

**Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων
& Γεωργικής Μηχανικής
Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**



ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Χ. Α. ΚΑΡΑΒΙΤΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η όλο και εντονότερη ανάπτυξη των συστημάτων υδατικών πόρων σε παγκόσμια κλίμακα, ταυτόχρονα με τα συνεχώς αυξανόμενα ελλείμματα, έχει κάνει επιτακτική την ανάγκη για την εφαρμογή ολοκληρωμένων μεθόδων σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η επιστήμη της Διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι αυτή που κλήθηκε να εφαρμόσει αυτές τις μεθόδους σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα (των τελευταίων δεκαετιών), για να δώσει λύσεις στα σχετιζόμενα με το νερό προβλήματα της ανθρώπινης κοινωνίας. Αυτό γιατί το νερό είναι βασικό στοιχείο όλων των περιβαλλοντικών και κοινωνικών διαδικασιών. Το νερό είναι κύριο συστατικό του οικολογικού κύκλου. Το νερό είναι απαραίτητο για την αγροτική, την βιομηχανική παραγωγή και την παραγωγή ενέργειας. Για να καλυφθεί λοιπόν η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση εκμεταλλεύονται όλο και περισσότερο τα υπόγεια νερά, κατασκευάζονται όλο και περισσότερα φράγματα για να ελέγξουν τις πλημμύρες και να ταμιεύσουν το νερό, όλο και μεγαλύτερα υδραγωγεία για να μεταφέρουν το νερό, πολλές φορές σε εκατοντάδες χιλιόμετρα απόσταση, εκμεταλλεύονται όλο και εντονότερα τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα και τελευταία ενεργοβόρα εργοστάσια αφαλάτωσης, για να υδροδοτήσουν παραδοσιακά ημι-ερημικές η/και ερημικές περιοχές.

Καθώς είμαστε στον 21ο αιώνα τα προβλήματα δυστυχώς αυξάνονται καθώς στην έλλειψη του νερού έρχεται να προστεθεί και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για να δοθεί μία διάσταση του προβλήματος τονίζεται ότι περίπου 97% από όλο το νερό της Γης είναι αλμυρό (saline) και μόνο 3% είναι γλυκό (fresh water), με ένα συνολικό όγκο 35 δισεκατομμυρίων km^3 . Λιγότερο από 100.000 km^3 περίπου 0.3% των συνολικών αποθεμάτων σε γλυκό νερό - ευρίσκεται στα ποτάμια και τις λίμνες και αποτελεί την κύρια πηγή εφοδιασμού. Το νερό βέβαια ανακυκλώνεται και ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει αυτή την ανακύκλωση. Σε ετήσια βάση περίπου 45.000 km^3 νερού κατ' έτος επιστρέφουν στον παγκόσμιο ωκεανό σαν απορροή των ποταμών και των υπόγειων σχηματισμών. Αλλά αυτοί οι υδατικοί πόροι δεν κατανέμονται εξ ίσου σε όλη την γήινη επιφάνεια. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και η απορροή διαφέρουν σημαντικότερα στην κατανομή τους τόσο στον χώρο όσο και στον χρόνο. Για παράδειγμα 20% της μέσης ετήσιας παγκόσμιας απορροής παρατηρείται στην λεκάνη του Αμαζονίου, 7% στην Ευρώπη και 1% στην Αυστραλία. Στο όρος Waialeale, στο νησί Kauai, του συμπλέγματος των Hawaii, έχει καταγραφεί ετήσια βροχόπτωση ύψους 11.5 m (μέση ετήσια βροχόπτωση της Αθήνας 0.4 m περίπου), ενώ στην έρημο Arica, της Χιλής συχνότατα καταγράφεται μηδενική βροχόπτωση.

Στον Μεσογειακό χώρο και ιδιαίτερα στα νησιά, το νερό χρησιμοποιείται με μη αειφόρο τρόπο. Το μεσογειακό νησιωτικό περιβάλλον συνολικά είναι οικολογικά εύθραυστο και δοκιμάζεται επικίνδυνα από τις επικρατούσες κοινωνικές και οικονομικές τάσεις. Με αυτή την έννοια το μέλλον του Μεσογειακού χώρου είναι δυνατό να απειληθεί από την αυξανόμενη πίεση στις παράκτιες περιοχές, που προέρχεται από τη συνεχή άμβλυνση των διαφορών μεταξύ τουριστικών και αγροτικών περιοχών, από σημαντικότερες αλληλοεξαρτήσεις υδατικών πόρων, από υψηλή ευαισθησία στη ρύπανση, και από την εύκολα ανατρεπόμενη ισορροπία μεταξύ νερού και εδάφους. Τα εδάφη είναι εξαιρετικά τρωτά στην διάβρωση και τα

προκύπτουν προβλήματα σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των υδατικών πόρων (απόθεση ιζημάτων στους ταμιευτήρες, σταθερότητα των όχθων των ποταμών κ.λ.π.). Η πλειονότητα του πληθυσμού είναι συγκεντρωμένη στις παράκτιες ζώνες και ο αυξανόμενος τουρισμός προκαλεί έντονη εποχιακή ζήτηση σε νερό. Ως εκ τούτων, η ανισοκατανομή της ζήτησης του νερού τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο αυξάνει ιδιαίτερα το κόστος κάλυψης των αναγκών. Τα προβλήματα διαχείρισης λυμάτων πολλαπλασιάζονται με την αύξηση του αστικού πληθυσμού κατά τη θερινή περίοδο και υποβαθμίζουν την ποιότητα των ακτών. Όλοι οι σχετικοί παράγοντες επιβάλλουν την εφαρμογή προληπτικού σχεδιασμού και διαχείρισης και όχι την αναμονή εμφάνισης πλέον έντονων φαινομένων ρύπανσης, διάβρωσης και έλλειψης νερού (Karavitis C. A. and P. Kerkides, 2001). Η τεχνολογική ανάπτυξη που βασίστηκε, σε ένα μεγάλο βαθμό, στους φθηνούς και άφθονους φυσικούς πόρους, την ταχεία πληθυσμιακή αύξηση και την έλλειψη φροντίδας, για την διατήρηση των ισορροπιών του περιβάλλοντος, μπορεί να θεωρηθεί ότι είχε σαν αποτέλεσμα δύο αλληλοσυγκρουόμενες διαδικασίες. Από την μία πλευρά, η πρόοδος της τεχνολογίας, η δημογραφική έκρηξη και η αστικοποίηση, επέφεραν σημαντική αύξηση της κατανάλωσης σε νερό, υψηλής ταυτόχρονα ποιότητας. Από την άλλη πλευρά, η ολοένα αυξανόμενη και ανεξέλεγκτη υποβάθμιση ρύπανση και μόλυνση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, οδήγησε σε ξαφνικά ελλείμματα ποιοτικά αποδεκτού νερού. Εμφανίζεται δηλαδή, η κρίση των υδατικών πόρων. Βέβαια, εάν συνεχισθεί η ίδια εξέλιξη αυτών των δύο διαδικασιών, η κρίση του νερού θα συνεχίσει να επιτείνεται. Εξ' αιτίας των διαδικασιών αυτών οι ανθρώπινες κοινωνίες έχασαν ξαφνικά και σχεδόν χωρίς την θέληση τους, την παραδοσιακή θέση τους, με το άφθονο για τις περισσότερες περιοχές νερό, και τις χωρίς περιορισμούς και σχετικά φθηνές λύσεις στις υδατικές ανάγκες τους. Άντ' αυτού, αντιμετωπίζουν πλέον συστήματα υδατικών πόρων που απαιτούν σημαντικές, σύνθετες και συχνά ακριβές λύσεις.



Τα επιφανειακά νερά που περιέχονται στα ποτάμια, στις λίμνες και στην ακόρεστη σε νερό ανώτερη εδαφική ζώνη, αποτελούν περίπου ένα ποσοστό 2%, τα υπόγεια νερά αποτελούν το 23% και τα νερά με τη μορφή των πολικών πάγων το 75% του συνόλου των γλυκών νερών σε παγκόσμια κλίμακα. Το μικρό αυτό ποσοστό του επιφανειακού γλυκού νερού (2%) έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη και στην ιστορία του ανθρώπου, αφού οι πρώτοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν στις όχθες ποταμών και λιμνών (Νείλος, Τίγρης, Ευφράτης, Ινδός κλπ.) και οι περισσότερες των σημερινών πόλεων ευρίσκονται πλησίον ενός σημαντικού υδατίνου σώματος. Η ανάγκη χρησιμοποίησης του νερού (αρχικά για ύδρευση, άρδευση και ποτάμια ναυσιπλοΐα) συνέτεινε στην προτίμηση αυτή. Αργότερα το νερό χρησιμοποιήθηκε και για ευρύτερους αστικούς σκοπούς, στη βιομηχανία ως πηγή ενέργειας και για ψυχαγωγία – αναψυχή .

Από πολύ παλιά ο άνθρωπος αντιλήφθηκε ότι έπρεπε να διαχειριστεί κατάλληλα το νερό, ώστε να εξασφαλίσει την επιβίωσή του. Ακραία καιρικά φαινόμενα όπως οι πλημμύρες αλλά και οι ξηρασίες επιδρούν καταστροφικά και επιφέρουν δεινά όχι μόνο στον άνθρωπο και το σύνολο των κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων αλλά, και σε ολόκληρο το βιοτικό και αβιοτικό περιβάλλον γενικώτερα. Αναρίθμητες προσπάθειες έχουν γίνει για να τιθασευτούν ή να ελεγχθούν ή ακόμα και να προβλεφθούν τα ανεπιθύμητα επακόλουθα αυτών των φαινομένων. Χαρακτηριστικό πρώιμο παράδειγμα υπήρξε ο έλεγχος και η διαχείριση των νερών του Νείλου πριν από 5000 χρόνια όπου κατασκευάστηκαν τεράστια έργα διευθέτησης και διανομής των νερών για τις ανάγκες άρδευσης, όπως επίσης και μελέτη των ετήσιων διακυμάνσεων της στάθμης του ποταμού για πρόγνωση της ποσότητας του νερού άρα και της γεωργικής παραγωγής.

Αυτή η κρίση των υδατικών πόρων επιδρά στην πλειοψηφία των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, μεταξύ των οποίων οι παρακάτω είναι πιθανά οι πλέον εμφανείς:

- αυξημένες δυσκολίες στον εφοδιασμό με τις απαιτούμενες ποσότητες νερού για τις διάφορες καταναλώσεις (αγροτικές, αστικές βιομηχανικές).
- εντεινόμενα προβλήματα στις προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος από τις αντίξοες υδατικές (πόροι, ζήτηση, ποιότητα κλπ), και υδρολογικές (πλημμύρες κλπ) επιπτώσεις.
- αυξημένοι κίνδυνοι για τον πληθυσμό και το περιβάλλον εξ αιτίας της ρύπανσης και της μόλυνσης των υδάτων και των σχετιζόμενων με το νερό οικοσυστημάτων.

Εχοντας υπ' όψιν τις παραπάνω σύντομες επισημάνσεις, η κύρια προσπάθεια του σχεδιασμού και της διαχείρισης των υδατικών πόρων, μπορεί να λεχθεί ότι έχει σαν πρωταρχικό στόχο:

- την κάλυψη των αναγκών σε νερό στην επιθυμητή ποσότητα και ποιότητα στον χώρο και τον χρόνο που απαιτείται.

Οι παρακάτω σύντομες σημειώσεις θα ασχοληθούν με την μεθοδολογία που πρέπει να εφαρμοσθεί και τους σημαντικότερους από τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν, για την επίτευξη του παραπάνω στόχου.

2. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η χώρα μας έκτασης 131.950 Km² περίπου έχει την ιδιομορφία να παρουσιάζει μια ακτογραμμή 16.000 Km που αναπτύσσεται στην ηπειρωτική χώρα και στα 3.000 περίπου νησιά μας (έκτασης 25.166 Km²). Το 5% της ακτογραμμής αντιστοιχεί σε υδροβιότοπους. Από τα 3.000 νησιά μας 63 είναι τα κυριότερα από άποψη μεγέθους. Σε αντιδιαστολή σημειώνεται ότι τα νησιά σε ολόκληρη τη Μεσόγειο αριθμούν περίπου τα 4.000.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι ότι η βροχόπτωση η οποία ποικίλλει ιδιαίτερα, κατά μέσο όρο, στη Δυτική Ελλάδα (1.100 mm) είναι τριπλάσια περίπου από ότι στην Ανατολική Ελλάδα (350 mm). Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις σε διάφορες πόλεις:

<i>Νάξος: 368 mm</i>	<i>Ιωάννινα: 1088 mm</i>	<i>Κέρκυρα: 936 mm</i>
<i>Αθήνα: 400 mm</i>	<i>Χανιά: 548 mm</i>	

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με την άνιση κατανομή της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του έτους έχουν δημιουργήσει πανσπερμία οικοσυστημάτων.

Ο Νόμος 2539/97 (Νόμος Καποδίστρια) διαίρεσε τη χώρα σε 13 Διοικητικές Περιφέρειες και 57 Νομαρχίες. Στόχος του ήταν να μειωθούν οι στοιχειώδεις διοικητικές μονάδες (Δήμοι και Κοινότητες) από 6.350 σε 1.033 (900 Δήμοι και 133 Κοινότητες). Η μεταρρύθμιση αυτή συνοδεύτηκε από την αποκέντρωση ορισμένων κυβερνητικών αρμοδιοτήτων, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται και ορισμένες αρμοδιότητες περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Η Νομοθεσία που αποτελεί τη βάση του διοικητικού πλαισίου για την προστασία του Περιβάλλοντος και ιδιαίτερα των υδατικών πόρων στην Ελλάδα βασίζεται στην Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό (WFD, 60/2000, EC), που έγινε νόμος του Ελληνικού Κράτους (3199/2003). Το πλέον εντυπωσιακό στοιχείο βέβαια, είναι ο κατακερματισμός των αρμοδιοτήτων διαχείρισης των υδατικών πόρων σε αρκετούς κυβερνητικούς φορείς. Ανάμεσα σε αυτούς τους φορείς συμπεριλαμβάνονται : Την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων (ΚΥΥ), το Υπουργείο Εσωτερικών (ΥΠΕΣ), το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ), το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, το Υπουργείο Πολιτισμού, το Υπουργείο Εξωτερικών (ΥΠΕΞ), το Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) το πρώην Υπουργείο Γεωργίας (ΥΠΓΕ), την Δ.Ε.Η., την Ε.Υ.Δ.Α Π. και μερικές άλλες υπηρεσίες. Αυτός ο κατακερματισμός και η επικάλυψη συναφών αρμοδιοτήτων φαίνεται να εμποδίζει τις προσπάθειες ολοκληρωμένου σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Επιπλέον είναι δυνατόν να ευνοεί τυχούσες υπάρχουσες γραφειοκρατικές τάσεις, δημιουργώντας καθυστερήσεις στον σχεδιασμό και την εφαρμογή των μέτρων, και αντίστοιχο κατακερματισμό των πιστώσεων.

Η μέση ετήσια τιμή των κατακρημνισμάτων στην Ελλάδα είναι 115 δις m³ απ' όπου το 50-60% περίπου χάνεται με την εξατμισοδιαπνοή. Στη χώρα μας το 85-90% των αποθεμάτων του γλυκού νερού είναι επιφανειακά και το 10-15% υπόγεια, ενώ το

40% του νερού άρδευσης προέρχεται από υπόγειους υδροφορείς. Μια απλή εκτίμηση της ετήσιας κατανομής μπορεί να είναι η παρακάτω:



* 1δισ m³=1.000 hm³

Σχήμα 2 Εκτίμηση της ετήσιας κατανομής υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Η μέση κατανάλωση νερού στην Ελλάδα φθάνει τα 5.500 hm³/έτος, ήτοι περίπου 5.500 m³/yr ανά κάτοικο. Από αυτά η άρδευση καταναλώνει περίπου το 84-85 %, η ύδρευση το 13-15 % και η βιομηχανία το 2-4%.

