



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

**Διαχείριση του Υδατικού Συστήματος του
βόρειου τμήματος του νομού Χανίων με
χρήση Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων**

**Μεταπτυχιακή εργασία από το φοιτητή :
Αθανασάκη Μανώλη, διπλωματούχο Μηχανικό Περιβάλλοντος
(Πολυτεχνείο Κρήτης)**

**Επιβλέπων :
Μαμάσης Νικόλαος Λέκτορας σχολής Πολιτικών
Μηχανικών(ΕΜΠ)**

Αθήνα, Απρίλιος 2008

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ
ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	i
Κατάλογος Εικόνων	vi
Κατάλογος Πινάκων	ix
Κατάλογος Διαγραμμάτων	xii
Πρόλογος	xiii
Σύντομη Περίληψη	xiv
Extended Abstract	xv
1. Εισαγωγή	1
1.1. Σκοπός της εργασίας	1
1.2. Διάρθρωση της εργασίας	2
2. Διαχείριση Υδατικών Πόρων	3
2.1. Νερό, ένα αγαθό εν ανεπαρκεία	3
2.2. Η έννοια της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων	5
2.2.1. Οι στόχοι της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων	8

2.2.2. Νομοθετικό πλαίσιο για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στην Ε.Ε. - Η Οδηγία 2000/60/EC _____	10
2.3. Η Διαχείριση Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα _____	12
3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» _____	16
3.1 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων _____	16
3.2. Εφαρμογές των ΣΥΑ στη Διαχείριση Συστημάτων Υδατικών Πόρων _____	18
3.3. Το υπολογιστικό σύστημα ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ _____	20
3.3.1. Γενικά _____	20
3.3.2. Σχηματοποίηση _____	24
3.3.3. Προσομοίωση _____	27
3.3.4. Βελτιστοποίηση _____	34
3.3.5. Αποτελέσματα ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ _____	41
3.4. Υδρογνώμων _____	45
3.4.1. Γενικά _____	45
3.4.2. Το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία» _____	48
4. Περιοχή Μελέτης _____	51
4.1. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης _____	51
4.2. Το Υδατικό Δυναμικό του νομού Χανίων _____	53
4.3. Το Υδατικό Δυναμικό του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	57
4.3.1. Λεκάνη Ταυρωνίτη - Κολένη _____	59

4.3.2. Λεκάνη Κερίτη _____	60
4.3.3. Λεκάνη Στύλου, Αρμένων, Ζούρμπου, Βρύσσες _____	63
4.3.4. Λεκάνη Κουρνά, Γεωργιούπολης _____	66
4.3.5. Προγραμματισμένα τεχνικά έργα _____	67
5. Σχηματοποίηση _____	69
5.1. Γενικά _____	69
5.2. Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM _____	70
5.3. Δημιουργία χρονοσειρών _____	77
5.3.1. Δημιουργία συνθετικών χρονοσειρών με το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία» _____	77
5.3.2. Δημιουργία χρονοσειρών εξάτμισης πάνω από τους ταμιευτήρες _____	79
5.4. Σχηματοποίηση στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» _____	81
5.4.1. Κόμβοι Μεταβλητής Εισροής _____	83
5.4.2. Κόμβοι Σταθερής Εισροής – Γεωτρήσεις _____	84
5.4.3. Κόμβοι Ταμιευτήρα _____	86
5.4.4. Ικανοποίηση αναγκών σε νερό – Στόχοι _____	89
5.5. Διαχειριστικά σενάρια στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» _	90
5.5.1. Διαχειριστικό σενάριο παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	91
5.5.2. Διαχειριστικό σενάριο μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	98

5.5.3. Σύγκριση διαχειριστικών σεναρίων μελλοντικής - παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων	105
6. Προσομοίωση	106
6.1. Γενικά	106
6.2. Προετοιμασία προσομοίωσης στο διαχειριστικό μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» - Εισαγωγή παραμέτρων	107
6.3. Αποτελέσματα προσομοίωσης	108
6.3.1. Αποτελέσματα σεναρίου παρούσας κατάστασης υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος νομού Χανίων	108
6.3.2. Αποτελέσματα σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος νομού Χανίων	112
6.4. Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης	116
6.4.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων των σεναρίων παρούσας και μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος νομού Χανίων	117
6.4.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2 και 3	120
6.4.3. Σύγκριση διαχειριστικού σεναρίου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ με διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM	121
6.5. Αστοχία στόχων	124
6.6. Προτεινόμενο διαχειριστικό σενάριο	130
7. Συμπεράσματα – Προτάσεις	134
7.1. Συμπεράσματα	134

7.2. Προτάσεις	137
Βιβλιογραφία	140

Κατάλογος Εικόνων

Figure 1: Scenarios of the hydrosystem of the northern part of Chania (present state, future state, suggested) _____ xviii

Εικόνα 2-1: Τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας (Α. Βαράνου, Α. Δασακλής, Φ. Φωτόπουλος, Ε. Μπαλτάς) _____ 14

Εικόνα 3-1: Το υπολογιστικό σύστημα ΥΔΡΟΓΑΙΑ και τα μοντέλα – συνιστώσες του (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007) _____ 21

Εικόνα 3-2: Σχηματοποίηση στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ _____ 25

Εικόνα 3-3: Σχηματική απεικόνιση των συνιστωσών ενός σχήματος στοχαστικής προσομοίωσης συστημάτων υδατικών πόρων(Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007) _____ 30

Εικόνα 3-4: Νομογραφήματα τριών υποθετικών ταμιευτήρων. Με λεπτή γραμμή απεικονίζεται η ωφέλιμη χωρητικότητα κάθε ταμιευτήρα, με παχιά γραμμή η τελική μορφή των κανόνων λειτουργίας, ενώ με διακεκομμένη η αρχική (γραμμική) τους μορφή. (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007) _____ 37

Εικόνα 3-5: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας βελτιστοποίησης (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007) _____ 41

Εικόνα 3-6: Παράδειγμα πρόγνωσης μηνιαίας πιθανότητας αστοχίας (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007) _____ 44

Εικόνα 3-7: Καμπύλες πρόγνωσης αποθέματος για πιθανότητες υπέρβασης 5, 20, 50, 80 και 95% (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007) 45

Εικόνα 3-8: Σχηματική αναπαράσταση του Συστήματος Διαχείρισης και Επεξεργασίας Χρονοσειρών «Υδρογνώμων» (Α. Ευστρατιάδης, Δ. Κουτσογιάννης και Σ. Κοζάνης-2005) _____ 47

Εικόνα 3-9: Διάγραμμα ροής σχήματος γέννησης συνθετικών χρονοσειρών για τη στοχαστική προσομοίωση συστημάτων υδατικών πόρων σε μηνιαία

χρονική κλίμακα, για η συνολικά έτη(Α. Ευστρατιάδης, Δ. Κουτσογιάννης και Σ. Κοζάνης-2005)	49
Εικόνα 4-1: Κατανομή του νερού στις διάφορες χρήσεις για το έτος 1996(Κυρ. Χατζηευαγγέλου 2005)	52
Εικόνα 4-2: Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης	53
Εικόνα 4-3: Υδρολιθικές ομάδες πετρωμάτων (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004)	55
Εικόνα 4-4: Λεκάνες Απορροής Ποταμού (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004)	57
Εικόνα 5-1: Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM, νομός Χανίων	72
Εικόνα 5-2: Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM, βόρειο τμήμα νομού Χανίων	74
Εικόνα 5-3: Συνδεσμολογία κόμβων με κλάδους στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM	76
Εικόνα 5-4: Παράθυρο μεταβλητών συστήματος στοχαστικής προσομοίωσης «ΚΑΣΤΑΛΙΑ»	78
Εικόνα 5-5: Μέσες μηνιαίες τιμές Ιστορικής και Συνθετικής χρονοσειράς και γραφική παράσταση συνθετικής χρονοσειράς	79
Εικόνα 5-6: Εισαγωγή χρονοσειρών για την παραγωγή χρονοσειράς εξάτμισης στο μοντέλο «Υδρογνώμον»	81
Εικόνα 5-7: Σχηματοποίηση κόμβου μεταβλητής εισροής στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»	84
Εικόνα 5-8: Σχηματοποίηση κόμβου σταθερής εισροής στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»	85
Εικόνα 5-9: Σχηματοποίηση ταμιευτήρων στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»(τροφοδοσία από 2 κλάδους και από 1 κλάδο)	87
Εικόνα 5-10: Εισαγωγή φυσικών χαρακτηριστικών στους ταμιευτήρες	88
Εικόνα 5-11: Διαχειριστικό σενάριο παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων	92
Εικόνα 5-12: Διαχειριστικό Σενάριο μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων	99

Εικόνα 6-1: Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης στον «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ» _____	107
Εικόνα 6-2: Παροχή υδατικών πόρων για άρδευση ΤΟΕΒ Κισσάμου _____	124
Εικόνα 6-3: Στόχος ύδρευσης δήμου Βουκολιών _____	126
Εικόνα 6-4: Στόχος άρδευσης Φορνέ _____	127
Εικόνα 6-5: Στόχος άρδευσης ΤΟΕΒ και στόχος ύδρευσης δήμου Μουσούρων Μεσκλών _____	128
Εικόνα 6-6: Προτεινόμενο διαχειριστικό σενάριο μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	131

Κατάλογος Πινάκων

Table 1: Priorities of targets (smaller value means higher priority) _____ xvii

Table 2: Characteristic numbers for the scenarios of the hydrosystem of the northern part of Chania _____ xx

Πίνακας 2-1: Κατανομή του συνολικού υδατικού όγκου στον πλανήτη(Μυλόπουλος 2001) _____ 4

Πίνακας 3-1: Συνιστώσες μαθηματικού μοντέλου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ _____ 26

Πίνακας 4-1: Γενικά στοιχεία νομού Χανίων (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004) _____ 54

Πίνακας 4-2: Υδρολογικά στοιχεία νομού Χανίων(Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004) __ 54

Πίνακας 5-1: Κατηγορίες κόμβων στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM για το βόρειο τμήμα του νομού Χανίων _____ 75

Πίνακας 5-2: Τιμές συντελεστή C_M ανά μήνα _____ 80

Πίνακας 5-3:Χαρακτηριστικά στόχων στα διαχειριστικά σενάρια του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» _____ 90

Πίνακας 5-4: Κόμβοι διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____ 93

Πίνακας 5-5: Κλάδοι διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____ 93

Πίνακας 5-6: Ταμιευτήρες διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____ 94

Πίνακας 5-7: Γεωτρήσεις διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____ 94

Πίνακας 5-8: Κόμβοι Εισροής διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	94
Πίνακας 5-9: Στόχοι διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	95
Πίνακας 5-10: Κόμβοι διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	100
Πίνακας 5-11: Κλάδοι διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	100
Πίνακας 5-12: Ταμιευτήρες διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	101
Πίνακας 5-13: Κόμβοι Εισροής διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	102
Πίνακας 5-14: Στόχοι διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	103
Πίνακας 6-1: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου παρούσας κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 3 _____	109
Πίνακας 6-2: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου παρούσας κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2 _____	110
Πίνακας 6-3: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 3 _____	113
Πίνακας 6-4: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2 _____	114
Πίνακας 6-5 : Μέσο ποσοστό αστοχίας για κάθε σενάριο _____	119
Πίνακας 6-6: Μείωση ελλειμμάτων στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων _____	120
Πίνακας 6-7: Μείωση ελλειμμάτων στα διαχειριστικά σενάρια με την αλλαγή της προτεραιότητας των στόχων οικολογικής παροχής από 3 σε 2 _____	121

Πίνακας 6-8: Σύγκριση Διαχειριστικού σεναρίου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ με διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM _____ 122

Πίνακας 6-9: Αποτελέσματα προσομοίωσης προτεινόμενου σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____ 132

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Chart 1: Results of the simulation of the present state scenarios _____	xix
Chart 2: Results of the simulation of the future state scenarios _____	xx
Chart 3: Results of the simulation of the suggested scenario _____	xxi
Διάγραμμα 6-1: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	111
Διάγραμμα 6-2: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων(<10%) _____	112
Διάγραμμα 6-3: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων _____	115
Διάγραμμα 6-4: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων(<9%) _____	116
Διάγραμμα 6-5: Σύγκριση αποτελεσμάτων σεναρίων παρούσας και μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων (Προτεραιότητα κόμβων οικολογικής παροχής 2) _____	118
Διάγραμμα 6-6: Σύγκριση αποτελεσμάτων σεναρίων παρούσας και μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων (Προτεραιότητα κόμβων οικολογικής παροχής 3) _____	118
Διάγραμμα 6-7: Σύγκριση Διαχειριστικού σεναρίου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ με διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM _____	123
Διάγραμμα 6-8: Στόχος ύδρευσης δήμου Βουκολιών _____	126
Διάγραμμα 6-9: Στόχος άρδευσης Φορνέ _____	127
Διάγραμμα 6-10: Στόχος άρδευσης ΤΟΕΒ Μεσκλών _____	128
Διάγραμμα 6-11: Στόχος ύδρευσης δήμου Μουσούρων _____	129
Διάγραμμα 6-12: Σύγκριση αποτελεσμάτων σεναρίων μελλοντικής κατάστασης και προτεινόμενου _____	133

Πρόλογος

Πριν αρχίσει το κυρίως μέρος της μεταπτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή αυτής κ. Νικόλαο Μαμάση και τους κ. Ανδρέα Ευστρατιάδη και Γιώργο Καραβοκυρό για την πολύτιμη καθοδήγηση τους κατά την υλοποίηση της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό της Περιφέρειας Κρήτης και ιδιαίτερα τον κ. Μαρίνο Κριτσωτάκη από το τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την παραχώρηση της μελέτης «**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ**» που αποτέλεσε πολύτιμη πηγή πληροφοριών και δεδομένων για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Σύντομη Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνάται το υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ». Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που προσομοιάζει και βελτιστοποιεί τη διαχείριση υδατικών συστημάτων.

Αναλυτικότερα, στην εργασία αυτή θα γίνει η προσομοίωση του υδατικού συστήματος της περιοχής μελέτης με χρήση συνθετικών χρονοσειρών (η παραγωγή τους θα γίνει με το μοντέλο «ΚΑΣΤΑΛΙΑ»), και ο εντοπισμός της βέλτιστης κατανομής των υδατικών πόρων του συστήματος και της πιθανότητας αστοχίας (μη ικανοποίηση της ζήτησης σε νερό) αυτού. Το υδατικό σύστημα θα διερευνηθεί στην παρούσα κατάσταση του, αλλά και μετά από την προσθήκη σε αυτό έργων που πρόκειται να κατασκευασθούν στην περιοχή, ώστε να διερευνηθούν οι επιπτώσεις τους.

Extended Abstract

Title: Management of the Hydrosystem of the northern part of Chania using Decision Support System

Introduction

The aim of this thesis is to simulate the hydrosystem of the northern part of Chania using the model “HYDRONOMEAS”. More specifically, the forementioned hydrosystem was simulated in its present and future (after the addition of some programmed components) state, using synthetic time series for the inputs of the system. The results of these simulations compared to each other to find the effects of the additional components to the hydrosystem.

“HYDRONOMEAS” is an integrated Decision Support System (DSC) which is used for applications of Water Resources Management to simulate and optimize the management of hydrosystems. The simulated hydrosystems can have many types of inflows (e.g. surface water from springs, groundwater from boreholes etc), reservoirs, many points of water consumption (targets) for different uses (public water supply, irrigation, river flow during droughts) etc. The components of the hydrosystem are described with different types of nodes and branches during the schematization. In every target of the hydrosystem a priority is assigned by the user (all targets are not of the same importance). As a result, targets with higher priority are accomplished before targets with lower priority. Also, different types of restrictions are assigned to different components of the hydrosystem (water policy – e.g. maximum level to reservoirs). The way the water resources are distributed to the targets is the optimum for the given water policy, meaning that the failure percentage of the targets is minimum. The results of the simulation can answer numerous questions related to the hydrosystem such as operational cost of the system, energy production etc. Among them is the reliability of the accomplishment of the targets, which is the subject of this thesis.

The synthetic time series were produced by the synthetic simulation system “KASTALIA” from historical time series. The statistical characteristics of the historical time series were preserved in the synthetic time series. The spatial correlation

of the historical time series was also preserved in the synthetic time series. The system “KASTALIA” is a module of “HYDROGNOMON”, which is a tool for the management and the analysis of time series.

Schematization at “HYDRONOMEAS”

Schematization is the “translation” of the components of the original system to components of a model. For the model “HYDRONOMEAS” these components are different types of nodes (inflow nodes, boreholes, turbines, pumps, reservoirs and junctions) and branches (rivers and aqueducts). For some types of components of the hydrosystem were assigned the required data and characteristics. Particularly:

- For every inflow node was assigned its respective time series
- For every borehole was assigned a monthly flow of water to the hydrosystem and a value for its specific energy($1\text{kWh}/\text{m}^3$ for all boreholes)
- For every reservoir was assigned : i) the relation between level and surface, ii) the relation between level and volume, iii) intake level, iv) initial level, v) spill level, vi) time series of evaporation from the reservoir, vii) time series of rain to the reservoir
- For every aqueduct was assigned the maximum allowed flow($10\text{m}^3/\text{sec}$ for all aqueducts due to lack of relative data)

The result of a schematization is a scenario. As it was mentioned above, the studied hydrosystem was simulated in its present and in its future state. So, two scenarios were created: one for the present state of the hydrosystem and one for the state of the hydrosystem after the programmed additions. Moreover, it was created a third scenario, same to the scenario for the future state of the hydrosystem with three additional aqueducts (its utility will be explained below).

The points of water consumption are represented to “HYDRONOMEAS” with targets assigned to the appropriate junctions. In every target of water consumption was assigned its type (public water supply, irrigation, river flow during droughts), the volume of water required every month and its priority. The priorities assigned to each type of target appear at the table below:

Table 1: Priorities of targets (smaller value means higher priority)

Type of target	Present state scenario	Future state scenario
public water supply	2(priority of PWS of Chania 1)	2
irrigation	3	3
river flow	2-3	2-3

The priority of targets of public water supply in both scenarios was two, except for the priority of the city of Chania (the city with the grater population) in the present state scenario, in which priority was one. In the future state scenario the value of priority of PWS of Chania became two to simplify this scenario, which is far more complicated than the previous one. Simulation of these two scenarios was performed for values of priority of river flow both 2 and 3, to examine the consequences of this change to the results.

As prototype for the schematization was used the schematization of the study of the District of Crete: “**Completed management of water resources of Crete**” in which the model “RIBASIM” was used. In addition, the historical time series, the monthly flows of boreholes, the characteristics of reservoirs and the volume of water required every month for the targets from the same study were taken into account.

The historical time series from the study mentioned above were imported to the system “KASTALIA” to produce the synthetic time series. The length of the synthetic time series produced was 1.000 years.

The three scenarios mentioned above appear in the figure below (**Figure 1**):

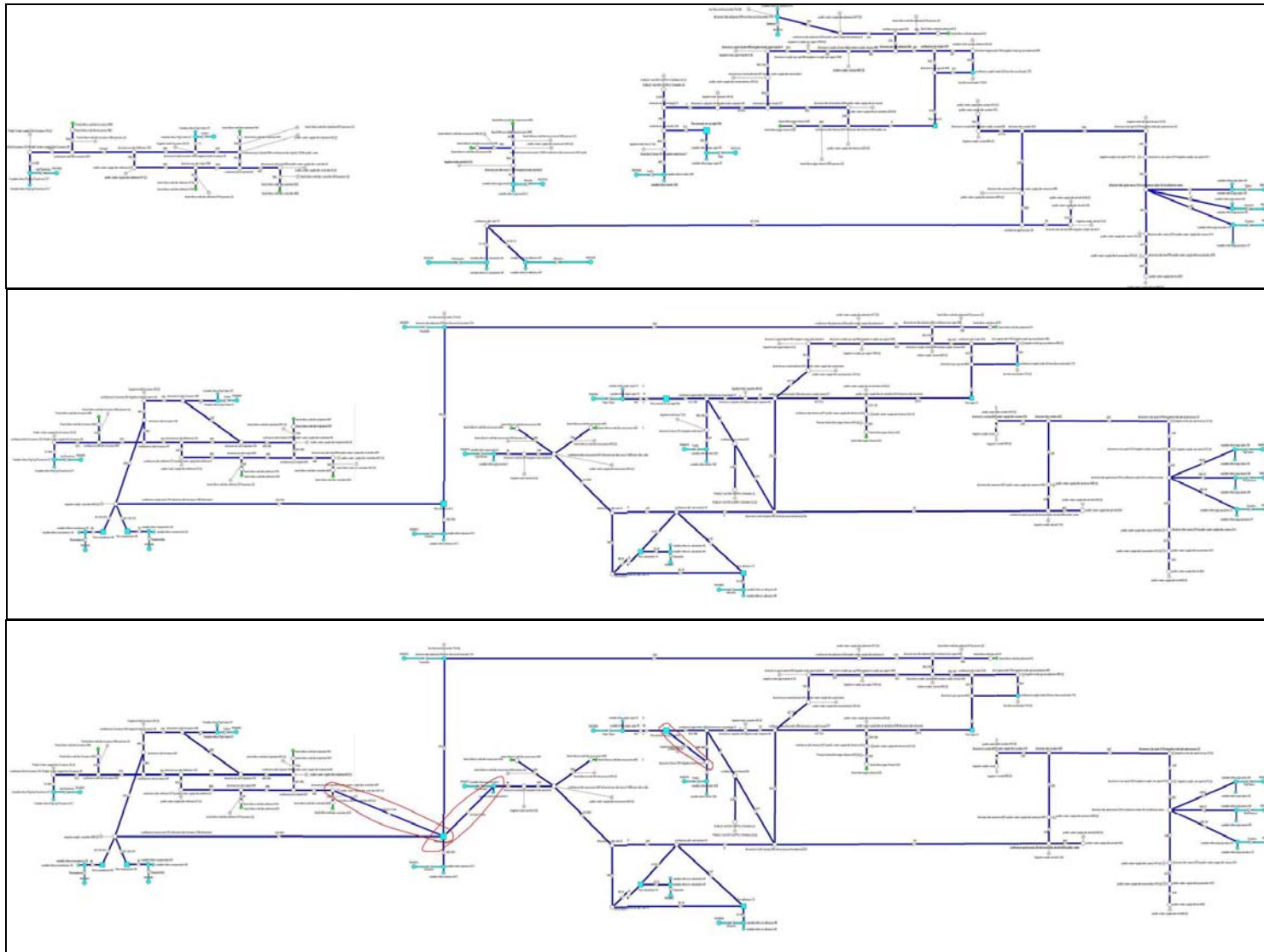


Figure 1: Scenarios of the hydrosystem of the northern part of Chania (present state, future state, suggested)

The present state scenario of the hydrosystem consists of three separate hydrosystems which get connected at the scenario of the future state. As well, in the future state scenario of the hydrosystem there are 5 more reservoirs than the present state scenario (2 reservoirs in the present state scenario with total capacity 22.4 hm³ and 7 reservoirs in the future state scenario with total capacity 60.1 hm³). From these differences of the scenarios it can be assumed that the reliability of the accomplishment of the targets in the scenario of the future state of the hydrosystem of the northern part of Chania will be greater than the respective reliability in the scenario of the present state. The opposite will happen with the annual deficits.

