άρδευση εκτάσεων) είναι πολύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης κτηνοτροφικής. Η βιομηχανική χρήση του νερού περιλαμβάνει την απαιτούμενη ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στην διαδικασία παραγωγής βιομηχανικών αγαθών. Γενικά η βιομηχανική ζήτηση αναφέρεται στις βιομηχανικές μονάδες που δεν είναι άμεσα συνδεδεμένες στο αστικό δίκτυο παροχής νερού. Η ενεργειακή χρήση προκύπτει κυρίως από την υδροηλεκτρική εκμετάλλευση, την κατανάλωση νερού για την ψύξη των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και από την κατανάλωση νερού για τον καθαρισμό υλικών ορυχείων κλπ. Η ενεργειακή ζήτηση του νερού είναι χωρικά περιορισμένη στις περιοχές όπου υπάρχουν ενεργειακοί σταθμοί. Στο Σχήμα 5 φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μιας από τις κύριες κατηγορίες χρήσης νερού (αστικής, αγροτικής, βιομηχανικής και ενεργειακής) στην «πίτα» των διαθέσιμων υδατικών πόρων για την Ελλάδα.



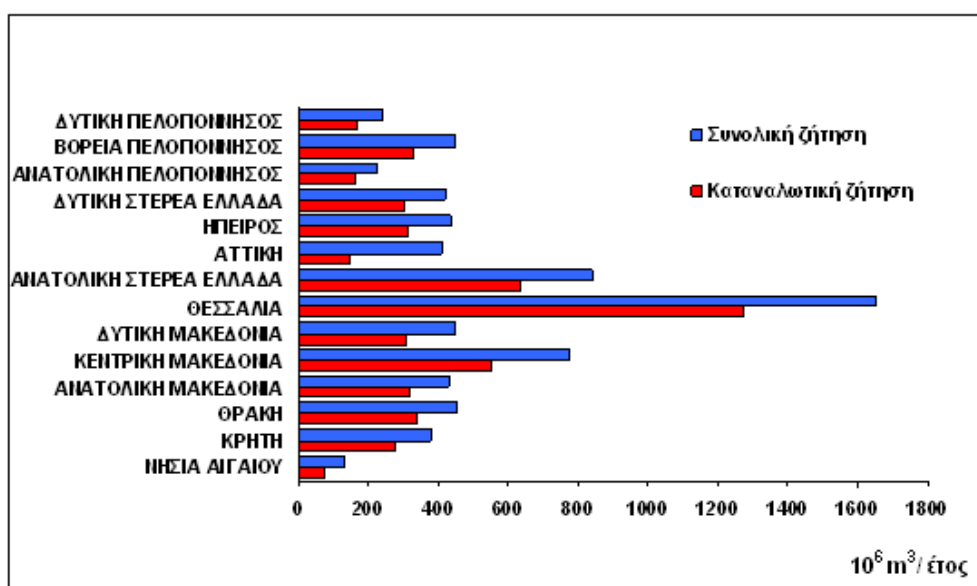
Εικόνα 5. Χρήσεις νερού στην Ελλάδα

Από το σχήμα αυτό γίνεται φανερό ότι η Ελλάδα δεν έχει καθόλου ισορροπημένη εικόνα ανάπτυξης των χρήσεων, με την αγροτική χρήση (το 96% της οποίας πάει στην άρδευση και απ' αυτό το 80% χάνεται σε απώλειες από τον υδρολογικό κύκλο της κάθε περιοχής) να κατέχει την μερίδα του λέοντος με ποσοστό της τάξεως του 86%. 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. Για την αστική χρήση, που το μεγαλύτερο ποσοστό της πηγαίνει στην ύδρευση και φαίνεται ο έντονος «υδροκεφαλισμός» των μεγάλων αστικών κέντρων. Στην Ελλάδα την πρωτιά κατέχει η περιοχή της Αττικής, όπου η ζήτηση είναι υπερτριπλάσια της αμέσως επόμενης (Κεντρική Μακεδονία). Για τη