Όσον αφορά στους υγροτόπους στην Ελλάδα τα $\frac{3}{4}$ αυτών έχουν χαθεί μέσα στον τελευταίο αιώνα. Οι κύριοι παράγοντες που προκαλούν την υποβάθμιση των υγροτόπων είναι η κατασκευή αρδευτικών έργων και οι εκτροπές των ποταμών, η υπερβολική άντληση νερού, οι εκχερσώσεις, το παράνομο κυνήγι, οι εκροές από τις αγροτικές περιοχές, αστικά ή βιομηχανικά λύματα, η αστική ανάπτυξη και η επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Εξάλλου τα τέσσερα μεγάλα διεθνή ποτάμια μας αποτελούν το 25% περίπου των ελληνικών επιφανειακών υδάτινων πόρων.

Αξίος: 5,0 εκ. m³/έτος

Στρυμόνας: 3,4 εκ. m³/έτος

Νέστος: 1,8 εκ. m³/έτος

Έβρος: 3,25 εκ. m³/έτος

Αναλυτικά διάφορες εκτιμήσεις για τους υδατικούς πόρους ανά υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδος παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Εκτιμήσεις των δυνητικών υδατικών πόρων στην Ελλάδα σε $10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ (Karavitis, 1999).

Υδατικό Διαμέρισμα	Επιφανειακά Υδατα		Υπόγεια Υδατα				Σύνολο	
			Καρστικά	Άλλα	Σύνολο			
	ΥΠΑΝ ¹	ΥΠΓΕ ²	ΥΠΑΝ	ΥΠΑΝ	ΥΠΑΝ	ΥΠΓΕ ³	ΥΠΑΝ	ΥΠΓΕ
1. Δ. Πελοπόννησος	3,050	2,720	550	150	700	80	3,750	2,800
2. Β. Πελοπόννησος	2,650	3,201	800	100	900	100	3,550	3,301
3. Α. Πελοπόννησος	1,000	1,859	850	100	950	114	1,950	1,973
4. Δ. Στερεά	9,750	11,649	750	100	850	75	10,600	11,724
5. Ηπειρος	8,500	8,591	200	50	250	59	8,750	8,650
6. Αττική	200	219	150	50	200	2	400	221
7. Α. Στερεά	1,900	1,816	750	300	1,050	83	2,950	1,899
8. Θεσσαλία	3,250	3,253	550	800	1,350	590	4,600	3,843
9. Δ. Μακεδονία	4,100	4,320	800	50	850	417	4,950	4,737
10. Κ. Μακεδονία	6,900	7,186	150	550	700	344	7,600	7,530
11. Α. Μακεδονία	4,200	4,419	300	250	550	252	4,750	4,671
12. Θράκη	10,900	10,991	100	300	400	180	11,300	11,171
13. Κρήτη	1,300	1,564	1,200	100	1,300	95	2,600	1,659
14. Νήσοι Αιγαίου	1,000	1,080	200	50	250	61	1,250	1,141
ΣΥΝΟΛΟ	58,700	62,868	7,350	2,950	10,300	2,452	69,000	65,320

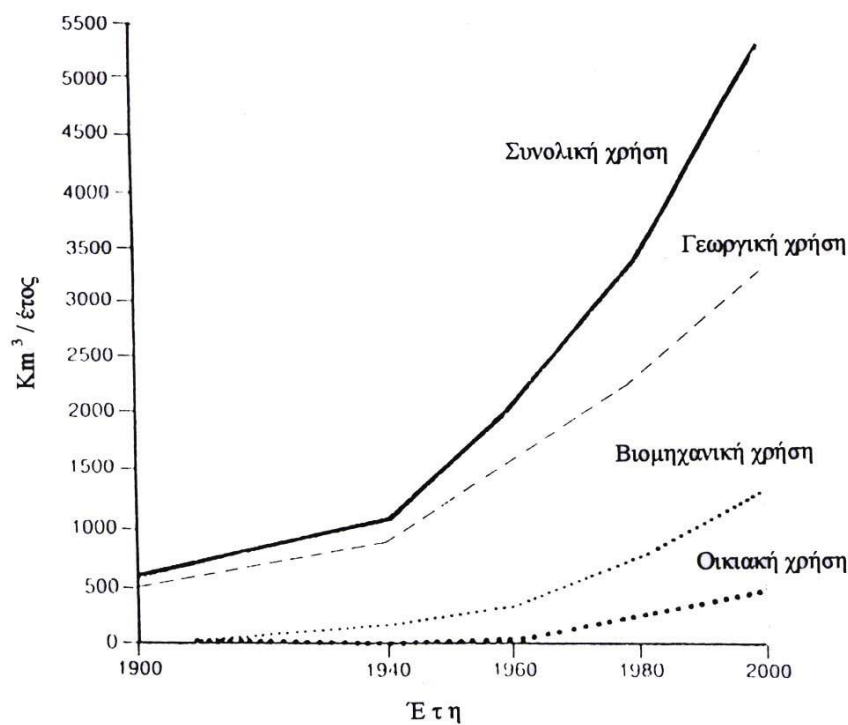
¹ Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ), 1987.

² Υπουργείο Γεωργίας (ΥΠΓΕ).

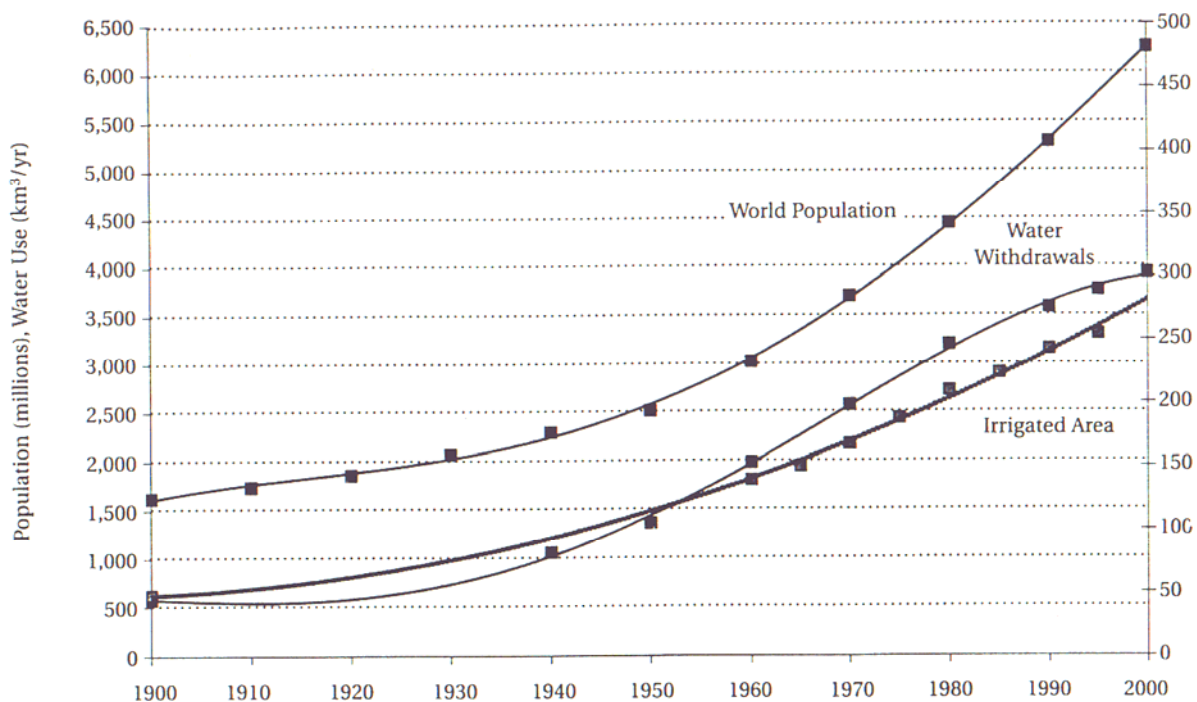
³ Τα δεδομένα είναι μετρημένη παροχή.

2.1 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η χρήση του νερού διαχρονικά συνεχώς αυξάνεται με ταχύτατο ρυθμό, Εικόνες 2 και 3. Εάν παρατηρήσει κανείς την Εικόνα 2, θα διαπιστώσει ότι η γεωργία κατέχει την πρώτη θέση στην κατανάλωση νερού και έπεται η βιομηχανική και η αστική χρήση. Όσον αφορά τις τάσεις των απολήψεων σε νερό αυτές φαίνεται να πλησιάζουν ασυμπτωματικά μία τιμή περί τα $300 \text{ km}^3/\text{yr}$ (βλ. Εικόνα 3).



Εικόνα 2. Χρήση του νερού κατά τον 20^ο αιώνα. Πηγή : www.fao.org



Εικόνα 3. Παγκόσμιες τάσεις στις απολήψεις νερού. Πληθυσμός και αρδευόμενες εκτάσεις (1900-1995). Πηγή : www.fao.org

Η παγκόσμια κατανάλωση αυξάνεται με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς και το έτος 2000 υπερέβει τα 5000 Km³/έτος. Οι ρυθμοί αυτοί δεν φαίνεται να μειώνονται

τουλάχιστον για τα προσεχή έτη. Η παγκόσμια κατανάλωση έχει σχεδόν δεκαπλασιαστεί την τελευταία εκατονταετία από 600 σε 5000 Km³/έτος. Ο ρυθμός αυτός αύξησης πρέπει οπωσδήποτε να μειωθεί τα προσεχή χρόνια γιατί αυξάνεται το κόστος του νερού, οπότε αναγκαστικά θα πρέπει να αποβεί περισσότερο αποδοτικότερη η χρήση του. Κάτι ανάλογο συνέβη στις αρχές της δεκαετίας του 1970 με την ενεργειακή κρίση του πετρελαίου. Φαίνεται ότι η αύξηση της γεωργικής χρήσης είναι μικρότερη από την αύξηση των υπολοίπων χρήσεων (βιομηχανική, οικιακή και αναψυχή). Πάντως τα τελευταία χρόνια η συνολική αύξηση κατανάλωσης νερού είναι 3 φορές μεγαλύτερη από την αύξηση του πληθυσμού με ότι αυτό συνεπάγεται, και κατά κύριο λόγο συμβαίνει στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Όμως ποιά είναι η σχέση μεταξύ των υπαρχόντων αποθεμάτων νερού στον πλανήτη και αυτών που εκμεταλλεύονται σήμερα από τον άνθρωπο; Στην Ασία για παράδειγμα το έτος 1960 το ποσοστό ήταν 6% και το 2000 αυτό ήταν 22%. Επόμενο θέμα διερεύνησης είναι τι ποσοστό του υπάρχοντος νερού σε μια χώρα είναι δυνατόν να εκμεταλλευτεί κάτω από τα υπάρχοντα κοινωνικά, οικονομικά ή περιβαλλοντικά δεδομένα;

Υπάρχουσας της αύξησης της ζήτησης του νερού στις διάφορες χρήσεις (γεωργική, αστική, βιομηχανική, ψυχαγωγία, περιβάλλον), όπως επίσης και της αύξησης του κόστους του νερού όσο προχωράμε σε δαπανηρότερες εκμεταλλεύσεις του και λαμβάνοντας υπόψη τις κοινωνικές συνθήκες και τις επιπτώσεις της χρήσης του στο περιβάλλον (οικοσυστήματα) προβλέπεται ότι θα ενταθούν στο μέλλον οι συγκρούσεις μεταξύ των χρηστών (πληθυσμών) και των χρήσεων. Πάντως το πόσιμο νερό προκαλεί συνήθως αρκετές πολιτικές ευαισθησίες (βλ. Μέση Ανατολή). Στην χώρα μας αντιπαραθέσεις δημιουργήθηκαν μεταξύ των αγροτών χρηστών και της αστικής χρήσης στην Αττική, για το νερό ύδρευσης από τις διάφορες γεωτρήσεις στην Κωπαΐδα πριν από μερικά χρόνια, που παρουσιάστηκε η τελευταία σημαντική λειψυδρία (1990-1993).

Οι εύκολα εκμεταλλεύσιμοι υδατικοί πόροι έχουν σχεδόν παγκόσμια (περισσότερο στις αναπτυγμένες χώρες) χρησιμοποιηθεί και περαιτέρω εκμετάλλευση θα ισοδυναμεί με αύξηση του κόστους χρήσης και μεγαλύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον (φράγματα, υπόγεια νερά κλπ.). Επομένως δημιουργούνται πολλαπλά προβλήματα σ' αυτές τις χώρες όπου τα υπόγεια νερά είναι κύρια πηγή ύδρευσης αφού η Γερμανία έχει ποσοστό γύρω στα 73%, η Μεγάλη Βρετανία 30%, η Ολλανδία 70%, και οι ΗΠΑ 50%.

Επί πλέον, στις αναπτυσσόμενες και αναπτυγμένες χώρες όλο και περισσότερες πηγές ρύπανσης των υδατικών πόρων δημιουργούνται και επιβαρύνουν τόσο τα επιφανειακά όσο και τα υπόγεια νερά. Τέλος τα έργα εκμετάλλευσης υδατικών πόρων για αρδευτική, αστική και βιομηχανική χρήση προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα που δεν λαμβάνονται μέχρι στιγμή τόσο σοβαρά όσο θα έπρεπε υπόψη από τους μελετητές των έργων αλλά και τους αρμόδιους φορείς.

Κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες εκμετάλλευσης των εδαφών με τη συμβολή του γλυκού νερού παράγεται σήμερα το 99% της τροφής του ανθρώπου. Έχει υπολογιστεί ότι ο κάθε άνθρωπος απαιτεί 5 στρέμματα αρδύσιμης γης για να διατραφεί επαρκώς. Αντί αυτού σήμερα ο πληθυσμός της γης (πάνω από 6 δις) χρησιμοποιεί 2.7 στρέμματα κατ' άτομο (ήδη το 1 δις υποσιτίζεται, κατά την Παγκόσμια Τράπεζα, 1993) και σε 40 χρόνια σε κάθε άτομο θα αντιστοιχεί 1.4 στρέμματα. Αυτό είναι επακόλουθο της αλλαγής χρήσης γης από γεωργική σε αστική, βιομηχανική, κλπ. Αλλά ο κυριότερος παράγοντας μείωσης της γεωργικής γης

παραμένει η διεργασία της διάβρωσης μια και πάνω από το 80% της παγκόσμιας γεωργικής γης περισσότερο ή λιγότερο διαβρώνεται.