Simulation and results

The scenarios created were simulated to with the model “HYDRONOMEAS”. The results appear to the charts below:

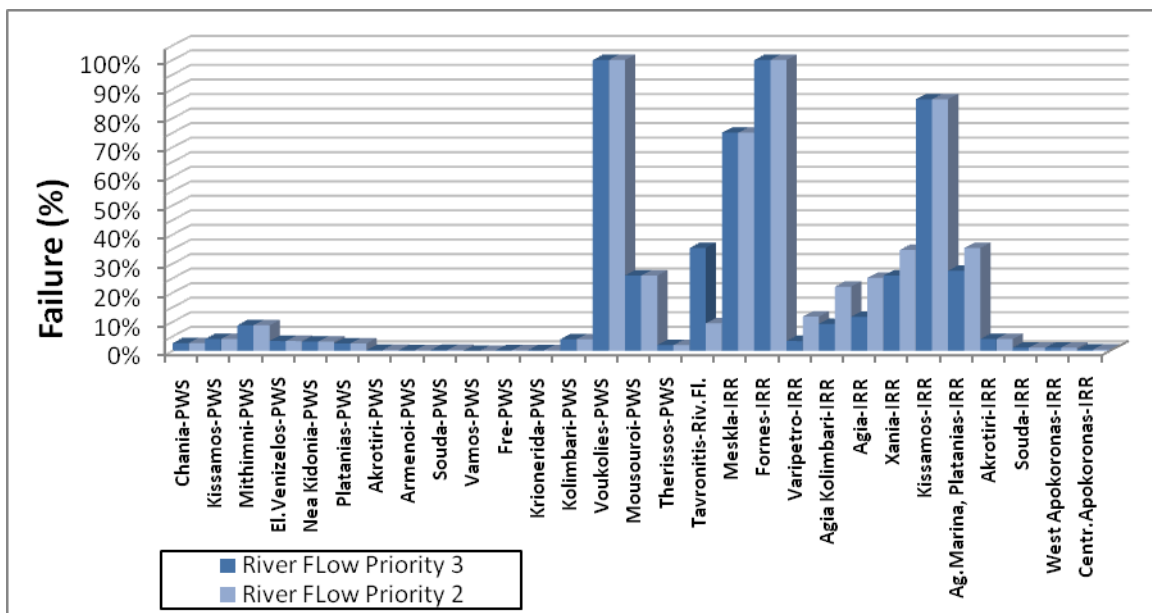


Chart 1: Results of the simulation of the present state scenarios

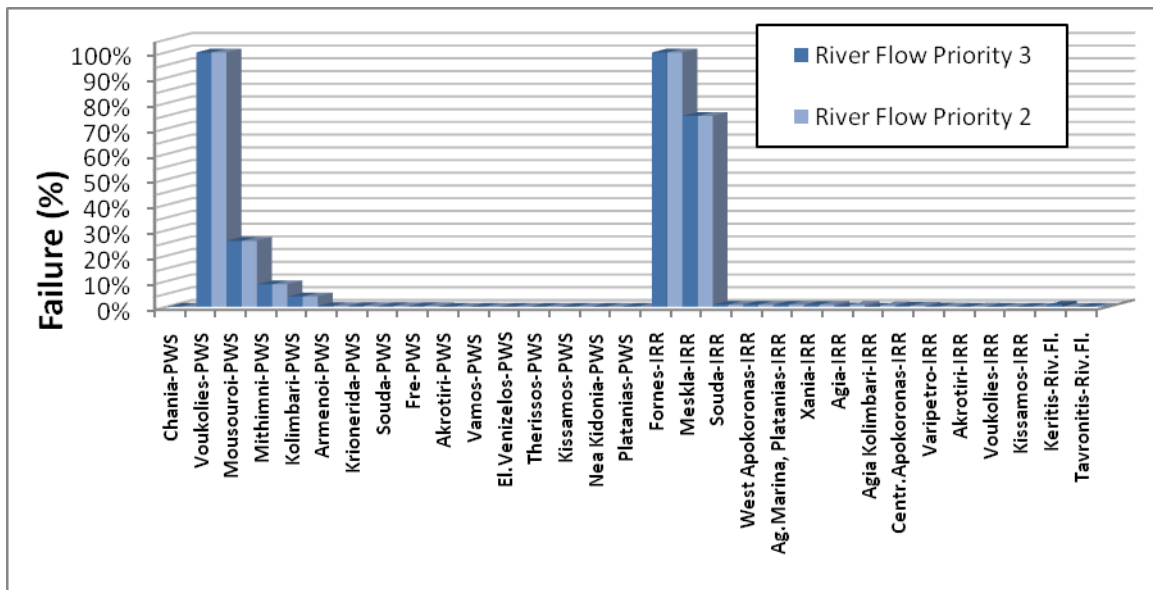


Chart 2: Results of the simulation of the future state scenarios

In the table below appear some characteristic numbers for the scenarios (Table 2):

Table 2: Characteristic numbers for the scenarios of the hydrosystem of the northern part of Chania

Scenario	Priority of river flow targets	Mean failure per target	Mean annual deficit (10 ⁶ m ³)	Maximum annual deficit (10 ⁶ m ³)
Present State	2	19,476 %	5,038	42,449
	3	18,603 %	5,040	43,312
Future State	2	10,310 %	1,385	12,646
	3	10,287 %	2,045	13,792

From the charts and the table above it is clear that the connection of the three separate hydrosystems of the present state scenario and the addition of the five reservoirs increased significantly the reliability of the accomplishment of the targets in the scenario of the future state. The deficits are also smaller in the future state scenario (more than 50%).

In addition, changing the value of the priority of river flow targets from 3 to 2 the reliability of the accomplishment of those targets increases, while the reliability of the accomplishment of other type of targets decreases (grater mean failure per target). Moreover, the deficits decrease, because the accomplishment of these targets requires substantial quantities of water.

The failure of a number of targets does not get affected by the additions to the present state scenario. The water required from these targets was not released from reservoirs. So adding aqueducts to the hydrosystem which will feed these targets with water from reservoirs should improve their reliability. To check this statement a new scenario was created, same to the future state scenario (priority of river flow 2) with the addition of three aqueducts (Figure 1 - suggested scenario-the added aqueducts are marked with a red circle). The results of the simulation of this scenario appear in the chart and confirm the statement.

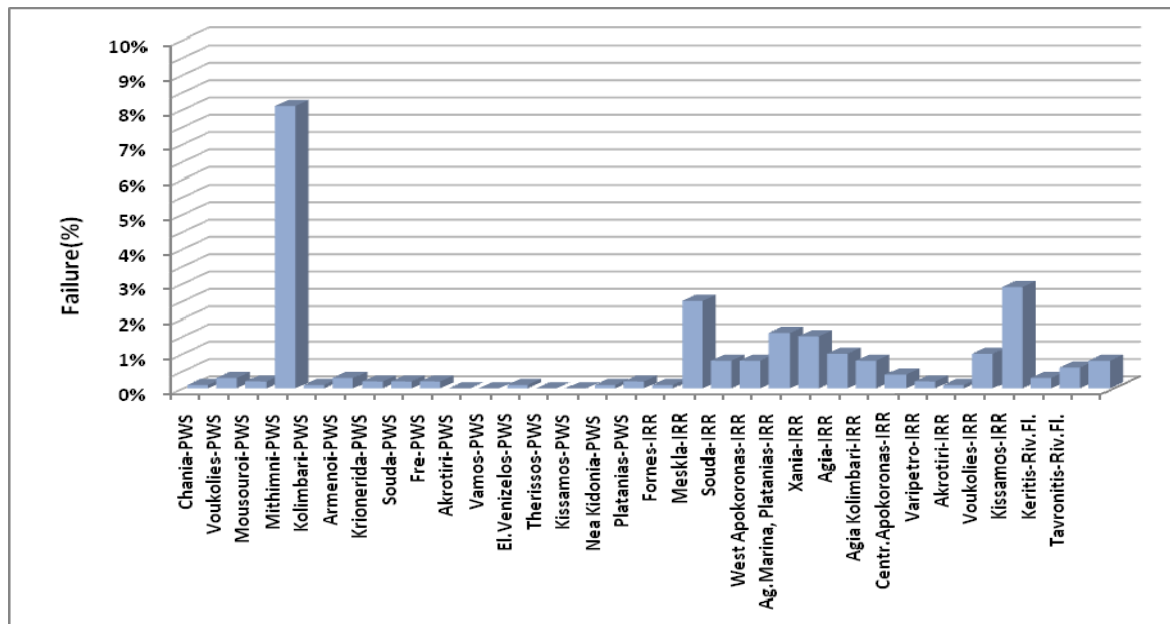


Chart 3: Results of the simulation of the suggested scenario

The mean failure per target for this suggested scenario is 0.63%; the mean annual deficit is 0.084 and the maximum 15.508.

Conclusions

The most important conclusions from the research were the following:

Regarding to the hydrosystem of the northern part of Chania:

1. The connection of the three separate hydrosystems of the present state scenario and the addition of the five reservoirs increased significantly the reliability of the accomplishment of the targets in the scenario of the future state. The deficits are smaller in the future state scenario.

2. The failure of a number of targets does not get affected by the additions to the present state scenario. The water required from these targets does not come from reservoirs.
3. Addition of aqueducts, which will feed targets with high percentages of failure with water from reservoirs, would improve the situation.
4. Changing the value of the priority of river flow targets from 3 to 2 the reliability of the accomplishment of those targets increases, while the reliability of the accomplishment of other type of targets decreases (grater mean failure per target). In addition, the deficits decrease, because the accomplishment of these targets requires substantial quantities of water.

Regarding to the models used to this study

1. There is a significant difference between the results of this study and the ones from the study of the District of Crete “**Completed management of water resources of Crete**” (mean failure per node 69.68%). The reason is the different period of simulation (10 years in the study of the District of Crete, 1.000 in this study). Longer periods of simulation lead to more accurate results.
2. Scenarios created with the model “HYDRONOMEAS” are smaller from the one created with the model ”RIBASIM”. As a result, they can be studied more easily.
3. In ”RIBASIM” the user can deactivate nodes which were schematized but, they are not active yet. In the model “HYDRONOMEAS” this function does not exist. As result, for every addition or removal of components to the hydrosystem had to be created a new scenario.
4. The most difficult part of this study was the schematization of the hydrosystem. This was because the schematization had to consist from the smaller number of components. Also, during the schematization the time series had to be prepared and added to the scenario.

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός της εργασίας

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στα παρακάτω :

1. Στη σχηματοποίηση του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ». Τη δημιουργία, δηλαδή, ενός διαχειριστικού ομοιώματος του υδατικού συστήματος (με μετατροπή των συνιστωσών του υδατικού συστήματος σε συνιστώσες του μοντέλου) κάνοντας χρήση υποθέσεων σχετικά με τη δυναμική λειτουργία του πραγματικού συστήματος. Οι υποθέσεις αυτές είναι εκφρασμένες με τη μορφή μαθηματικών ή λογικών σχέσεων και εμπεριέχονται στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007). Η σχηματοποίηση θα αναφέρεται στην παρούσα κατάσταση του υδατικού συστήματος, αλλά και στη μελλοντική του κατάσταση, μετά από την προσθήκη σε αυτό έργων που πρόκειται να κατασκευασθούν στην περιοχή, ώστε να διερευνηθούν οι επιπτώσεις τους. Ουσιαστικά, θα δημιουργηθεί ένα διαχειριστικό ομοίωμα για την παρούσα κατάσταση του υδατικού συστήματος και ένα για τη μελλοντική του κατάσταση.
2. Στην προσομοίωση των διαχειριστικών ομοιωμάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω με σκοπό τον εντοπισμό της βέλτιστης κατανομής των υδατικών πόρων του συστήματος. Η προσομοίωση, θα γίνει με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ».

Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι :

1. Ιστορικές χρονοσειρές των εισροών στο υδατικό σύστημα, από τις οποίες θα παραχθούν συνθετικές με τα ίδια στατιστικά χαρακτηριστικά με το μοντέλο «ΚΑΣΤΑΛΙΑ».
2. Σταθερές παράμετροι του υδατικού συστήματος που αναφέρονται στην τοπολογία του, στα χαρακτηριστικά μεγέθη των υδραυλικών έργων που

ανήκουν σε αυτό (π.χ. χωρητικότητα ταμιευτήρων, παροχαρακτηριστικά αγωγών κ.α.), λειτουργικοί περιορισμοί και στόχοι (π.χ. κάλυψη των αναγκών σε νερό στα σημεία κατανάλωσης, οικολογική παροχή ποταμών κλπ).

1.2. Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία περιλαμβάνει, εκτός από την Εισαγωγή (Κεφάλαιο 1), άλλα έξι Κεφάλαια

1. Στο **Κεφάλαιο 2 – Διαχείριση Υδατικών Πόρων** εισάγεται η έννοια της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων καθώς και το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο.
2. Στο **Κεφάλαιο 3 - Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»** γίνεται μια γενική παρουσίαση των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων και μια ειδικότερη των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν («ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» και «ΥΔΡΟΓΝΩΜΟΝΑΣ») και των χαρακτηριστικών τους.
3. Στο **Κεφάλαιο 4 – Περιοχή Μελέτης** παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης, δηλαδή του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, και το υδρολογικό της καθεστώς.
4. Στο **Κεφάλαιο 5 – Σχηματοποίηση** περιγράφεται η σχηματοποίηση (δημιουργία διαχειριστικών σεναρίων) του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων στην παρούσα και τη μελλοντική (μετά από την προσθήκη ορισμένων προγραμματισμένων τεχνικών έργων) του κατάσταση. Επίσης, περιγράφεται η προετοιμασία των δεδομένων που εισάχθηκαν στα διαχειριστικά σενάρια.
5. Στο **Κεφάλαιο 6 - Προσομοίωση** περιγράφεται η διαδικασία της προσομοίωσης των διαχειριστικών σεναρίων. Επιπλέον παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.
6. Στο **Κεφάλαιο 7 – Συμπεράσματα –Προτάσεις** παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια συμπεράσματα της εργασίας και διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

2. Διαχείριση Υδατικών Πόρων

2.1. Νερό, ένα αγαθό εν ανεπαρκεία

Η συντήρηση της ζωής στον πλανήτη και η ανάπτυξη των κάθε είδους ανθρωπίνων δραστηριοτήτων (οικονομικών, κοινωνικών κλπ) απαιτούν την αδιάλειπτη ύπαρξη γλυκού νερού σε κατάλληλη ποιότητα και ικανή ποσότητα. Πριν από μερικά μόλις χρόνια το νερό στη συνείδηση όλων μας ήταν ένας φυσικός πόρος σε αφθονία που μπορούσε να χρησιμοποιείται σπάταλα, χωρίς καμία συνέπεια. Στην εποχή μας όμως η κατάσταση έχει αλλάξει. Εξαιτίας της αλόγιστης χρήσης, της μεγάλης ανάπτυξης των τελευταίων ετών (γεωργία, βιομηχανία, αστικά κέντρα) και της αύξησης του πληθυσμού της γης, το νερό θεωρείται και είναι πλέον ένα αγαθό εν ανεπαρκεία και σοβαρά προβλήματα προκύπτουν από την κακή διαχείριση και την ανεπαρκή προστασία του. Είναι χαρακτηριστικό πως σήμερα, σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, 1,1 δισ. άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό. Βάσει λοιπόν των παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως η ανάγκη εξασφάλισης νερού ικανοποιητικής ποιότητας παντού και για πάντα είναι επιτακτική.

Το σύνολο του νερού πάνω στη γη βρίσκεται σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των τριών φάσεων του (υγρής, στερεάς και αέριας) και συγχρόνως σε μια κατάσταση διαρκούς κυκλοφορίας γνωστής ως **υδρολογικός κύκλος**. Το νερό που φτάνει στην επιφάνεια της γης εισέρχεται στο υπέδαφος λόγω βαρύτητας, εκεί που τα πετρώματα είναι υδροπερατά, οπότε και δημιουργεί υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Το μέρος εκείνο του νερού που δεν εισέρχεται στο υπέδαφος ή τρέχει επιφανειακά και δημιουργεί ποτάμια ή ρέματα (χειμάρρους), ή λιμνάζει στην επιφάνεια της γης. Τόσο τα υπόγεια όσο και τα επιφανειακά νερά είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Τα επιφανειακά νερά κατά τη διαδρομή τους μέσα από υδροπερατά πετρώματα τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και αντίστροφα τα υπόγεια νερά έρχονται στην επιφάνεια μέσω των πηγών και δημιουργούν επιφανειακά ποτάμια ή ρέματα. Σε σχέση με τους άλλους υπόγειους φυσικούς πόρους όπως είναι μεταλλεύματα, υδρογονάνθρακες κλπ. τα υπόγεια νερά έχουν το πλεονέκτημα της ανανέωσης αλλά και το μειονεκτήματα της μόλυνσης και

2. Διαχείριση Υδατικών Πόρων

της ρύπανσης. Η ποσοστιαία κατανομή του συνολικού υδατικού όγκου στον πλανήτη φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2-1):

Πίνακας 2-1: Κατανομή του συνολικού υδατικού όγκου στον πλανήτη (Μυλόπουλος 2001)

Αποθήκη Νερού	Όγκος (Km ³)	Όγκος (%)
Υδρόσφαιρα	145x10 ⁷	100
Θάλασσα	137x10 ⁷	94
Υπόγειοι Υδροφορείς	6x10 ⁷	4
Πολικοί & Μόνιμοι Πάγοι	24x10 ⁶	2
Επιφανειακές λίμνες	28x10 ⁴	0.02
Ζώνη ριζών	8x10 ⁴	0.01
Ατμόσφαιρα	14x10 ³	0.001
Ποταμοί	12x10 ²	0.0001

Όπως φαίνεται παραπάνω το αλμυρό νερό αποτελεί το 94% του νερού στη γη, το οποίο, όσο τουλάχιστον η αφαλάτωση παραμένει οικονομικά ασύμφορη λύση, δεν προσφέρεται για αξιοποίηση και εκμετάλλευση. Το υπόλοιπο 6% είναι γλυκό νερό, αλλά από αυτό, το 1/3 είναι στη μορφή χιονιού και πάγων και κατά συνέπεια, μη αξιοποιήσιμο. Από το ποσοστό που υπολείπεται όλο το νερό, εκτός μιας μικρής ποσότητας, βρίσκεται στους υπόγειους υδροφορείς. Περίπου η μισή ποσότητα του υπόγειου νερού όμως, βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 800 μέτρων, γεγονός που σημαίνει ότι το νερό αυτό παραμένει πρακτικά αναξιοποίητο. Το νερό που τελικά μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών αποτελεί ένα ελάχιστο ποσοστό του συνολικού.

Το πρόβλημα της ποσοτικής ανεπάρκειας σε νερό εντείνεται καθώς αυξάνεται διαρκώς η κατανάλωση του. Η αύξηση αυτή έχει δυο συνιστώσες: την αύξηση των αναγκών σε νερό στις αναπτυγμένες χώρες του κόσμου ως αποτέλεσμα της ανόδου του βιοτικού επιπέδου, της αλματώδης ανάπτυξης και της τεχνολογικής εξέλιξης, (αύξηση οικιακών χρήσεων, ραγδαία αύξηση των αρδευόμενων καλλιεργειών, επέκταση υδροβόρων βιομηχανικών μονάδων) και τη συνολική αύξηση του πληθυσμού του πλανήτη.

Η ποιοτική υποβάθμιση των υδατικών πόρων είναι επίσης συνδεδεμένη με την αύξηση του πληθυσμού της γης και την εντατικοποίηση της ανθρώπινης παραγωγικής δραστηριότητας. Η ποιοτική αυτή υποβάθμιση ευθύνεται για πιθανά ανεπανόρθωτες

περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εκτός αυτών, ευθύνεται και σε μεγάλο βαθμό για τη μείωση των υδατικών αποθεμάτων, καθώς μεγάλες ποσότητες νερού καθίστανται ακατάλληλες προς χρήση για πολλά χρόνια λόγω ρύπανσης ή μόλυνσης τους.

Το υδάτινο δυναμικό μιας χώρας αποτελεί ένα από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξή της και χρησιμοποιείται για ύδρευση, άρδευση, βιομηχανικούς και άλλους σκοπούς. Η ποιότητά του λοιπόν και η προστασία των αποθεμάτων του πρέπει να αποτελούν μόνιμο μέλημα. Σε πολλές χώρες, ενώ η συνολική ποσότητα νερού φαίνεται να είναι αρκετή, εμφανίζονται περιοχές με έντονα ελλείμματα νερού. Αυτό οφείλεται κυρίως στην άνιση κατανομή του νερού στο χώρο και το χρόνο, αλλά και στην άνιση κατανομή της ζήτησης, ως συνέπεια ανάπτυξης υδροβόρων δραστηριοτήτων σε άνυδρες περιοχές κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου (π.χ. τουρισμός στις παράκτιες και νησιώτικες περιοχές κατά τους θερινούς μήνες). Επίσης, δεδομένου ότι τα υδάτινα ρεύματα δε γνωρίζουν σύνορα, συχνά τα σχετικά με τους υδάτινους πόρους προβλήματα έχουν διακρατικό χαρακτήρα

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις πλουσιότερες σε νερό χώρες της Μεσογείου, εντούτοις η ανισομερής κατανομή του νερού και της ζήτησης του, καθώς και η έλλειψη σωστής διαχείρισης δημιουργούν πολλά προβλήματα σχετικά με την ποσότητα και την ποιότητά του. Οι πιο σημαντικές δραστηριότητες που απορροφούν μεγάλες ποσότητες νερού είναι κατά σειρά η γεωργία, ο τουρισμός, η οικιακή και βιομηχανική κατανάλωση. Η γεωργία είναι ο σημαντικότερος καταναλωτής νερού στη χώρα μας με ποσοστό 84%.

2.2. Η έννοια της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

Οι πιέσεις που ασκούνται στους υδάτινους πόρους έχουν σαν συνέπεια τη μείωση έως και την εξάντληση πολλών υδροφορέων καθώς και την ποιοτική τους υποβάθμιση. Ειδικότερα, μπορεί να προκληθεί αποξήρανση των υγροτόπων, εξάντληση του υδροφόρου ορίζοντα, αύξηση της αλατότητάς του στις παράκτιες ζώνες, μέχρι και σε απερίμωση ορισμένων περιοχών.

Για να εξασφαλιστεί η αειφορικότητα των υδροσυστημάτων (βασική της αρχή είναι η ανάπτυξη με όρους που δεν υποθηκεύουν το μέλλον του ανθρώπου και του περιβάλλοντος) η κατανάλωση του νερού δε θα πρέπει να γίνεται με ρυθμούς

ταχύτερους από τους ρυθμούς της ετήσιας ανανέωσης του στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου.

Ως υδροσύστημα (hydrosystem) ορίζεται ένα σύστημα αποτελούμενο από φυσικά υδάτινα σώματα και τεχνικά έργα, που συνεργαζόμενα εξυπηρετούν έναν ή περισσότερους σκοπούς, που αναφέρονται τόσο στην αξιοποίηση του νερού ως φυσικού πόρου, όσο και στην προστασία από την καταστροφική δράση του νερού ως φυσικού κινδύνου. Ο όρος σύστημα υδατικών πόρων (water resource system) έχει συνήθως στενότερη έννοια, καθώς δεν περιλαμβάνει τα έργα ελέγχου πλημμυρών (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1997, σ. 4, 33).

Τρία είναι τα βήματα της προσέγγισης προς την τεχνικά αξιόπιστη και οικονομικά εφικτή εξασφάλιση του απαραίτητου για τις ανθρώπινες δραστηριότητες νερού:

1. Προσδιορισμός της διαθεσιμότητάς του σε σχέση με το χώρο και το χρόνο,
2. Σχεδιασμός και εκτέλεση των έργων αξιοποίησής του,
3. Διαχείριση του όλου συστήματος των υδατικών πόρων.

Ως διαχείριση των υδατικών πόρων ορίζεται "η επιστημονική και επιχειρησιακή πρακτική της διευθέτησης του ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης του νερού με στόχο την ισότιμη ικανοποίηση των αναγκών σε νερό και τη διατήρηση των περιβαλλοντικών συστημάτων" (Κυριαζής, Μυλόπουλος et al 2002). Ενώ σύμφωνα με το νόμο 1739/87 (ΦΕΚ 201 Α') διαχείριση των υδατικών πόρων είναι το σύστημα των μέτρων και δραστηριοτήτων, που είναι απαραίτητα για την πληρέστερη δυνατή κάλυψη των αναγκών σε νερό για κάθε χρήση.

Στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων συμπεριλαμβάνονται τόσο οι επιστημονικές και τεχνικές μέθοδοι, όσο και οι επιχειρησιακές επεμβάσεις και τα διοικητικά μέτρα που στόχο έχουν τη βέλτιστη αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού, προκειμένου να ικανοποιηθεί μεγάλο μέρος των απαιτήσεων σε νερό, σύμφωνα με τα κριτήρια, τις προτεραιότητες και τους στόχους που έχουν προκαθοριστεί (Ν. Μυλόπουλος 2001).

Η διαχείριση των υδατικών πόρων έχει δύο διακριτές και ανεξάρτητες μεταξύ τους διαστάσεις: τη **διάσταση της φυσικής προσφοράς** και τη **διάσταση της ζήτησης**. Για να επιτευχθεί ο στόχος της επάρκειας των υδατικών αποθεμάτων δεν απαιτείται η μονόπλευρη όσο και αδιέξοδη περιβαλλοντικά εξασφάλιση ολοένα και περισσότερων υδατικών αποθεμάτων, αλλά η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης του νερού. Είναι σαφές ότι για τη φυσική προσφορά του νερού ευθύνεται κυρίως η φύση, που ωστόσο σταδιακά εξασθενεί λόγω των αυξημένων πιέσεων αφού η συμβολή της τεχνολογίας στον τομέα αυτόν αν και σημαντική είναι μόνο συμπληρωματική (πχ φράγματα). Για τη διαμόρφωση του δεύτερου σκέλους του ισοζυγίου που αφορά στη ζήτηση του νερού, η αποκλειστική ευθύνη αποδίδεται στον ανθρώπινο παράγοντα και συνεπώς αποτελεί ευθύνη της οργανωμένης πολιτείας.

Το ζητούμενο λοιπόν είναι ο σχεδιασμός και η εφαρμογή μιας υδατικής πολιτικής με κεντρικό στόχο τη διευθέτηση των ισοζυγίων προσφοράς και ζήτησης του νερού στις υδρολογικές λεκάνες και τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας. Η πολιτική αυτή θα πρέπει να έχει τα χαρακτηριστικά της βιωσιμότητας, θα πρέπει δηλαδή να διασφαλίζει διαχρονικά τόσο την ανάπτυξη, με την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό, όσο και την περιβαλλοντική προστασία, με τη διατήρηση της υγείας και της ακεραιότητας των υδατικών συστημάτων.

Επίσης, η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, διακρίνεται σε δύο συνιστώσες, την **υδρολογική** και την **επιχειρησιακή**. Η υδρολογική συνιστώσα αφορά την έρευνα, την παρακολούθηση και τη μελέτη κατανομής και διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων στο χώρο και το χρόνο. Επίσης επεκτείνεται και σε ότι έχει να κάνει με τα θέματα της απόληψης του νερού από το περιβάλλον, καθώς και με εκείνα της επιστροφής του σ' αυτό. Η **επιχειρησιακή** συνιστώσα έχει κοινωνικοοικονομικό χαρακτήρα και αφορά τη διοικητική-οργανωτική και επιχειρησιακή διάρθρωση των παρεμβάσεων. Ειδικότερα, αναφέρεται στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην κατεύθυνση της κάλυψης των υδατικών αναγκών. Με την έννοια αυτή σχετίζεται με τη ζήτηση του νερού και τους παράγοντες που τη διαμορφώνουν και την επηρεάζουν, καθώς και με τον ορθολογικό σχεδιασμό της αξιοποίησης των υδατικών πόρων και της κατανομής τους στις χρήσεις και τις δραστηριότητες, προκειμένου να επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό όφελος. Ο όρος του οφέλους στην προκειμένη περίπτωση δεν εξαντλείται στην

οικονομική θεώρηση του ζητήματος, αλλά επεκτείνεται κατά τρόπο που να επιτρέπει την ενσωμάτωση και κοινωνικών, περιβαλλοντικών ή συχνά και εθνικών στόχων και παραμέτρων, σύμφωνα με τα κριτήρια και τις προτεραιότητες που κάθε φορά τίθενται (N. Μυλόπουλος 2001) .