αγροτική ζήτηση, τα μεγαλύτερα μερίδια έχουν οι περιοχές της Θεσσαλίας, της Ανατολικής Στερεάς και της Κεντρικής Μακεδονίας. Ειδικά στη Θεσσαλία, όπου η αγροτική χρήση είναι υπερδιπλάσια της αμέσως επόμενης (Ανατολική Στερεά Ελλάδα) και οι μέχρι σήμερα αξιοποιούμενοι πόροι αδυνατούν να καλύψουν επαρκώς τη ζήτηση, είναι φανερό ότι υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλο πρόβλημα δεδομένης και της ανησυχίας που υπάρχει στην επιστημονική κοινότητα σχετικά με την αναμενόμενη κλιματική αλλαγή, δηλαδή την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι ειδικά για την Ελλάδα η μελέτη των αλλαγών του κλίματος και των επιπτώσεων τους πάνω στους υδατικούς πόρους, στα έργα αξιοποίησης τους αλλά και στις χρήσεις νερού είναι επιβεβλημένη, δεδομένης της μεγάλης επικινδυνότητας που ενέχουν για δραματική επιδείνωση της ήδη προβληματικής κατάστασης σχετικά με τα νερά (Mimikou, 1993).

### 2.3 Δείκτες εκμετάλλευσης και κατανάλωσης νερών ανά υδατικό διαμέρισμα

Μεγάλο ποσό του νερού που χρησιμοποιείται κατά τις παραπάνω χρήσεις δεν καταναλώνεται πραγματικά αλλά επιστρέφει στον υδρολογικό κύκλο αφού πρώτα επεξεργαστεί και χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε από τις παραπάνω χρήσεις. Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται η συνολική και η καταναλωτική ζήτηση ανά υδατικό διαμέρισμα (CEDEX, 2000).



Εικόνα 6. Συνολική και καταναλωτική ζήτηση νερού στην Ελλάδα

Βασικοί δείκτες χρήσεως του νερού είναι οι δείκτες εκμετάλλευσης και κατανάλωσης. Ο πρώτος δείκτης είναι ο λόγος της συνολικής ζήτησης νερού προς τους ωφέλιμους πόρους. Οι ωφέλιμοι πόροι ορίζονται ως το 80% των συνολικών εσωτερικών πόρων με βάση την παραδοχή ότι οι υδατικοί πόροι δεν είναι πλήρως εκμεταλλεύσιμοι. Ο δείκτης κατανάλωσης αποτελεί τον λόγο της καταναλωτικής ζήτησης (όπως αυτή υπολογίζεται με βάση τα παραπάνω) προς τους ωφέλιμους πόρους. Ουσιαστικά αυτός ο δείκτης αποτελεί μέτρο της επικινδυνότητας έλλειψης νερού.

## 3 Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

### 3.1 Γενικά

Η επίδραση του ανθρώπου στο κλίμα που προσέλκυσε το μεγαλύτερο ενδιαφέρον των ερευνητών τις δύο προηγούμενες δεκαετίες είναι το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» που προκαλείται από την αύξηση

της συγκέντρωσης αερίων θερμοκηπίου, κυρίως CO<sub>2</sub> και άλλων ιχνοστοιχείων όπως N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> και CFCs στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ακτινοβολίας της γης που διαφεύγει στο διάστημα με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας της κατώτερης ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της γης. Ήδη έχει παρατηρηθεί ότι η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί κατά 1°C περίπου από τις αρχές του αιώνα. Σύμφωνα με τα χρησιμοποιούμενα μέχρι σήμερα κλιματικά μοντέλα ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> θα οδηγήσει σε μέση αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3,0 °C με πιθανή απόκλιση  $\pm 1,5$  °C στα επόμενα 50 έως 100 χρόνια. Αυτή η κλιματική αλλαγή, η οποία διαφοροποιείται από την συνήθη κλιματική μεταβλητότητα που οφείλεται στη μεταβολή των φυσικών συνθηκών, ορίζεται ως μία συστηματική διαφοροποίηση των κλιματικών μεταβλητών που μπορεί να οφείλεται τόσο σε μεταβολές των φυσικών συνθηκών όσο και σε ανθρώπινες δραστηριότητες (Mimikou, 1993).