Ο πληθυσμός αυξάνεται περίπου με τους σημερινούς ρυθμούς κατά 0.25 εκατομμύρια την ημέρα και προβλέπεται, αν αυτές οι τάσεις συνεχιστούν, με το ακραίο απαισιόδοξο σενάριο, το 2050 να γίνει 14 δις και το 2100 40 δις. Είναι πιθανόν, ότι η πληθυσμιακή αυτή αύξηση δεδομένης της μείωσης της εκμεταλλεύσιμης γης κατά άτομο θα οδηγήσει σε προβλήματα τροφικής επάρκειας, εντατικοποίηση της χρήσης των πόρων και σε περαιτέρω υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Ο άνθρωπος σε παγκόσμια κλίμακα καταναλώνει κατά μέσο όρο για αστικές ανάγκες 180 lt/day κατ'άτομο περίπου, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 7% της συνολικής κατανάλωσης. Η γεωργία καταναλώνει το 87% και το υπόλοιπο η κτηνοτροφία, δασοκομία και η βιομηχανία. Πάντως το διαθέσιμο νερό κατά άτομο σε παγκόσμια κλίμακα σήμερα είναι 35% χαμηλότερο από το 1970 γιατί προστέθηκε από τότε 1.8 δις πληθυσμός περίπου. Σύμφωνα με σχετικές μελέτες η ποσότητα των 180 lt/day κατ'άτομο είναι κατά πολύ χαμηλότερη αυτής των 274 lt/day κατ'άτομο που φαίνεται να είναι η ιδανική ποσότητα. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων ανά κύρια υδρολογική λεκάνη σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό συνεχώς επιδεινώνεται και λόγω της φύσεώς του επιφέρει περιβαλλοντικά προβλήματα. Από στοιχεία της UNESCO φαίνεται ότι ακόμα και σήμερα ένα ποσοστό 20% του παγκοσμίου πληθυσμού (1.3 δις άτομα) δεν έχει πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό και ποσοστό 40% σε νερό χρησιμοποιούμενο για λόγους υγιεινής

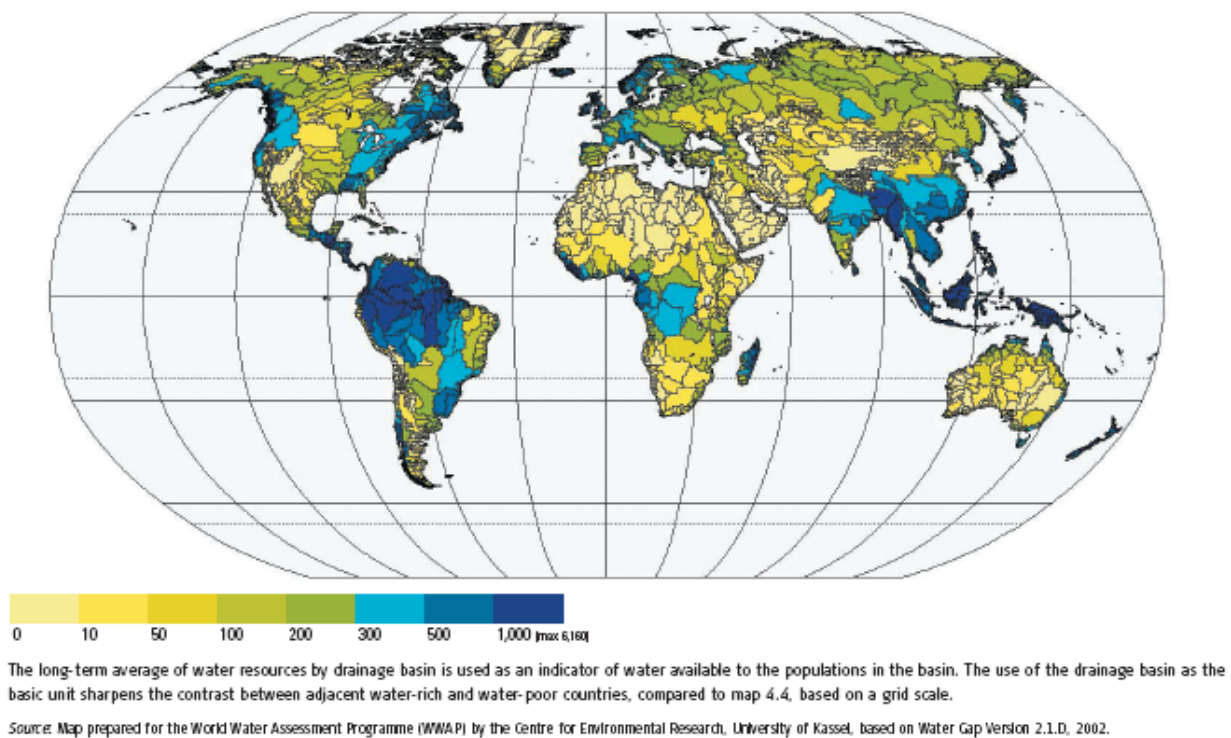
Για τη μείωση της οικιακής κατανάλωσης στην Ελλάδα το 1991 με Προεδρικό Διάταγμα καθορίστηκαν τα επιθυμητά όρια κατανάλωσης κατά κεφαλή σε:

100-250 lt/ημέρα/άτομο από δίκτυα ύδρευσης

100-200 lt/ημέρα/άτομο από γεωτρήσεις

100-180 lt/ημέρα/άτομο για χώρους κατασκήνωσης και ξενοδοχεία.

Ενδεικτικά η μέση κατανάλωση στην Μητροπολιτική Αθήνα είναι περίπου 220 lt/ημέρα/άτομο.



Εικόνα 4 : Διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων ανά κύρια υδρολογική λεκάνη σε παγκόσμιο επίπεδο (UNEP, 2004).

Οι εκτιμήσεις για την συνολική μέση ετήσια χρήση του νερού στην Ελλάδα είναι αντικρουόμενες. Το ΥΠΑΝ αναφέρει ότι καταναλώνονται περίπου $5.04 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$, ενώ το ΥΠΤ δίνει μία εκτίμηση $4.8 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$. Παρόλα αυτά οι εκτιμήσεις φαίνεται να συγκλίνουν όσον αφορά τις διάφορες χρήσεις (Karavitis, C.A., 1999). Ως εκ τούτου, εκτιμάται και τονίζεται και πάλι ότι η γεωργία χρησιμοποιεί περίπου το 80%-84%, η αστική χρήση περί το 13%-15%, και η παραγωγή ενέργειας καθώς και η βιομηχανία γύρω στο 2.5%-4% του ετήσια καταναλισκόμενου ύδατος.

2.2.Αειφορία Των Υδατικών Πόρων

Η αειφορία (sustainability) είναι σχετικά πρόσφατη έννοια (1987) και έγινε πολύ δημοφιλής τα τελευταία χρόνια. Ο όρος αειφορία όταν πρωτοχρησιμοποιήθηκε αφορούσε την αλιευτική παραγωγή. Το έτος 1987 η διεθνής επιτροπή του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, σε μια έκθεση με τίτλο «Το κοινό μέλλον μας», αναφέρει στον όρο αειφορική ανάπτυξη (sustainable development) ως ακολούθως: «Development that meets the need of the present without compromising the ability of the future generations to meet their own needs». Δηλαδή «διαδικασία ανάπτυξης που εκπληρώνει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακινδυνεύει την δυνατότητα να ικανοποιηθούν και οι ανάγκες του μέλλοντος». Πέραν αυτού όμως, τι ακριβώς είναι η αειφορία; Ένας ακριβής ορισμός είναι εξαιρετικά δύσκολο να δοθεί.

Ειδικότερα η αειφόρος ανάπτυξη πρέπει να βασίζεται στις παρακάτω κύριες αρχές:

1. Χρήση Πόρου (αποτελεσματικότητα, προστασία)
2. Περιβαλλοντική Ακεραιότητα και Ανάπλαση

3. Ελεγχος Ρύπανσης
4. Δικαιοσύνη και Συμμετοχή του κοινού στην Λήψη των Αποφάσεων
5. Θεσμικές Αλλαγές για την εφαρμογή των αρχών αυτών

Ο όρος γενικότερα, είναι αρκετά αόριστος και δύσκολος στο να αποδοθεί, όσον αφορά ένα γενικά αποδεκτό όρισμό. Όταν συζητείται η αειφορία των υδατικών πόρων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι παρακάτω παράγοντες:

1. Η θεώρηση της διάρκειας (μικρή ή μεγάλη) του χρονικού ορίζοντα της αειφορίας, η οποία είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.
2. Το ιδιωτικό συμφέρον των ασχολουμένων με την χρήση του νερού που δεν συμπίπτει πολλές φορές, με το γενικότερο κοινωνικό συμφέρον.

Οι ασχολούμενοι με την χρήση του νερού κινούνται συνήθως και από το ιδιωτικό τους συμφέρον, σύμφωνα τις περισσότερες φορές με τις υπάρχουσες οικονομικές και κοινωνικές πρακτικές. Για να εξομοιωθεί αυτή η διαφορά αντιλήψεων και πρακτικών, κάποιος υπεύθυνος φορέας πρέπει να θεσπίσει μέτρα (νομοθεσία, φόρους, επιδοτήσεις, κλπ.). Η εξομοίωση αυτή είναι αρκετά δύσκολη και οφείλεται στη μεγάλη δαπάνη των διαφοροποιήσεων, στα ισχυρά επενδεδυμένα συμφέροντα (stakeholders), στην αντίθεση με τον κοινωνικό χαρακτήρα της χρήσης του νερού, στη διαχρονικότητα αυτών των διαφοροποιήσεων και στο γεγονός ότι η νομοθεσία για τον έλεγχο των διαφοροποιήσεων δεν απέδωσε στο παρελθόν.

Επιπλέον υπάρχουν αρκετές αβεβαιότητες. Ένα αναπτυξιακό έργο που έχει σχέση με τους υδατικούς πόρους είναι αρκετά σύνθετο και κρύβει αβεβαιότητες όπως η αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού, ο βαθμός εντατικότητας της εκμετάλλευσης και ο βαθμός και η εξέλιξη των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

2.3. Υπόγεια Νερά Και Περιβάλλον

Το 17% περίπου της παγκόσμιας καλλιεργούμενης γης είναι αρδευόμενη και παράγει το 33% των τροφίμων. Η παραγωγή αυτή φαίνεται να μπορεί να αυξηθεί κατά 10% εάν βελτιωθούν οι συνθήκες στράγγισης. Όσον αφορά στην αλατότητα των εδαφών παγκοσμίως αναφέρεται (FAO, 1990) ότι από τα 2.35 δις στρέμματα τα 200-300 εκατ. στρέμματα έχουν ζημιωθεί σοβαρά από την αλατότητα η οποία υποβοηθείται από την κακή στράγγιση.

Η αλατότητα των εδαφών είναι διαδεδομένη σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα και αναφέρεται στην αύξηση των διαλυτών αλάτων στο εδαφικό διάλυμα. Η αλατότητα αυξάνει την οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος με αποτέλεσμα να υποφέρουν τα φυτά και να μειώνεται η ανάπτυξη και η παραγωγή. Όταν η ετήσια βροχόπτωση υπερβαίνει τα 500 mm εκπλύνονται τα άλατα και μεταφέρονται σε βαθύτερα στρώματα. Εάν όμως υπάρχει υψηλή στάθμη τότε επισυμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση με αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων στο ριζόστρωμα. Ορισμένα στοιχεία όπως το βόριο, το χλώριο και το νάτριο προκαλούν τοξικότητες.

Τα υπόγεια νερά αποτελούν ένα στοιχείο του υδρολογικού κύκλου. Το νερό εισέρχεται στο έδαφος μέσω της επιφάνειάς του, με διήθηση περνάει μέσα από την ακόρεστη ζώνη και συναντά την υπόγεια στάθμη του υδροφόρου στρώματος. Τα

υδροφόρα στρώματα βρίσκονται μεταξύ της υπόγειας στάθμης του νερού και μιας γεωλογικής αδιαπέρατης στο νερό στρώσης, η οποία εμποδίζει το νερό να προχωρήσει βαθύτερα (βλέπε Εικόνα 5) . Το νερό στο υδροφόρο στρώμα είναι δυνατόν να κινηθεί προς όλες τις κατευθύνσεις ανάλογα με τις υδραυλικές ιδιότητες της εδαφικής στρώσης και μπορεί να εξέλθει από την επιφάνεια του εδάφους υπό μορφή πηγών ή να απομακρυνθεί δια φρεάτων ή να εξέλθει κατευθείαν σε επιφανειακά νερά, όπως ποτάμια, λίμνες ή θάλασσα. Τα υδροφόρα στρώματα εξαντλούνται και επαναπληρώνονται με το νερό της βροχής. Ο όγκος του νερού που μπορεί να αποδοθεί από ένα υδροφόρο στρώμα (απόδοση του υδροφόρου στρώματος) αποτελεί χαρακτηριστικό αυτού και εξαρτάται, ανάμεσα σε άλλα, σε σημαντικό βαθμό από το πορώδες του εδάφους. Τα υδροφόρα στρώματα και μάλιστα το ανώτερο μέρος τους εκτίθενται σε ρύπανση, η οποία γίνεται από τα επιφανειακά νερά κατά την κατείσδυσή τους. Ακόμα από την υπεράντλησή τους και μετακίνηση υδάτων από τη θάλασσα ή άλλους σχηματισμούς.

Τα υπόγεια νερά θεωρούνται ως πηγή νερού για οικιακούς, γεωργικούς, βιομηχανικούς και άλλους σκοπούς και συμβάλλουν στη βελτίωση των οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών μιας περιοχής. Η υπεράντληση μπορεί να προκαλέσει την υποβάθμιση της περιοχής (γης και νερού). Πάντως δεν έχει ληφθεί μέριμνα, ώστε η διαχείριση των υπογείων υδάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μη θίγεται το περιβάλλον σε μακροχρόνια βάση.

Στην Ευρώπη το πόσιμο νερό προέρχεται κατεξοχήν από τα υπόγεια νερά. Έτσι για το Βέλγιο, Δανία, Αγγλία, Πορτογαλία, Ισπανία και Ιταλία το ποσοστό είναι 67, 98, 35, 94, 20 και 88% αντίστοιχα.



Εικόνα 5 : Υδροφόρα Στρώματα και περίοδοι επαναπλήρωσης (USGS, 2005).

Στις παραθαλάσσιες περιοχές και στα νησιά η χρήση του υπόγειου νερού είναι πολύ εκτεταμένη και ίσως η μόνιμη πηγή πόσιμου νερού. Η υπεράντληση προκαλεί σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως:

- Υποβάθμιση της ποιότητας νερού
- Υποβάθμιση της γης
- Διείσδυση του αλμυρού νερού

Στις περιπτώσεις που η υπόγεια στάθμη ανεβαίνει προς την επιφάνεια του εδάφους δημιουργούνται άλλα είδη προβλημάτων, όπως αλάτωση, αδυναμία ανάπτυξης πολλών καλλιεργειών κλπ. Το είδος και το μέγεθος των προβλημάτων διαφέρουν οπωσδήποτε ανάλογα με τους υπάρχοντες παράγοντες. Τα προβλήματα μπορούν να προέλθουν:

➤ *Από υπεράρδευση:*

Σε αλλουβιακής προέλευσης πεδιάδες η άρδευση με επιφανειακές μεθόδους χρησιμοποιώντας μεγάλες δόσεις άρδευσης προκαλεί άνοδο της στάθμης. Επακόλουθο αυτού είναι να φτάσει η στάθμη στο ριζόστρωμα και να δημιουργήσει ασφυκτικές συνθήκες αερισμού και προβλήματα αλατότητας με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής (π.χ. Μεσοποταμία).

➤ *Από υπεράντληση:*

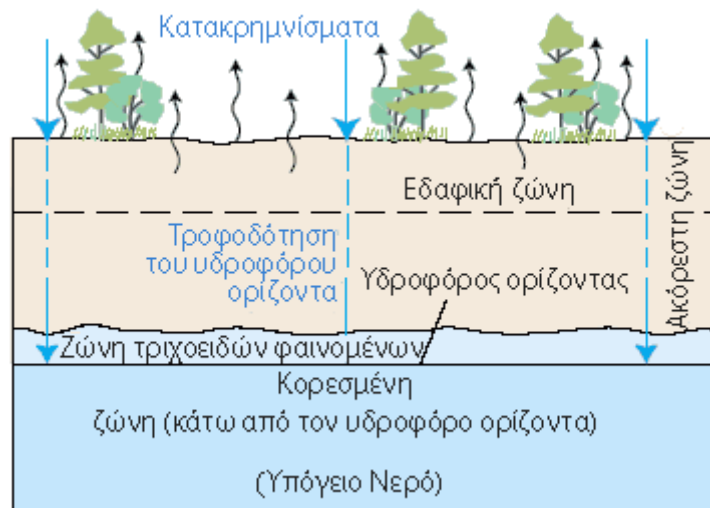
Όταν ο ρυθμός άντλησης είναι μεγαλύτερος από τον επανεμπλουτισμό του υδροφόρου, ο υδατικός ορίζοντας κατεβαίνει σταδιακά με αποτέλεσμα την είσοδο θαλασσινού νερού στις παράκτιες περιοχές. Αυτό συμβαίνει γιατί ο υδατικός ορίζοντας έπεσε κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και η κανονική ροή προς τη θάλασσα αντιστρέφεται (π.χ. νησιά, Αργολικό πεδίο).