2.2.1. Οι στόχοι της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

Οι στόχοι μιας πολιτικής Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, η οποία θα διέπεται από τις αρχές που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορούν να συνοψιστούν στους παρακάτω (Κυρ. Χατζηευαγγέλου 2005):

- **Η εξασφάλιση ποσότητας νερού, ποιοτικά κατάλληλου, για την ικανοποίηση της ζήτησης.** Η γνώση των φυσικών μηχανισμών της ανανέωσης των υδατικών αποθεμάτων στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου, η προσομοίωση της λειτουργίας των συστημάτων υδατικών πόρων και η πρόγνωση της συμπεριφοράς τους για διάφορα πιθανά σενάρια μετεωρολογικών και υδρολογικών συνθηκών, οδηγεί στον προσδιορισμό του υπάρχοντος υδατικού δυναμικού και βοηθά στην αντικειμενική εκτίμηση των δυνατοτήτων του. Αποτέλεσμα αυτής της σύνθετης διαδικασίας είναι η καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού αλλά και η δυνατότητα αναζήτησης και εντοπισμού νέων πηγών νερού, προκειμένου να καλυφθούν με το καλύτερο δυνατό τρόπο οι σημερινές και όσο το δυνατόν, οι μελλοντικές ανάγκες σε νερό. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση έργων συλλογής και αποθήκευσης, αναρρύθμισης και διευθέτησης καθώς και μεταφοράς, διανομής και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων, αποτελεί το τελευταίο στάδιο αυτής της διαδικασίας αξιοποίησης και διευθέτησης της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση.
- **Η διευθέτηση της ζήτησης του νερού σε σχέση με τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων.** Ο καθορισμός δηλαδή των αναγκών και δραστηριοτήτων που καταναλώνουν νερό, σύμφωνα με τις φυσικές δυνατότητες των υδατικών πόρων. Η καταγραφή των υπαρχουσών χρήσεων του νερού και η γνώση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού μπορεί να συμβάλει τα μέγιστα στη χάραξη μιας ορθολογικής πολιτικής διαχείρισης υδατικών πόρων προσαρμόζοντας τις σχετικές επενδύσεις στις φυσικές δυνατότητες των υπό μελέτη περιοχών.

- **Η προστασία και διατήρηση της ποιότητας του νερού.** Εκτός της προστασίας του περιβάλλοντος και τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας η διατήρηση της ποιότητας του νερού αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την κάλυψη της ζήτησης και την ικανοποίηση των αναγκών. Στη σύγχρονη νομοθεσία η ρύπανση του νερού λογίζεται ως μια ακόμη ανταγωνιστική χρήση, καθώς πρακτικά έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει τους υδατικούς πόρους και να εμποδίζει την περαιτέρω αξιοποίησή τους. Ο σχεδιασμός λοιπόν των έργων προστασίας ή και αποκατάστασης των υδατικών πόρων καθώς και η εκτίμηση των επιπτώσεων στα υδατικά συστήματα από την εκτέλεση και λειτουργία των υδραυλικών έργων ή και άλλου είδους τεχνικών έργων αποτελεί μείζονος σημασίας πεδίο της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων.
- **Η αντιμετώπιση των ανοιγμάτων σε προσφορά και ζήτηση.** Για τον έγκαιρο εντοπισμό τους και την αποτελεσματική αντιμετώπιση τους απαιτείται η εκπόνηση υδατικών ισοζυγίων και ισοζυγίων προσφοράς και ζήτησης νερού σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης ή και υδατικού διαμερίσματος.
- **Η εξομάλυνση των συγκρούσεων ανάμεσα στις ανταγωνιστικές χρήσεις.** Οι δραστηριότητες που καταναλώνουν νερό είναι άμεσα ανταγωνιστικές μεταξύ τους, με την έννοια ότι η ικανοποίηση των αναγκών κάποιας από αυτές συνήθως αποκλείει τη δυνατότητα ικανοποίησης των αναγκών κάποιας άλλης, καθώς οι υδατικοί πόροι είναι πεπερασμένοι ποσοτικά. Συνεπώς, η διαχείριση των υδατικών πόρων ισοδυναμεί με μια διαδικασία αξιολόγησης αναγκών, ιεράρχησης προτεραιοτήτων και επίλυσης διαφορών, προκειμένου να ικανοποιούνται οι ανάγκες κατά τρόπο δίκαιο, ωφέλιμο και ορθολογικό. Πρέπει να σημειωθεί πως από όλες τις ανταγωνιστικές δραστηριότητες που καταναλώνουν νερό αυτή που ικανοποιείται κατά προτεραιότητα είναι η ύδρευση. Η ικανοποίηση της ύδρευσης είναι νομικά κατοχυρωμένη έναντι των υπολοίπων χρήσεων νερού.
- **Η πρόληψη των απωλειών του νερού και η αξιοποίηση των πλεονασμάτων.** Οι απώλειες των τεχνικών έργων και των υδραυλικών δικτύων αποτελούν συχνά περιοριστικό παράγοντα στην πλήρη εκμετάλλευση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, καθώς ανέρχονται σε υψηλά ποσοστά. Από την άλλη πλευρά συμβαίνει, εξαιτίας λανθασμένων υπολογισμών (π.χ. συντηρητική

εκτίμηση αναγκών σε νερό) ή μεταβολών σε βασικούς παράγοντες σχεδιασμού, να υπάρχουν πλεονάσματα νερού τα οποία να μην αξιοποιούνται

- **Ο συντονισμός των παραπάνω δραστηριοτήτων** στην κατεύθυνση της ενιαίας και συνολικής αντιμετώπισης του ζητήματος της ορθολογικής ικανοποίησης των υδατικών αναγκών.

2.2.2. Νομοθετικό πλαίσιο για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στην Ε.Ε. - Η Οδηγία 2000/60/EC

Οι ρυθμίσεις του ευρωπαϊκού δικαίου για τους υδατικούς πόρους αποτέλεσαν από τις πρώτες ρυθμιστικές παρεμβάσεις στο πεδίο του ευρωπαϊκού δικαίου περιβάλλοντος. Οι πρώτες σχετικές οδηγίες θεσπίστηκαν ήδη στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Από τότε μέχρι σήμερα έχει εκδοθεί ένα πλήθος κοινοτικών οδηγιών για την προστασία των υδατικών πόρων.

Σήμερα το ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδάτων καθορίζεται κυρίως από την Οδηγία 2000/60/EC στην οποία προτείνεται ένα μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων με στόχο τη διατήρηση και βελτίωση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων και καθορίζεται το πλαίσιο για την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους σε επίπεδο των λεκανών απορροής, με βάση την αειφορία. Παρέχει τη βάση για τη χάραξη και υλοποίηση από πλευράς των κρατών – μελών μιας βιώσιμης πολιτικής για τους υδατικούς πόρους, με στόχο τόσο την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό διαχρονικά, όσο και την προστασία και διατήρηση των υδατικών οικοσυστημάτων μέσω της επίτευξης του στόχου για καλή κατάσταση τους έως το 2015. Η οδηγία 2000/60/EC ορίζει ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογής υπερβαίνοντας τον αποσπασματικό χαρακτήρα των προηγούμενων ρυθμίσεων, προχωρώντας σε μια ενιαία προσέγγιση του προβλήματος (Κ. Χατζηευαγγέλου 2005).

Οι βασικοί στόχοι της Οδηγίας είναι (Τσούτσος 2002):

- Η προστασία και αναβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων, των υγροβιότοπων καθώς και των χερσαίων οικοσυστημάτων σε σχέση με τις ανάγκες τους σε νερό.

- Η προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των Υδατινών Πόρων μέσω μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων πόρων
- Η βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος μέσω κατάλληλων μέτρων ελέγχου.
- Η σταδιακή μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.
- Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων πλημμύρων και ξηρασιών

Η βασική μονάδα της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων είναι η Λεκάνη Απορροής ποταμού. Αυτή ορίζεται σαν μια αυτόνομη εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής του νερού, και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού (Οδηγία Πλαίσιο 60/2000 άρθρο 2, παρ. 13). Τα κράτη – μέλη θα πρέπει να ορίσουν τα υδατικά διαμερίσματα στο πλαίσιο της επικράτειας τους, με βάση τις επιμέρους λεκάνες απορροής ποταμού και για κάθε λεκάνη απορροής θα πρέπει να καταρτισθεί ένα Σχέδιο Διαχείρισης. Με τα Σχέδια Διαχείρισης δίνεται η δυνατότητα για μια ολοκληρωμένη παρατήρηση, εξέταση και ανάλυση των φυσικών χαρακτηριστικών, επιφανειακών και υπόγειων νερών. Επίσης, εξετάζεται η δυνατότητα ικανοποίησης των διαφόρων αναγκών σε νερό αλλά και η εξισορρόπηση μεταξύ ανταγωνιστικών αναγκών θέτοντας προτεραιότητες και καταστρώνοντας κατάλληλα διαχειριστικά σενάρια ζήτησης. Τέλος γίνεται συγχρονισμός των μέτρων προστασίας των υδάτων λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τις ιδιαιτερότητες του υδατικού δυναμικού της κάθε λεκάνης απορροής (ποσοτική και ποιοτική κατάσταση), τα προβλήματα που εμφανίζει αλλά και τις ιδιαιτερότητες των αναγκών σε νερό σε αυτή. Με τον τρόπο αυτό η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων γίνεται αποτελεσματικότερη, καθώς οι αντίστοιχες διοικητικές ενότητες υπαγορεύονται από το φυσικό περιβάλλον.

Κάθε κράτος – μέλος αναλαμβάνει την υποχρέωση, για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού που ανήκει ολοκληρωτικά ή τμήμα της στο έδαφος του, να κάνει τα εξής:

1. Ανάλυση των χαρακτηριστικών της (γεωλογικά, και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά κλπ)
2. Εκτίμηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων

3. Οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος

Οι τεχνικές προδιαγραφές για τα παραπάνω ορίζονται από την Οδηγία.

Τέλος, νέο στοιχείο που εισάγει η Οδηγία 2000/60 είναι η οικονομική θεώρηση στη διαχείριση των υδατικών πόρων και στη λήψη αποφάσεων υδατικής πολιτικής, για το χαρακτηρισμό των λεκανών απορροής ποταμού και για την επιλογή των καταλληλότερων μέτρων. Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας βασίζεται σε οικονομικές πολιτικές (η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»), οικονομικά εργαλεία και τεχνικές (ανάλυση της οικονομικής αποδοτικότητας των μέτρων), καθώς και μέτρα (τιμολόγηση υπηρεσιών ύδατος). Η σημαντικότερη συνεισφορά της Οδηγίας είναι η δημιουργία ενός κοινού πλαισίου διαχείρισης που περιλαμβάνει πολιτικές και μέτρα όπως η τιμολόγηση των υπηρεσιών ύδατος με βάση την ανάκτηση του συνολικού κόστους. Τα μέτρα αυτά καθορίζονται σε επίπεδο λεκανών απορροής με στόχο να αποτυπώσουν τις συγκεκριμένες συνθήκες σε κάθε περιοχή αλλά και τους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν. (Τσούτσος 2002)

2.3. Η Διαχείριση Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, χώρα μικρή σε έκταση, με έντονα ιδιόμορφη όμως γεωμορφολογική διάρθρωση λόγω του έντονου ανάγλυφου της και του μεγάλου αναπτύγματος ακτών, περιλαμβάνει πολλές μικρές λεκάνες απορροής που απαιτούν διαφορετική διαχειριστική πολιτική (Τσούτσος 2002). Επίσης υπάρχει έντονη χωρική και χρονική ανισοκατανομή της φυσικής προσφοράς του νερού της βροχής αλλά και της ζήτησής. Έτσι, στην ηπειρωτική και ορεινή Ελλάδα και κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων, ενώ αντίθετα η πεδινή και παράκτια χώρα, στην οποία συγκεντρώνεται και το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης δραστηριότητας (γεωργία και τουρισμός), χαρακτηρίζεται από χαμηλά ποσοστά βροχόπτωσης και μεγάλη ζήτηση νερού.

Ο περιορισμένος αριθμός και η γεωγραφική κατανομή των ποτάμιων συστημάτων, η οποία οφείλεται στο γεωμορφολογικό ανάγλυφο καθώς και η έλλειψη υδροτεχνικών έργων, οδήγησε σε μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων και στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου νερού με αποτέλεσμα την έντονη υποβάθμιση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα σε ορισμένες περιοχές ή ακόμα και την

υφαλμύρωση σε παράκτιες περιοχές(π.χ. Θεσσαλία). Η υφαλμύρωση των υδροφορέων των παράκτιων και νησιωτικών περιοχών, λόγω των υπεραντλήσεων ευθύνεται για πολλά προβλήματα λειψυδρίας κυρίως στα νησιά της χώρας. Επίσης, σε περιοχές με έντονη αγροτική δραστηριότητα, η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων σε συνδυασμό με την έλλειψη μέτρων προστασίας για τη διοχέτευση τους έχει ως αποτέλεσμα την ποιοτική υποβάθμιση των υδροφορέων.

Πρέπει να σημειωθεί πως η Ελλάδα «μοιράζεται» μεγάλα υδατικά συστήματα με γειτονικές χώρες. Τα κύρια ποτάμια συστήματα του βόρειου τμήματος της χώρας, (Εβρος, Νέστος, Στρυμόνας, Αξιός, Αλιάκμονας) καθώς και τρεις από τις μεγαλύτερες λίμνες ανήκουν και σε γειτονικές χώρες. Αυτό δυσκολεύει τόσο τον έλεγχο της ρύπανσης που εμφανίζεται στα συστήματα αυτά όσο και την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού αυτών.

Ο νόμος – πλαίσιο για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα είναι ο Ν. 1739/87. Σύμφωνα με αυτόν, το νερό αποτελεί φυσικό αγαθό για την ικανοποίηση κοινωνικών αναγκών, ενώ με τον όρο ‘υδάτινοι πόροι’ νοείται το σύνολο των επιφανειακών και υπογείων νερών της χώρας, χωρίς διάκριση στην ποιότητα, την προέλευση ή την πιθανή χρήση που μπορούν να οδηγηθούν. Επίσης, υδατικοί πόροι θεωρούνται τα νερά υποθαλάσσιων πηγών και τα θερμομεταλλικά νερά. Το θαλασσινό νερό δε συμπεριλαμβάνεται στα παραπάνω, παρά τις προσπάθειες για την ένταξη του στο υδατικό δυναμικό (μονάδες αφαλάτωσης). Με το Ν. 1739/87 θεσμοθετήθηκε η διαίρεση της χώρας σε 14 υδατικά διαμερίσματα, για λόγους οργανωτικούς και διοικητικούς (**Εικόνα 2-1**). Επιπρόσθετα, με το νόμο αυτό καταργήθηκαν πολλές από τις διατάξεις προγενέστερων νόμων και εκσυγχρονίστηκε σε κάποιο βαθμό η ισχύουσα νομοθεσία, σε ότι αφορούσε την ορθολογική διαχείριση του νερού. Τέλος, διαμορφώθηκε ένα νέο θεσμικό πλαίσιο, καθώς και οι αναγκαίοι μηχανισμοί για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας.



Εικόνα 2-1: Τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας (Α. Βαράνου, Α. Δασακλής, Φ. Φωτόπουλος, Ε. Μπαλλάς)

Χαρακτηριστικό, όμως, γνώρισμα του Ν. 1739/87 είναι οι πολυάριθμες συναρμοδιότητες. Ο νόμος ορίζει τις αρμόδιες αρχές για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, ανάλογα με τη χρήση του νερού. Έτσι, για την αγροτική χρήση η αρμόδια αρχή είναι το Υπουργείο Γεωργίας, για τη βιομηχανική και ενεργειακή χρήση το Υπουργείο Ανάπτυξης, για την ύδρευση Αθήνας και Θεσσαλονίκης το ΥΠΕΧΩΔΕ, για την ύδρευση του υπολοίπου της χώρας το Υπουργείο Εσωτερικών, για τις χρήσεις αναψυχής ο Ε.Ο.Τ.. Κατά συνέπεια, σχεδόν όλα τα Υπουργεία και οι οργανισμοί κοινής ωφέλειας είναι συναρμόδιοι σε μικρό ή μεγάλο βαθμό στη διαχείριση των υδατικών πόρων (Ν. Αγγελάκης 2003). Η πολυδιάσπαση όμως των αρμοδιοτήτων, των σχετικών με τους υδατικούς πόρους φορέων και η αδυναμία συντονισμού δράσης των

φορέων αυτών λόγω των ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων στη χρήση ύδατος, συντηρεί ένα καθεστώς έλλειψης συντονισμού στον τομέα της διαχείρισης (Τσούτσος 2002).

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

3.1 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

Στο πολύπλοκο και ασταθές περιβάλλον των σύγχρονων οργανισμών και επιχειρήσεων η λήψη των αποφάσεων είναι πλέον αποτέλεσμα εξαιρετικά σύνθετων διαδικασιών. Τέτοιες διαδικασίες αποσκοπούν στη μελέτη, ανάλυση και τεκμηρίωση των επιπτώσεων ενδεχομένων αποφάσεων καθώς και στη σύγκλιση προς τις τελικές προτάσεις που ικανοποιούν τους στόχους όλων των εμπλεκόμενων μερών. Η λήψη μιας τελικής απόφασης γίνεται μέσα από συνεχείς κύκλους μελέτης των δεδομένων, των εναλλακτικών λύσεων ή ακόμη και του ίδιου του αντικειμένου της απόφασης.

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (ΣΥΑ και στα αγγλικά Decision Support Systems, DSS) είναι εφαρμογές λογισμικού που υποστηρίζουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, βοηθώντας τους αρμόδιους χρήστες να κατανοήσουν τις επιπτώσεις των δράσεών τους (French, 2000). Πρέπει να σημειωθεί πως οι εφαρμογές αυτές δεν υποκαθιστούν το χρήστη (ανθρώπινο παράγοντα), αλλά υποστηρίζουν την κρίση του (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007).

Τα ΣΥΑ έχουν βρει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής, κυρίως στον έλεγχο και στη διαχείριση πολύπλοκων φυσικών ή τεχνητών συστημάτων (Eom et al., 1998· Turban and Aronson, 1998), αξιοποιώντας τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο της πληροφορικής και την παραγωγή νέας γνώσης στο επιστημονικό πεδίο της μαθηματικής προσομοίωσης και ανάλυσης συστημάτων.

Ορισμένα χαρακτηριστικά ενός ΣΥΑ φαίνονται παρακάτω (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007):

- Πρόκειται για ολοκληρωμένο σύστημα από υπολογιστικά εργαλεία, με διαδραστικό, κατά κανόνα, περιβάλλον λειτουργίας (προϋποθέτει δηλαδή επέμβαση του χρήστη, αλληλεπίδραση με αυτόν).

- Παρέχει δυνατότητες τυποποίησης, οργάνωσης, διαχείρισης και επεξεργασίας των πληροφοριών (π.χ. μέσω βάσεων δεδομένων) καθώς και οπτικοποίησης αυτών (π.χ. μέσω συστημάτων γεωγραφικής πληροφορίας).
- Ενσωματώνει μαθηματικά εργαλεία ανάλυσης συστημάτων, όπως μοντέλα προσομοίωσης, βελτιστοποίησης και ανάλυσης αποφάσεων.
- Σχεδιάζεται με στόχο την υποβοήθηση του χρήστη στη λήψη αποφάσεων σε σχετικά πολύπλοκα και ασθενώς δομημένα προβλήματα (δηλαδή προβλήματα που δεν επιδέχονται άμεση διατύπωση εξισώσεων), μέσω της διατύπωσης και λεπτομερούς διερεύνησης σειράς εναλλακτικών επιλογών.

Είναι προφανές πως τα ΣΥΑ δεν είναι δυνατό να υποκαταστήσουν τον άνθρωπο στο σύνολο των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Οι εν λόγω δραστηριότητες μπορούν να καταταχτούν στις ακόλουθες κατηγορίες (βλ. και Sage, 1993):

1. Συλλογή πρωτογενών πληροφοριών
2. Επεξεργασία και οργάνωση δεδομένων.
3. Διατύπωση και διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων.
4. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.
5. Ανάλυση δράσεων.

Τα τελευταία χρόνια, η συλλογή των πρωτογενών πληροφοριών γίνεται όλο και περισσότερο μέσω συστημάτων αυτοματισμού των μετρήσεων, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ως συνιστώσες ενός ΣΥΑ. Ωστόσο, η κύρια λειτουργία των ΣΥΑ επικεντρώνεται στις δραστηριότητες 2 και 3. Συγκεκριμένα, η επεξεργασία και οργάνωση των δεδομένων, δηλαδή η μετατροπή της πρωτογενούς πληροφορίας (μέτρηση) σε αξιοποιήσιμη από το μαθηματικό μοντέλο πληροφορία, πραγματοποιείται μέσω εφαρμογών διαχείρισης και επεξεργασίας των πληροφοριών (από απλά εργαλεία λογιστικών φύλλων μέχρι εργαλεία σχεσιακών βάσεων δεδομένων και συστημάτων γεωγραφικής πληροφορίας). Από την άλλη πλευρά, η δραστηριότητα 3, η οποία αποτελεί την κεντρική συνιστώσα ενός ΣΥΑ, αναφέρεται στην εφαρμογή

εξειδικευμένων μαθηματικών μοντέλων (από απλά εμπειρικά μοντέλα έως εξελιγμένα μοντέλα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης), τα οποία αναπαριστούν τη δυναμική εξέλιξη του υπό μελέτη συστήματος, διερευνώντας τις επιπτώσεις εναλλακτικών δράσεων που σχετίζονται με τη λειτουργία και διαχείριση αυτού. Με τον τρόπο αυτό, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αξιολογήσει αλλά και να ερμηνεύσει ένα ευρύ φάσμα τέτοιων δράσεων (δραστηριότητα 4), εστιάζοντας μάλιστα όχι μόνο στις άμεσες επιπτώσεις (που μπορεί να είναι και προφανείς) αλλά και στις μελλοντικές. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η λήψη της τελικής απόφασης και, συνεπακόλουθα, η ανάληψη των σχετικών δράσεων τεκμηριώνεται αντικειμενικά, και σε συνδυασμό με την εμπειρία και κρίση του αναλυτή οδηγεί στην επιλογή της απόφασης με ορθολογικά κριτήρια. Τονίζεται, πάντως, ότι η λήψη απόφασης και η ανάληψη δράσεων (δραστηριότητα 5), προσιδιάζει στον άνθρωπο, ο οποίος έχει και την ευθύνη για τις συνέπειες και δεν μπορεί να υποκατασταθεί από το ΣΥΑ.

Η προσαρμογή ενός ΣΥΑ σε ένα συγκεκριμένο πρακτικό πρόβλημα και η επιχειρησιακή λειτουργία του δεν είναι εύκολη και απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό τόσο στο στάδιο της ανάπτυξης, όσο και στο στάδιο της συντήρησης. Εξαιτίας των ταχύτατων τεχνολογικών-μεθοδολογικών εξελίξεων, τα ΣΥΑ απαιτούν διαρκή προσαρμογή στις νέες απαιτήσεις. Η ανάγκη αυτή προκύπτει και λόγω της σύγχρονης τάσης για ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των προβλημάτων, όπου εκτός από τις τεχνικές συνιστώσες λαμβάνονται υπόψη και οι ποικίλοι θεσμικοί, κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες, γεγονός που καθιστά τη διαδικασία λήψης των αποφάσεων όλο και πιο πολύπλοκη. Όσον για τη λειτουργία των ΣΥΑ, παρόλο που αυτά οφείλουν να σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο φιλικά, δεν παύουν να απαιτούν χρόνο, αφενός για την εκμάθηση των εργαλείων κι αφετέρου για την κατάρτιση και εξοικείωση των χρηστών με τις μεθοδολογίες και τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται.

3.2. Εφαρμογές των ΣΥΑ στη Διαχείριση Συστημάτων Υδατικών Πόρων

Το σύνθετο πρόβλημα της Διαχείρισης των Συστημάτων Υδατικών Πόρων αντιμετωπίζεται πολλές φορές ακόμα και σήμερα με εμπειρικό τρόπο ή με τη βοήθεια λογισμικών εργαλείων απλής προσομοίωσης του συστήματος υδατικών πόρων, που

εφαρμόζουν κανόνες λειτουργίας και σενάρια που επιλέγει με μάλλον αυθαίρετο τρόπο ο χρήστης. Μια τέτοια αντιμετώπιση αδυνατεί να εξασφαλίσει την εφαρμογή της πλέον αποδοτικής διαχείρισης, καθότι τα σενάρια και οι κανόνες λειτουργίας δεν αποτελούν αποτέλεσμα κάποιας συστηματικής διεργασίας αλλά εξαρτώνται από την εμπειρία και τις επιλογές του εκάστοτε χρήστη.