### 3.2 *Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον κύκλο του νερού: Επιδείνωση των πλημμυρών και της ξηρασίας*

Η αλληλουχία και η αλληλεξάρτηση των διεργασιών του φαινομένου των θερμοκηπίων και της αύξησης της θερμοκρασίας με τις αλλαγές που αναμένονται να επέλθουν στις κλιματικές μεταβλητές (κατακρήμνιση, εξάτμιση), στις υδρολογικές διεργασίες και στα συστήματα υδατικών πόρων. Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία αυτές οι αλλαγές αναμένεται να είναι σημαντικές. Προφανώς, υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα στις προβλέψεις αυτές (σχετικά με την κλιματική αλλαγή), κυρίως όσον αφορά στα ποσοστά αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Ωστόσο και με βάση τις τελευταίες εκτιμήσεις των αρμόδιων κλιματολογικών κέντρων και ινστιτούτων, υπάρχει αυξημένη πλέον βεβαιότητα για την κλιματική αλλαγή με άνοδο της θερμοκρασίας, αλλά τα διάφορα σενάρια μέσα από τα οποία θα ποσοτικοποιηθεί η μεταβολή αυτή, ποικίλουν στις διάφορες μαθηματικές και φυσικές προσεγγίσεις του θέματος. Υπάρχουν πολλά ερευνητικά κέντρα που ασχολούνται με αυτή τη ποσοτικοποίηση της μεταβολής του κλίματος, χρησιμοποιώντας μαθηματικά μοντέλα, τα οποία ποικίλουν από άποψη πολυπλοκότητας. Η ποικιλία αυτή οφείλεται κυρίως στις υποθέσεις, παραδοχές και απλοποιήσεις που γίνονται κάθε φορά στην προσπάθεια να μελετηθεί η εκάστοτε παράμετρος από το ευρύ φάσμα των κλιματικών αλλαγών. Το Hadley Center στη Μ. Βρετανία, το Deutsches Klimarechenzentrum στη Γερμανία, το CSIRO στην Αυστραλία, το Canadian Center for Climate Modelling and Analysis Καναδά είναι μερικά από τα διεθνούς κύρους ερευνητικά κέντρα, σενάρια των οποίων χρησιμοποιήθηκαν σε υδρολογικές μελέτες του Ελλαδικού χώρου (Mimikou et al, 1991, 2000). Τα σενάρια αυτά ποσοτικοποιούν τις αλλαγές στις βασικές κλιματικές μεταβλητές (πχ θερμοκρασία, κατακρήμνιση, σχετική υγρασία, εξατμισοδιαπνοή κλπ) και αναφέρονται σε μελλοντικά έτη (τα επονομαζόμενα «έτη στόχους»), συνήθως το 2020, 2050 και 2080. Τελευταία, έχουν κατασκευαστεί σενάρια για τα ίδια έτη, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους την περίπτωση εφαρμογής του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Πιο συγκεκριμένα για την Ελλάδα και με βάση το σενάριο HadCM2 για 3 διαφορετικά έτη, αναμένεται αύξηση της θερμοκρασίας για όλους τους μήνες του χρόνου. Αυτό συμβαίνει για όλα τα έτη-στόχους (2020, 2050 και 2080) και μάλιστα όσο προχωρά ο χρονικός ορίζοντας, οι αυξήσεις στη θερμοκρασία γίνονται μεγαλύτερες. Είναι σημαντικό ότι οι μεγαλύτερες αυξήσεις της θερμοκρασίας αναμένεται να πραγματοποιηθούν τους καλοκαιρινούς μήνες (ξεπερνώντας τους 50C για το έτος 2080) αλλά και τον Σεπτέμβρη, προμηνύοντας έτσι μεγαλύτερα καλοκαίρια άρα και αυξημένες ανάγκες σε νερό. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε μια περιοχή έχει άμεση συνέπεια και στο μέγεθος της Εξατμισοδιαπνοής. Έτσι εκτιμήθηκε ότι η αναμενόμενη αύξηση της Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής θα είναι της τάξης του 4% με 8%.

Η κατακρήμνιση παρουσιάζει σημαντική μείωση, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, μείωση που αγγίζει το 100% τον μήνα Αύγουστο. Γενικά οι μειώσεις στη βροχόπτωση μέσα στο έτος είναι της τάξης του 30 με 50%. Σε ελάχιστους μήνες (πχ Ιανουάριο, Μάρτιο) αναμένεται αύξηση στη βροχόπτωση, η οποία όμως δεν ξεπερνά το 21 με 22%. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία και τη κατακρήμνιση που περιγράφηκαν παραπάνω ελήφθησαν υπόψη και με την βοήθεια υδρολογικών μοντέλων μελετήθηκαν οι επιπτώσεις τους στον υδρολογικό κύκλο. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει



περισσότερο είναι ασφαλώς η απορροή. Σύμφωνα με το σενάριο HadCM2, σχεδόν σε όλους τους μήνες του έτους παρατηρείται μείωση της απορροής, η οποία κυμαίνεται γύρω στο 40%, μπορεί όμως να φτάσει και το 60% για κάποιους μήνες (πχ Νοέμβρη). Η αύξηση της απορροής που παρατηρείται σε ορισμένους χειμερινούς μήνες, αναμένεται να έχει ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της συχνότητας και δριμύτητας των πλημμύρων. Δηλαδή θα υπάρξει το παράδοξο να έχουμε επιδείνωση της ξηρασίας και της λειψυδρίας το καλοκαίρι και παράλληλα αύξηση των ακραίων πλημμυρικών φαινομένων τον χειμώνα.

Ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο μέγεθος των πλημμυρών. Πιο συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ότι θα υπάρξει αύξηση των αιχμών των πλημμύρων, της τάξης του 10 % για περίοδο επαναφοράς 10 ετών, ποσοστό που αυξάνεται με την περίοδο επαναφοράς, π.χ. για την 1000 – ετία φτάνει το 30% περίπου. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την αντιπλημμυρική προστασία τόσο των αστικών όσο και των αγροτικών περιοχών. Η κλιματική αλλαγή όμως έχει σημαντικές επιπτώσεις και στην ποιότητα των υδάτων. Έτσι εκτιμήθηκε ότι θα υπάρξει μια αύξηση του απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) και σημαντική μείωση ιδιαίτερα το καλοκαίρι του διαλυμένου οξυγόνου (DO) που είναι μια άλλη σημαντική μεταβλητή, χαρακτηριστική της ποιότητας ενός υδάτινου σώματος. Οι μεταβολές αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές τους καλοκαιρινούς μήνες και συνεπάγονται σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Τέλος, για τα έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων, θα υπάρξουν επίσης σοβαρές επιπτώσεις, τόσο στα σχεδιαστικά όσο και στα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με τις σχετικές μελέτες (Mimikou and Baltas, 1997), που έγιναν για ταμειυτήρες στην Ελλάδα, θα υπάρξει σοβαρή επιβάρυνση στην αξιοπιστία του σχεδιασμού και της λειτουργίας τους, αφού η διακινδύνευση παραγωγής εγγυημένης ενέργειας και νερού θα αυξηθεί κάτω από αυξήσεις της θερμοκρασίας και μειώσεις της κατακρήμνισης. Για να κρατηθεί η διακινδύνευση σχεδιασμού σε αποδεκτά επίπεδα, θα χρειαστούν σοβαρές αυξήσεις στους αποθηκευτικούς όγκους.

### 3.3 Τι μπορεί να επιφέρει η κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα.

Συγκεντρωτικά, λοιπόν για την Ελλάδα μπορεί κανείς να πει ότι η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επιφέρει:

- ✓ Αύξηση της δυναμικής και της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής.
- ✓ Μείωση της χιονόπτωσης με αύξηση της χειμερινής βροχόπτωσης και απορροής.
- ✓ Μείωση της εαρινής απορροής λόγω λιωσίματος του χιονιού και αύξηση της διάρκειας του καλοκαιριού με μετατόπιση του προς την άνοιξη.
- ✓ Μείωση της εδαφικής υγρασίας, ιδιαίτερα κατά την περίοδο της άνοιξης και του καλοκαιριού.

Περαιτέρω επιπτώσεις αυτών των αλλαγών είναι α) η αύξηση της χειμερινής βροχόπτωσης σε σχέση με την χιονόπτωση προκαλεί αυξημένη χειμερινή απορροή και εδαφική υγρασία, άρα επιδείνωση της συχνότητας και δριμύτητας των πλημμυρών! και β) η μείωση της χιονόπτωσης και άρα της εαρινής απορροής και η αύξηση της εξατμισοδιαπνοής προκαλούν επιδείνωση της δριμύτητας της ξηρασίας και της λειψυδρίας ιδιαίτερα το καλοκαίρι του οποίου η διάρκεια μεγαλώνει σε βάρος της άνοιξης. Ειδικά για τους ταμειυτήρες αναμένεται η αύξηση της διακινδύνευσης παραγωγής εγγυημένης ενέργειας και νερού και η αύξηση του απαιτούμενου αποθηκευτικού όγκου για να διατηρηθεί η διακινδύνευση σχεδιασμού σε αποδεκτά επίπεδα. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι σε πολλές περιοχές της Ελλάδας και σε συνθήκες αλλαγμένου κλίματος, δημιουργούνται σχεδόν μόνιμες συνθήκες λειψυδρίας δηλαδή διαρκούς επικινδυνότητας έλλειψης νερού και μη κάλυψης της ζήτησης με παράλληλη υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων και συνεπώς των οικοσυστημάτων.