Η κυριότερη ρύπανση ενός υδροφορέα είναι η διείσδυση αλάτων και αυτή μπορεί να γίνει:

- Με είσοδο της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές
- Θάλασσα που έχει εισχωρήσει στον υδροφορέα σε προηγούμενη γεωλογική εποχή
- Από στρώσεις αλάτων υπαρχόντων σε γεωλογικές αποθέσεις
- Εκεί που η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνει λόγω εξάτμισης
- Άλατα που γυρίζουν στον υδροφορέα από νερό άρδευσης.

Εκεί που υπόγεια νερά αντλούνται κανονικά με φρεάτια ή γεωτρήσεις και επί σειρά ετών υπάρχει ισορροπία δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα. Όταν όμως η ζήτηση νερού αυξάνει και νέα πηγάδια εξορύσσονται χωρίς περιορισμό (σε πολλά μέρη υπάρχουν νομικοί περιορισμοί), τότε η στάθμη κατεβαίνει και αρχίζουν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ποιότητα των υπογείων υδάτων μπορεί να υποβαθμιστεί από ανθρωπογενείς ή φυσικές δραστηριότητες. Γενικότερα οι γεωργικές δραστηριότητες έχουν μεγαλύτερο μέρος της ευθύνης για τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων.

Το επιφανειακό νερό (βροχή-απορροή, άρδευση, απόβλητα) είναι υπεύθυνο για τη ρύπανση των υπογείων υδάτων. Το επιφανειακό νερό περνώντας από την ακόρεστη εδαφική ζώνη διαλύει κάθε διαλυτή ουσία που βρίσκεται μέσα σ' αυτήν, όπως λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα, διαλυτά άλατα, οργανικές ουσίες προερχόμενα είτε από το έδαφος είτε από διάφορες σημειακές πηγές ρύπανσης (αστικά και βιομηχανικά λύματα ή απόβλητα κλπ.). Στη συνέχεια το διάλυμα αυτό διαχέεται στον υδροφόρο σχηματισμό (βλέπε Εικόνα 6).



Εικόνα 6 : Σχηματική απεικόνιση της κίνησης του ύδατος στα *Υδροφόρα Στρώματα* (USGS, 2005).

Οι κυριότεροι ρυπαντές είναι:

1. Οικιακά απορρίμματα

Μόλυνση και ρύπανση των υπογείων υδάτων από παραχωμένα ή μη απορρίμματα ή από λύματα σηπτικών βόθρων ή από σηπτικά αποχετευτικά συστήματα. Η ρύπανση ή η μόλυνση επιταχύνεται με την ύπαρξη πηγαδιών ή γεωτρήσεων.

2. Βιομηχανικά απόβλητα

Απόβλητα εργοστασίων, προϊόντα επεξεργασίας λυμάτων κλπ.

3. Γεωργικά Χημικά

Λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα.

Στην Ελλάδα στη δεκαετία του '90 η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων ήταν υψηλή (7.8 Kg N/στρέμμα) συγκρινόμενη με άλλες ανεπτυγμένες χώρες, όπως ΗΠΑ (6.2), Πορτογαλία (4.0) και αρκετά χαμηλότερη από τη Γαλλία (13.4) και την Ιταλία (8.4). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η ολική μέση τιμή του αζώτου, μετρημένη στο επιφανειακό στρώμα στη χώρα μας, να ανέρχεται το 1985 σε 5.6 Kg N/στρέμμα που μετά από προσπάθειες των υπηρεσιών έπεσε το 1997 σε 3.3 Kg N/στρέμμα.

Σε βαθείς υδροφορείς που δεν επηρεάζονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες η ποιότητα του νερού εξαρτάται από τις γεωχημικές αντιδράσεις μεταξύ του νερού και του εδάφους καθώς το νερό ακολουθεί τις διαδρομές του από τα σημεία επανεμπλουτισμού του προς τα σημεία απόδοσης.

Οι πηγές ρύπανσης ανάλογα με τον τρόπο κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Σημειακές πηγές ρύπανσης (εργοστάσια, απώλεια από ρυπογόνες δεξαμενές, Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) κ.α.)
2. Γραμμικές πηγές ρύπανσης (κανάλι με απόβλητα, ρυπασμένα υδατορεύματα, θάλασσα)
3. Διάσπαρτες (μη σημειακές) πηγές ρύπανσης (έκπλυση αστικών περιοχών, λιπάσματα, φυτοφάρμακα)

Προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα των υπογείων υδάτων σε υψηλά επίπεδα, οι έλεγχοι πρέπει να είναι προληπτικοί και όχι θεραπευτικοί. Οι τελευταίοι κοστίζουν πολύ περισσότερο από τους πρώτους. Πάντως απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση των υδροφόρων σχηματισμών και των πηγών ρύπανσης ή μόλυνσης.

Παρά την επιβάρυνση με ρύπους των υπόγειων υδροφορέων οι παραλίες κολύμβησης στην Ελλάδα διαθέτουν πολύ καλή ποιότητα νερών. Το 1996 δημιουργήθηκε Πρόγραμμα Παρακολούθησης Νερού Κολύμβησης του ΥΠΕΧΩΔΕ που έλεγξε την ποιότητα 1300 σημείων. Περισσότερο από το 98% των δειγμάτων ήταν καλά σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΕΕ. Το 1999 απέκτησαν το βραβείο “Γαλάζια Σημαία” 318 παραλίες και 9 μαρίνες.

Η τεχνολογική ανάπτυξη που βασίσθηκε, σε ένα μεγάλο βαθμό, στους φθηνούς και άφθονους φυσικούς πόρους, την ταχεία πληθυσμιακή αύξηση και την έλλειψη φροντίδας, για την διατήρηση των ισορροπιών του περιβάλλοντος, μπορεί να θεωρηθεί ότι είχε σαν αποτέλεσμα δύο αλληλοσυγκρουόμενες διαδικασίες. Από την μία πλευρά, η πρόοδος της τεχνολογίας, η δημογραφική έκρηξη και η αστικοποίηση, επέφεραν σημαντική αύξηση της κατανάλωσης σε νερό, υψηλής ταυτόχρονα ποιότητας. Από την άλλη πλευρά, η ολοένα αυξανόμενη και ανεξέλεγκτη υποβάθμιση ρύπανση και μόλυνση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, οδήγησε σε ξαφνικά ελλείμματα ποιοτικά αποδεκτού νερού. Εμφανίζεται δηλαδή, η κρίση των υδατικών πόρων. Βέβαια, εάν συνεχισθεί η ίδια εξέλιξη αυτών των δύο διαδικασιών, η κρίση του νερού θα συνεχίσει να επιτείνεται. Εξ' αιτίας των διαδικασιών αυτών οι ανθρώπινες κοινωνίες έχασαν ξαφνικά και σχεδόν χωρίς την θέληση τους, την παραδοσιακή θέση τους, με το άφθονο για τις περισσότερες περιοχές νερό, και τις χωρίς περιορισμούς και σχετικά φθηνές λύσεις στις υδατικές ανάγκες τους. Άντ' αυτού, αντιμετωπίζουν πλέον συστήματα υδατικών πόρων που απαιτούν σημαντικές, σύνθετες και συχνά ακριβές λύσεις.

Αυτή η κρίση των υδατικών πόρων επιδρά στην πλειοψηφία των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, μεταξύ των οποίων οι παρακάτω είναι πιθανά οι πλέον εμφανείς:

- αυξημένες δυσκολίες στον εφοδιασμό με τις απαιτούμενες ποσότητες νερού για τις διάφορες καταναλώσεις (αγροτικές, αστικές βιομηχανικές).
- εντεινόμενα προβλήματα στις προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος από τις αντίξοες υδατικές (πόροι, ζήτηση, ποιότητα κλπ), και υδρολογικές (πλημμύρες κλπ) επιπτώσεις.
- αυξημένοι κίνδυνοι για τον πληθυσμό και το περιβάλλον εξ αιτίας της ρύπανσης και της μόλυνσης των υδάτων και των σχετιζόμενων με το νερό οικοσυστημάτων.

Εχοντας υπ' όψιν τις παραπάνω σύντομες επισημάνσεις, η κύρια προσπάθεια του σχεδιασμού και της διαχείρισης των υδατικών πόρων, μπορεί να λεχθεί ότι έχει σαν πρωταρχικό στόχο:

- την κάλυψη των αναγκών σε νερό στην επιθυμητή ποσότητα και ποιότητα στον χώρο και τον χρόνο που απαιτείται.

Οι παρακάτω σύντομες σημειώσεις θα ασχοληθούν με την μεθοδολογία που πρέπει να εφαρμοσθεί και τους σημαντικότερους από τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν, για την επίτευξη του παραπάνω στόχου.

1. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ - ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1.1 Γενικά

Ο όρος υδροσυστήματα πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τον V. T. Chow για να περιγράψει συνολικά τις εφαρμοσμένες επιστήμες της Υδρολογίας, της Υδραυλικής και των Υδατικών Πόρων συμπεριλαμβανομένων και των εφαρμογών των Οικονομικών, της Βελτιστοποίησης, των Πιθανοτήτων, της Στατιστικής και της Διαχείρισης. Ο όρος Υδροσυστήματα επίσης αναφέρεται και στα έργα υδατικών πόρων όπως τα έργα ταμίευσης και μεταφοράς του νερού, τα συστήματα ύδρευσης και άρδευσης, αντιπλημμυρικής προστασίας, ομβρίων, αποχέτευσης κλπ. Ως εκ τούτου με την έννοια υδροσυστήματα θα χρησιμοποιηθούν και οι δύο παραπάνω αναφορές. Γι' αυτό η βασική υπόθεση θα είναι το ότι η μηχανική και η διαχείριση των Υδροσυστημάτων (Hydrosystems Engineering and Management) μπορεί να διαιρεθεί σε (Mays, L,W et al, 1992):

- την μηχανική και την διαχείριση των συστημάτων εφοδιασμού σε νερό (ύδρευση - άρδευση, ταμίευση, μεταφορά κλπ)
- την μηχανική και την διαχείριση των περισσειών σε νερό (excess - water management) (αντιπλημμυρική προστασία, όμβρια κλπ)

Το νερό είναι ένας ανακυκλώσιμος πόρος που (χωρίς την ανθρώπινη επέμβαση) ακολουθεί τον υδρολογικό κύκλο (Σχ.1). Ο υδρολογικός κύκλος είναι μία συνεχής διαδικασία (χωρίς καθορισμένη αρχή ή τέλος), η οποία μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύστημα. Ενα σύστημα μπορεί να λεχθεί ότι αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοεπιδρώντων στοιχείων τα οποία δρουν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Τέτοια στοιχεία στον υδρολογικό κύκλο είναι τα ατμοσφαιρικά κρημνίσματα, ή εξάτμιση, η απορροή και οι άλλες φάσεις. Ο υδρολογικός κύκλος εάν αναπαρασταθεί σαν ένα σύστημα (όλης της υδρογείου), μπορεί να διαιρεθεί σε τρία υποσυστήματα:

- το σύστημα του ατμοσφαιρικού νερού (κατακρημνίσματα, εξάτμιση, διαπνοή κλπ.)
- το σύστημα των επιφανειακών νερών (επιφανειακή ροή και απορροή, υπόγεια απορροή, ωκεανοί κλπ).
- το σύστημα των υπογείων νερών (διήθηση, επαναπλήρωση υδροφόρων σχηματισμών, υπόγεια ροή κλπ.)

Αυτή η διαίρεση παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Γενικά τα υδροσυστήματα μπορούν επίσης να διαιρεθούν σε:

- επιφανειακά συστήματα υδατικού εφοδιασμού (ταμιευτήρες, υδραγωγεία)
- αστικά συστήματα (ύδρευση, αποχέτευση, όμβρια κλπ.) ένα τέτοιο σύστημα παρουσιάζεται στο σχήμα 2
- συστήματα υπογείων νερών
- αγροτικά συστήματα (αρδεύσεις, στραγγίσεις κλπ.)

Κλείνοντας τονίζεται ότι από τούδε και στο εξής με την έννοια συστήματα θα προσδιορίζονται τα υδροσυστήματα εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά. Παρόλα αυτά τονίζεται ότι όρος έχει αντικατασταθεί πλήρως κατά τα τελευταία χρόνια από τον όρο συστήματα υδατικών πόρων.

1.2 Συστήματα, περιεχόμενο και αντικείμενο

Ενας γενικός ορισμός για το τι μπορεί να χαρακτηριστεί σαν Σύστημα είναι: ένα σύνολο από αλληλοσυνδεόμενα μέρη που λειτουργούν για ένα κοινό σκοπό. Το σύστημα έχει εισροές – δεδομένα εισόδου (inputs), μία κατάσταση (state transition description) και αποτελέσματα – δεδομένα εξόδου (outputs). Η διάσταση του χρόνου παίζει σημαντικό ρόλο για την εξέλιξη ενός συστήματος (στατικά-δυναμικά συστήματα)

Ενα σύστημα μπορεί να χαρακτηριστεί από τα παρακάτω:

- τα όρια που είναι οι κανόνες, που αναφέρουν ρητά το εάν ένα στοιχείο μπορεί να θεωρηθεί μέρος ή όχι του συστήματος
- τον καθορισμό των αλληλεπιδράσεων της εισαγωγής δεδομένων (input), και του τελικού προϊόντος (output) με το περιβάλλον.
- τον καθορισμό των αλληλεξαρτήσεων ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος, την εισαγωγή δεδομένων και τα προϊόντα, σε περίπτωση βρόχου επαναεισαγωγής (feedback loop).

Ανάλογα με τον βαθμό ακριβείας των μοντέλων που προσομοιώνουν τα στοιχεία ενός συστήματος υδατικών πόρων, οι καταλληλότερες υδραυλικές και υδρολογικές εξισώσεις χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις σχέσεις ροής μεταξύ των διαφόρων στοιχείων και τμημάτων του συστήματος. Ενα λοιπόν, από τα κυριότερα καθήκοντα του μηχανικού των υδατικών πόρων είναι η επιλογή και επεξεργασία των δεδομένων εισαγωγής ενός συστήματος, ούτως ώστε τα επιθυμητά προϊόντα να μεγιστοποιούνται, ενώ τα ανεπιθύμητα να ελαχιστοποιούνται.