Τα παραπάνω προβλήματα αντιμετωπίζονται με εισαγωγή ΣΥΑ στη Διαχείριση των Συστημάτων Υδατικών Πόρων Τα Συστήματα Υδατικών Πόρων είναι ένα από τα πολύ σημαντικά πεδία εφαρμογής των ΣΥΑ. Αυτό συμβαίνει επειδή:

- Παρουσιάζουν πολυπλοκότητα στη δομή και τη λειτουργία τους
- Οι σχετιζόμενες με αυτά φυσικές διεργασίες είναι στοχαστικής φύσης
- Η διαχείριση τους απαιτεί πληθώρα δεδομένων
- Η διαχείρισή τους αποσκοπεί στην ικανοποίηση κατά κανόνα αντικρουόμενων στόχων και περιορισμών

Μερικές από τις τυπικές εφαρμογές των ΣΥΑ στην ευρύτερη περιοχή των υδατικών πόρων είναι (βλ. και Watkins and McKinney, 1995):

- Διαχείριση λιμνών και ταμιευτήρων (για την εξυπηρέτηση στόχων υδροδότησης, παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, ελέγχου ρύπανσης)·
- Έλεγχος πλημμυρών και διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου (σε λεκάνες ποταμών αλλά και αστικές λεκάνες)·
- Διαχείριση υδροφορέων - συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων πόρων·
- Διαχείριση συστημάτων διανομής νερού (δίκτυα ανοιχτών και κλειστών αγωγών, αντλιοστάσια, κλπ.)·
- Έλεγχος βλαβών ή διαρροών σε δίκτυα ύδρευσης·
- Έλεγχος ρύπανσης σε λεκάνες απορροής και δέλτα ποταμών·
- Διαχείριση μη σημειακών πηγών ρύπανσης σε γεωργικές περιοχές.

Από τα παραπάνω, η έρευνα εστιάζεται στη διαχείριση υδροσυστημάτων μεγάλης κλίμακας, που περιλαμβάνουν μεγάλα υδραυλικά έργα συλλογής, αξιοποίησης και μεταφοράς νερού (ταμιευτήρες, υδροηλεκτρικοί σταθμοί, γεωτρήσεις, υδραγωγεία, αντλιοστάσια), τα οποία μπορούν να εκτείνονται σε περισσότερες από μία λεκάνες απορροής. Εκτός των τεχνικών έργων, στα εν λόγω υδροσυστήματα περιλαμβάνονται ακόμη το φυσικό περιβάλλον και τα σχετιζόμενα οικοσυστήματα.

Για τη διαχείριση τέτοιων μεγάλης κλίμακας υδροσυστημάτων έχουν αναπτυχθεί υπολογιστικά πακέτα, τα οποία αποτελούν εμπορικά, συνήθως, προϊόντα και χρησιμοποιούνται ως ΣΥΑ μετά από προσαρμογή στο υπό μελέτη σύστημα υδατικών πόρων. Τα εν λόγω πακέτα έχουν αναπτυχθεί και συντηρούνται από εξειδικευμένα ερευνητικά κέντρα (όπως είναι στην Ευρώπη η Delft Hydraulics στην Ολλανδία, η Danish Hydraulic Institute στη Δανία και η HR Wallingford στη Μεγάλη Βρετανία). Οι οργανισμοί αυτοί προωθούν τα προϊόντα τους σε όλο τον κόσμο, παρέχοντας παράλληλα υπηρεσίες συμβούλου σε έργα σχετικά με την αξιοποίηση και διαχείριση των υδατικών πόρων. Σε πολλά από τα προϊόντα αυτά προτιμάται η χρήση απλουστευμένων μοντέλων που απευθύνονται σε μη καταρτισμένους χρήστες (π.χ. στελέχη των τοπικών φορέων διαχείρισης). Από την άλλη πλευρά, στα πανεπιστήμια αναπτύσσονται πιο πλήρη, από πλευράς θεωρητικού υποβάθρου, μαθηματικά μοντέλα διαχείρισης υδατικών πόρων, η εφαρμογή των οποίων είναι συνήθως ακαδημαϊκού ή πιλοτικού χαρακτήρα, χωρίς να δίνεται έμφαση στο επιχειρησιακό σκέλος (γενικότητα, φιλικότητα περιβάλλοντος, συμβατότητα με άλλες εφαρμογές).

3.3. Το υπολογιστικό σύστημα ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

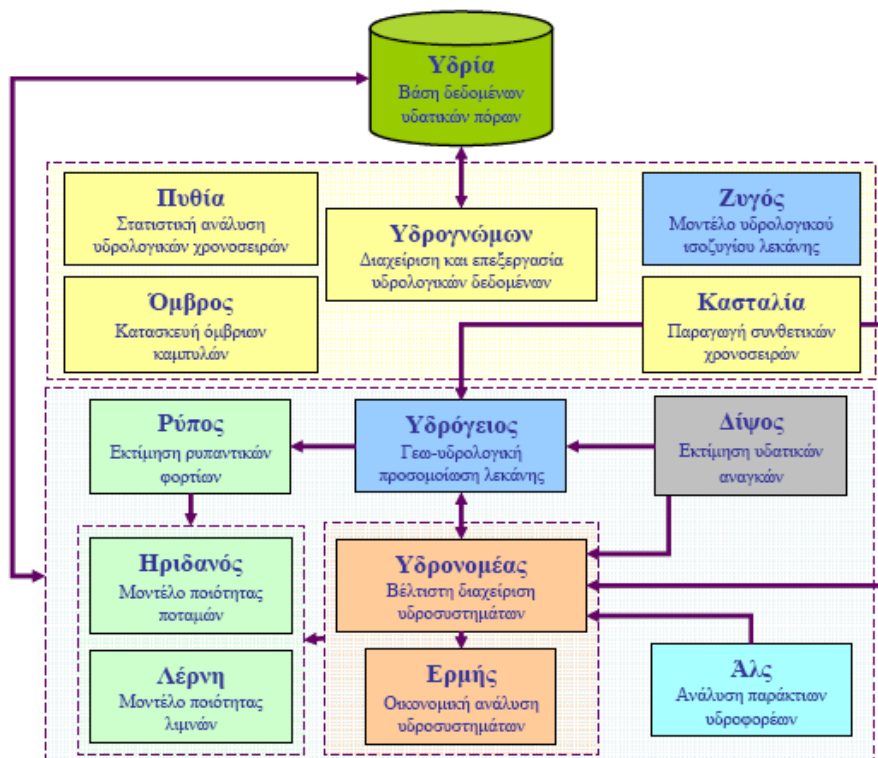
3.3.1. Γενικά

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ είναι ένα εξελιγμένο υπολογιστικό σύστημα (μοντέλο) προσομοίωσης και βελτιστοποίησης συστημάτων υδατικών πόρων που λειτουργεί ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων. Το υπολογιστικό σύστημα αυτό αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου με τίτλο «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)». Το παραπάνω ερευνητικό έργο ανατέθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) στην εταιρεία ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί και Μελετητές σε συνεργασία με τον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

ΕΜΠ και τρεις ακόμη φορείς (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Καρδίτσας, Αειφορική Δωδεκανήσου, Marathon Data Systems). Το έργο εντάσσεται στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα», στην Πράξη «Φυσικό Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη». Επιστημονικός υπεύθυνος είναι ο Αναπληρωτής Καθηγητής Δ. Κουτσογιάννης. Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ αποτελεί μετεξέλιξη μιας σειράς εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 στον Τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ, με σκοπό την αντιμετώπιση συγκεκριμένων διαχειριστικών προβλημάτων σε σύνθετα υδροσυστήματα του ελληνικού χώρου, όπως το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας και το σύστημα ταμειυτήρων Αχελού-Θεσσαλίας

Το μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ πλαισιώνεται από μια δέσμη υποστηρικτικών μοντέλων, για την ανάλυση κρίσιμων συνιστώσων που σχετίζονται με την προσφορά, ζήτηση και διαχείριση του νερού. Τα υποστηρικτικά μοντέλα και το μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ αποτελούν συνιστώσες ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού συστήματος, με την ονομασία ΥΔΡΟΓΑΙΑ (Εικόνα 3-1) .



Εικόνα 3-1: Το υπολογιστικό σύστημα ΥΔΡΟΓΑΙΑ και τα μοντέλα – συνιστώσες του (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007)

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Το μοντέλο, προκειμένου να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του έργου στα πλαίσια του οποίου αναπτύχθηκε, είναι σε θέση να δώσει απαντήσεις σε πλήθος ερωτημάτων σχετικών με τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, όπως:

- Ποια είναι η μακροπρόθεσμη απόδοση ενός υδροσυστήματος για δεδομένο επίπεδο αξιοπιστίας;
- Με ποια ελάχιστη πιθανότητα αστοχίας μπορούν να επιτευχθούν οι στόχοι και περιορισμοί (ποσοτικοί, ποιοτικοί, ενεργειακοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί) στη χρήση νερού που προβλέπει ένα διαχειριστικό σενάριο και με ποια μέτρα και τρόπους διαχείρισης;
- Ποιο είναι το ελάχιστο κόστος λειτουργίας του συστήματος με το οποίο εξασφαλίζεται η επίτευξη των στόχων με δεδομένο επίπεδο αξιοπιστίας; Με ποια μέτρα και τρόπους διαχείρισης επιτυγχάνεται αυτός ο στόχος;
- Ποιες είναι οι επιπτώσεις υδροκλιματικών αλλαγών στο υδροσύστημα, κυρίως όσον αφορά τους στόχους χρήσης νερού που έχουν τεθεί καθώς και την οικονομική συνιστώσα;
- Ποιες θα είναι οι επιπτώσεις από την εφαρμογή μιας συγκεκριμένης διαχειριστικής πολιτικής στην ποιότητα νερού των φυσικών αποδεκτών και στα οικοσυστήματα;
- Ποιες θα είναι οι επιπτώσεις αλλαγών (π.χ., κατασκευή νέων έργων) ή έκτακτων περιστατικών (π.χ., βλάβες) στο υφιστάμενο δίκτυο διανομής υδατικών πόρων.

Για τον ίδιο λόγο (ικανοποίηση αναγκών έργου), το μοντέλο έχει εφαρμογή σε υδροσυστήματα οποιασδήποτε τοπολογίας και πολυπλοκότητας, προσομοιώνει τη λειτουργία ενός μεγάλου φάσματος υδραυλικών έργων συλλογής, αξιοποίησης, μεταφοράς και επεξεργασίας του νερού, όπως ταμιευτήρων, λιμνοδεξαμενών, γεωτρήσεων, υδραγωγείων (ανοιχτών και κλειστών), αρδευτικών καναλιών, αντλιοστασίων, μονάδων παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, μεριστών, θυροφραγμάτων, μονάδων επεξεργασίας νερού, κλπ. Επίσης, στο μοντέλο λαμβάνονται υπόψη επιφανειακοί και υπόγειοι υδατικοί πόροι, καθώς και άλλες πηγές

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

υδροδότησης, όπως μονάδες αφαλάτωσης, επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για συγκεκριμένες χρήσεις, κλπ..Τέλος, το μοντέλο εντοπίζει τη βέλτιστη πολιτική διαχείρισης υδροσυστημάτων, αναπαριστώντας με ακρίβεια τις φυσικές διεργασίες, χωρίς να χρειάζεται να καταφύγει σε υπερβολικές απλουστεύσεις του φυσικού συστήματος(Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007).

Ένα ευρύ πλήθος στόχων και περιορισμών σε σχέση με τη χρήση του νερού υποστηρίζονται από το μοντέλο. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Ζήτηση νερού για ύδρευση, άρδευση ή άλλες χρήσεις·
- Διατήρηση των αποθεμάτων ταμιευτήρων ή υδροφορέων πάνω ή κάτω από κάποιο όριο·
- Ρύθμιση της παροχής ή επιβολή ορίων παροχής σε υδατορεύματα ή υδραγωγεία·
- Διατήρηση της ποιοτικής κατάστασης των υδροφορέων, των υδάτινων αποδεκτών και των οικοσυστημάτων, εκφρασμένης με όρους συγκέντρωσης συγκεκριμένων δεικτών·
- Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας αιχμής.

Η πολιτική διαχείρισης του υδροσυστήματος εκφράζεται με τη μορφή κανόνων λειτουργίας, οι οποίοι είτε είναι προκαθορισμένοι ή αναζητώνται από το ίδιο το μοντέλο, μέσω υπολογιστικών διαδικασιών αυτόματης αναζήτησης. Για το λόγο αυτό, οι κανόνες λειτουργίας πρέπει να έχουν κατάλληλη μαθηματική δομή, ώστε να είναι εφικτή η βελτιστοποίησή τους. Ως κριτήρια βελτιστοποίησης θα μπορούν να τεθούν παράγοντες όπως η αξιοπιστία του συστήματος, η ασφαλής απόληψη, η οικονομικότητα της διαχείρισης (π.χ., λόγος οφέλους-κόστους), η ποιότητα των υδάτινων σωμάτων, η παραγωγή ενέργειας, κλπ. Η βελτιστοποίηση θα μπορεί να λάβει υπόψη της περισσότερα από ένα κριτήρια, με εφαρμογή εξελιγμένων τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Η αποτίμηση μια συγκεκριμένης πολιτικής διαχείρισης γίνεται μέσω στοχαστικής προσομοίωσης, χρησιμοποιώντας δηλαδή συνθετικές χρονοσειρές εισόδου. Κατά την προσομοίωση, λαμβάνονται υπόψη οι φυσικοί και λειτουργικοί

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

περιορισμοί του υδροσυστήματος, καθώς και οι κανόνες λειτουργίας του. Σε κάθε χρονικό βήμα, το μοντέλο θα υπολογίζει και θα εφαρμόζει τον προσφορότερο τρόπο εξυπηρέτησης των στόχων, τηρώντας προκαθορισμένη σειρά προτεραιότητας και επιλέγοντας τόσο την αποδοτικότερη κατανομή των απολήψεων από τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους όσο και τη βέλτιστη διαδρομή του νερού σε περίπτωση εναλλακτικών δυνατοτήτων. Η διάρκεια του βήματος προσομοίωσης μπορεί να προσαρμοστεί στο εκάστοτε υδατικό σύστημα και στο είδος του διαχειριστικού προβλήματος που πρόκειται να αντιμετωπιστεί.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται με πιθανοτικούς όρους. Στα αποτελέσματα συμπεριλαμβάνονται τα εξής:

- Οι βέλτιστοι κανόνες διαχείρισης του συστήματος·
- Αναλυτικά υδατικά, οικονομικά και ενεργειακά ισοζύγια·
- Διαχρονικές πιθανότητες αστοχίας των λειτουργικών στόχων και περιορισμών·
- Στατιστική πρόγνωση της εξέλιξης των διαφόρων υδρολογικών και διαχειριστικών μεγεθών, όπως αποθεμάτων ταμιευτήρων, στάθμης υδροφορέων, παροχής υδραγωγείων, ενεργειακής κατανάλωσης και υδροηλεκτρικής παραγωγής

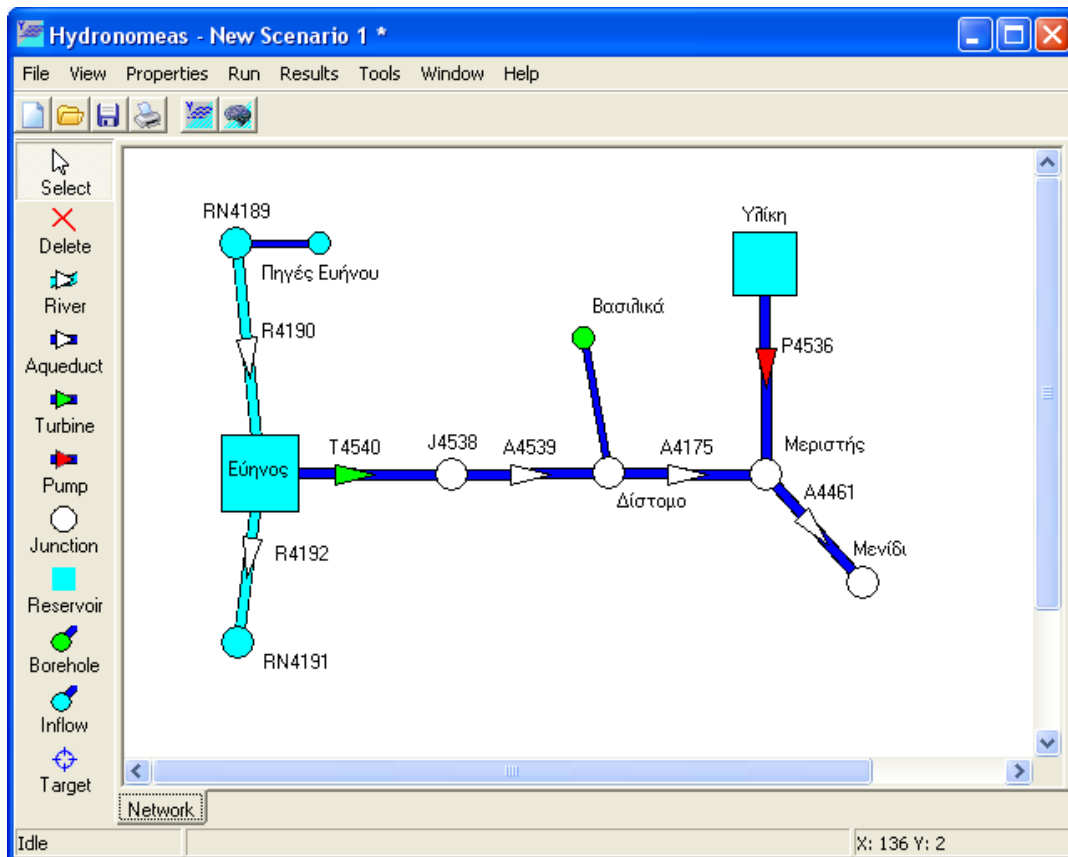
3.3.2. Σχηματοποίηση

Σχηματοποίηση (schematization) είναι η διαδικασία μετασχηματισμού των συνιστωσών ενός φυσικού συστήματος σε συνιστώσες του μαθηματικού μοντέλου που αναπαριστά το εν λόγω σύστημα. Λόγω της δικτυακής δομής τους, η σχηματική διάταξη των συστημάτων υδατικών πόρων αποτελείται συνήθως από κόμβους και κλάδους. Μια **επιτυχής** σχηματοποίηση παρέχει την απαιτούμενη εποπτεία για την κατανόηση των διεργασιών και τη λήψη των αποφάσεων στο σύστημα υδατικών πόρων, ενώ συμβάλει στην εξοικονόμηση πόρων (όγκος δεδομένων προς εισαγωγή και φόρτο των υπολογισμών)

Στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ, παρέχεται η δυνατότητα περιγραφής όλων των σημαντικών φυσικών και τεχνητών συνιστωσών ενός υδροσυστήματος, χωρίς περιορισμούς στην κλίμακα των έργων και τη γενική τους διάταξη. Με τη βοήθεια

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

κατάλληλων γραφικών εργαλείων (**Εικόνα 3-2**: Σχηματοποίηση στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ), ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει δίκτυα υδατικών πόρων οσοδήποτε σύνθετης τοπολογίας. Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως τα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων και οι στόχοι και περιορισμοί, μπορούν να μεταβάλλονται διαχρονικά, επιτρέποντας τη διερεύνηση των επιπτώσεων από αλλαγές (προσθήκη νέων τεχνικών έργων, κατάργηση παλιών, προσωρινή διακοπή λειτουργίας τους λόγω συντήρησης ή βλάβης) (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007).



Εικόνα 3-2: Σχηματοποίηση στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ

Οι συνιστώσες του συστήματος υδατικών πόρων που υποστηρίζονται από τον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 3-1**), καθώς και τα δεδομένα (χαρακτηριστικά μεγέθη συστήματος υδατικών πόρων, τοπολογία κλπ) που απαιτούνται για τον πλήρη ορισμό τους.

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Πίνακας 3-1: Συνιστώσες μαθηματικού μοντέλου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

A/a	Συνιστώσες μαθηματικού μοντέλου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ	Συνιστώσες συστήματος υδατικών πόρων	Δεδομένα
1	Κόμβοι (Junction)	Στοιχεία χωρίς αποθηκευτική ικανότητα (σημεία ζήτησης νερού, αλλαγής γεωμετρίας και χαρακτηριστικών μεγεθών του δικτύου)	<ul style="list-style-type: none"> • Απόλυτο υψόμετρο • Η δυνατότητα μεταφοράς της πλεονάζουσας παροχής κατάντη, εκτός του υδροσυστήματος (για τελικούς κόμβους)
2	Κόμβοι εισροής (Inflow)	Τύποι κόμβων με δεδομένη προσφορά νερού	<ul style="list-style-type: none"> • Ο κόμβος του υδρογραφικού δικτύου ή ο ταμιευτήρας με τον οποίο συνδέεται
3	Ταμιευτήρες (Reservoir)	Τύποι κόμβων, με δυνατότητα αποθήκευσης επιφανειακών υδατικών πόρων	<ul style="list-style-type: none"> • Η έκταση της ανάντη υπολεκάνης • Σχέσεις στάθμης-αποθέματος • Σχέσεις στάθμης –επιφάνειας • Σχέσεις στάθμης-διαφυγών • Στάθμες υδροληψίας και υπερχειλίσης • Κόμβος στον οποίο εκρέουν οι υπερχειλίσεις • Στάθμη στην αρχή της προσομοίωσης
4	Γεωτρήσεις (Borehole)	Τύποι κόμβων, με δυνατότητα άντλησης νερού από υπόγειους υδροφορείς	<ul style="list-style-type: none"> • Ο κόμβος τον οποίο τροφοδοτεί • Μηνιαία δυναμικότητα • Ειδική ενέργεια
5	Υδατορεύματα (River)	Φυσικοί αγωγοί μεταφοράς νερού, χωρίς περιορισμό παροχευτικότητας	<ul style="list-style-type: none"> • Σταθερός συντελεστής διήθησης
6	Υδραγωγεία (Aqueduct)	Τεχνητοί αγωγοί νερού, πεπερασμένης παροχευτικότητας	<ul style="list-style-type: none"> • Συντελεστές διαρροών και χρονικής λειτουργίας • Σταθερή ή μεταβλητή παροχευτικότητα • Σχέση ύψους πτώσης-παροχής
7	Στρόβιλοι (Turbine)	ειδικοί τύποι υδραγωγείων, κατά μήκος των οποίων παράγεται ενέργεια	<ul style="list-style-type: none"> • Σχέσεις ύψους πτώσης-ειδικής ενέργειας • Σχέσεις ύψους πτώσης-παροχής • Εγκατεστημένη ισχύς
8	Αντλιοστάσια (Pump)	ειδικοί τύποι υδραγωγείων, κατά μήκος των οποίων καταναλώνεται ενέργεια	<ul style="list-style-type: none"> • Σχέσεις ύψους πτώσης-ειδικής ενέργειας • Σχέσεις ύψους πτώσης-παροχής

Πρέπει να σημειωθεί πως κατά τη σχηματοποίηση, μαζί με τα χαρακτηριστικά μεγέθη της κάθε συνιστώσας του συστήματος υδατικών πόρων, εισάγονται οι στόχοι και οι λειτουργικοί περιορισμοί που αναφέρονται σε αυτή. Η εισαγωγή αυτών γίνονται με τη μορφή επιθυμητών ορίων σε μεταβλητές, από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- Επιθυμητή απόληψη νερού για άρδευση, ύδρευση ή άλλη χρήση, που αναφέρεται σε κόμβο ή ταμιευτήρα.
- Αποφυγή απωλειών νερού λόγω υπερχειλίσης, που αναφέρεται σε ταμιευτήρα.
- Διατήρηση του αποθέματος ταμιευτήρα μεταξύ μιας ελάχιστης και μιας μέγιστης επιθυμητής τιμής.

- Διατήρηση παροχής μεταξύ μιας ελάχιστης και μιας μέγιστης επιθυμητής τιμής, που αναφέρονται σε υδραγωγείο ή υδατόρευμα.
- Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σε στρόβιλο.

Σε κάθε στόχο ορίζεται ένα επίπεδο προτεραιότητας, από 1 έως 10, ανάλογα με το πόσο σημαντική είναι η ικανοποίηση του. Δύο ή περισσότεροι στόχοι μπορούν να ενταχθούν στο ίδιο επίπεδο, οπότε αντιμετωπίζονται από το μοντέλο κατανομής με την ίδια ιεραρχία. Οι τιμές των στόχων και περιορισμών μπορούν να είναι σταθερές, μεταβλητές ανά μήνα ή ανά χρονικό βήμα.

3.3.3. Προσομοίωση

Προσομοίωση (simulation) είναι η τεχνική μίμησης της λειτουργίας ενός πραγματικού συστήματος, όπως αυτό εξελίσσεται στο χρόνο (Winston, 1994, σ. 23). Μοντέλο προσομοίωσης (simulation model) είναι ένα σύνολο υποθέσεων σχετικά με τη δυναμική λειτουργία ενός συστήματος, εκφρασμένων με τη μορφή μαθηματικών ή λογικών σχέσεων και κωδικοποιημένων, συνήθως, σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού (Κουτσογιάννης, 2000). Θεωρητικά, ένα τέλειο μοντέλο, δεχόμενο τις διεγέρσεις του πραγματικού συστήματος, οφείλει να παράγει παρόμοια απόκριση με αυτό. Στην πράξη βεβαίως, η προσομοιωμένη απόκριση ενός μοντέλου αποκλίνει πάντοτε από την απόκριση του πραγματικού συστήματος, καθώς εισάγεται πληθώρα σφαλμάτων και αβεβαιοτήτων στη μαθηματική δομή, τα δεδομένα και τις παραμέτρους του μοντέλου. Για τα υδροσυστήματα, η σημαντικότερη πηγή αβεβαιότητας είναι η υδρολογική. Αυτή οφείλεται στην αδυναμία πρόβλεψης της εξέλιξης των υδρομετεωρολογικών διεργασιών για χρονικό ορίζοντα πέρα των λίγων ημερών. Ωστόσο, η χρονική αυτή κλίμακα είναι ανεπαρκής, δεδομένου ότι η ανάγκη υπερετήσιας ρύθμισης ενός υδροσυστήματος προϋποθέτει την προσομοίωση της λειτουργίας του για χρονικό ορίζοντα πολλών ετών.