#### 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Με βάση τα προαναφερθέντα για την κατάσταση του Τομέα του Νερού στην Ελλάδα, συνάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- ✓ 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, αφού δέχονται μικρά ποσά βροχής που είναι πολύ άνισα κατανεμημένα στο χρόνο. Βιώνουν δηλαδή καταστροφικές πλημμύρες ιδιαίτερα το χειμώνα και μεγάλες ξηρασίες το καλοκαίρι.
- ✓ Η ποσοστιαία συμμετοχή των χρήσεων του νερού στην πίτα των διαθέσιμων πόρων της χώρας δεν είναι ορθολογική, σε σύγκριση μάλιστα και με τις άλλες Μεσογειακές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η αγροτική ζήτηση καλύπτει ένα δυσανάλογα μεγάλο ποσοστό της τάξεως του 86%, γεγονός που περιορίζει πολύ τα διαθέσιμα και δρα ανασταλτικά σε κάθε ορθή πρακτική για την διαχείριση και οικονομία του νερού.
- ✓ Οι μεγάλοι χρήστες νερού (αγροτική, αστική) βρίσκονται κυρίως στις ανατολικές περιοχές της χώρας που μειονεκτούν από πλευράς φυσικού εμπλουτισμού. Ειδικά για την ξηρασία, οι περιοχές αυτές βιώνουν ένα καθεστώς ενδημικής έλλειψης νερού που ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες απασχολεί λιγότερο ή περισσότερο. Αυτό το γεγονός σε συνδυασμό με τη πολύ υψηλή κατανάλωση (και μεγάλη σπατάλη) νερού που γίνεται σ' αυτές τις περιοχές, με ιδιαίτερη δε ένταση στη Θεσσαλία για την αγροτική χρήση και στην Αττική για την αστική, δημιουργούν σχεδόν μόνιμες συνθήκες λειψυδρίας, δηλαδή διαρκούς επικινδυνότητας έλλειψης νερού και μη κάλυψης της ζήτησης.
- ✓ Ειδικά για την Ελλάδα, η μελέτη των περιβαλλοντικών αλλαγών όπως π.χ η αλλαγή του κλίματος ή η αλλαγή των χρήσεων γης και των επιπτώσεων τους πάνω στους υδατικούς πόρους, στα έργα αξιοποίησής τους και στις χρήσεις του νερού είναι επιβεβλημένη, δεδομένης της μεγάλης επικινδυνότητας που ενέχουν για δραματική επιδείνωση της ήδη προβληματικής κατάστασης σχετικά με τα νερά.
- ✓ Σε κάθε ένα από τους επί μέρους τομείς του νερού (υδατικοί πόροι, έργα, χρήσεις νερού) θα πρέπει να ληφθεί σειρά μέτρων προς την κατεύθυνση της ορθής εκτίμησης, του αξιόπιστου σχεδιασμού, της ορθολογικής διαχείρισης κλπ. Όλα αυτά τα επί μέρους μέτρα ακόμα και αν ιδανικά μπορούσαν να υλοποιηθούν από τους αρμόδιους για κάθε τομέα φορείς (π.χ για τα ενεργειακά θέματα από τη ΔΕΗ, για την αστική χρήση της Αθήνας από την ΕΥΔΑΠ, για την αγροτική χρήση από το ΥπΑΑΤ, κλπ) τα αποτελέσματα θα ήταν πενιχρά σε σχέση με το κόστος υλοποίησής τους. Και αυτό γιατί η εγκατεστημένη πολυαρχία στο τομέα αυτό δεν επιτρέπει μια συνολική θεώρηση στο τομέα του νερού, η οποία είναι απαραίτητη για να συνδεθούν οι υδατικοί πόροι με τα έργα αξιοποίησης και με τις χρήσεις τους, χωρίς αντικρουόμενες επιμέρους αποφάσεις και ενέργειες.