Το νερό που ευρίσκεται στη φύση μπορεί να περιγράψει σε σχέση με τη ποσότητα και την ποιότητα σαν μία συνάρτηση του χώρου και του χρόνου και για τις δύο περιπτώσεις. Ο χρόνος t , και ο χώρος x , είναι ανεξάρτητες μεταβλητές που περιγράφουν το φυσικά απαντώμενο νερό. Οι εξηρημένες μεταβλητές που περιγράφουν και πάλι το νερό στην φυσική του κατάσταση είναι η ποσότης V , και η ποιότης Q . Το σύμβολο S χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την κατάστασή του συστήματος οπότε (Mays, L.W, et al, 1992):

$$S = [V (x, t), Q (x, t)] \quad (1.1)$$

Η ανάπτυξη των υδατικών πόρων αναφέρεται στον μετασχηματισμό της αρχικής κατάστασης του νερού στην φύση, σε μία επιθυμητή κατάσταση S^* , η οποία είναι συνάρτηση της επιδιωκόμενης ποσότητας V^* και της επιδιωκόμενης ποιότητας Q^* , που και οι δύο είναι με την σειρά τους συνάρτηση του χρόνου t^* και του χώρου x^* . Οπότε η επιθυμητή κατάσταση μπορεί να περιγραφεί σαν:

$$S^* = [V^* (x^*, t^*), Q^* (x^*, t)] \quad (1.2)$$

Η αξιολόγηση των καταστάσεων S και S^* αποτελεί καθήκον της μηχανικής των υδατικών πόρων και απαιτεί την συνδυασμένη εφαρμογή υδραυλικής και υδρολογίας. Ο μετασχηματισμός της S στην S^* μπορεί να αναπαρασταθεί:

$$S^* = WS + E \quad (1.3)$$

η οποία είναι η εξίσωση Μετασχηματισμού του συστήματος (transformation equation). Το σύμβολο W είναι η συνάρτηση μεταφοράς (transfer function) ανάμεσα στην εισαγωγή S και στο τελικό προϊόν S^* , ενώ E είναι τα μη χρησιμοποιούμενα προϊόντα, (τα παραπροϊόντα) του συστήματος, τα οποία και δεν είναι επιθυμητά. Με την σειρά της η συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τα φυσικά στοιχεία W_1 , και τα τεχνητά ή λειτουργικά W_2 , ήτοι:

$$W = (W_1, W_2) \quad (1.4)$$

Ο Buras (1972) παρουσίασε μία παρόμοια ανάλυση για να περιγράψει τα προβλήματα ανάπτυξης στην μηχανική των υδατικών πόρων. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν αυτόν τον μετασχηματισμό είναι βέβαια, η προσομοίωση, η βελτιστοποίηση και οι συνδυασμοί τους.

1.3 Ζητήματα Μηχανικής Υδροσυστημάτων

Οι κύριοι τύποι των προβλημάτων των υδροσυστημάτων που πρέπει να επιλυθούν μπορεί να καταταχθούν στις παρακάτω κατηγορίες (Buras, 1972):

1. καθορισμού της βέλτιστης κλίμακας ανάπτυξης ενός έργου
2. καθορισμού των βέλτιστων διαστάσεων των διαφόρων επιμέρους στοιχείων του συστήματος
3. καθορισμού της βέλτιστης λειτουργίας του συστήματος

Εάν X_1 , X_2 , X_3 είναι οι αντίστοιχες λύσεις κάθε κατηγορίας, τότε το συνολικό κέρδος B για το υδροσύστημα που απορρέει από αυτές τις λύσεις είναι:

$$B = f(X_1, X_2, X_3) \quad (1.5)$$

Ο σκοπός πολλών έργων υδροσυστημάτων είναι να μεγιστοποιήσει τα κέρδη. Συνεπώς το πρόβλημα της ανάπτυξης των υδατικών πόρων μπορεί να λεχθεί ότι είναι :

$$\max(B) = \max[f(X_1, X_2, X_3)] \quad (1.6)$$

ταυτόχρονα με διάφορους περιορισμούς όπως τεχνολογικούς οικονομικούς ή χρηματοδότησης, σχεδίασης, λειτουργίας, ζήτησης κλπ.

Οι τεχνικές σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων, λοιπόν, χρησιμοποιούνται για να καθορισθεί: τι μέτρα πρέπει να ακολουθηθούν, για να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε νερό, πως πρέπει να προχωρήσει η ανάπτυξη των υδατικών πόρων σύμφωνα με τα παραπάνω (εξίσωση 1.6), και για να διατηρηθούν και να βελτιωθούν οι υπάρχοντες υδατικοί πόροι ανάλογα με την φυσική τους κατάσταση.

2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

2.1 Στόχοι σχεδιασμού και χρήσης - γενικοί ορισμοί

Οι όροι στόχος και σκοπός πολλές φορές στην καθημερινή τους χρήση έχουν παραπλήσια σημασία. Στον σχεδιασμό και την διαχείριση των Υδατικών Πόρων πιστεύεται από πολλούς ερευνητές και εξειδικευμένους στο θέμα, ότι πρέπει να υπάρχει ένας διαχωρισμός μεταξύ στόχου και σκοπού (Goodman, A.S. 1984; Grigg, N.S., 1996;). Σε αυτό το πλαίσιο σαν στόχος (goal) θα θεωρηθεί το γενικότερο αντικείμενο των επεμβάσεων (π.χ. βελτίωση του κοινωνικού και βιοτικού επιπέδου), ενώ σαν σκοπός το ειδικό αντικείμενο αυτών των έργων ή παρεμβάσεων στους φυσικούς υδατικούς πόρους(π.χ. μεγιστοποίηση των καθαρών ωφελειών - χρηματικών ή μη - από την κατασκευή ενός φράγματος).

Ενα έργο ανάπτυξης υδατικών πόρων είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων με στόχο την αντίστοιχη ανάπτυξη ή βελτίωση αυτών των πόρων για την ανθρώπινη χρήση. Ο πρωταρχικός, λοιπόν, στόχος του σχεδιασμού και της διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι να εξυπηρετεί το κοινωνικό σύνολο: να ελαχιστοποιεί τις αβεβαιότητες στον εφοδιασμό σε νερό, στην επιθυμητή ποσότητα και ποιότητα στον ζητούμενο χρόνο και χώρο, και να προστατεύει τις ανθρώπινες δραστηριότητες από τις δυσμενείς επιπτώσεις των υδροσυστημάτων, εντός βεβαίως των αποδεκτών ορίων ασφαλείας.

Ορισμένα από τα σημαντικότερα ζητήματα σε σχέση με τους στόχους του σχεδιασμού και της διαχείρισης για την ανάπτυξη των συστημάτων υδατικών πόρων παρουσιάζονται στην συνέχεια. Επί πλέον, τονίζεται ότι υπάρχουν και περιβαλλοντικοί, πολιτικοί, οικονομικοί, χρηματοδοτικοί, κοινωνικοί, νομικοί και διοικητικοί ανάμεσα στα άλλα περιορισμοί, οι οποίοι πολλές φορές προσδιορίζουν την εκτέλεση και την διαχείριση ενός έργου ανάπτυξης υδατικών πόρων. Τα θέματα αυτά εξετάστηκαν διεξοδικά στις διαλέξεις του μαθήματος.

Υδατικός εφοδιασμός για αστικές και βιομηχανικές χρήσεις και για την ψύξη θερμοηλεκτρικών εργοστασίων Απαιτούνται παρούσα και μελλοντική ζήτηση για αστική και βιομηχανική χρήση νερού. Εναλλακτικές πηγές εφοδιασμού, θέση, διάταξη έργων, ποσότης και ποιότης του διαθέσιμου νερού. Κόστος εργασιών.

Αρδευση και στράγγιση γαιών ταξινόμηση γαιών σε σχέση με την αρδευσιμότητα τους. Παρούσα κατάσταση αρδευομένων εκτάσεων. Δυνατότητες της αγοράς, εξέλιξη της ζήτησης για τα παραγόμενα αγροτικά προϊόντα. Κατάλληλες καλλιέργειες και απαιτήσεις σε νερό, κατακρημνίσματα και τεχνικές άρδευσης. Εναλλακτικοί υδατικοί πόροι. Κόστος του απαιτούμενου νερού, και αρδευτικών και στραγγιστικών εργασιών.

Αντιπλημμυρική προστασία Αναγνώριση των πλημμυρικών πεδίων, όρια προηγούμενων πλημμυρών και καταστροφές. Παρούσα δυνατότητα πλημμυρικών καταστροφών. Μελλοντική δυνατότητα σε σχέση με την αύξηση του πληθυσμού και τις οικονομικές δραστηριότητες. Εναλλακτικές λύσεις, παρούσες και μελλοντικές, για τον έλεγχο των πλημμυρών: τεχνικές (φράγματα, αναχώματα, διευθετήσεις κοίτης κλπ), μη τεχνικές (ζώνες προστασίας, διοικητικές απαγορεύσεις και ποινές, οικονομικά κίνητρα κλπ).

Υδροηλεκτρικά έργα Θέση, διάταξη, ισχύς και κόστος. Παρούσες και μελλοντικές διακυμάνσεις του όλου ηλεκτρικού συστήματος (ετήσιες, μηνιαίες, εβδομαδιαίες, ημερήσιες και ωριαίες) σε σχέση με την ισχύ (KW) και την ενέργεια (KWh). Απαιτούμενοι υδατικοί πόροι, βελτιστοποίηση διαχείρισης και λειτουργίας.

Ναυσιπλοΐα Παρών και μελλοντικός συγκοινωνιακός όγκος. Εναλλακτικοί τρόποι συγκοινωνίας (αυτοκινητόδρομοι, σιδηρόδρομοι, θαλάσσιες οδοί κλπ).

Διαχείριση ποιότητας νερών Θέση όγκος και χαρακτηριστικά μολυσματικών πηγών (αποχετεύσεις αστικών και βιομηχανικών κέντρων, στραγγίσεις). Χαρακτηριστικά μη σημειακών (διάχυτων) πηγών ρύπανσης (non - point source pollution) από π.χ. λιπάσματα, δασοπονικές εργασίες, μεταλλεία και άλλης φύσης αστική και αγροτική μη ελεγχόμενη απορροή. Αξιολόγηση του παρόντος φορτίου ρύπανσης. Επιπτώσεις της ρύπανσης στις οργανοληπτικές, χημικές, φυσικές και βιολογικές ιδιότητες του νερού. Επιπτώσεις από την χρήση νερού χαμηλής ποιότητας στην υγεία και τα οικοσυστήματα. Ελάχιστες παροχές για την συντήρηση των οικοσυστημάτων την αισθητική κλπ. Προβλήματα ιζηματογένεσης. Εναλλακτικές λύσεις για την βελτίωση της ποιότητας των νερών (βελτίωση στράγγισης αγροτικών και αστικών περιοχών. βιολογικός καθαρισμός εκτροπή ρυπογόνων παροχών, αύξηση ελαχίστων παροχών μέσω ταμιευτήρων κλπ).

Ψυχαγωγία Παρούσα και δυνητική ζήτηση για ψυχαγωγία (ψάρεμα, κολύμβηση, κωπηλασία, ιστιοπλοΐα, picnics κλπ). Παρούσες και δυνητικές θέσεις και χαρακτηριστικά περιοχών ψυχαγωγίας (έκταση, βάθος νερού, ακτές, ποιότητα νερού και εδάφους). Χρήστες και κόστος.

Οικοσυστήματα Καταγραφή της πανίδας και της χλωρίδας. Ανακήρυξη και έλεγχος προστατευόμενων ειδών. Δυνητικές μεταβολές από ανθρώπινη παρέμβαση. Έλεγχος εμπορικής αλιείας. Τεχνικά και μη τεχνικά μέτρα για την προστασία των διαφόρων ειδών.

Διαχείριση λεκανών απορροής Αναγνώριση και αξιολόγηση των μέτρων για τον έλεγχο των γαιών, της διάβρωσης και την διαχείριση των ιζημάτων, βελτίωση των ιδιοτήτων των νερών, των εδαφών και του αέρα. Διατήρηση τυχόντων αρχαιολογικών, ιστορικών, πολιτιστικών και αισθητικών χαρακτηριστικών.

2.2 Μεθοδολογία Σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός των υδατικών πόρων μπορεί να λεχθεί ότι είναι η λογική σειρά των πράξεων που οδηγεί στην επιλογή του καταλληλότερα αποδεκτού έργου για την κάλυψη μίας ορισμένης ανάγκης. Εξ αιτίας όμως της εκτατικής κατανομής των επιφανειακών και υπόγειων νερών, ο σχεδιασμός των υδατικών πόρων έχει πάντα ευρείς στόχους. Ο σχεδιασμός αυτής της μορφής απαιτεί να ληφθούν υπ' όψιν και να αξιολογηθούν πολλές και διαφορετικές χρήσεις του νερού, και οδηγεί στην σύγκλιση μεταξύ συγκρουόμενων ή και αντιθέτων σκοπών. Απαιτεί να λαμβάνονται αποφάσεις σε διαφορετικά επίπεδα, που ποικίλουν από εθνικό ή ακόμη και διεθνές, φθάνοντας μέχρι και σε περιορισμένο τοπικό. Ταυτόχρονα εμπλέκει ειδικούς και λήπτες των αποφάσεων από διαφορετικές γνωστικά σχολές που συνήθως δεν είναι ενήμεροι στα θέματα του νερού: πολιτικούς, δικηγόρους και κοινωνικούς επιστήμονες (Σχ. 1). Οι

λόγοι και οι σκοποί για τους οποίους τέτοιες πολυσύνθετες ομάδες θεωρούν σημαντική την ανάπτυξη των υδατικών πόρων ποικίλλουν σε ευρύ φάσμα.



Σχήμα 1. Περιβάλλον λήψης αποφάσεων

Γι' αυτό, ο σχεδιασμός των υδατικών πόρων απαιτεί, μία καλώς δομημένη και οργανωμένη επιστημονική ομάδα, που συμφωνεί για τους στόχους και τους σκοπούς ενός έργου και η οποία είναι σε θέση να παρουσιάσει το τελικό σχέδιο σε σχέση και με τις παραμέτρους του έργου. Αυτό, συνήθως δεν είναι ένα εύκολο καθήκον, γιατί οι υδατικοί πόροι υπόκεινται στις φυσικές εναλλαγές, και οι μελλοντικές εξελίξεις στην δημογραφία και στην οικονομία είναι εξαιρετικά δυσχερές να προβλεφθούν. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος, που τα στοιχεία της αβεβαιότητας υπεισέρχονται στην όλη μεθοδολογία, και τα στοιχεία αυτά είναι συνήθως και τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά των έργων ανάπτυξης υδατικών πόρων (π.Χ. υδρολογία, ζήτηση, χρηματοδότηση κλπ).

Επιπρόσθετες επιπλοκές προέρχονται από το γεγονός, ότι πολλές αποφάσεις στην ανάπτυξη των υδατικών πόρων δεν είναι αναστρέψιμες. Για παράδειγμα, ένα φράγμα που κατασκευάστηκε σε μία κοιλάδα ή το φαράγγι ενός ποταμού παραμένει, πρακτικά για πάντα, ανεξάρτητα από το γεγονός εάν υπάρχει ή όχι η ανάγκη κατασκευής του. Και βέβαια δεν θα είναι ποτέ πλέον δυνατόν να αναπλασθεί η περιοχή στην ακριβώς αρχική της κατάσταση, ακόμη και εάν το κοινωνικό σύνολο προσφέρει τους χρηματικούς πόρους για την «εξάλειψη» φράγματος που δεν είναι πια αναγκαίο.

Συνεπώς, εξ αιτίας του πολυσύνθετου και πολύπλοκου των ζητημάτων, που εμπλέκονται στον σχεδιασμό των έργων υδατικών πόρων, και των σημαντικών επιπτώσεων που είναι αποτέλεσμα των αποφάσεων γι' αυτά τα έργα, πρέπει να εφαρμοσθεί μία μεθοδολογία σχεδιασμού που είναι ικανή να αντιμετωπίσει αυτά τα προβλήματα. Σε αυτό το σημείο, έρχεται σε βοήθεια η **μηχανική συστημάτων (systems engineering)**. Η μηχανική συστημάτων χρησιμοποιεί αρχικά την ανάλυση συστημάτων. Η **ανάλυση συστημάτων** μπορεί να λεχθεί ότι είναι : η τέχνη και η επιστήμη της επιλογής από ένα μεγάλο αριθμό εφικτών εναλλακτικών δράσεων, το σύνολο των δράσεων εκείνων, που εκπληρώνουν καλύτερα τους στόχους των ληπτών των αποφάσεων.