Ένα τέτοιο μοντέλο (προσομοίωσης) είναι και ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ. Ειδικότερα, πρόκειται για ένα υδρολογικό μοντέλο στοχαστικής προσομοίωσης.

Ένα μοντέλο ονομάζεται στοχαστικό (stochastic) όταν οι παράμετροι ή και οι εξωτερικές του διεγέρσεις θεωρούνται τυχαίες μεταβλητές, περιγράφονται δηλαδή από κατανομές πιθανοτήτων. Η θεώρηση αυτή επιτρέπει την ποσοτικοποίηση των

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

αβεβαιοτήτων που διέπουν ένα μοντέλο προσομοίωσης. Εξ ορισμού, ένα στοχαστικό μοντέλο παράγει αποκρίσεις που είναι επίσης τυχαίες μεταβλητές.

Ο όρος στοχαστική προσομοίωση (stochastic simulation) αναφέρεται σε υπολογιστικές τεχνικές που χρησιμοποιούν τεχνικές δειγματοληψίας, δηλαδή τυχαίους αριθμούς, για την επίλυση προβλημάτων στα οποία η εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων είναι αδύνατη ή ιδιαίτερα δυσχερής.

Η μελέτη πολύπλοκων συστημάτων που διέπονται από αβεβαιότητες (τέτοια είναι και τα υδροσυστήματα) αποτελεί τυπικό πεδίο εφαρμογής της στοχαστικής προσομοίωσης. Η γενική μεθοδολογία έγκειται στην προσομοίωση του συστήματος με συνθετικά δεδομένα εισόδου, οπότε προκύπτει ένα δείγμα εφικτών αποκρίσεων του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή, το δείγμα των προσομοιωμένων αποκρίσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική περιγραφή των αποκρίσεων του πραγματικού συστήματος.

Τονίζεται ότι για να έχει νόημα η παραπάνω διαδικασία, θα πρέπει τα συνθετικά δεδομένα εισόδου του μοντέλου να έχουν παραχθεί με κάποιον συστηματικό τρόπο, ώστε να είναι συνεπή με την πραγματικότητα. Για παράδειγμα, αν για κάποια παράμετρο είναι διαθέσιμη μια αντιπροσωπευτική τιμή και ένα σύννηθες εύρος διακύμανσης (που μπορούν να θεωρηθούν ως εκτιμήτριες της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης της παραμέτρου), τότε η κατασκευή ενός συνθετικού δείγματος τιμών της γίνεται παράγοντας τυχαίους κανονικούς αριθμούς που έχουν την ίδια μέση τιμή και την ίδια τυπική απόκλιση. Προφανώς, όσο περισσότερα συνθετικά σενάρια διερευνώνται τόσο αυξάνει το δείγμα των προσομοιωμένων αποκρίσεων, και, συνεπώς, τόσο πιο αξιόπιστα θεωρούνται τα συμπεράσματα από τη στατιστική ανάλυση αυτού.

Τα στοχαστικά υδρολογικά μοντέλα, περιγράφουν στατιστικά τις χρονικές και χωρικές συσχετίσεις των υδρολογικών διεργασιών, ποσοτικοποιώντας την αβεβαιότητα γύρω από την εξέλιξή τους. Τα μοντέλα αυτά εφαρμόζονται για τη γέννηση συνθετικών χρονοσειρών, οι οποίες αναπαράγουν τη στατιστική εξάρτηση και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των υδρολογικών διεργασιών. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των συνθετικών δειγμάτων είναι η απουσία περιορισμού ως προς το

μήκος τους, κάτι που καθιστά δυνατή τη χρήση τους για την εκτίμηση οσοδήποτε μεγάλων επιπέδων αξιοπιστίας

Οι χρονοσειρές για τις οποίες γίνεται λόγος, συνθετικές και μη, αναφέρονται σε εισροές σε ταμιευτήρες (λόγω απορροής και βροχόπτωσης), απώλειες λόγω εξάτμισης από την επιφάνεια ταμιευτήρων, σημειακές εισροές σε κόμβους του υδρογραφικού δικτύου.

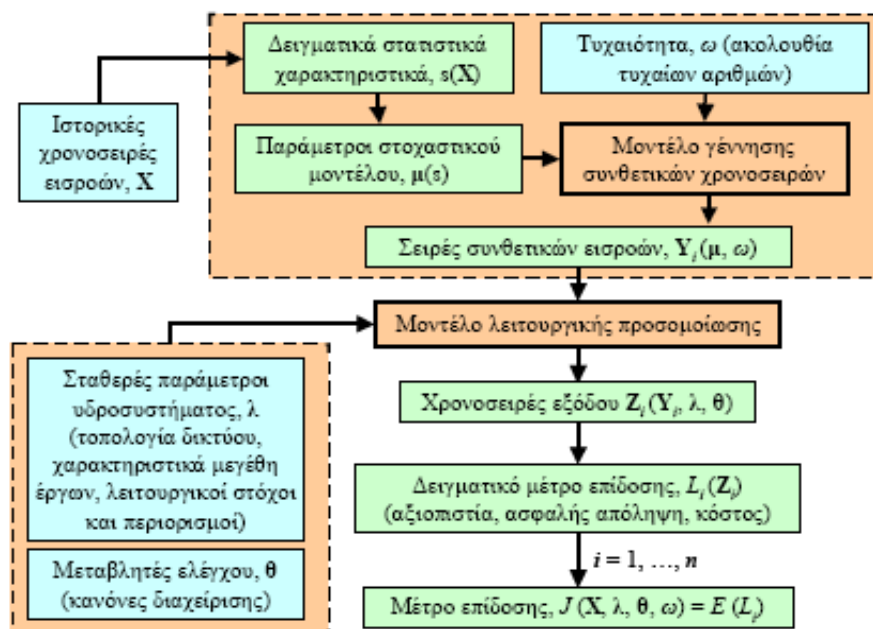
Ένα γενικό σχήμα στοχαστικής προσομοίωσης συστημάτων υδατικών πόρων περιλαμβάνει δύο βασικά μοντέλα. Το πρώτο είναι το στοχαστικό υδρολογικό μοντέλο, το οποίο χρησιμοποιείται για τη γέννηση συνθετικών χρονοσειρών. Στοιχεία εισόδου του μοντέλου είναι ένα σύνολο παραμέτρων, μ , και ένας όρος τυχαιότητας, ω , που εκφράζεται από ένα σύνολο τυχαίων αριθμών, που παράγονται αυτόματα μέσω του υπολογιστή. Οι παράμετροι του μοντέλου είναι συνάρτηση κάποιων δειγματικών στατιστικών χαρακτηριστικών, $s(\mathbf{X})$, όπου με \mathbf{X} συμβολίζονται οι χρονοσειρές εισροών του υδροσυστήματος (π.χ. ιστορικές απορροές ανάντη ταμιευτήρων). Οι εν λόγω παράμετροι ορίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αναπαράγουν τα παραπάνω στατιστικά χαρακτηριστικά. Έξοδοι του μοντέλου είναι οι συνθετικές χρονοσειρές εισροών, $\mathbf{Y}_i(\mu, \omega)$, που στη γενική περίπτωση μπορούν να θεωρηθούν ως n στοχαστικά ανεξάρτητες σειρές με την ίδια πιθανότητα πραγματοποίησης, εφόσον η διαδικασία γέννησης επαναλαμβάνεται πολλές φορές με διαφορετικές αρχικές συνθήκες (διαφορετική τιμή της ακολουθίας τυχαίων αριθμών).

Η δεύτερη συνιστώσα του σχήματος στοχαστικής προσομοίωσης είναι το μοντέλο λειτουργικής προσομοίωσης του συστήματος υδατικών πόρων. Το μοντέλο χρησιμοποιεί ως στοιχεία εισόδου τις παραμέτρους του συστήματος και τις συνθετικές χρονοσειρές εισροών που παράγονται από το στοχαστικό υδρολογικό μοντέλο. Οι παράμετροι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Σταθερές παράμετροι, που συμβολίζονται με λ , και αναφέρονται στην τοπολογία του δικτύου, τα χαρακτηριστικά μεγέθη των υδραυλικών έργων και τους λειτουργικούς περιορισμούς
2. Παράμετροι διαχείρισης, που συμβολίζονται με θ , και αναφέρονται σε άγνωστες μεταβλητές του μαθηματικού μοντέλου που καθορίζουν την πολιτική λειτουργίας του υδροσυστήματος.

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Το μοντέλο αναπαριστά τη λειτουργία του συστήματος υδατικών πόρων, τηρώντας τους φυσικούς περιορισμούς του προβλήματος και προσπαθώντας να ικανοποιήσει τους λειτουργικούς περιορισμούς, με βάση την πολιτική διαχείρισης, θ . Έξοδοι του μοντέλου είναι η σενάρια απολήψεων $Z_i(Y_i, \lambda, \theta)$, κάθε ένα από τα οποία συνιστά την απόκριση του συστήματος έναντι του αντίστοιχου σεναρίου εισροών, Y_i . Για κάθε σενάριο απολήψεων, Z_i , ελέγχεται η επίδοση του συστήματος υδατικών πόρων, με βάση ένα αριθμητικό μέτρο, L_i , που συναρτάται με ποσοτικά κριτήρια όπως η αξιοπιστία (η πιθανότητα επίτευξης μιας συγκεκριμένης επίδοσης για καθορισμένο χρονικό διάστημα και καθορισμένες συνθήκες), η εγγυημένη απόληψη, η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος λειτουργίας, το οικονομικό όφελος από την πώληση του νερού, κλπ.



Εικόνα 3-3: Σχηματική απεικόνιση των συνιστωσών ενός σχήματος στοχαστικής προσομοίωσης συστημάτων υδατικών πόρων(Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007)

Η υδρολογική αβεβαιότητα οδηγεί σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα ισοπίθανων συνθηκών υδροφορίας και αντίστοιχων αποκρίσεων του συστήματος, οπότε η τιμή κάθε μεμονωμένου (δειγματικού) μέτρου, L_i , δεν έχει ιδιαίτερο νόημα. Συνεπώς, ως τελικό μέτρο επίδοσης του συστήματος, J , λαμβάνεται ένας στατιστικός δείκτης των επιμέρους δειγματικών μέτρων (π.χ. η μέση τιμή), με την οποία αποτιμάται η αποτελεσματικότητα της πολιτικής διαχείρισης, όπως περιγράφεται από τις παραμέτρους θ .

Το σχήμα που περιγράφηκε παραπάνω προϋποθέτει ότι η διαχειριστική πολιτική του υδροσυστήματος είναι εκ των προτέρων καθορισμένη, είναι δηλαδή γνωστές οι τιμές του διανύσματος θ . Στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ, οι παράμετροι θ εκτιμώνται μέσω βελτιστοποίησης, με στοχαστική συνάρτηση το μέτρο J (για τη βελτιστοποίηση θα γίνει λόγος σε επόμενη ενότητα). Όσον αφορά στο στοχαστικό υδρολογικό μοντέλο, που γεννά τις συνθετικές χρονοσειρές, υλοποιείται από το πακέτο ΚΑΣΤΑΛΙΑ.

Υπάρχουν δυο τύποι προσομοίωσης, καθεμία εξυπηρετεί διαφορετικούς στόχους στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων:

1. Σε μελέτες σχεδιασμού ή στρατηγικής διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων, όπου ζητούμενο είναι η αποτίμηση της μακροχρόνιας επίδοσης του συστήματος, η εν λόγω επίδοση θεωρείται ότι δεν επηρεάζεται από τις συνθήκες εκκίνησης του μοντέλου στοχαστικής προσομοίωσης, δηλαδή το αρχικό καθεστώς υδροφορίας και αποθεμάτων. Επιπλέον, όλα τα υπόλοιπα δεδομένα εισόδου του συστήματος, όπως η διάταξη και τα χαρακτηριστικά των έργων και η ετήσια ζήτηση νερού, θεωρούνται σταθερά και ανεξάρτητα του χρόνου (σταθερό και ανεξάρτητο του χρόνου θ). Ο τύπος αυτός της προσομοίωσης ονομάζεται **μόνιμης κατάστασης** (steady-state). Κατά την προσομοίωση μόνιμης κατάστασης, οι επιμέρους σειρές εισροών μπορούν να θεωρηθούν ισοδύναμα μιας μεμονωμένης χρονοσειράς μεγάλου (θεωρητικά άπειρου) μήκους.
2. Η επιχειρησιακή διαχείριση ενός συστήματος υδατικών πόρων, δηλαδή η λειτουργία του σε πραγματικό χρόνο, επιβάλλει την ενσωμάτωση των αρχικών συνθηκών στο μοντέλο στοχαστικής προσομοίωσης. Στην περίπτωση αυτή, η βραχυχρόνια και πιθανόν μεσοπρόθεσμη επίδοση του συστήματος ενδέχεται να εξαρτάται καθοριστικά τόσο από το επίκαιρο καθεστώς υδροφορίας όσο και από τα επίκαιρα αποθέματα νερού. Επιπλέον, οι παράμετροι του υδροσυστήματος είναι συνήθως μεταβαλλόμενες στο χρόνο, λόγω της ένταξης νέων έργων στο σύστημα ή και την προσωρινής απενεργοποίησης ορισμένων, λόγω συντήρησης ή βλάβης, της εισαγωγής νέων περιορισμών, της αύξησης της ζήτησης, κλπ(μεταβλητό θ). Στην περίπτωση αυτή ακολουθείται μια διαφορετική προσέγγιση, με εφαρμογή μιας διαδικασίας που ονομάζεται **καταληκτική** (terminating) **προσομοίωση** (Winston, 1994, σ. 1220). Στην

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

καταληκτική προσομοίωση παράγονται πολλές αλλά μικρού, κατά κανόνα, μήκους σειρές εισροών, με κατάλληλη προσαρμογή του στοχαστικού μοντέλου ώστε να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικών δειγμάτων αλλά και την ακολουθία των ιστορικών τιμών, και ιδιαίτερα των πλέον πρόσφατων. Η λειτουργία αυτή του μοντέλου ονομάζεται στοχαστική πρόγνωση. Στη συνέχεια, επαναλαμβάνεται το μοντέλο λειτουργικής προσομοίωσης με διαφορετικό κάθε φορά σενάριο εισροών, αλλά με τις ίδιες αρχικές συνθήκες αποθεμάτων, τις ίδιες συνθήκες μεταβολής παραμέτρων (εφόσον το σύστημα χαρακτηρίζεται από μη στασιμότητα), και την ίδια συνθήκη τερματισμού (χρονικός ορίζοντας ελέγχου).

Για την επίτευξη των στόχων και περιορισμών που τέθηκαν κατά τη φάση της σχηματοποίησης, δεν απαιτείται από το χρήστη να προκαθορίσει τον τρόπο μεταφοράς νερού ή την κατανομή των υδατικών πόρων στο δίκτυο. Αντίθετα, σε κάθε χρονικό βήμα, το μοντέλο προσομοίωσης εκτιμά την πλέον πρόσφορη κατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων, βελτιστοποιώντας τις απολήψεις από κάθε θέση προσφοράς και τον τρόπο μεταφοράς τους για την ικανοποίηση των στόχων και περιορισμών, με τη δεδομένη σειρά προτεραιότητας. Σε περίπτωση που σε κάποιο χρονικό βήμα (μήνας) δεν είναι δυνατή η πλήρης εξυπηρέτηση κάποιου στόχου, τότε καταγράφεται αστοχία εξυπηρέτησης του στόχου τον εν λόγω μήνα και υπολογίζεται το αντίστοιχο **έλλειμμα**. Ταυτόχρονα, καταγράφεται **αστοχία** και σε ετήσια κλίμακα, καθώς θεωρείται ότι αν έστω και ένας μήνας του έτους είναι ελλειμματικός, τότε όλο το έτος χαρακτηρίζεται ελλειμματικό. Στο πέρας της προσομοίωσης, το μοντέλο αθροίζει τις αστοχίες και τα ελλείμματα, και βάσει αυτών εκτιμά εμπειρικές πιθανότητες αστοχίας και άλλα στατιστικά μεγέθη.

Για τον προσδιορισμό της πλέον πρόσφορης κατανομής των διαθέσιμων υδατικών πόρων, τις περισσότερες φορές, δεν αρκεί απλά η γνώση των επιθυμητών απολήψεων του συστήματος υδατικών πόρων, καθώς ισχύει μια από τις ακόλουθες συνθήκες που δυσχεραίνουν τον προσδιορισμό:

- Οι επιθυμητές απολήψεις από τους ταμειυτήρες δεν μπορούν να διοχετευτούν κατάντη εξαιτίας των φυσικών περιορισμών του δικτύου.

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

- Ο τρόπος μεταφοράς των απολήψεων από τις πηγές στην κατανάλωση δεν είναι μονοσήμαντος, αλλά προκύπτουν εναλλακτικές διαδρομές νερού και, μάλιστα, με διαφορετικό κόστος.
- Πολλαπλοί και αντικρουόμενοι στόχοι πρέπει να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα.
- Η συνολική ζήτηση νερού είναι μεγαλύτερη από τη συνολική προσφορά του συστήματος.

Η πλέον πρόσφορη κατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Αυστηρή ικανοποίηση το συνόλου των φυσικών περιορισμών του υδροσυστήματος (π.χ. παροχτευτικότητας υδραγωγείων).
- Ικανοποίηση των λειτουργικών περιορισμών σύμφωνα με τη σειρά προτεραιότητας που έχει οριστεί, εφόσον δεν παραβιάζονται οι φυσικοί περιορισμοί.
- Ελαχιστοποίηση της απόκλισης μεταξύ πραγματικών και επιθυμητών απολήψεων, ώστε να τηρείται κατά το δυνατόν πιστότερα η πολιτική διαχείρισης που επιβάλλουν οι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των υδατικών πόρων κατά μήκος του δικτύου των υδραγωγείων, γεωτρήσεων και αντλιοστασίων

Οι παραπάνω απαιτήσεις μπορούν να αναχθούν σε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που, υπό προϋποθέσεις, διατυπώνεται σε μια ειδική μορφή γνωστή ως πρόβλημα μεταφόρτωσης. Το πρόβλημα μεταφόρτωσης έγκειται στην ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς μιας ποσότητας νερού από κάποιους κόμβους που καλούνται πηγές (sources) στους κόμβους κατανάλωσης (sinks), μέσω ενός δικτύου αποτελούμενου από κόμβους και τόξα. Κόμβοι στους οποίους δεν υπάρχει ούτε προσφορά ούτε ζήτηση νερού καλούνται ενδιάμεσοι (intermediate). Η επίλυση του παραπάνω προβλήματος γίνεται με τον ορισμό κατάλληλων τιμών προσφοράς και ζήτησης στους κόμβους, και κατάλληλων τιμών παροχτευτικότητας και μοναδιαίου κόστους στους κλάδους. Το μοναδιαίο κόστος πρέπει να είναι θετικό, δηλαδή να εκφράζει ποινή, όταν επιδιώκεται απαγόρευση μιας συγκεκριμένης μεταφοράς νερού

(π.χ. διατήρηση αποθέματος πάνω από το σχετικό περιορισμό μεγίστου) και αρνητικό όταν επιβάλλεται μια συγκεκριμένη μεταφορά νερού (π.χ. απώληση για την ικανοποίηση του σχετικού στόχου κατανάλωσης). Με τον τρόπο αυτό προτιμάται από το μοντέλο η μεταφορά ποσότητας νερού μέσω ενός κλάδου με αρνητικό ή μικρό συνολικό κόστος από τη μεταφορά του μέσω ενός κλάδου με μεγάλο συνολικό κόστος, ενώ η μεταφερόμενη ποσότητα νερού είναι πάντα σύμφωνη με την παροχευτικότητα του κλάδου.

3.3.4. Βελτιστοποίηση

Στην προηγούμενη ενότητα (3.3.3) έγινε αναφορά στον προσδιορισμό της πλέον πρόσφορης κατανομής των διαθέσιμων υδατικών πόρων (ικανοποίηση φυσικών περιορισμών και στόχων με ελαχιστοποίηση του κόστους). Η πλέον πρόσφορη κατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων ουσιαστικά αποτελεί τη βέλτιστη λύση του προβλήματος της κατανομής τους (πρόβλημα βελτιστοποίησης). Το πρόβλημα αυτό είναι γραμμικό και προϋποθέτει γνώση των παραμέτρων διαχείρισης του συστήματος υδατικών πόρων, που συμβολίστηκαν με θ (γνωστή Πολιτική Διαχείρισης). Η δυνατότητα εύρεση λύσης για το παραπάνω πρόβλημα δεν εξασφαλίζει τη βιωσιμότητα του συστήματος υδατικών πόρων, δηλαδή επάρκεια πόρων σε μακροχρόνιο ορίζοντα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι έννοιες του κόστους και της αξιοπιστίας στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι αντικρουόμενες. Για το λόγο αυτό, απαιτείται μια πιο μακροσκοπική θεώρηση του προβλήματος, που λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τις τρέχουσες συνθήκες αλλά και τις μελλοντικές. Αυτό γίνεται με τη θεώρηση ορισμένων χαρακτηριστικών μεγεθών της διαχείρισης ως αγνώστων, και την εκτίμησή τους βάσει καθολικών κριτηρίων, που αναφέρονται στο σύνολο του ορίζοντα ελέγχου. Το νέο αυτό πρόβλημα βελτιστοποίησης, σε αντίθεση με το προαναφερθέν είναι μη γραμμικό δεν προϋποθέτει γνώση των παραμέτρων διαχείρισης του συστήματος υδατικών πόρων και από την επίλυση του προκύπτει η πλέον πρόσφορη διαχειριστική πολιτική του συστήματος (βελτιστοποίηση των παραμέτρων διαχείρισης). Οι αρχές της εν λόγω πολιτικής έχουν γενική ισχύ, δεν εξαρτώνται δηλαδή από τις τρέχουσες συνθήκες εισροών αλλά από το μακροχρόνιο υδρολογικό και διαχειριστικό καθεστώς του υδροσυστήματος.

Η βελτιστοποίηση του παραπάνω μη γραμμικού προβλήματος αποτελεί ένα από τα ισχυρότερα χαρακτηριστικά του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ και έχει ιδιαίτερο νόημα όταν το

υδροσύστημα καλείται να ικανοποιήσει πολλαπλούς και αντικρουόμενους στόχους από πολλαπλές θέσεις απολήψεων, επιφανειακές και υπόγειες.

Οι περιορισμοί του μοντέλου χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. Στους **φυσικούς περιορισμούς**, που προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά μεγέθη των τεχνικών έργων (ελάχιστη στάθμη υδροληψίας και χωρητικότητα ταμιευτήρων, παροχетеυτικότητα υδραγωγείων, εγκατεστημένη ισχύς στροβίλων και αντλιοστασίων κλπ – βλ. λ ενότητα 3.3.3).
2. Στους **λειτουργικούς περιορισμούς**, που επιβάλλονται από έναν ή περισσότερους φορείς που έχουν την ευθύνη διαχείρισης των υδραυλικών έργων, με στόχο την ικανοποίηση των διαφόρων χρήσεων αλλά και των τυχόν θεσμικών, διοικητικών, περιβαλλοντικών ή άλλων δεσμεύσεων(βλ. θ ενότητα 3.3.3).

Από μαθηματική σκοπιά, οι φυσικοί περιορισμοί είναι δεσμευτικοί, επιβάλλεται δηλαδή να τηρούνται πάντοτε από το μοντέλο. Αντίθετα, οι λειτουργικοί περιορισμοί του συστήματος δεν μπορούν να είναι δεσμευτικοί. Δεδομένου ότι οι υδρολογικές εισροές είναι μη ελεγχόμενες και συνεπώς τυχαίες, οι αποφάσεις που σχετίζονται με την ικανοποίηση των εν λόγω περιορισμών, δηλαδή οι απολήψεις από τους διάφορους υδατικούς πόρους και η κατανομή τους στο δίκτυο των υδραγωγείων, είναι επίσης τυχαίες μεταβλητές. Κατά συνέπεια, στη γενική περίπτωση, οι περιορισμοί που αναφέρονται στα εν λόγω μεγέθη θα ικανοποιούνται όχι στο σύνολο του χρονικού ορίζοντα ελέγχου αλλά σε ένα ποσοστό αυτού. Το ποσοστό αυτό αποτελεί εμπειρικό μέτρο της αξιοπιστίας επίτευξης του συγκεκριμένου περιορισμού (βλ. και ReVelle, 1999, σ. 116-118).