#### 5 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Πρέπει να γίνουν πολλά στο τομέα του Νερού και πρέπει να γίνουν άμεσα! Εξάλλου η Οδηγία Πλαίσιο δεν αφήνει χρονικά περιθώρια! Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να γίνει:

- ✓ Δημιουργία ενός πραγματικά κεντρικού φορέα Υδάτων, ο οποίος:
  - θα καλύπτει όλο τον τομέα του νερού στην Ελλάδα (αστικό, αγροτικό κλπ).
  - θα χαράζει πολιτική, θα εισηγείται στην κυβέρνηση και θα υλοποιεί τις βασικές ενέργειες για την εκτίμηση και τη διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων της χώρας.

- θα λειτουργεί αποκεντρωμένα σε επίπεδο υδρολογικών περιφερειών ή υδατικών διαμερισμάτων της χώρας.
- ✓ Δημιουργία ενός Ινστιτούτου Υδατικών Πόρων κατά τα πρότυπα των άλλων ευρωπαϊκών χωρών, το οποίο θα διεξάγει τις εθνικές μελέτες σχετικά με το νερό. Η θεσμική μορφή αυτού του Ινστιτούτου θα πρέπει να του παρέχει σχετική ανεξαρτησία, ευελιξία και χρηματοδότηση βάσει, έτσι ώστε να υπηρετείται η έρευνα και να παράγεται νέα γνώση.
- ✓ Η δημιουργία ενός εθνικού Δικτύου υδρομετεωρολογικών, υδρομετρικών μετρήσεων και αντίστοιχο δίκτυο για τις μετρήσεις πεδίου σχετικά με την ποιότητα του νερού.
- ✓ Εξορθολογισμός των χρήσεων νερού. Ιδιαίτερα για την αγροτική χρήση θα πρέπει να χαραχθεί μια αγροτική πολιτική, που θα πρέπει να αφορά
  - στην επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών ανάλογα με τα υδατικά διαθέσιμα της κάθε περιοχής.
  - στην τήρηση των νόμων για την εκμετάλλευση και τη ρύπανση των υπογείων νερών.
  - στην σημαντική μείωση της σπατάλης και της κατανάλωσης νερού για τις αρδεύσεις.
  - στην ενημέρωση και καθοδήγηση των πολιτών στα θέματα αυτά.

## 6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. CEDEX, 1998a. *Realización de coberturas de información relativas a la gestión del agua en países mediterráneos. Informe final. Tomo único. Informe técnico para Institute for Prospective Technological Studies*. Madrid, noviembre 1998
2. CEDEX, 2000. *Las aguas continentales en los países mediterráneos de la Union Europea*. Madrid, October, 2000.
3. Eurostat, 1999. *Towards Environmental Pressures Indicators for the EU*. First Edition 1999. European Commission. Eurostat Theme 8. Environment and Energy. Luxembourg, 1999.
4. Eurostat, 1998. *Water in Europe. Part 1. Renewable Water Resources*. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 1998
5. MIMAM, 1998. *El Libro Blanco del Agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente, 1998
6. Mimikou, M., Kounopoulos, Y., Cavvadias, G. and Vayiannos, N., (1991). Regional Hydrological Effects of Climate Change. *Journal of Hydrology*, 123: 119 – 146.
7. Mimikou, M., (1993). Climatic Change. Chapter 3 of the Book: *Environmental Hydrology*. Kluwer Academic Publishers (Editor Prof. Dr. V.P. Singh), (invited contribution), pp. 69 – 106.
8. Mimikou, M., (2006). "Τεχνολογία Υδατικών Πόρων" 3<sup>η</sup> έκδοση, 564 σελ. (Δίτομο Βιβλίο, Εκδότης: Παπασωτηρίου).
9. Mimikou, M., and Baltas, E., (1997). Climate Change Impacts on the Reliability of Hydroelectric Energy Production. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 42, No. 5: 661 –678.
10. Mimikou, M., Baltas, E., Varanou, E., and Pantazis, K., (2000). Regional Impacts of Climate Change on Water Resources Quantity and Quality Indicators. *Journal of Hydrology*, Elsevier Publ. Co., 234(2000): 95 – 109.
11. WRI, 1997. *Long OE Range study on water supply and demand in Europe. Level A: Studies at country level OE Italy*. Water Research Institute OE N.R.C. for ICWS, The Netherlands. Rome 10 March 1997.