Σύμφωνα λοιπόν, με την μηχανική συστημάτων, η μεθοδολογία σχεδιασμού μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από επόμενες τρεις φάσεις (Goodman. A.S., 1984; Grigg, N.S., 1988; Fontane, D.G., 1989):

Φάση 1. Σχεδιασμός

- Στάδιο 1. Αναγνώριση και προκαταρκτικός σχεδιασμός
- Στάδιο 2. Συλλογή στοιχείων και επεξεργασία
- Στάδιο 3. Διατύπωση και επιλογή εναλλακτικών λύσεων
- Στάδιο 4. Ανάπτυξη των τελικών παραμέτρων (προδιαγραφών) του έργου.
- Στάδιο 5. Σχεδίαση του έργου

Φάση 2. Εφαρμογή

Φάση 3. Λειτουργία

Οι διαλέξεις επικεντρώθηκαν κυρίως στις φάσεις 1 και 3. Η φάση 1, του σχεδιασμού, από τούδε και στο εξής θα θεωρείται σαν η διαδικασία σχεδιασμού. Μία μορφή της παρουσιάζεται και στο σχήμα 3. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι η Φάση 2 της εφαρμογής (Κατασκευή), όσο και η Φάση 3 της λειτουργίας, που είναι και ένα από τα κύρια διαχειριστικά καθήκοντα, είναι σημαντικότερες για το ολοκληρωμένο σχεδιασμό ενός έργου.

2.3 Διαδικασία Σχεδιασμού

Όπως αναφέρθηκε η διαδικασία σχεδιασμού διαιρείται σε 5 στάδια. Αναλυτικότερα:

Στάδιο 1. Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αναγνώριση και ο αρχικός σχεδιασμός, και μπορεί να λεχθεί ότι επιτυγχάνεται με:

- αναγνώριση του προβλήματος (indetification), που αποτελεί συνήθως και τον γενικότερο στόχο (π.χ. ανάγκη άρδευσης, ύδρευσης, κλπ)
- καθορισμό του προβλήματος (definition) δηλαδή τον προσδιορισμό του έργου (π.χ. φράγμα, γεωτρήσεις κλπ). Ο καθορισμός του προβλήματος αποτελεί συνήθως, πεδίο σκληρών διαπραγματεύσεων μεταξύ των μελών της ομάδας σχεδίασης, καθώς στην ουσία προσδιορίζει και την επίλυση του
- σύντομες προκαταρκτικές μελέτες που αναφέρουν και τις διάφορες ανάγκες του έργου
- προτάσεις εναλλακτικών λύσεων
- αξιολόγηση των λύσεων αυτών και επιλογή της επικρατέστερης
- εφαρμογή της λύσης, που αποτελεί και την απόφαση για το πως θα συνεχισθεί ο σχεδιασμός.

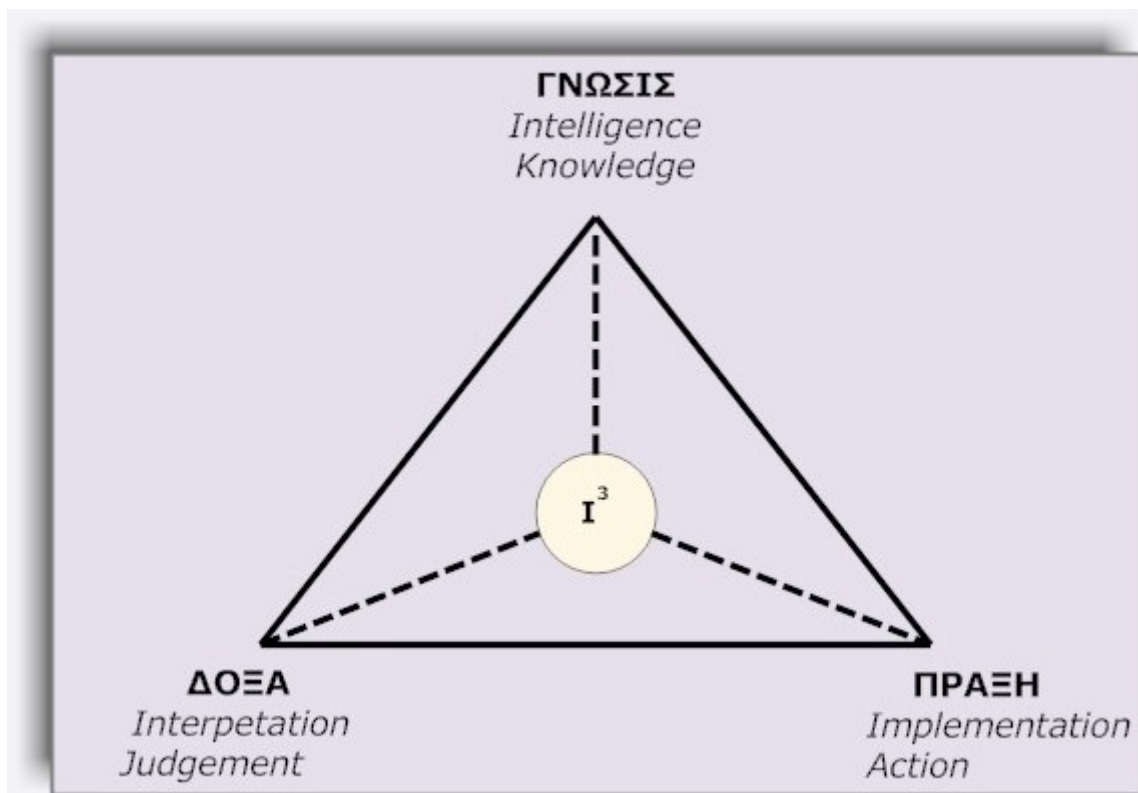
Στάδιο 2 . Γίνεται η συλλογή των στοιχείων που προσδιόρισε το προηγούμενο στάδιο, για την ανάπτυξη του σχετικού έργου και την περαιτέρω λήψη των αποφάσεων (Υδρολογικά, Γεωλογικά, Δημογραφικό κλπ).

Στάδιο 3. Η διαδικασία καθορισμού της τελικής μορφής του έργου. Όλες οι εναλλακτικές λύσεις εξετάζονται και οι πλέον κατάλληλες σύμφωνα με τα κριτήρια (τεχνικά, οικονομικά, κοινωνικά, πολιτικά, περιβαλλοντικά) προωθούνται για λεπτομερή ανάλυση.

Στάδιο 4. Σε αυτό το στάδιο γίνεται ο λεπτομερής σχεδιασμός. Αναλύονται και μελετώνται παράμετροι, κανόνες λειτουργίας, κόστος, ωφέλειες κλπ. των επιλεγμένων εναλλακτικών λύσεων του προηγούμενου σταδίου. Είναι μία επανάληψη των σταδίων 2 και 3 σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια, και συνήθως πρέπει να γίνεται από άλλη σχεδιαστική ομάδα.

Στάδιο 5. Η τελικά επιλεγμένη μορφή του έργου παρουσιάζεται σε τεχνικά σχέδια και μελέτες.

Η παραπάνω ταξινόμηση της διαδικασίας σχεδιασμού είναι βέβαια μία από τις πολλές που ακολουθείται στην βιβλιογραφία (π.χ. η World Bank χρησιμοποιεί μία που συνδυάζει τα στάδια 2 και 3 κυρίως για τις αναπτυσσόμενες χώρες). Παρ' όλα αυτά όμως όλες αναφέρονται περίπου στα ίδια επιμέρους στοιχεία. Γενικότερα βέβαια ο σχεδιασμός έχει την αρχή του στις πρώτες καταγεγραμμένες επιστημονικές μεθοδολογίες (Αριστοτέλης), όπου η δομημένη προσέγγιση για την επίλυση των προβλημάτων συνοψίζεται στο Σχ.2 και αναλύθηκε στις παραδόσεις του μαθήματος



Σχήμα 2. Μεθοδολογία Σχεδιασμού.

3. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

3.1 Αρχές διαχείρισης και στοιχεία μεθοδολογίας

Η διαχείριση, που σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο αναφέρεται επίσημα σαν management, είναι ίσως το σημαντικότερο ζήτημα της ανάπτυξης και χρήσης των έργων υδατικών πόρων. Ο κατάλογος των προβλημάτων των σχετικών με το νερό είναι αληθινά εντυπωσιακός: πλημμύρες, ξηρασίες, ρύπανση, μόλυνση, υψηλό κόστος ανάπτυξης και βελτίωσης κλπ. Παρ' όλα αυτά χωρίς να υποτιμά κανείς την τεχνική επίλυση αυτών των ζητημάτων, φαίνεται ότι η αντιμετώπιση τους είναι περισσότερο θέμα διαχειριστικής πολιτικής και λήψης των σχετικών αποφάσεων. Αυτό που συχνά αποκαλείται «διαδικασία επίλυσης προβλημάτων» μπορεί να αναγνωρισθεί σαν την διαδικασία διαχείρισης που έχει πολλά, κοινά σημεία με την διαδικασία σχεδιασμού. Αποτελείται συνοπτικά από (Grigg, N.S., 1996):

- καθορισμό στόχων
- εύρεση εναλλακτικών λύσεων
- αξιολόγηση λύσεων
- εφαρμογή των επιλεγμένων (ης) λύσεων(ης)

Η διαχείριση λοιπόν, των υδατικών πόρων συνδέεται στενά με την πολιτική. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι διαχειριστές (managers) πρέπει να είναι πολιτικοί, αλλά ότι πρέπει να είναι ικανοί να εργάζονται σε ένα έντονα πολιτικό περιβάλλον. Επιπλέον πρέπει να έχουν και την αντίστοιχη επιστημονική κατάρτιση, καθώς τα προβλήματα είναι εξειδικευμένα (π.χ. πλημμύρες, ταμιευτήρες, ποιότητα νερού κλπ).

Συντομογραφικά, μπορεί να λεχθεί ότι **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. Ένα ιδεατό μοντέλο ολοκληρωμένης διαχείρισης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.

Τα καθήκοντα της διαχείρισης μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι (Grigg, N.S., 1996):

- σχεδιασμός
- οργάνωση
- διεύθυνση, και
- έλεγχος

Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζουν το οικονομικό πλαίσιο - χρηματοδότηση, και τελευταία όλο και περισσότερο, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Η εφαρμογή των δύο παραπάνω στην λειτουργία και την συντήρηση των έργων υδατικών πόρων είναι απαραίτητη. Εν συντομία τονίζονται:

Ο σχεδιασμός Σε διαχειριστικό επίπεδο είναι η διαδικασία που θα καθορίσει τους στόχους τους σκοπούς και θα προσδιορίσει τα καθήκοντα των επιμέρους εργασιών. Ακολουθεί βέβαια την διαδικασία σχεδιασμού ανάλογα με την κλίμακα εφαρμογής του

και το αντικείμενο, με κύριο χαρακτηριστικό την επίτευξη της μέγιστης παραγωγικότητας στην επιθυμητή ποιότητα.

Η οργάνωση αποτελεί βασική αρχή και καθήκον της διαχείρισης. Δια μέσου αυτής, θα εφαρμοσθεί ο σχεδιασμός, και εκφράζεται συνήθως από έναν «οργανισμό». Η δομή κάθε οργανισμού απορρέει από τον στόχο του. Ένας τυπικός οργανισμός ύδρευσης παρουσιάζεται στο σχήμα 5 και συζητήθηκε διεξοδικά στις ώρες εργαστηρίου. Ανεξάρτητα όμως από τα διαφορετικά στοιχεία κάθε οργανισμού που προσαρμόζονται στα αντίστοιχα καθήκοντα τους, υπάρχουν σε όλους τους αποτελεσματικούς και επιτυχημένους οργανισμούς τα παρακάτω κοινά στοιχεία (το λεγόμενο C³I):

- επικοινωνία (communication)
- έλεγχος (control)
- διοίκηση (command)
- πληροφόρηση (intelligence)

Σημαντικό ρόλο, βέβαια, έχουν πλέον οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, η κυβερνητική δηλαδή επιστήμη, με την μορφή κυρίως των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (D.S.S.) (Σχήμα 6).

Η διεύθυνση γίνεται κυρίως μέσω του οργανισμού. Εδώ τονίζεται αλλά η σημασία της για την ανάθεση των καθηκόντων, και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Ο έλεγχος είναι και αυτός αναπόσπαστο στοιχείο της οργάνωσης, και στην ουσία απαραίτητος για την αξιολόγηση των συνολικών στόχων της διαχείρισης. Γι' αυτό πολλές φορές μπορεί να εφαρμόζεται και από διαφορετικές «οντότητες» ή οργανισμούς.

3.2 Διαχείριση και Κυβερνητική. Ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων

Η κλασσική άποψη για τα τεχνολογικά συστήματα βασίζεται στην υπόθεση ότι μετασχηματίζουν δύο είδη αγαθών ή πόρων (resources): ύλη και ενέργεια. Η κυβερνητική (Cybernetics) η πληροφορική – όπως επίσης ονομάζεται- εισήγαγε και ένα καινούργιο στοιχείο, την πληροφορία, χωρίς την οποία η «επιβίωση» των οργανωμένων μεγάλων συστημάτων δεν θα ήταν δυνατή. Τα συστήματα διατηρούν, ή ακόμη εξελίσσουν τον βαθμό οργάνωσης τους χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τα περιβάλλοντα τους. Γι' αυτό, η κυβερνητική χρησιμοποιεί την πληροφορία σαν ένα αγαθό, με αξία και τιμή, για να χρησιμοποιηθεί στην διαδικασία λήψης των αποφάσεων. Η κυβερνητική συνήθως διαιρείται σε **γενική κυβερνητική**, που ασχολείται με τις βασικές αρχές του ελέγχου των συστημάτων γενικά, και την **ειδική κυβερνητική** που μελετά την εφαρμογή των αρχών της κυβερνητικής σε άλλες επιστήμες (τεχνική, οικονομική, οικολογική, στρατιωτική κυβερνητική κλπ) (Djordjevic, B., 1993). Για τα συστήματα υδατικών πόρων χρησιμοποιείται κυρίως η τεχνική κυβερνητική, με στοιχεία από άλλους κλάδους.

Οι εφαρμογές της κυβερνητικής στην διαχείριση παρουσιάσθηκαν αναλυτικότερα κατά την διάρκεια των διαλέξεων και του εργαστηρίου και μπορούν να συνοψισθούν στις παρακάτω κατηγορίες (Grigg, N.S., 1996):

- **αυτοματισμοί γραφείου** αναφερόμενοι κυρίως σε απλό στάδιο εφαρμογών για την διεκπεραίωση των εργασιών (word-processing (Word, WordPerfect), spread – sheets(Excel, Quattro), κλπ).
- **συστήματα υποστήριξης αποφάσεων** που είναι τα κύρια βοηθήματα της διαχείρισης και μπορεί να ενσωματώνουν μοντέλα προσομοίωσης (simulation), βελτιστοποίησης (optimization) μέχρι και έμπειρα συστήματα (expert systems)
- **συστήματα ελέγχου λειτουργίας** όπως τα συστήματα ταχύτερης επικοινωνίας, ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, networks κλπ.

Κάθε ολοκληρωμένη προσπάθεια διαχείρισης πρέπει απαραίτητα να διαθέτει τα παραπάνω στοιχεία της Κυβερνητικής.