Για τη διατύπωση του προβλήματος βελτιστοποίησης, πρέπει να οριστεί ένα βαθμωτό **μέτρο επίδοσης**, μέσω του οποίου αξιολογείται η αποτελεσματικότητα της διαχειριστικής πολιτικής ως προς κάποια κριτήρια. Το εν λόγω μέτρο αντιστοιχεί στη στοχική συνάρτηση του προβλήματος βελτιστοποίησης, ενώ ως **μεταβλητές ελέγχου** νοούνται, καταρχήν, όλα τα άγνωστα μεγέθη του μοντέλου λειτουργίας του συστήματος, δηλαδή οι απολήψεις και η κατανομή τους στο δίκτυο, σε κάθε χρονικό βήμα. Η συνάρτηση αυτή είναι μη γραμμική ως προς τις μεταβλητές ελέγχου, και μαζί

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

με τους φυσικούς και λειτουργικούς περιορισμούς, συνιστούν το μοντέλο βέλτιστου ελέγχου του συστήματος.

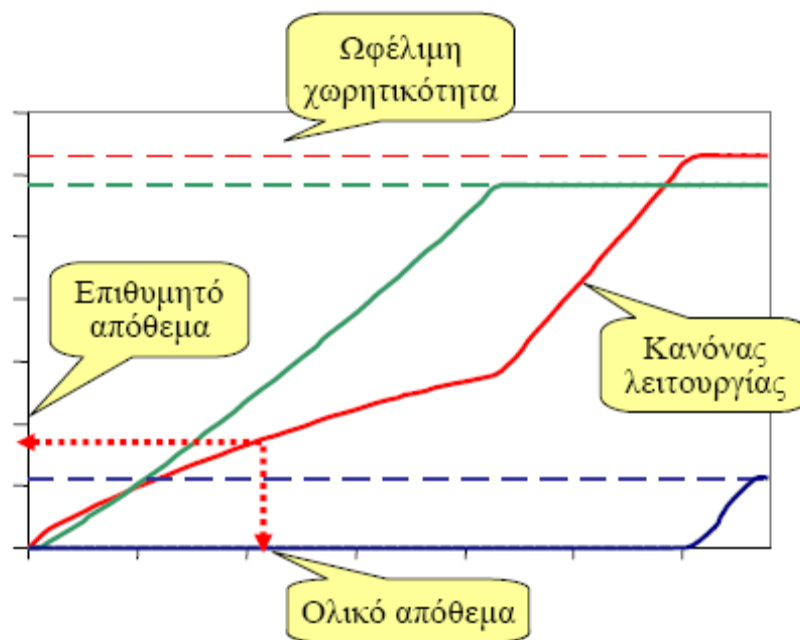
Η επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος με μεθόδους μη γραμμικής βελτιστοποίησης είναι αδύνατη, εξαιτίας της λεγόμενης κατάρας της διαστατικότητας (curse of dimensionality), δηλαδή της εκθετικής αύξησης του υπολογιστικού φόρτου με την αύξηση του πλήθους των μεταβλητών ελέγχου και περιορισμών. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα, τόσο οι μεταβλητές ελέγχου όσο και οι περιορισμοί είναι ανάλογοι του χρονικού ορίζοντα της προσομοίωσης. Από την άλλη πλευρά, ο εν λόγω χρονικός ορίζοντας είναι συχνά πολύ μεγάλος, δεδομένου ότι για την ακριβή εκτίμηση της αξιοπιστίας απαιτείται η χρήση δειγμάτων μεγάλου μήκους. Στη γενική περίπτωση, οι άγνωστες μεταβλητές ενός υδροσυστήματος είναι οι απολήψεις από τις θέσεις προσφοράς νερού (υδατορεύματα, ταμιευτήρες, γεωτρήσεις) και ο τρόπος μεταφοράς τους μέχρι τις θέσεις κατανάλωσης, δηλαδή οι παροχές κατά μήκος του δικτύου των υδραγωγείων και ποταμών. Ο αριθμός των εν λόγω μεταβλητών, και συνακόλουθα των βαθμών ελευθερίας του διαχειριστικού προβλήματος, είναι άμεση συνάρτηση της πολυπλοκότητας του συστήματος

Για την επίλυση λοιπόν του προβλήματος της μη γραμμικής βελτιστοποίησης εισάγεται το **σχήμα παραμετροποίηση-προσομοίωση-βελτιστοποίηση**, όπως εισήχθη από τους Koutsoyiannis and Economou (2003· βλ. και Οικονόμου, 2000) και γενικεύτηκε από τους Efstratiadis et al. (2004) και Καραβοκυρό κ.ά. (2004). Το σχήμα αυτό είναι μια εύρωστη μεθοδολογία αντιμετώπισης προβλημάτων βέλτιστου ελέγχου συστημάτων υδατικών πόρων. Η κεντρική ιδέα συνίσταται στην παραμετρική διατύπωση των πρακτικών διαχείρισης (παραμετρικοί κανόνες λειτουργίας) των κύριων υδραυλικών έργων (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις, κλπ.), ώστε να περιορίζεται δραστικά το πλήθος των βαθμών ελευθερίας του μαθηματικού μοντέλου. Οι παραμετρικοί αυτοί κανόνες (σύνολο εξισώσεων ή νομογραφημάτων) καθορίζουν, σε κάθε χρονικό βήμα, τις **επιθυμητές απολήψεις** από τα εν λόγω έργα, συναρτήσει των επίκαιρων αποθεμάτων, των αναμενόμενων εισροών και της συνολικής ζήτησης.

Οι γραφικές παραστάσεις των παραμετρικών κανόνων λειτουργίας (νομογραφήματα) εύχρηστα εργαλεία για την επιχειρησιακή διαχείριση ενός συστήματος ταμιευτήρων (**Εικόνα 3-4**). Για μια δεδομένη διαθεσιμότητα επιφανειακών νερών, που μπορεί δυνητικά να αποθηκευτεί στο σύστημα, ο εκάστοτε

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

κανόνας ορίζει την τιμή του αντίστοιχου αποθέματος-στόχου στον κάθε ταμιευτήρα. Σε κάθε χρονική στιγμή ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την κατάσταση των αποθεμάτων και να τη συγκρίνει με την επιθυμητή κατάσταση που ορίζει ο κανόνας λειτουργίας. Αν το τρέχον απόθεμα κάποιου ταμιευτήρα ξεπερνά το επιθυμητό, επιβάλλεται η πραγματοποίηση απολήψεων, με στόχο το μηδενισμό ή, αν κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, την ελαχιστοποίηση της διαφοράς των δύο μεγεθών. Ομοίως, αν το τρέχον απόθεμα υπολείπεται του επιθυμητού, επιβάλλεται η διακοπή των απολήψεων, ώστε να αφηθεί ο ταμιευτήρας να γεμίσει μέχρι να επιτευχθεί ο όγκος-στόχος. Επισημαίνεται ότι το μαθηματικό μοντέλο του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπει την αστοχία κάποιου λειτουργικού στόχου ή περιορισμού, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων. Οι τελευταίοι εκφράζουν μια μακροχρόνια στρατηγική διαχείρισης των επιφανειακών υδατικών πόρων, που σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του υδροσυστήματος καθορίζουν τη λειτουργία του σε πραγματικό χρόνο. Τονίζεται ότι οι κανόνες λειτουργίας αναφέρονται πάντοτε σε επιθυμητά και όχι σε πραγματικά μεγέθη απολήψεων.



Εικόνα 3-4: Νομογραφήματα τριών υποθετικών ταμιευτήρων. Με λεπτή γραμμή απεικονίζεται η ωφέλιμη χωρητικότητα κάθε ταμιευτήρα, με παχιά γραμμή η τελική μορφή των κανόνων λειτουργίας, ενώ με διακεκομμένη η αρχική (γραμμική) τους μορφή. (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007)

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Η παραμετροποίηση, το σύνολο των φυσικών και λειτουργικών περιορισμών, καθώς και τα οικονομικά μεγέθη του δικτύου ενσωματώνονται σε μια διαδικασία προσομοίωσης (βλ. ενότητα 3.3.3), όπου γίνεται ο υπολογισμός των πραγματικών απολήψεων και της κατανομής των παροχών στα υδραγωγεία γίνεται, σε κάθε χρονικό βήμα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αξιολογούνται ποσοτικά, με σκοπό την αποτίμηση του μέτρου επίδοσης του συστήματος. Από την άλλη πλευρά, ένας αλγόριθμος μη γραμμικής βελτιστοποίησης αναλαμβάνει τον εντοπισμό των βέλτιστων τιμών των παραμέτρων, συναρτήσει του εν λόγω μέτρου, εξετάζοντας συστηματικά ένα μεγάλο αριθμό εναλλακτικών πρακτικών διαχείρισης. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται σύζευξη των μεθόδων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης, που συνδυάζει την ακριβή αναπαράσταση της λειτουργίας του συστήματος και τον εντοπισμό της αντικειμενικά καλύτερης πολιτικής διαχείρισης, και μάλιστα με εύλογο υπολογιστικό φόρτο, λόγω του μικρού αριθμού των παραμέτρων.

Οι μεταβλητές ελέγχου, βάσει των οποίων γίνεται η βελτιστοποίηση αναφέρονται:

1. Στις παραμέτρους των κανόνων λειτουργίας των υδραυλικών έργων (2 ή 1 για ταμειυτήρες και 2 για γεωτρήσεις). Οι παράμετροι αυτοί μπορεί να μεταβάλλονται ανάλογα με την εποχή του έτους. Στην περίπτωση αυτή, το υδρολογικό έτος χωρίζεται σε μια περίοδο πλήρωσης (χειμώνας και άνοιξη), κατά την οποία ο ρυθμός των εισροών υπερβαίνει το ρυθμό των εκφορτίσεων (απολήψεων), και σε μια περίοδο εκκένωσης (καλοκαίρι και φθινόπωρο), κατά την οποία συμβαίνει το αντίθετο (4 ή 2 παράμετροι για ταμειυτήρες και 4 για γεωτρήσεις).
2. Στις τιμές στόχων και λειτουργικών περιορισμών, με την προϋπόθεση ότι αυτές έχουν διαχρονική ισχύ. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να αναζητήσει μια σταθερή τιμή για όλους τους μήνες του έτους, δύο σταθερές τιμές για τις αντίστοιχες περιόδους του έτους, μια σταθερή μέση τιμή για όλο το έτος, που διατηρεί μια συγκεκριμένη μηνιαία κατανομή ή μεμονωμένες τιμές για κάθε μήνα του έτους.

Η αναζήτηση των μεταβλητών γίνεται σε ένα πεπερασμένο διάστημα που καλείται εφικτός χώρος και προσδιορίζεται από μια ελάχιστη (μεγαλύτερη του

μηδενός) και μια μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή. Όσον αφορά στις αδιάστατες παραμέτρους των κανόνων λειτουργίας, το εύρος διακύμανσής τους δεν μπορεί να ξεπερνά το διάστημα $[0, 1]$.

Το μέτρο επίδοσης είναι ένας καθολικός αριθμητικός δείκτης, βάσει του οποίου αποτιμάται ποσοτικά μια συγκεκριμένη διαχειριστική πολιτική. Ο δείκτης αυτός εξαρτάται από το κριτήριο ή τα κριτήρια (πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση) ελέγχου και, στην περίπτωση της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης, από συντελεστές βάρους που εκφράζουν τη σχετική σπουδαιότητα των κριτηρίων. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα ή περισσότερα κριτήρια από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- Μέση ετήσια κατανάλωση νερού σε επιλεγμένους κόμβους και ταμιευτήρες.
- Μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας επιλεγμένων στόχων και περιορισμών.
- Μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας επιλεγμένων στόχων και περιορισμών.
- Μέσο ετήσιο έλλειμμα επιλεγμένων στόχων και περιορισμών.
- Μέγιστο ετήσιο έλλειμμα επιλεγμένων στόχων και περιορισμών.
- Μέση ετήσια οικονομική επίδοση υδροσυστήματος (άθροισμα κόστους-οφέλους).
- Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας.
- Ετήσια παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας.
- Μέσες ετήσιες απώλειες λόγω υπερχείλισης.

Για τη βελτιστοποίηση χρησιμοποιείται ο εξελικτικός αλγόριθμος ανόπτησης-απλόκου. Τα βασικά ορίσματα του αλγόριθμου περιλαμβάνουν:

1. Την επιλογή μεταβλητών ελέγχου.
2. Τη διαμόρφωση των ορίων του εφικτού χώρου, δηλαδή της ελάχιστης και μέγιστης τιμής κάθε μεταβλητής.
3. Την επιλογή κριτηρίων και αντίστοιχων συντελεστών βάρους.

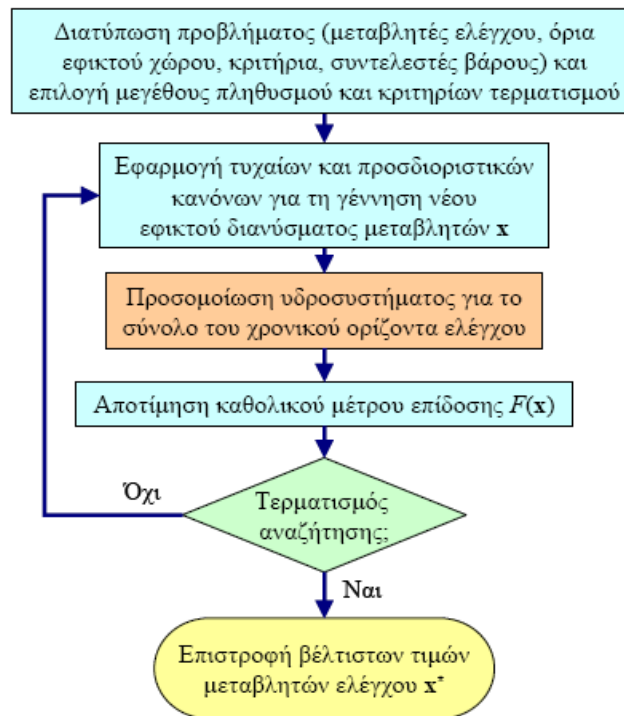
3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Στον αλγόριθμο αυτό επιλέγονται τυχαίες τιμές για τις μεταβλητές ελέγχου, γίνεται η προσομοίωση και αποτιμάται η στοχαστική συνάρτησης. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί και η εξέλιξη των λύσεων γίνεται κατά στάδια, που ονομάζονται γενιές. Ο αλγόριθμος τερματίζεται αν ισχύει η μία από τις παρακάτω συνθήκες:

- Η σχετική βελτίωση της τιμής της στοχαστικής συνάρτησης από γενιά σε γενιά γίνει μικρότερη από κάποια ανοχή (κριτήριο σύγκλισης).
- Όταν ξεπεραστεί ένας προβλεπόμενος αριθμός δοκιμών (κριτήριο τερματισμού).

Η ανοχή (εκφρασμένη ως ποσοστό) και ο μέγιστος αριθμός δοκιμών αποτελούν επίσης παραμέτρους εισόδου του αλγορίθμου. Το ποσοστό σύγκλισης λαμβάνει τιμές από 1% έως 5% ενώ ο μέγιστος αριθμός προσομοιώσεων είναι τουλάχιστον 100 φορές μεγαλύτερος από το πλήθος των μεταβλητών ελέγχου και αποτελεί το κριτήριο τερματισμού, που κατά κανόνα ικανοποιείται πρώτο. Ωστόσο, η τιμή του εξαρτάται και από το χρονικό φόρτο της προσομοίωσης, που είναι ευθέως ανάλογος του αριθμού των υδρολογικών σεναρίων που εξετάζονται και του χρονικού ορίζοντα ελέγχου, ενώ επηρεάζεται σημαντικά και από το μέγεθος του δικτύου (από το οποίο εξαρτάται το πλήθος των περιορισμών του γραμμικού προβλήματος κατανομής).

Παρακάτω φαίνεται ένα διάγραμμα ροής της διαδικασίας βελτιστοποίησης που περιγράφηκε (**Εικόνα 3-5**):



Εικόνα 3-5: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας βελτιστοποίησης (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007)

Τέλος υπενθυμίζεται ότι η προσομοίωση ενσωματώνει μια βήμα-προς-βήμα διαδικασία γραμμικής βελτιστοποίησης, που επιλέγει την οικονομικότερη κατανομή των υδατικών πόρων στο υδροσύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τις επίκαιρες συνθήκες προσφοράς και ζήτησης.

3.3.5. Αποτελέσματα ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ διατηρεί στη μνήμη του όλες τις χρονοσειρές απόκρισης, οι οποίες αποτελούν προγνώσεις όλων των μεταβλητών του μαθηματικού μοντέλου υδροσυστήματος. Οι μεμονωμένες τιμές των εν λόγω χρονοσειρών δεν έχουν πρακτική αξία, καθώς αναφέρονται σε ένα τεράστιο πλήθος πιθανών πραγματοποιήσεων των αντίστοιχων μεταβλητών, για κάθε σενάριο εισροών και κάθε χρονικό βήμα. Για το λόγο αυτό, απαιτείται μια επεξεργασία των εν λόγω δειγμάτων, με σκοπό την παραγωγή αποτελεσμάτων γενικού ενδιαφέροντος, που συμβάλλουν στην καλύτερη εποπτεία του συστήματος, την αξιολόγηση των επιλογών και παραδοχών του χρήστη και, τελικά, τη λήψη αποφάσεων.

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εντάσσονται στις εξής κατηγορίες:

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

- Συγκεντρωτικά μεγέθη υδροσυστήματος.
- Υδατικά και ενεργειακά ισοζύγια.
- Πιθανότητες αστοχίας.
- Καμπύλες πρόγνωσης αποθεμάτων και παροχών.

Τα **συγκεντρωτικά αποτελέσματα** αναφέρονται στα ακόλουθα μεγέθη, που υπολογίζονται σε μέση ετήσια βάση:

- Ολικό κόστος χρήσης υδραγωγείων, πάγιο και μεταβλητό.
- Ολικό κόστος χρήσης αντλιοστασίων και γεωτρήσεων, πάγιο και μεταβλητό.
- Ολικό όφελος παραγωγής ενέργειας.
- Ολική κατανάλωση νερού σε κόμβους και ταμιευτήρες.
- Παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας στους στρόβιλους.
- Κατανάλωση ενέργειας στα αντλιοστάσια και γεωτρήσεις.
- Ολικές απώλειες λόγω υπερχειλίσης.

Το πάγιο κόστος αναφέρεται σε μια σταθερή δαπάνη, που πραγματοποιείται σε κάθε χρονικό βήμα που ενεργοποιείται η σχετική συνιστώσα του δικτύου, ενώ το μεταβλητό κόστος είναι ευθέως ανάλογο της διερχόμενης παροχής στα υδραγωγεία ή της καταναλισκόμενης ενέργειας στις γεωτρήσεις και αντλιοστάσια. Η πάγια δαπάνη λαμβάνεται υπόψη μόνο στην αποτίμηση της διαχειριστικής πολιτικής, μετά το πέρας της προσομοίωσης, και όχι στο βήμα-προς-βήμα μοντέλο κατανομής, δηλαδή κατά τη λήψη των αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

Τα υδατικά και ενεργειακά ισοζύγια υπολογίζονται για δεδομένη χρονική περίοδο, την οποία ορίζει ο χρήστης. Τα εν λόγω ισοζύγια αναφέρονται σε όλες τις συνιστώσες του δικτύου (ταμιευτήρες, κόμβοι, υδατορεύματα, υδραγωγεία, γεωτρήσεις, στρόβιλοι, αντλιοστάσια) και προκύπτουν με στατιστική επεξεργασία των σεναρίων πρόγνωσης. Όλα τα αποτελέσματα δίνονται με τη μορφή μέσων τιμών και τυπικών αποκλίσεων κάθε μεταβλητής, για τη συγκεκριμένη χρονική

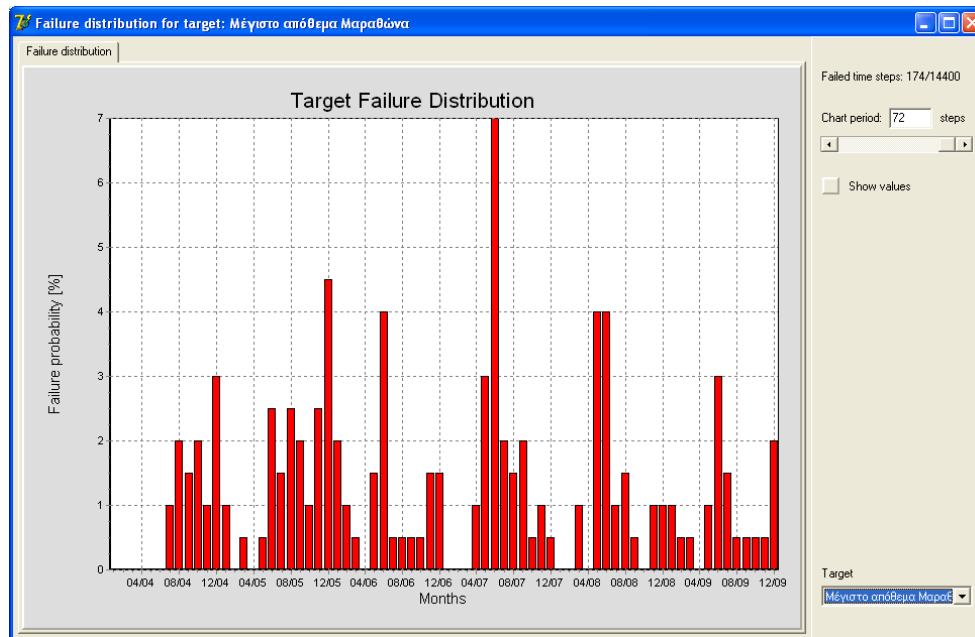
Οι αστοχίες των στόχων και λειτουργικών περιορισμών δίνονται σε υπερετήσια και μηνιαία κλίμακα. Στην υπερετήσια κλίμακα υπολογίζονται τα ακόλουθα μέτρα αστοχίας:

- Μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας.
- Μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας.
- Πλήθος άστοχων χρονικών βημάτων.
- Μέσο ετήσιο έλλειμμα.
- Μέγιστο ετήσιο έλλειμμα.

Η μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας προκύπτει ως ο μέσος όρος των αστοχιών όλων των σεναρίων, για το σύνολο του χρονικού ορίζοντα ελέγχου. Η μέγιστη ετήσια πιθανότητα αναφέρεται στο πλέον δυσμενές έτος, αυτόν δηλαδή κατά το οποίο αστοχούν τα περισσότερα σενάρια, και είναι συνεπώς πιο ρεαλιστικός ως δείκτης. Υπενθυμίζεται ότι το μοντέλο καταγράφει αστοχία υδρολογικού έτους εφόσον παραβιαστεί κάποιος στόχος ή περιορισμός, έστω και για ένα μήνα του έτους.

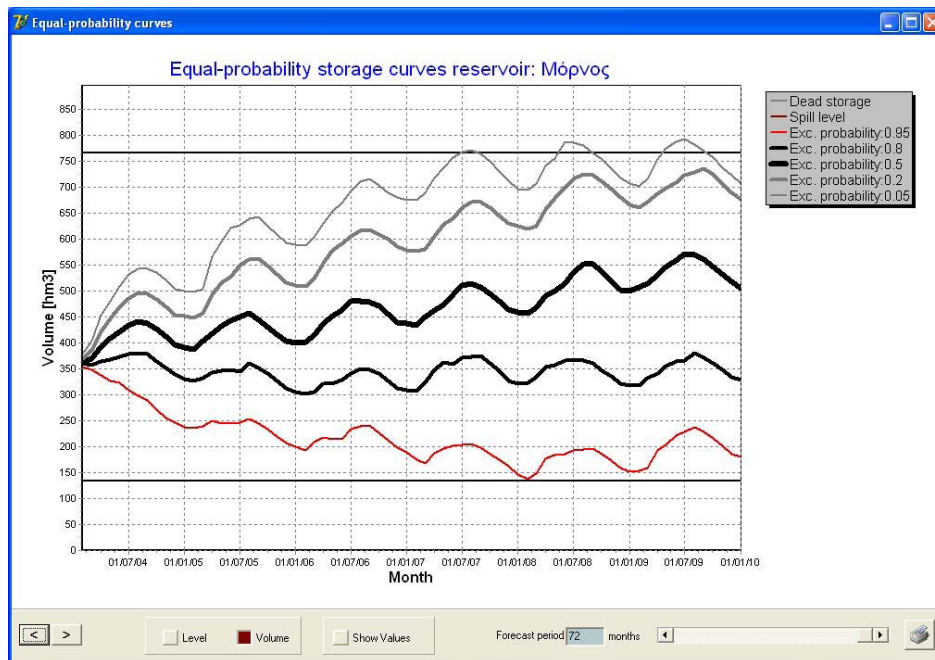
Στη μηνιαία κλίμακα, το πρόγραμμα απαριθμεί σε κάθε χρονικό βήμα τον αριθμό των σεναρίων που αστόχησαν, οπότε «προβλέπει» την αντίστοιχη εμπειρική πιθανότητα αστοχίας(Εικόνα 3-6). Με αυτό τον τρόπο επιτρέπεται στο χρήστη ο εντοπισμός των χρονικών περιόδων υψηλού ρίσκου, και τη λήψη κατάλληλων μέτρων για τον περιορισμό του εν λόγω ρίσκου.

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»



Εικόνα 3-6: Παράδειγμα πρόγνωσης μηνιαίας πιθανότητας αστοχίας (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007)

Τέλος, οι καμπύλες πρόγνωσης προκύπτουν με στατιστική επεξεργασία των κύριων αποκρίσεων του μοντέλου (αποθέματα, παροχές) για όλα τα σενάρια και σε κάθε χρονικό βήμα. Συγκεκριμένα, για κάθε μήνα το πρόγραμμα αναλύει το δείγμα των εφικτών αποκρίσεων (όπως προκύπτει για το σύνολο των σεναρίων πρόγνωσης), βάσει του οποίου εκτιμά εμπειρικές πιθανότητες υπέρβασης για τιμές 5, 20, 50, 80 και 95%. Τα αντίστοιχα όρια που προκύπτουν, άρα και η αβεβαιότητα των προγνώσεων, έχουν εύρος που αυξάνει γρήγορα μετά τα πρώτα χρονικά βήματα, γεγονός που εξηγείται από τη χαμηλή (όχι όμως και μηδενική) στατιστική εξάρτηση των εισροών από τις πραγματοποιήσεις των έστω και λίγο απομακρυσμένων χρονικά μηνών. Παρατηρείται ακόμη ότι, όσον αφορά στα αποθέματα των ταμιευτήρων, αυτά ξεκινούν από την ίδια αρχική συνθήκη, που είναι η πραγματική στάθμη στην αρχή της προσομοίωσης. (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007)



Εικόνα 3-7: Καμπύλες πρόγνωσης αποθέματος για πιθανότητες υπέρβασης 5, 20, 50, 80 και 95% (Ευστρατιάδης, Καραβοκυρός, Κουτσογιάννης 2007)

Τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης είναι τα νομογραφήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω (Εικόνα 3-4). Οι βελτιστοποιημένοι κανόνες λειτουργίας του συστήματος, εξαρτώνται μόνο από τα στατιστικά χαρακτηριστικά των εισροών, σε αντίθεση με τις βήμα προς βήμα απολήψεις, που εξαρτώνται από την ακολουθία των εισροών. Επομένως η διαχείριση του υδροσυστήματος μπορεί να γίνεται βάσει των συγκεκριμένων κανόνων, χωρίς να απαιτείται επικαιροποίηση του μοντέλου, εφόσον δε μεταβάλλονται ουσιαστικά οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος.

3.4. Υδρογνώμων

3.4.1. Γενικά

Ο «Υδρογνώμων» είναι ένα εργαλείο πληροφορικής για τη διαχείριση και ανάλυση της υδρολογικής πληροφορίας. Η ανάκτηση, επεξεργασία και οπτικοποίηση των δεδομένων υποστηρίζεται από πολυγλωσσικό γραφικό περιβάλλον εργασίας. Η διαχείριση των δεδομένων βασίζεται στη γεωγραφική οργάνωση οντοτήτων όπως μετρητικοί σταθμοί, λεκάνες απορροής και ταμιευτήρες. Σε κάθε οντότητα αντιστοιχούν χρονοσειρές, φυσικές ιδιότητες, υπολογιστικές παράμετροι, οπτικοακουστικό υλικό, κτλ. Η κύρια ενότητα της ανάλυσης υδρολογικών δεδομένων περιλαμβάνει εφαρμογές επεξεργασίας χρονοσειρών, όπως συνάθροιση και

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

κανονικοποίηση χρονικού βήματος, παρεμβολή, ανάλυση παλινδρόμησης και συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών, ελέγχους συνέπειας, φιλτράρισμα δεδομένων, οπτικοποίηση χρονοσειρών με χρήση γραφημάτων και πινάκων, κτλ. Το πρόγραμμα υποστηρίζει ακόμη εξειδικευμένες υδρολογικές εφαρμογές, στις οποίες περιλαμβάνονται μοντέλα εξατμοδιαπνοής, κατασκευή καμπυλών στάθμης-παροχής, έλεγχοι ομοιογένειας, ανάλυση υδατικού ισοζυγίου, κτλ. Η στατιστική ενότητα παρέχει εργαλεία για ανάλυση δειγμάτων, συναρτήσεις κατανομής, στατιστική πρόγνωση, προσομοίωση Monte-Carlo, ανάλυση ακραίων γεγονότων και κατασκευή όμβριων καμπυλών (Α. Ευστρατιάδης, Δ. Κουτσογιάννης και Σ. Κοζάνης-2005).

Αναλυτικότερα οι σημαντικότερες λειτουργίες που επιτελεί το σύστημα είναι οι ακόλουθες:

1. Μετατροπή χρονοσειρών σε σταθερό χρονικό βήμα (ως γνωστόν, οι πρωτογενείς χρονοσειρές έχουν κάποια σταθερότητα, αλλά συχνά παρουσιάζουν διαταραχές, η εξάλειψη των οποίων είναι αναγκαία για περαιτέρω επεξεργασία).
2. Εξαγωγή χρονοσειρών μεγαλύτερου χρονικού βήματος (συνάθροιση).
3. Τυπικοί έλεγχοι συνέπειας όπως ομοιογένειας, ακραίων τιμών και χρονικής συνέπειας.
4. Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ χρονοσειρών, πολλαπλή παλινδρόμηση, οργανική συσχέτιση και αυτοσυσχέτιση.
5. Υδατικά ισοζύγια: ταμιευτήρων, αγωγών καθώς και αδρομερές μοντέλο βροχής – απορροής.
6. Συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών με χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης, δυνατότητα εισαγωγή τυχαίου όρου για διατήρηση των στατιστικών χαρακτηριστικών. Επέκταση χρονοσειρών.
7. Γραμμικές πράξεις μεταξύ χρονοσειρών
8. Κατάρτιση καμπυλών στάθμης – παροχής με στατιστικές μεθόδους και καμπυλών επέκτασης με χρησιμοποίηση υδραυλικών εξισώσεων

9. Εξαγωγή χρονοσειρών παροχών από χρονοσειρές στάθμης, καθώς και χρονοσειρών όγκου και επιφανείας από χρονοσειρές στάθμης ταμιευτήρων και λιμνών
10. Υπολογισμός εξάτμισης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής με αναλυτικές ή ημιεμπειρικές μεθόδους.
11. Επέκταση δειγμάτων εξατμοδιαπνοής.
12. Εύρεση στατιστικών χαρακτηριστικών δείγματος χρονοσειράς, προσαρμογή στατιστικών παραμέτρων, στατιστικές προγνώσεις, στατιστικοί έλεγχοι και εύρεση διαστημάτων εμπιστοσύνης
13. Ανάλυση χρονοσειρών εξαιρετικών βροχοπτώσεων - κατάρτιση ομβρίων καμπυλών με συνεπείς μεθοδολογίες.

Παρακάτω φαίνεται μια σχηματική αναπαράσταση του Συστήματος Διαχείρισης και Επεξεργασίας Χρονοσειρών «Υδρογνώμων»(Εικόνα 3-8), καθώς και των υποσυστημάτων τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό (ειδικές μονάδες) και πραγματοποιούν προχωρημένες επεξεργασίες



Εικόνα 3-8: Σχηματική αναπαράσταση του Συστήματος Διαχείρισης και Επεξεργασίας Χρονοσειρών «Υδρογνώμων» (Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουτσογιάννης και Σ. Κοζάνης-2005)

Στην παρούσα εφαρμογή, η εισαγωγή των δεδομένων εισόδου (χρονοσειρές) του υπολογιστικού συστήματος «Υδρονομέας» έγινε μέσω του συστήματος

«Υδρογνώμων». Πρέπει να σημειωθεί πως τα δεδομένα εισόδου ήταν συνθετικές χρονοσειρές, η παραγωγή των οποίων έγινε από το υποσύστημα του Υδρογνώμονα «Κασταλία».

3.4.2. Το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία»

Το σύστημά «Κασταλία» είναι ένα σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης και πρόγνωσης υδρολογικών μεταβλητών. Το σύστημα εφαρμόζει ένα πρωτότυπο σχήμα στοχαστικής ανάλυσης πολλών μεταβλητών και δύο χρονικών επιπέδων, κατάλληλο αφενός για τη διατήρηση των ουσιωδών στατιστικών χαρακτηριστικών των ιστορικών χρονοσειρών και αφετέρου για την αναπαραγωγή χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των υδρολογικών ανελίξεων, όπως της εμμονής (υδρολογική εμμονή- ιδιότητα των υγρών και ξηρών ετών να εμφανίζονται κατά ομάδες, σχηματίζοντας μακρές περιόδους υψηλής και χαμηλής υδροφορίας, αντίστοιχα), της περιοδικότητας και της ασυμμετρίας. Το μαθηματικό μοντέλο χρησιμοποιείται για την παραγωγή συνθετικών υδρολογικών χρονοσειρών, που διατηρούν τα χαρακτηριστικά των ιστορικών χρονοσειρών, στα πλαίσια των μοντέλων προσομοίωσης που είναι συνιστώσες των συστημάτων λήψης αποφάσεων για τη διαχείριση υδροσυστημάτων. Οι συνθετικές χρονοσειρές αναφέρονται στις υδρομετεωρολογικές διεργασίες που λαμβάνουν μέρος σε ένα υδροσύστημα, όπως απορροές, βροχοπτώσεις και εξατμίσεις των ταμιευτήρων. Το τελικό προϊόν (το υπολογιστικό σύστημα «Κασταλία») υλοποιείται ως τμήμα του λογισμικού διαχείρισης και επεξεργασίας υδρολογικών δεδομένων «Υδρογνώμων».

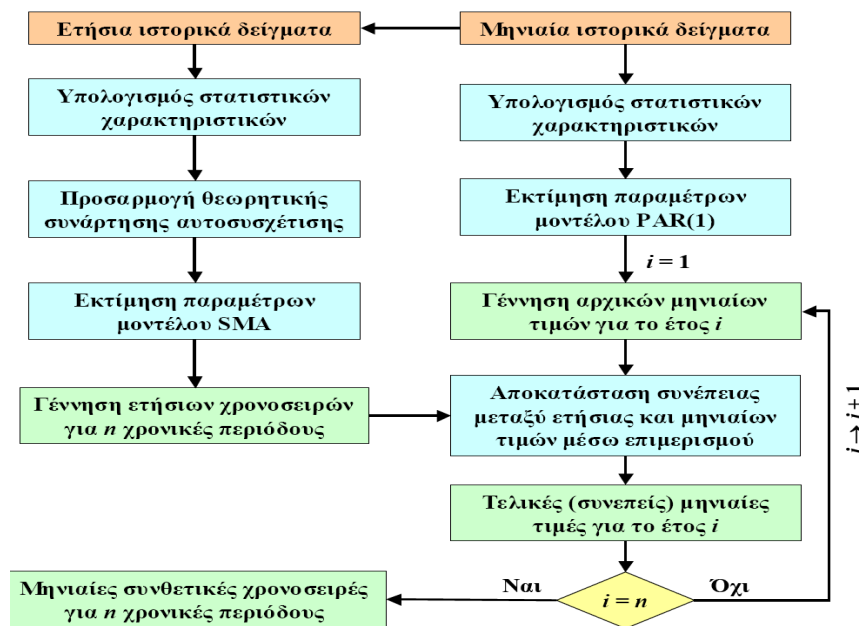
Για τη γέννηση συνθετικών χρονοσειρών υιοθετήθηκε ένα στοχαστικό σχήμα πολλών μεταβλητών, το οποίο υλοποιείται σε δύο χρονικά επίπεδα. Κάθε μεταβλητή αναφέρεται σε συγκεκριμένη υδρολογική διεργασία, που λαμβάνει χώρα σε συγκεκριμένη γεωγραφική θέση. Το πρώτο επίπεδο (υψηλό επίπεδο) αναφέρεται σε χρονοσειρές αραιής χρονικής κλίμακας, η ισοδιάσταση της οποίας θα καλείται εφεξής *περίοδος*, ενώ το δεύτερο επίπεδο (χαμηλό επίπεδο) αναφέρεται σε πυκνότερη χρονική κλίμακα, που θα καλείται *υποπερίοδος*. Ως υψηλή χρονική κλίμακα επιλέγεται η ετήσια, για την οποία οι στοχαστικές ανελίξεις θεωρούνται στάσιμες, ενώ ως χαμηλή χρονική κλίμακα επιλέγεται η μηνιαία, που είναι η συνήθης κλίμακα στη διαχείριση συστημάτων υδατικών πόρων.

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά που διατηρούνται και αναπαράγονται στις συνθετικές χρονοσειρές εντάσσονται σε δύο κατηγορίες παραμέτρων και είναι:

1. Οι παράμετροι των περιθωρίων συναρτήσεων κατανομής, και συγκεκριμένα οι μέσες τιμές, οι τυπικές αποκλίσεις και οι συντελεστές ασυμμετρίας.
2. Οι παράμετροι των από κοινού συναρτήσεων κατανομής, και συγκεκριμένα οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης και οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης μηδενικής τάξης.

Οι παραπάνω συνιστούν το ελάχιστο σύνολο ουσιαδών στατιστικών παραμέτρων που, κατά κανόνα, απαιτούνται για την αναπαραγωγή της διάταξης των υδρολογικών μεταβλητών στα πλαίσια της στοχαστικής προσομοίωσης ενός υδροσυστήματος. Για την εκτίμηση των δειγματικών τιμών των παραμέτρων εφαρμόζονται τυπικές στατιστικές επεξεργασίες πάνω στις ιστορικές χρονοσειρές. Η γέννηση των χρονοσειρών γίνεται από την υψηλότερη στη χαμηλότερη χρονική κλίμακα.



Εικόνα 3-9: Διάγραμμα ροής σχήματος γέννησης συνθετικών χρονοσειρών για τη στοχαστική προσομοίωση συστημάτων υδατικών πόρων σε μηνιαία χρονική κλίμακα, για n συνολικά έτη(A.

Ευστρατιάδης, Α. Κουτσογιάννης και Σ. Κοζάνης-2005)

Το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας γέννησης συνθετικών χρονοσειρών απεικονίζεται παραπάνω (Εικόνα 3-9). Είσοδος του μοντέλου είναι τα μηνιαία

3. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

ιστορικά δείγματα των μεταβλητών, βάσει των οποίων προκύπτουν τα αντίστοιχα ετήσια. Πρώτα υπολογίζονται τα δειγματικά στατιστικά χαρακτηριστικά, τόσο σε μηνιαία όσο και σε ετήσια βάση. Στη συνέχεια, για κάθε ετήσια μεταβλητή ορίζεται μια θεωρητική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (πόσο καλά εκτιμάται η τιμή x_{t+1} , αν θεωρηθεί γραμμική συνάρτηση της x_t), η οποία περιγράφει τη μακροπρόθεσμη εμμονή της αντίστοιχης υδρολογικής διεργασίας. Η δομή της αυτοσυσχέτισης αναπαράγεται μέσω ενός στάσιμου μοντέλου συμμετρικά κινούμενων μέσων όρων (μοντέλο SMA), οι παράμετροι του οποίου εκτιμώνται συναρτήσει των στατιστικών χαρακτηριστικών των ετήσιων ιστορικών χρονοσειρών. Το μοντέλο SMA, που σημειωτέον είναι γενικευμένο ώστε να προσαρμόζεται σε πολυμεταβλητά σχήματα προσομοίωσης, χρησιμοποιείται για τη γέννηση συνθετικών χρονοσειρών σε όλες τις θέσεις και για όλον το χρονικό ορίζοντα της προσομοίωσης.

Για τη στοχαστική προσομοίωση των μηνιαίων μεταβλητών χρησιμοποιείται ως βάση ένα περιοδικό μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης πρώτης τάξης, το PAR(1), διατυπωμένο ως πολυμεταβλητό. Οι παράμετροι του μοντέλου εκτιμώνται συναρτήσει των στατιστικών χαρακτηριστικών των μηνιαίων ιστορικών χρονοσειρών. Η γέννηση των μηνιαίων συνθετικών χρονοσειρών, η οποία προϋποθέτει να έχει ολοκληρωθεί η παραγωγή των ετήσιων συνθετικών τιμών, γίνεται σε στάδια Αρχικά, για κάθε ένα έτος ξεχωριστά, γεννώνται 12 μηνιαίες τιμές μέσω του μοντέλου PAR(1), οι οποίες προφανώς δεν είναι συνεπείς με τις αντίστοιχες ετήσιες. Για την αποκατάσταση της συνέπειας, εφαρμόζεται μια διαδικασία γραμμικής αναγωγής (μοντέλο επιμερισμού), μέσω της οποίας οι μηνιαίες συνθετικές τιμές διορθώνονται, ώστε συναθροιζόμενες να ισούνται με την αντίστοιχη ετήσια. Η διαδικασία γέννησης μηνιαίων τιμών επαναλαμβάνεται για όλα τα έτη, οπότε προκύπτει ένα τελικό συνθετικό δείγμα μηνιαίων τιμών που είναι συνεπές με το ετήσιο, το οποίο έχει προκύψει με εφαρμογή του μοντέλου SMA, αναπαράγοντας κατ' αυτόν τον τρόπο το ιδιαίτερα κρίσιμο φαινόμενο της εμμονής (Α. Ευστρατιάδης, Δ. Κουτσογιάννης και Σ. Κοζάνης-2005).

4. Περιοχή Μελέτης

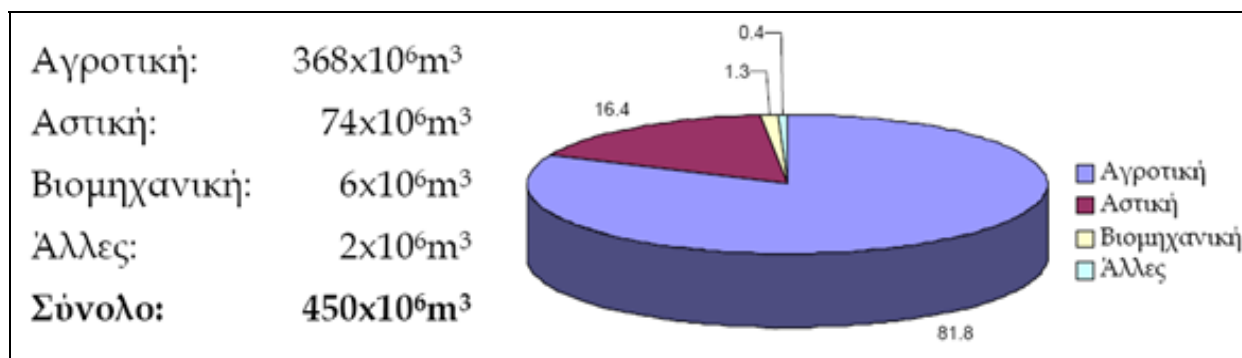
4.1. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης

Το υδατικό διαμέρισμα Κρήτης αποτελεί ένα από τα 14 υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Περιλαμβάνει το ομώνυμο νησί μαζί με τα μικρά νησιά που βρίσκονται κοντά του όπως Γαύδος, Ντία, Κουφονήσι, Γαϊδουρονήσι ή Χρυσή, Διονυσάδες, Σπιναλόγκα και Παξιμάδι, εκ των οποίων τα περισσότερα είναι ακατοίκητα. Περιλαμβάνει τους νομούς Χανίων, Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου. Βρέχεται βόρεια από το Κρητικό Πέλαγος και Νότια από το Λιβυκό Πέλαγος. Έχει συνολική έκταση 8.335 km^2 και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας.

Δέχεται κατά μέσο όρο $8.074 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού από κατακρημνίσματα. Το ισχυρό ανάγλυφο του Υδατικού Διαμερίσματος και η πολύπλοκη γεωλογική δομή του δημιουργούν ποικιλία στη διακίνηση του νερού, τόσο του επιφανειακού, όσο και του υπόγειου. Ως αποτέλεσμα αυτών, παρατηρείται η ανάπτυξη πολλών μικρών υδρολογικών λεκανών που η έκτασή τους όμως δεν ξεπερνά τα 600 km^2 . Το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, χειμαρρώδους χαρακτήρα παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση των παροχών του. Τα κυριότερα ρέματα είναι: ο Γεροπόταμος, ο Πλατανιάς Χανίων και ο Κουρταλιώτης Ρεθύμνου που διατηρούν μόνιμη ροή σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και ο Αναποδάρης, ο Κερίτης και ο Πλατής που εμφανίζουν χειμαρρώδη ροή. Υπάρχουν επίσης δυο μικρές λίμνες, στο Ν. Χανίων, του Κουρνά και της Αγκυιάς(τεχνητή λίμνη).

Σύμφωνα με μελέτη του ΤΕΕ που εκπονήθηκε στο πλαίσιο του κοινοτικού προγράμματος Leonardo Da Vinci, το ετήσιο υδατικό δυναμικό της Κρήτης εκτιμάται σε $2.600 \times 10^6 \text{ m}^3$ από το οποίο $1.300 \times 10^6 \text{ m}^3$ αποτελούν το επιφανειακό υδατικό δυναμικό (συμπεριλαμβανομένων των πηγών που τροφοδοτούν τα επιφανειακά) και $1.300 \times 10^6 \text{ m}^3$ το υπόγειο. Στην ίδια μελέτη εκτιμάται ότι η ετήσια διαθεσιμότητα είναι 4.800 m^3 /κάτοικο, ενώ η κατανομή του νερού στις διάφορες χρήσεις για το έτος 1996 είναι (**Εικόνα 4-1**):

4. Περιοχή Μελέτης

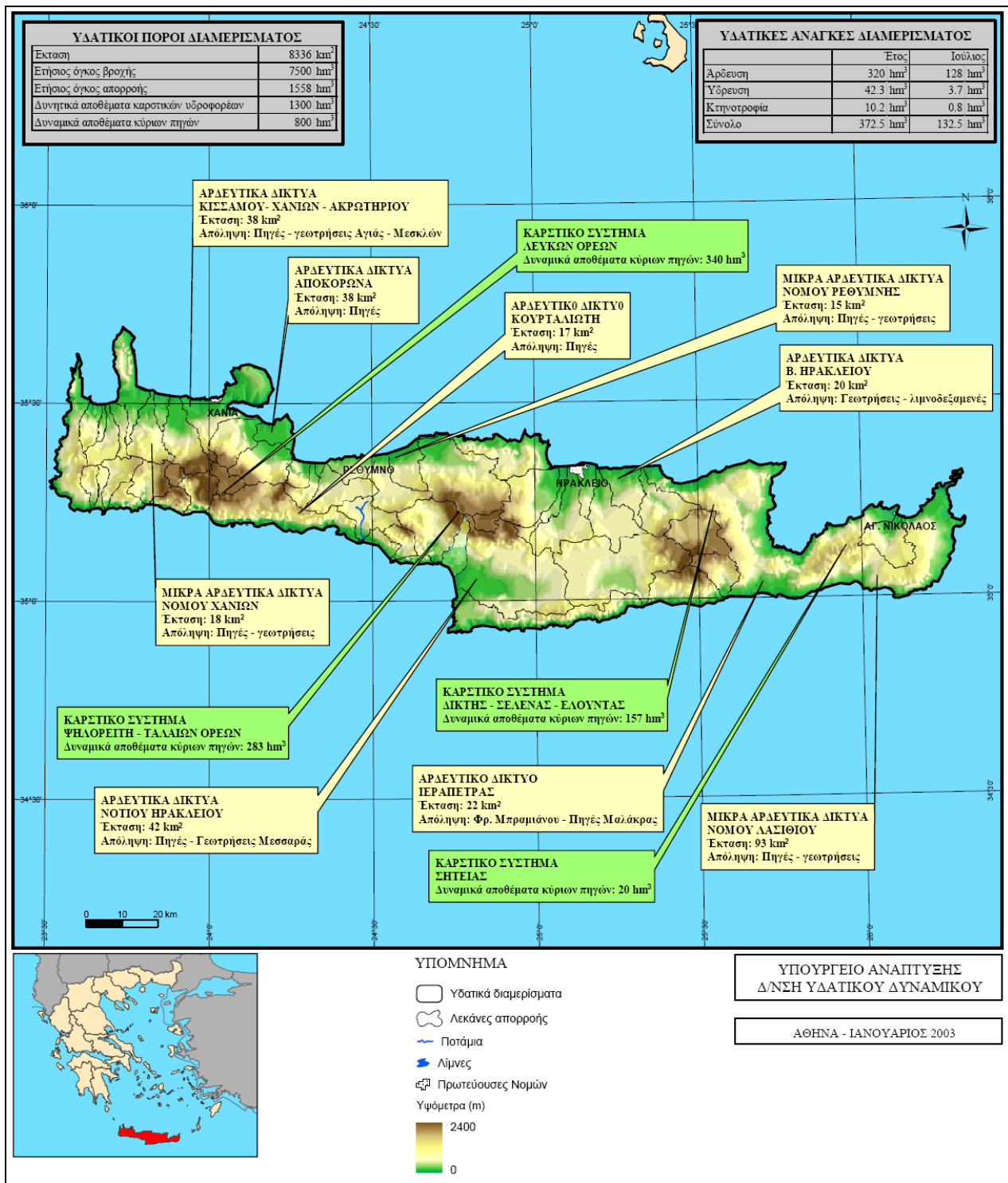


Εικόνα 4-1: Κατανομή του νερού στις διάφορες χρήσεις για το έτος 1996(Κυρ. Χατζηευαγγέλου 2005)

Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζει το υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης είναι η αντιστρόφως ανάλογη κατανομή των υδατικών πόρων του στο χώρο με τη διαμορφωμένη ζήτηση. Το μεγαλύτερο ποσοστό του υδατικού δυναμικού εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα, ενώ στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα, όπου οι ανάγκες είναι πολύ μεγαλύτερες (μεγάλες γεωργικές εκτάσεις, θερμοκήπια), εμφανίζονται μεγάλα ελλείμματα. Το γεγονός αυτό προκάλεσε και την εντατικοποίηση των αντλήσεων, στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα με αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση και την υποβάθμιση της στάθμης των υδροφορέων με συνέπεια την υφαλμύρυνσή τους σε ορισμένες παράκτιες περιοχές.