3.3 Στοιχεία μοντέλων για την διαχείριση των υδατικών πόρων

Οι πολλές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην διαχείριση των υδατικών πόρων, φαίνεται ότι μπορεί να καταταχθούν στις παρακάτω κατηγορίες με βάση την προσέγγιση τους στο θέμα της διαχείρισης:

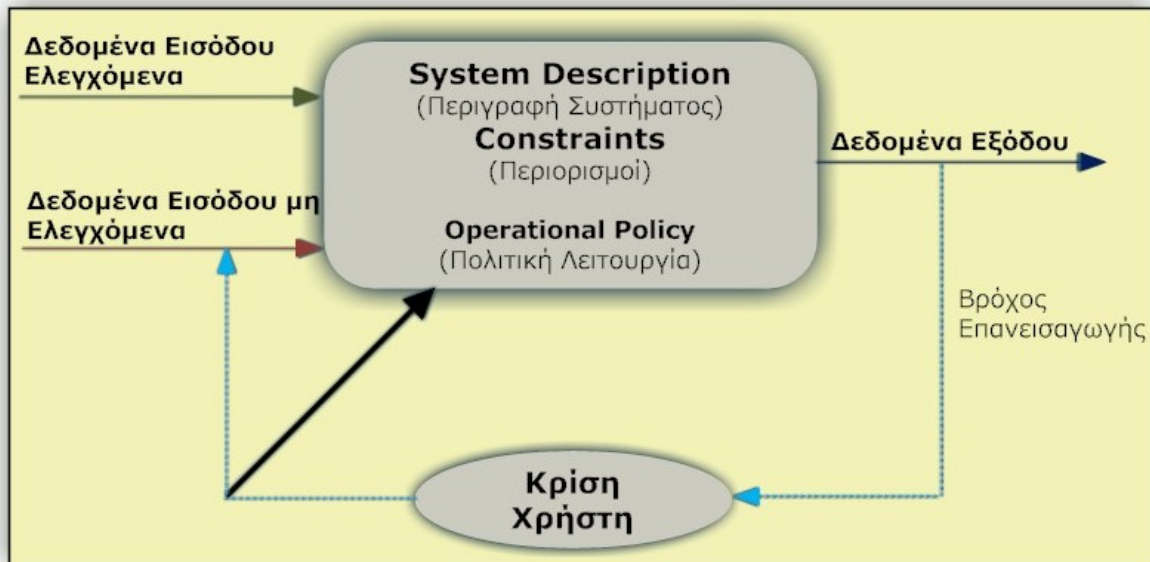
1. Διαχείριση με πειραματισμό στο ίδιο το σύστημα
2. Φυσική Προσομοίωση του συστήματος
3. Μαθηματική προσομοίωση του συστήματος
4. Βελτιστοποίηση για την εύρεση των «άριστων» διαχειριστικών αρχών.

Η διαχείριση με πειραματισμό έχει εφαρμοσθεί από την αρχαιότητα (Μεσοποταμία, Αίγυπτος, Κίνα κ.α.), όχι μόνον στους υδατικούς πόρους αλλά και στα οικονομικά συστήματα. Κατ' αυτήν οι διαχειριστικές αποφάσεις παίρνονται με βάση την εμπειρία και κατόπιν εφαρμόζονται στο ίδιο το σύστημα. Είναι προφανές ότι τυχόντα λάθη επιδρούν κατ' ευθείαν στο σύστημα με όλα τα δυσμενή αποτελέσματα. Μπορεί βέβαια να μην επαναληφθούν, αλλά δεδομένης της ευαισθησίας των συστημάτων οι βλάβες μπορεί να είναι ανεπανόρθωτες. Αυτή η προσέγγιση βέβαια δε εξετάζεται περαιτέρω, γιατί η επιστήμη του σχεδιασμού και της διαχείρισης των υδατικών πόρων αναπτύχθηκε για να δώσει τέλος σ' αυτή την απαράδεκτη και πρωτόγονη τακτική.

Η φυσική προσομοίωση ενός συστήματος βασίζεται στον επιστημονικό πειραματισμό για τον έλεγχο των αποφάσεων σε φυσικά μοντέλα συνήθως υπό κλίμακα. Χρησιμοποιείται κυρίως για την επίλυση των προβλημάτων του σχεδιασμού σύνθετων υδραυλικών έργων (π.χ. υπερχειλιστές φραγμάτων, εκκενωτές κλπ), και ως εκ τούτου δεν αποτελεί αντικείμενο αυτών των μαθημάτων.

Η μαθηματική προσομοίωση (simulation) βασίζεται σε μαθηματικά μοντέλα (ή και σειρές μοντέλων), μέσω των οποίων οι διαχειριστικές αποφάσεις μπορούν να επαληθευθούν προτού εφαρμοσθούν στο φυσικό σύστημα. Τονίζεται ότι οι μέθοδοι προσομοίωσης δεν διαθέτουν κριτήρια αξιολόγησης των διαχειριστικών αποφάσεων. Ομως, με τις επαναληπτικές προσομοιώσεις του συστήματος για κάθε εναλλακτική λύση, δίδουν την δυνατότητα αξιολόγησης σε επόμενο στάδιο κάθε μίας λύσης. Γι' αυτό είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο του σχεδιασμού και της διαχείρισης υδροσυστημάτων. Προσομοίωση λοιπόν μπορεί να λεχθεί ότι :

Είναι μία διαδικασία επαναλήψεων εφαρμογής ενός μαθηματικού μοντέλου με διάφορες εφικτές τιμές των μεταβλητών απόφασης έως ότου ο χρήστης αποφασίσει ότι έχει ευρεθεί μία κατάλληλη ή «βέλτιστη» λύση για την επίτευξη ενός ορισμένου μέτρου επίδοσης.



Σχήμα 3 : Τυπική δομή της διαδικασίας προσομοίωσης

Η βελτιστοποίηση (optimization) επιλέγει την πλέον «κατάλληλη» διαχειριστική απόφαση με βάση τις μεθόδους της, οι οποίες λαμβάνουν υπ' όψιν του τα διάφορα κριτήρια αξιολόγησης και περιορισμούς, με μαθηματικές εκφράσεις. Η βελτιστοποίηση λοιπόν :

Είναι παρόμοια της προσομοίωσης, εκτός της χρήσης μίας μαθηματικής διεργασίας για τον έλεγχο της διαδικασίας επαναλήψεων και την προσαρμογή των μεταβλητών των αποφάσεων έως ότου η διεργασία καθορίσει ότι ευρέθη η βέλτιστη λύση.

Ο **γραμμικός** και ο **δυναμικός προγραμματισμός** είναι οι δύο κύριες μέθοδοι βελτιστοποίησης, που χρησιμοποιούνται κατά κόρο στο σχεδιασμό και την διαχείριση.

Οι δύο τελευταίες μεθοδολογίες της προσομοίωσης και της βελτιστοποίησης βασίζονται σε μοντέλα. Σαν μοντέλο λοιπόν μπορεί να ορισθεί:

η μαθηματική ή φυσική αναπαράσταση ενός συστήματος και των σχέσεων ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος.

Ενα μοντέλο είναι μία αφαίρεση από την πραγματικότητα, και σε κάθε εφαρμογή, η ποιότητα του εξαρτάται από το πόσο καλά ο δημιουργός του έχει αντιληφθεί και απεικονίσει τις πραγματικές σχέσεις και καταγράψει τον τρόπο αλληλεπίδρασης τους. Και βέβαια, επειδή τα μοντέλα είναι αφαιρέσεις της πραγματικότητας συνήθως δεν περιγράφουν όλα τα χαρακτηριστικά των φυσικών συστημάτων. Η βασική όμως αρχή της μηχανικής συστημάτων στην εφαρμογή της στον σχεδιασμό και την διαχείριση, είναι η περιγραφή ενός συστήματος με ένα μοντέλο, που επιτρέπει την εξεύρεση

λύσεων με «λογικό» κόστος και σε καθορισμένο χρονικό διάστημα. Γι' αυτό, ο δημιουργός του μοντέλου δεν θα πρέπει να προσπαθεί να ενσωματώσει τα στοιχεία της πραγματικότητας όσο δυνατόν πιο πιστά, αλλά όσο είναι απαραίτητο για το βαθμό αξιοπιστίας του όλου συστήματος. Η τυπική διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου παρουσιάζεται στο σχήμα 7.

Καταλήγοντας τονίζεται ότι τα μοντέλα είναι εξαιρετικά χρήσιμα για την ανάλυση και μελέτη των σύνθετων προβλημάτων των υδατικών πόρων. Πάντως πολλοί οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες στον σχεδιασμό και την διαχείριση των υδροσυστημάτων δεν είναι εύκολα μετρήσιμοι και σε αυτή την περίπτωση τα μοντέλα δίδουν μόνον εκτιμήσεις για την μελλοντική εξέλιξη των συστημάτων.

Η χρήση λοιπόν των μοντέλων, που δεν θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν χωρίς τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και την κυβερνητική είναι πλέον συνυφασμένη με την διαχείριση, και έχει κάνει δυνατή την αξιολόγηση των επιπτώσεων, των εναλλακτικών λύσεων κατά των αποφάσεων για την ανάπτυξη και την χρήση των υδατικών πόρων. Επιπλέον, η οδηγία πλαίσιο ύδατος (WFD, 60/2000, νόμος 3199/2003) στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχει σημαντικές προϋποθέσεις για την προστασία της ποσότητας και της ποιότητας των επιφανειακών και του υπόγειων νερών, την εισαγωγή πολιτικών τιμολόγησης ύδατος, την ολοκληρωμένη διαχείριση ποταμίων λεκανών, και την ενίσχυση της συμμετοχής του κοινού. Εν προκειμένω, γίνεται περισσότερο από απαραίτητο ότι η λήψη των αποφάσεων για την εφαρμογή της πρέπει να κινηθεί πέρα από τις εκτιμήσεις των συμβιβασμών και των παραδοσιακών μεθοδολογιών σε μια πλέον ολοκληρωμένη θεώρηση με την εξέταση των διαχειριστικών στρατηγικών των υδατικών πόρων, και τους διασυνδεδεμένους κοινωνικοοικονομικούς στόχους και τα οράματα.

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζονται από όλο και περισσότερο τις χώρες στην προσπάθειά τους για την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη συσχετίζονται όλο και περισσότερο με το νερό. Οι ελλείψεις ύδατος, η ποιοτική επιδείνωση και οι επιδράσεις πλημμυρών και λειψυδριών είναι μεταξύ των προβλημάτων που απαιτούν μεγαλύτερη προσοχή και δράση. Η ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων (Integrated Water Resources Management - IWRM) είναι μια διαδικασία που μπορεί να βοηθήσει τις χώρες στην προσπάθειά τους να εξετάσουν τα ζητήματα ύδατος με έναν οικονομικώς αποδοτικό και αειφόρο τρόπο. Η έννοια IWRM έχει προσελκύσει ιδιαίτερη προσοχή μετά από τις Διεθνείς Διασκέψεις με σχετικά περιβαλλοντικά ζητήματα στο Δουβλίνο και το Rio ήδη από το 1992. Μπορεί να θεωρηθεί ότι : **«Η ολοκληρωμένη διαχείριση Υδατικών Πόρων εξισορροπεί τις απόψεις και τους σκοπούς πολιτικών ομάδων, γεωγραφικών περιοχών και τους στόχους της ανάπτυξης; και προστατεύει τους πόρους για τα φυσικά και οικολογικά συστήματα»**. Εντούτοις η προσέγγιση IWRM ούτε έχει καθοριστεί σαφώς, ούτε έχει καθορισθεί για το πώς πρόκειται να εφαρμοστεί πλήρως (GWP, 2000). Εκτιμώντας ότι ορισμένες βασικές αρχές της IWRM μπορούν να είναι συνήθως εφαρμόσιμες, ανεξαρτήτως από το πλαίσιο και το στάδιο οικονομικής ή κοινωνικής ανάπτυξης, δεν υπάρχει κανένα καθολικό σχέδιο, ως προς τον τρόπο με τον οποίο τέτοιες αρχές μπορούν να τεθούν στην πράξη.

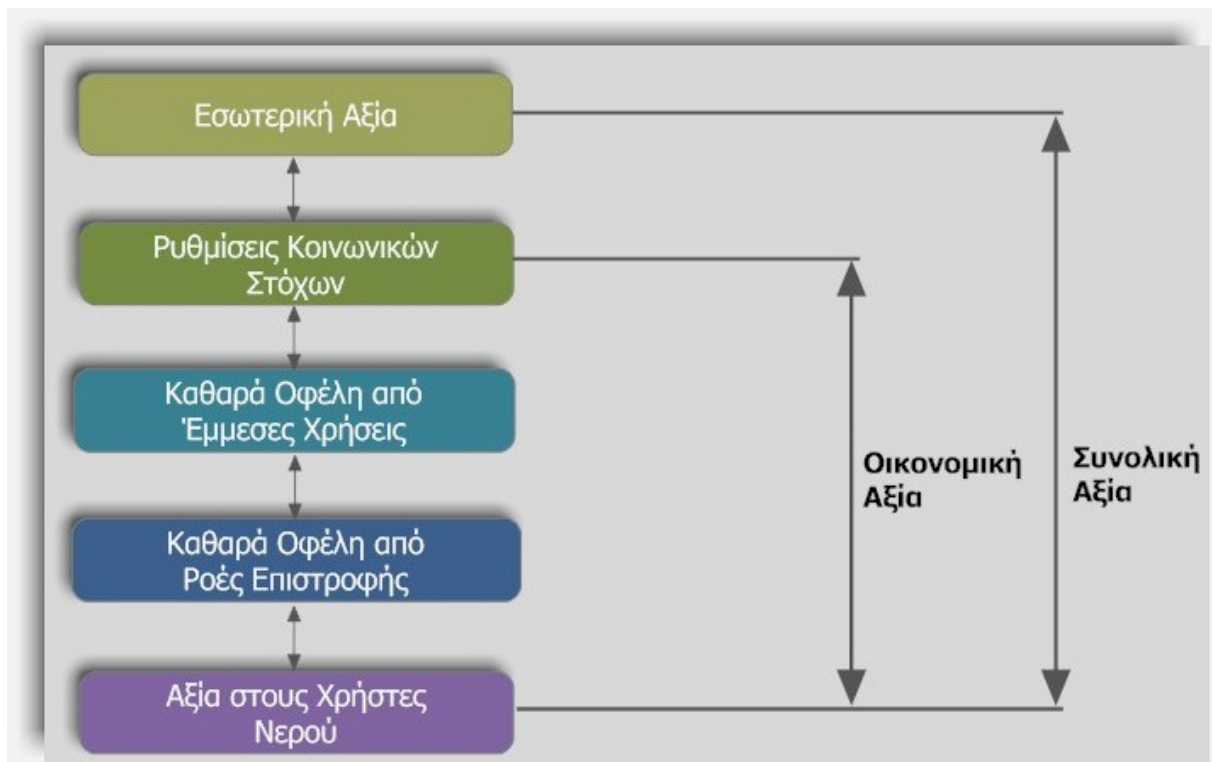
4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Ο σκοπός των παρακάτω παραγράφων είναι να μπορέσουν να δώσουν μία σύντομη και γενική άποψη για την οικονομική διαχείριση και τις σχετικές ικανότητες που απαιτούνται σαν μέρος της ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων. Η οικονομική καταλληλότητα των διαφόρων έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων έρχεται πολλές φορές σε αντιπαράθεση με τη δυνατότητα χρηματοδότησής τους. Από την άλλη πλευρά αυξάνονται τα κόστη για την προσφορά του νερού εξαιτίας θεμάτων ασφαλείας, υγείας, περιβαλλοντικών περιορισμών, έντονων εποχιακών αυξήσεων του πληθυσμού και παλαίωσης των υποδομών. Αυτές οι καταστάσεις προσελκύουν την έντονη προσοχή των πολιτών και των πολιτικών και δεν αποτελεί έκπληξη ότι οι υπεύθυνοι διαχείρισης υδατικών πόρων τονίζουν ότι θα ήθελαν να αντιλαμβάνονται περισσότερο τις έννοιες του καθορισμού του κόστους και πώς αυτές εξελίσσονται χρονικά. Από το 2000, με την θέσπιση της οδηγίας-πλαισίου (WFD 60/2000) για τα ύδατα ο καθορισμός του κόστους γίνεται θεμελιώδες στοιχείο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Τα κύρια στοιχεία του WFD (E.C. 60/2000 – N.3199/2003) μπορούν να συνοψισθούν στα παρακάτω τρία σημεία:

- Σχεδιασμός και ολοκληρωμένη διαχείριση (planning and integrated management)
- Τιμολόγηση και αληθινή ανάκτηση κόστους (pricing and true cost recovery)
- Συμμετοχή του κοινού (public participation and improved decision making)

Η τάση για τα δημόσια έργα ανάπτυξης των υδατικών πόρων είναι προς την κατεύθυνση της αυτοχρηματοδότησης ακολουθώντας τις αρχές της ελεύθερης αγοράς, που σημαίνει ότι οι υπηρεσίες πρέπει να αυτοϋποστηρίζονται και η χρέωση για το νερό να γίνεται ανάλογα με τα οφέλη των χρηστών (Grigg, N.S., 1996). Εάν οι υπηρεσίες είναι αυτοϋποστηριζόμενες, οι αποφάσεις για τον καθορισμό της τιμής του νερού και των εξαυτής εσόδων είναι κατά κύριο λόγο κάτω από τον έλεγχο της διοίκησης των υπηρεσιών (managers) και δεν εξαρτώνται άμεσα από τις πολιτικές διαδικασίες. Υπάρχει βέβαια ένα στοιχείο πολιτικής και οι προτιμήσεις των πολιτών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Ως εκ τούτου η ισορροπία ανάμεσα στις εταιρείες και τον πολιτικό έλεγχο είναι απαραίτητη.

Πολλές αποφάσεις για την τιμολόγηση του νερού βασίζονται στην αξία του χρήματος σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η αναγωγή ως εκ τούτου της αξίας στον παρόντα χρόνο σύγκρισης είναι απαραίτητη για όλες τις οικονομικές αναλύσεις. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι σχετικοί τύποι, που παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν εκτενώς στις ασκήσεις (3) και (4) του εργαστηρίου.



Σχήμα 4: Γενικές αρχές αξίας ύδατος (adopted from GWP, 2000)



Σχήμα 5. Συνιστώσες του συνολικού κόστους ύδατος.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Τα περιεχόμενα των διαλέξεων κατά την διάρκεια του μαθήματος παρουσιάζονται στο παράρτημα, μαζί με τους πίνακες και τα σχέδια εκτός κειμένου. Στο παράρτημα παρουσιάζονται μόνο ωρισμένα από τα γραφήματα των κεφαλαίων αυτών (Σχήματα 7 - 11), που θεωρήθηκαν σημαντικά, και που σχολιάστηκαν εκτενώς κατά την διάρκεια του μαθήματος.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arora J.S.: Intriduction to Optimum Design, NcGraw-Hill, New York, 1989.
- Bear, J.: Hydraulics of Grouhndwater, NcGraw-Hill, New York, 1979.
- Bedient, P.B. and W.C. Huber: Hydrology and Floodplain Analysis, Addison Wesley, Reading, Mass., 1988.
- Biswas, A. K., (ed.): Systems Approach to Water Management, McGraw-Hill, New York, 1976.
- Bradley, S.P., A.C. Hax, and T.L. Magnanti: Applied Mathematical Programming, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1977.
- Buras, N.: Scientific Allocation of Water Resources, American Elsevier Publishing Company, New York, 1972.
- Butler, D. and C. Maksimovic. Urban water management - challenges for the third millennium. *Progress in Environmental Science* 1 (3), 213-235, 1999 .
- Chankong, V. and Haimes, Y.Y: Multiobjective Decision Making: A Theory and Methodology, Elsevier Science Publishing, New York, 1983.
- Chow, V. T., Maidment, D.R., and Mays, L. W.: Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, 1988.
- Chow, V.T.: Open- Channel Hydraulics, McGraw-Hill, New York, 1959.
- Dalacu, V.P., 1998. The Multiplicity of Sources of Greek Environmental Law and the Integration of the relevant Policy, Protection and Restoration of the Environment IV, Proceedings of an International Conference, Halkidiki, Macedonia, Greece, Vol. II, pp. 815-822.
- Decleris, M., 2000. "The Law of Sustainable Development. General Principles". Environment Directorate-General. European Commission, Brussels, Belgium.
- Djordjevic, B.,, Cybernetics in Water resources management Water resources Publications, Littleton, Colorado, 1993.
- Dolow, D.: Linear Programming: An Introduction to Finite Improvement Algorithms, North-Holland, New York, 1984.
- Duckstein, L. and E.J. Plate (eds.): Engineering Reliability and Risk in Water Resources, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1987.
- French, R.H.: Open-Channel Hydraulics, McGraw-Hill, New York, 1985.
- Gleick, P.H., Ed. Water in Crisis, Oxford University Press, N.Y., 1993.
- Global Water Partnership (GWP), 2000. Integrated Water Resources Management, SE -105 25, Stockholm, Sweden
- Goicoechea, A., D.R. Hansen, and L. Duckstein: Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications, John Wiley & Sons, New York, 1982.
- Goodman, A. S.: Principles of Water Resources Planning, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1984.
- Grigg, N.S., 1996. Water Resources Management. Mc Graw-Hill, N.Y. , N.Y.
- Grigg, N.S. Infrastructure Engineering and Management, John Wiley & Sons, Inc., N.Y., N.Y., 1988.
- Grigg, N.S.: Urban Water Infrastructure: Planning, Management, and Operations, John Wiley & Sons, New York, 1986.
- Grigg, N.S.: Water Resources Planning, McGraw-Jill, New York, 1985.
- Harr, M.: Reliability-Based Design in Civil Engineering, McGrew-Hill, New Yord, 1987.

- Helweg, O.J.: Water Resources Planning and Management, John Wiley & Sons, New York, 1985.
- Henderson, J.M. and R. E. Quandt: Microeconomic Theory: A Mathematical Approach, McGraw-Hill, New York, 1980.
- Hillier, F.S. and G.J. Lieberman: Introduction to Operations Research, McGraw-Hill, New York, 1990.
- Hoggan, D.H.: Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics, McGraw-Hill, New York, 1989.
- Karavitis, C. A., A. Bosdogianni and E. C. Vlachos. "Sustainable Environmental Management Approaches and Water Resources in the Stressed Region of Thriassion, Greece". Global Nest, Vol. 3, No. 2, pp. 131-144, 2001.
- Karavitis, C. A. and P. Kerkides. "Estimation of the Water Resources Potential in the Island System of the Aegean Archipelago, Greece", Water International, Vol. 27, No. 21, pp. 243-254, 2002.
- Karavitis, C.A., 2001.. "Decision Support Systems Interfaces and Water Resources Management Issues in Greece." In: Decision Support Systems for Integrated River Basin Management and Shared Water Resources Allocation, NATO ASI Series, Springer - Verlag, Heidelberg.
- Karavitis, C.A., 2002, "Towards Strategic Water Resources Management Policies: Challenges and Options". ΕΥΔΑΠ, HYDRORAMA 2002, 3rd International Forum. Integrated Water Management: The key to Sustainable Water Resources, Ζάππειον Μέγαρον, Αθήνα, Μάρτιος 21-22., pp. 218-224.
- Καραβίτης, Χ.Α., R. Askaer Jensen, and A. Refsgaard, 2004. *Εργαλεία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων. Ημερίδα « Δημόσια Διαβούλευση και ενημέρωση των ενδιαφερωμένων επί των σχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων του υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας*», Υπουργείο Ανάπτυξης, Λάρισα, 2 Ιουνίου.
- Linsley, Jr., R.K., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulaus: Hydrology for Engineers, McGraw-Hill, New York, 1982.
- Linsley, R.K. and J.B. Franzini: Water Resources Engineering, 3d ed., McGraw-Hill, 1979.
- Loucks, D.P.S., J.R. Stedinger and D.A. Haith: Water Resource Systems Planning and Analysis, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1981.
- Major, D.C. and R.L. Lenton: Applied Water Resources Systems Planning, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1979.
- Mays, L.W. (ed.): Reliability Analysis of Water Distribution Systems, American Society of Civil Engineers, New York, 1989.
- Mays, L.W. and Yeou-Koung Tung, Hydrosystems engineering and management, McGraw-Hill, Inc., N.Y., N.Y., 1992.
- N McCormick, G.P.: Nonlinear Programming: Theory, Algorithms, and Applications, John Wiley & Sons, New York, 1983.
- Simonovic, S.P. (1996) *Decision supported systems for sustainable management of water resources: 1. General principles*. Water International 21, 223-232.
- Todd, D.K.: Groundwater Hydrology, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- Viessman, Jr., W., G.L. Lewis and J.W. Knapp: Introduction to Hydrology, Harper and Row, New York, 1989.
- UNESCO (1995) Integrated Water Resources Management in Urban and Surrounding Areas. UNESCO, Paris
- United Nations Development Programme et al. (2000). World resources 2000-2001: People and Ecosystems. The Fraying Web of Life, World Resources Institute, Washington, D.C.

- Vlachos, E.C. and B. Braga (2001). The challenge of Urban Water Management. In: Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or Hope. C. Makcimovic and G.A. Tejada-Juibert, Eds. IWA Publishing, London, UK.
- Vlachos, E.C. and Hendricks, D.W. Technology assessment for water supplier, Water Resources Publications Littleton, Colorado, 1977.
- Warnick, C.C.: Hydropower Engineering, Prentice-Jall, Englewood Cliffs, N.J., 1984.
- Weeks, J.R. Population Wadsworth, Inc. Belmont, California, a1990.
- Willis, R. and E. E-G. Yeh: Groundwater Systems Planning and Management, Prentice-Hall, Enflewood Cliffs, N.J., 1987.
- Yen, B.C. (ed.): Stochastic and Risk Analysis in Hydraulic Engineering, Water Resources Publications, Littleton, Colorado., 1986.
- Yevjevich, V. Probability and Statistics in Hydrology, Water Resources Publications, Littleton, Colorado, 1972.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

ΜΕΡΟΣ Ι

1. Συστήματα υδατικών πόρων και Περιβάλλον

- 6.1 Περιγραφή συστημάτων υδατικών πόρων
 - Ο Υδρολογικός Κύκλος
 - Επιφανειακά Νερά
 - Υπόγεια Νερά
 - Ανάπτυξη Υδατικών Πόρων
- 6.2 Συστήματα, περιεχόμενο και αντικείμενο
 - Ορισμός συστημάτων
 - Ταμίευση Ύδατος
 - Συστήματα Ύδρευσης- Άρδευσης
 - Συστήματα Αποβλήτων
- 1.3 Προβλήματα συστημάτων υδατικών πόρων-Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός
- 1.4 Κύρια χαρακτηριστικά συστημάτων υδατικών πόρων
- 1.5 Φάσεις ανάπτυξης συστημάτων υδατικών πόρων
- 1.6 Ζητήματα Μηχανικής συστημάτων υδατικών πόρων και Περιβάλλον

2. Σχεδιασμός ανάπτυξης και χρήσης συστημάτων υδατικών πόρων

- 2.1 Γενικοί ορισμοί
- 2.2 Σκοπός σχεδιασμού συστημάτων υδατικών πόρων
- 2.3 Σχεδιασμός και ανάλυση πολιτικής (policy analysis)
- 2.4 Μεθοδολογία σχεδιασμού
- 2.5 Παράμετροι και περιορισμοί σχεδιασμού συστημάτων υδατικών πόρων :
- 2.6 Εφαρμογές σχεδιασμού. Σχεδιασμός και λήψη των αποφάσεων

3. Διαχείριση συστημάτων υδατικών πόρων

- 3.1 Αρχές διαχείρισης
- 3.2 Μεθοδολογία διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων
- 3. Διαχείριση συστημάτων υδατικών πόρων**

- 3.1 Αρχές διαχείρισης

- 3.2 Μεθοδολογία διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων
- 3.3 Ανάλυση Συστημάτων, Μοντελοποίηση, Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) και. Ολοκληρωμένες στρατηγικές διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων
 - Διαχείριση Εφοδιασμού σε νερό
 - Διαχείριση Ζήτησης
 - Διαχείριση Ποιότητας Υδάτων
 - Διαχείριση Υδρολογικών Λεκανών

4. Οικονομία και υδροσυστήματα

- 4.1 Βασικές αρχές Οικονομικής ανάλυσης για Τεχνικά Έργα (Engineering Projects)
- 4.2 Ανάλυση κόστους - οφέλους για έργα ανάπτυξης υδατικών πόρων (cost - benefit analysis)
- 4.3 Ζήτηση, Κατανάλωση, Εφοδιασμός και οικονομικά κριτήρια

5. Διαχείριση Ποιότητας Υδάτων και Υποδομές

- 6.1 Ρύπανση αιτίες και Αποτελέσματα
- 6.2 Συστήματα Υδρευσης
- 6.3 Συστήματα Αποχέτευσης
- 6.4 Συστήματα Ομβρίων Υδάτων.

6. Περιβάλλον και νομική προστασία

- 6.1 Οδηγία Πλαίσιο των Υδάτων (Water Framework Directive)
- 6.2 ΕΥ νομικό Καθεστώς και εφαρμογή του στους υδατικούς πόρους.
- 6.3 Εφαρμογή και Έλεγχος.
- 6.4 Σημειώσεις Τεχνικής Καθοδήγησης.

7. Ανάλυση Συστημάτων, Μοντελοποίηση, Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS)

- 7.1 Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) και διαχείριση
- 7.2 Modeling και υδροσυστήματα. Αβεβαιότητα και επικινδυνότητα (Risk Assessment)
- 7.3 Μαθηματικά μοντέλα για τη διαχείριση συστημάτων υδατικών πόρων

- 7.4 Μοντέλα προσομοίωσης για τον έλεγχο των συστημάτων υδατικών πόρων
- 7.5 Βελτιστοποίηση συστημάτων υδατικών πόρων: τεχνικές και εφαρμογές

8. Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων

- 8.1 Λήψη αποφάσεων και διαχείριση συστημάτων υδατικών πόρων
- 8.2 Διαχείριση και μελλοντική διάσταση
- 8.3 Αναγκαίες αρχές διαχείρισης υδατικών πόρων για τον συστηματικό σχεδιασμό
- 8.4 Στρατηγικές διαχείρισης υδατικών πόρων

ΜΕΡΟΣ II

Εφαρμογές Σχεδιασμού και Διαχείρισης

9. Διεθνής (υπερεθνικός) σχεδιασμός

10. Εθνικός και τοπικός σχεδιασμός

11. Πρόβλεψη ζήτησης ύδατος

12. Επιφανειακά υδροσυστήματα

13. Συστήματα υπογείων υδάτων

14. Συστήματα ύδρευσης και άρδευσης

15. Συστήματα ομβρίων υδάτων

16. Συστήματα αποβλήτων

17. Διαχείριση πλημμυρικών υδάτων

- Υδρολογία και υδραυλική πλημμυρών
- Διαχείριση πλημμυρικών πεδίων