Οι αρμόδιοι φορείς που είναι επιφορτισμένοι με την άσκηση καθηκόντων διαχείρισης υδατικών πόρων είναι οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης(ΟΤΑ), οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων(ΤΟΕΒ), οι Οργανισμοί Ανάπτυξης Ανατολικής και Δυτικής Κρήτης(ΟΑΑΚ και ΟΑΔΥΚ), καθώς και διάφορα τμήματα στις Νομαρχίες και την Περιφέρεια και σε ορισμένα υπουργεία, όπως το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και τα Υπουργεία Ανάπτυξης, Γεωργίας. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί το πρόβλημα της αλληλοεπικάλυψης, και πολλές φορές, σύγκρουσης αρμοδιοτήτων μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων, που έχει συντελέσει στην αποσπασματική και συχνά αναποτελεσματική αντιμετώπιση του συστήματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων(Κυρ. Χατζηευαγγέλου 2005).

Το υδατικό διαμέρισμα, καθώς και μερικές γενικές πληροφορίες για αυτό, φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 4-2):



Εικόνα 4-2: Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης

4.2. Το Υδατικό Δυναμικό του νομού Χανίων

Ο νομός Χανίων είναι ο πλουσιότερος σε υδάτινο δυναμικό νομός της Κρήτης. Ετησίως, πέφτουν $2,5 \cdot 10^9$ m³ νερού, με μέσο ύψος βροχής 1100 mm/έτος (Πίνακας 4-2). Από αυτά, το 55% επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής,

4. Περιοχή Μελέτης

($1,4 \cdot 10^9$ m³/έτος), το 15% απορρέει επιφανειακά ($0,35 \cdot 10^9$ m³/έτος) και το 30% απορρέει υπόγεια ($0,75 \cdot 10^9$ m³/έτος), με μεγάλη χρονική υστέρηση στην απορροή του. Η τελευταία ιδιότητα έχει πρακτικό ενδιαφέρον, δεδομένης της άνισης χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης στο νομό, 95% το χειμώνα και 5% το θέρος.

Οι μόνιμοι κάτοικοι του νομού είναι 150.289 (απογραφή 2001). Η ύδρευση του νομού απαιτεί περίπου $11 \cdot 10^6$ m³/έτος νερού. Επίσης οι τουριστικές κλίνες στο νομό είναι 42.706 (ΕΟΤ 2003) και η κάλυψη των αναγκών σε νερό για την τουριστική χρήση είναι περίπου $4,5 \cdot 10^6$ m³/έτος.

Οι υδρολογικές συνθήκες καθορίζονται στο νομό από μερικούς βασικούς παράγοντες, π.χ. ύψος βροχής, κλίσεις εδάφους, θερμοκρασία κ.α. Σημαντικός όμως παράγων είναι η γεωλογία του, και η τεκτονική του δομή.

Πίνακας 4-1: Γενικά στοιχεία νομού Χανίων (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004)

Μέγεθος	Τιμή
Συνολική Έκταση (στρέμματα)	2.320.000
Συνολική Γεωργική Γή	600.000
Συνολική Αρδευόμενη Έκταση (στρέμματα)	258.000
Υδατικ. Ανάγκες Αρδευόμενης έκτασης (10^6 m ³ /έτος)	130
Υδατικ. Ανάγκες *Αρδευθείσας έκτασης (10^6 m ³ /έτος)	300
Διαθέσιμο Υδατικό Δυναμικό (10^9 m ³ /έτος)	1.1
Πλεόνασμα (10^9 m ³ /έτος)	0.97

* Αρδευθείσα έκταση: Έκταση δυνάμενη να αρδευτεί.

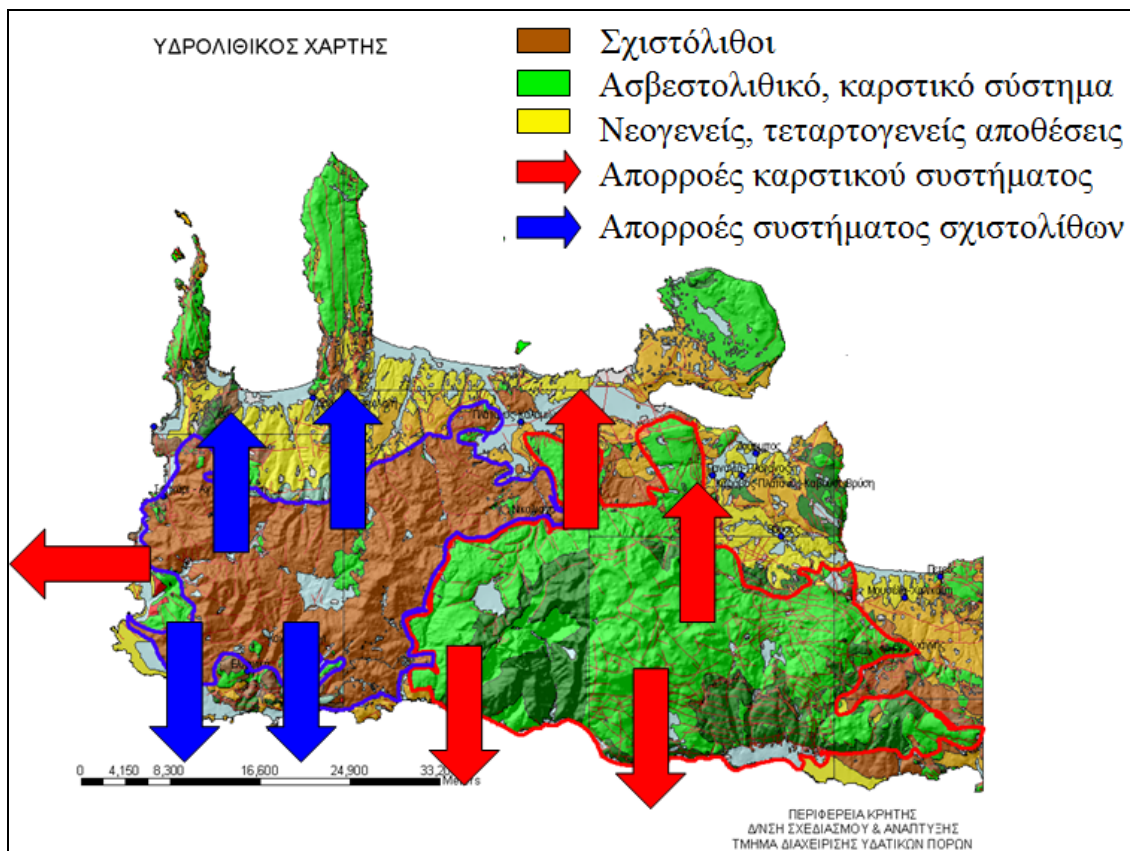
Πίνακας 4-2: Υδρολογικά στοιχεία νομού Χανίων(Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004)

Μέγεθος	Τιμή
Ύψος Βροχής(mm/έτος)	1.100
Συνολικός Όγκος Νερού (10^9 m ³ /έτος)	2.5
Εξατμισοδιαπνοή (10^9 m ³ /έτος)	1.4
Επιφανειακή Απορροή (10^6 m ³ /έτος)	350
Κατείσδυση (10^6 m ³ /έτος)	750

Το υδατικό δυναμικό του νομού Χανίων οφείλεται τόσο στο μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής του, όσο και κυρίως στην ύπαρξη του σημαντικού ορεινού συγκροτήματος των Λευκών Ορέων που δομούνται κατά κύριο λόγο από ανθρακικούς υδροπέρατους σχηματισμούς. Τα ανθρακικά πετρώματα των λευκών ορέων είναι έντονα τεκτονισμένα και καρστικοποιημένα, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που πέφτει σε αυτά, να κατεισδύει και στη συνέχεια να κινείται υπόγεια και να εμφανίζονται περιμετρικά πηγές γλυκού νερού, ενώ παράλληλα δημιουργούνται σημαντικοί υπόγειοι υδροφορείς.

Αναλυτικότερα στο νομό υπάρχουν τρεις κύριες υδρολιθικές ομάδες πετρωμάτων (Εικόνα 4-3):

1. Ασβεστολιθικό καρστικό σύστημα των Λευκών Ορέων
2. Οι σχιστόλιθοι (Φυλλίτες / Χαλαζίτες)
3. Οι νεογενείς, και τεταρτογενείς αποθέσεις (προσχώσεις)



Εικόνα 4-3: Υδρολιθικές ομάδες πετρωμάτων (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004)

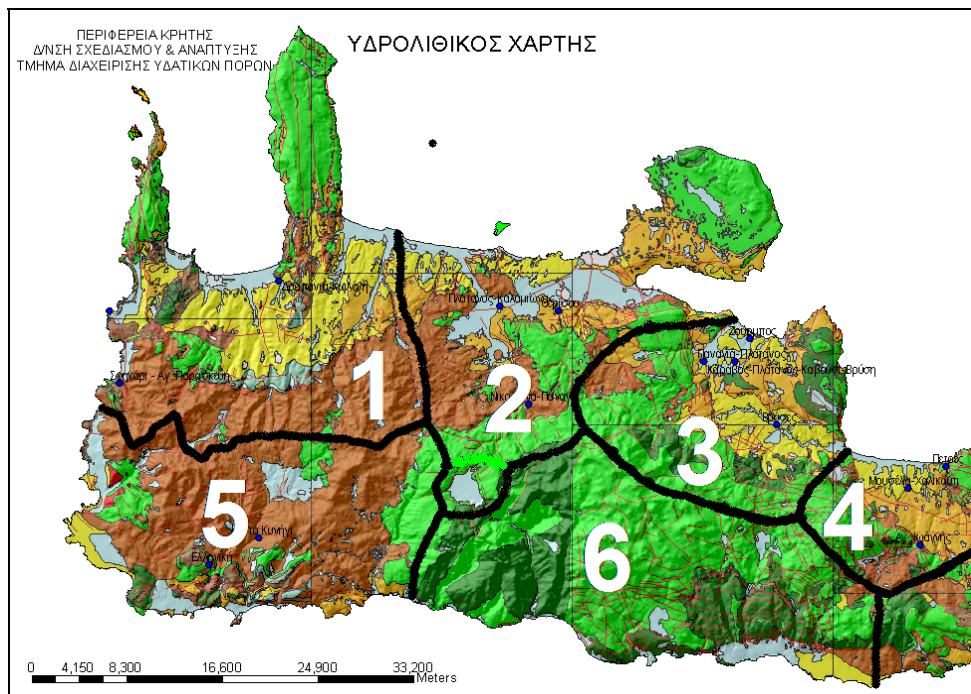
Η σημαντικότερη υδρολιθική ομάδα πετρωμάτων είναι το καρστικό ασβεστολιθικό σύστημα των Λ. Ορέων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νομού, με απορροές προς βορρά και νότο. Οι ετήσιες εκροές στο βόρειο χερσαίο τμήμα είναι περί τα $500 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Καταλαμβάνει έκταση 850 Km^2 , με ένα μέσο ύψος βροχόπτωσης περί τα 1700 mm/έτος (Ι.Γ.Μ.Ε.). Χαρακτηρίζεται από υψηλό συντελεστή κατείδυσης (50%). Κατά συνέπεια, μεγάλες ποσότητες νερού (περισσότερο από $700 \cdot 10^6 \text{ m}^3/έτος$, ΙΓΜΕ $720 \cdot 10^6 \text{ m}^3/έτος$) διακινούνται ετησίως υπόγεια μέσου αυτού.

Η δεύτερη υδρολιθική ομάδα είναι εκείνη των σχιστόλιθων. Βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νομού (Κίσσαμο και Σέλινο). Καταλαμβάνει περίπου 500 Km^2 , με ένα μέσο ύψος βροχής 700 mm/έτος . Ο μεγάλος συντελεστής επιφανειακής απορροής (95%), που το χαρακτηρίζει, έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πλούσιου επιφανειακού υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή (π.χ. Ταυρωνίτης, με τους παραποτάμους του, Δεκασιμιότη ή Ντεριανό, Σεμπρωνιότη, Ρουματιανό, τον Τυφλό ποταμό, τον Κακοπέρατο κ.α. που απορρέουν βόρεια, και Πελεκανιώτη, Σαρακινιώτη, Κακοδικιανό κ.α. με απορροές νότια). Το συνολικό ισοζύγιο της παραπάνω ζώνης εκτιμάται περί τα $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3/έτος$.

Η τρίτη υδρολιθική ομάδα είναι οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις (Μάργες, Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες, άργιλοι κ.α.). Η υδρολογική συμπεριφορά των παραπάνω πετρωμάτων είναι μικτή. Μερικά συστατικά τους ευνοούν τις επιφανειακές απορροές, και άλλα τις υπόγειες υδροφορίες (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004).

Η μορφολογία του εδάφους του νομού Χανίων (επιφανειακοί υδροκρίτες που καθορίζουν τη ροή των επιφανειακών υδάτων) σε συνδυασμό με τη γεωλογία και την τεκτονική του νομού (υπόγειους υδροκρίτες που κατευθύνουν την κίνηση του υπόγειου νερού) σχηματίζουν έξι λεκάνες απορροής ποταμού (σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 60/2000), δια μέσου των οποίων απορρέει το σύνολο του υδατικού δυναμικού του. Πρέπει να σημειωθεί πως για τον ορισμό των έξι Λ.Α. που προαναφέρθηκαν έγινε μερική ομαδοποίηση (περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, Οδηγία Ε.Ε. 60/2000 αρθ.2 παρ.15), με κριτήρια τη μεταξύ τους γειτνίαση, τα κοινά χαρακτηριστικά, την επάρκεια της υδατικής τους ικανότητας κ.α. Αυτές είναι:

1. Λεκάνη Ταυρωνίτη Κολένη
2. Λεκάνη Κερίτη
3. Λεκάνη Στύλου, Αρμένων, Ζούρμπου, Βρύσσεσ
4. Λεκάνη Κουρνά, Γεωργιούπολης
5. Λεκάνη Πελεκανιώτη, Σαρακινιώτη, Κακοδικιανού, Χρυσοκαλλιτίσας, Αγίας Ειρήνης
6. Λεκάνη ορεινού όγκου Λευκών Ορέων, Φραγκοκαστέλλου



Εικόνα 4-4: Λεκάνες Απορροής Ποταμού (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004)

4.3. Το Υδατικό Δυναμικό του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της εργασίας, θα διερευνηθεί το υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων. Οι λόγοι που επιλέχθηκε η περιοχή αυτή αναφέρονται παρακάτω:

1. Στο νομό Χανίων υπάρχουν πολλά ανεξάρτητα συστήματα υδατικών πόρων. Μερικά από αυτά έχουν μόνο μια πηγή τροφοδοσίας και ένα σημείο

κατανάλωσης (π.χ. μικρά χωριά). Το σύστημα υδατικών πόρων του βόρειου τμήματος του νομού είναι με διαφορά το μεγαλύτερο και πιο περίπλοκο στο νομό, καθώς περιλαμβάνει πολλές πηγές τροφοδοσίας, πολλά σημεία κατανάλωσης ενώ η μεταφορά του νερού από τις πηγές στα σημεία κατανάλωσης μπορεί να γίνει από πολλές εναλλακτικές διαδρομές. Κατά συνέπεια, η ανάγκη ορθολογικής διαχείρισης του συγκεκριμένου υδατικού συστήματος είναι μεγαλύτερη από των υπολοίπων.

2. Το σύστημα υδατικών πόρων του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων περιλαμβάνει τα σημαντικότερα τεχνικά έργα(π.χ. τεχνητή λίμνη Αγιάς) ενώ προβλέπεται η κατασκευή τεχνικών έργων τα οποία θα ενταχθούν σε αυτό (π.χ. φράγμα Ταυρωνίτη ποταμού, φράγμα Ρουματιανού ποταμού).
3. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων του νομού εξυπηρετείται από αυτό το σύστημα (ο δήμος Χανίων συμπεριλαμβάνεται στο σύστημα με πληθυσμό 53.373 κατοίκων έναντι του συνολικού πληθυσμού του νομού που είναι 150.289 κάτοικοι).
4. Το βόρειο τμήμα του νομού φιλοξενεί το μεγαλύτερο αριθμό τουριστών και έχει τις μεγαλύτερες ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις στο νομό (Δήμοι Χανίων, Πλατανιά, Κυδωνιάς). Βεβαίως, και στο νότιο τμήμα υπάρχουν τουριστικές περιοχές (Δήμος Πελεκάνου).

Οι πηγές τροφοδοσίας του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, καθώς και τα σημεία κατανάλωσης βρίσκονται στις τέσσερις από τις έξι λεκάνες απορροής ποταμού του νομού:

1. Λεκάνη Ταυρωνίτη Κολένη
2. Λεκάνη Κερίτη
3. Λεκάνη Στύλου, Αρμένων, Ζούρμπου, Βρύσσης
4. Λεκάνη Κουρνά, Γεωργιούπολης

Για την κάθε μια από τις παραπάνω λεκάνες, στις ενότητες που ακολουθούν, αναφέρονται ορισμένες πληροφορίες(Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004) :

4.3.1. Λεκάνη Ταυρωνίτη - Κολένι

Η λεκάνη βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού. Το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης είναι $80 \cdot 10^6$ m³/έτος. Τα $60 \cdot 10^6$ m³/έτος είναι του Ταυρωνίτη, τα $20 \cdot 10^6$ m³/έτος του Κολενίου. Κύριο υδρολογικό χαρακτηριστικό της λεκάνης του Ταυρωνίτη είναι οι επιφανειακές απορροές. Ο Ταυρωνίτης έχει τρεις παραπόταμους (Ντεριανό, Σεμπρωνιότη, Ρουματιανό). Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή μεταξύ των οικισμών Βουκολιές και Ταυρωνίτη σχηματίζεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας, μικρού βάθους (10-15m). Τροφοδοτείται από τις επιφανειακές απορροές του ποταμού Ταυρωνίτη. Έχει σαν υπόβαθρο τις μάργες του νεογενούς, και αξιοποιείται με φρέατα εξυπηρετώντας τοπικές ανάγκες, κυρίως άρδευσης. Ο φρεάτιος ορίζοντας, κατά τη θερινή περίοδο παρουσιάζει πτώση στις στάθμες του, λόγω της αποστράγγισής του και του περιορισμού, έως και μηδενισμού της τροφοδοσίας του από τις επιφανειακές απορροές. Δέχεται δε, το όποιο ρυπαντικό φορτίο της επιφανειακής απορροής της λεκάνης. Σε μεγαλύτερο βάθος υπάρχει δεύτερος υδροφόρος ορίζοντας, στις νεογενείς αποθέσεις. Το νερό του βαθύτερου ορίζοντα είναι ποιοτικά υποβαθμισμένο με θειικά ιόντα λόγω της ύπαρξης φακών γύψου εβαποριτικής προέλευσης. Η ύδρευση της περιοχής είναι προβληματική. Η άρδευση γίνεται με μεταφορά νερού από τον Κερίτη (πηγές Αγυιάς). Στις Β-Δ παρυφές της λεκάνης Ταυρωνίτη στους οικισμούς Επισκοπή έως Κολυμβάρι, αναπτύσσονται ανεξάρτητες, ασθενείς υπόγειες υδροφορίες, στο νεογενές υπόβαθρο της περιοχής. Η ελαφρώς αυξημένη περιεκτικότητα του νερού σε θειικά άλατα, οφείλεται και εδώ, στην παρουσία γύψου εντός των νεογενών αποθέσεων.

Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της υπολεκάνης του Κολενίου είναι μικτά. Χαρακτηρίζεται από: **1.** Επιφανειακές απορροές (χείμαρροι Τυφλός, Κακοπέρατος, Καμαριανός) και **2.** Υπόγειες υδροφορίες σε δύο διαφορετικά υψομετρικά επίπεδα. Έτσι υπάρχει μια υπόγεια λεκάνη στα 70m απόλυτο υψόμετρο (πηγές Καψιανιανά, γεωτρήσεις Τοπόλια, Ρόκας, Σφακοπηγάδι, Κουκουνάρας, Πολυρήνεια, Γρά, Κερά κ.α.) και μια δεύτερη στα 14m απόλυτο υψόμετρο (πηγές και γεωτρήσεις Κολενίου, γεωτρήσεις Ποταμίδα, Βουλγάρω, Μουρί κ.α.). Υπάρχει υδραυλική σχέση μεταξύ των δύο υδροφοριών. Η πρώτη τροφοδοτεί τη δεύτερη μετά την υπόγεια υπερχειλίση της, και η δεύτερη απορρέει τον κύριο όγκο του νερού της μέσω των πηγών Κολενίου (Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων). Στο δυτικό τμήμα της περιοχής

(Λουσακιές, Γραμβούσα, Πλάτανος, Σφηνάρι) υπάρχει ανεξάρτητος υπόγειος υδροκρίτης ο οποίος οριοθετεί υπόγεια λεκάνη μικρής δυναμικότητας, με απορροές προς τα δυτικά. Η παραπάνω λεκάνη παρουσιάζει προβλήματα υφαλμύρινσης στην παραλιακή ζώνη. Τροφοδοτεί με νερό τις γεωτρήσεις της περιοχής, και τις υφάλμυρες πηγές στη θέση Ποταμός, στην παραλιακή ζώνη (υψόμετρο θάλασσας), δυτικά του οικισμού Πλάτανος (Στοιχεία Δ/νση Εργειών Βελ/σεων & Υ.Π. Χανίων) (Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004).

4.3.2. Λεκάνη Κερίτη

Η λεκάνη βρίσκεται στο βόρειο - κεντρικό τμήμα του νομού. Δια μέσου αυτής απορρέει σημαντικός όγκος νερού του καρστικού συστήματος των Λευκών Ορέων ($140-150 \cdot 10^6$ $\text{m}^3/\text{έτος}$, υδρολογική μελέτη Κάμπου Χανίων). Κύρια υδρολογικά χαρακτηριστικά της είναι:

A. Οι καρστικές πηγές Μεσκλών (Κεφαλοβρύσια, Παναγιά, Νικολιανά)

Η μέση ετήσια απορροή είναι πλέον των $30 \cdot 10^6$ m^3 νερού (υδρ. στοιχεία νήσου Κρήτης). Εμφανίζονται σε απόλυτο υψόμετρο 210m. Το υδρογράφημα των πηγών δείχνει τη γρήγορη απορροή με πλημμυρικές παροχές που ελαχιστοποιούνται τους καλοκαιρινούς μήνες. Η μέση παροχή έτους είναι 3500 m^3/h . Η μέση παροχή Μαρτίου είναι 7200 m^3/h και η μέση παροχή Σεπτεμβρίου 650 m^3/h . Από τις παραπάνω πηγές εξυπηρετούνται με νερό ο Τ.Ο.Ε.Β. Μεσκλών, ο Τ.Ο.Ε.Β. Φουρνέ, ο Ο.Α.ΔΥ.Κ., ο Δήμος Χανίων, ο Δήμος Μουσούρων κ.α.

B. Οι καρστικές πηγές υπεργείλισης της Αγυιάς (Καλαμιώνας, Πλάτανος, Κολύμπα)

Εμφανίζονται σε 40m απόλυτο υψόμετρο, στον οικισμό Αγυιά. Το ετήσιο ισοζύγιο των πηγών υπερβαίνει τα $70 \cdot 10^6$ $\text{m}^3/\text{έτος}$, και αποτελεί το ρυθμιστικό απόθεμα τους. Η ετήσια διακύμανση (αυξομείωση) στις στάθμες νερού στην καρστική λεκάνη τροφοδοσίας τους είναι της τάξεως των 3-4 m. Η μέση παροχή έτους των πηγών είναι 7600 m^3/h . Η μέση παροχή Μάρτη είναι 9000 m^3/h και η μέση παροχή Σεπτέμβρη είναι 6600 m^3/h . Το υδρογράφημα των πηγών δείχνει μικρές διακυμάνσεις των παροχών μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού. Οι σταθερές παροχές των πηγών σε ετήσια βάση υποδηλώνουν ότι οι πηγές εκφορτίζουν νερό, ακόμη και την περίοδο του

θέρους. Τα υδρολογικά αυτά στοιχεία μαρτυρούν ότι υπάρχει μεγάλος όγκος νερού σε μόνιμο απόθεμα. Ο όγκος του μόνιμου αποθέματος δεν είναι γνωστός. Εκτιμάται σε αρκετές δεκάδες εκατομμύρια m^3 νερού. Από τις πηγές αξιοποιούνται περί τα $35 \cdot 10^6$ m^3 /έτος (όγκος θερινής εκροής). Από αυτά το 50% λαμβάνεται από τα σημεία εκροής των πηγών και το υπόλοιπο 50% από την υπόγεια καρστική λεκάνη, ανάντη των πηγών (περιοχή Μυλωνιανά, Φουρνέ). Οι πηγές του Καλαμιώνα, με ετήσιο ισοζύγιο περίπου $14 \cdot 10^6$ m^3 /έτος, παρουσιάζουν ποιοτική επιβάρυνση με θειικά ιόντα. Η αναρίθμηση των πηγών μπορεί να προσφέρει επί πλέον, περί τα $20 \cdot 10^6$ m^3 /έτος από το ρυθμιστικό απόθεμα τους (Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων). Από τις πηγές εξυπηρετούνται οι Τ.Ο.Ε.Β. Βαρυπέτρου, Αγυιάς/ Κολυμβαρίου, Πλατανιά /Ταυρωνίτη, ο Ο.Α.ΔΥ.Κ, ο Δήμος Χανίων, ο Σύνδεσμος μείζονος περιφέρειας Χανίων, ο Δήμος Θερίσου, ο Δήμος Πλατανιά, ο Δήμος Νέας Κυδωνιάς κ.α.

Η λίμνη της Αγυιάς είναι τεχνητή λίμνη, η οποία κατασκευάστηκε από τη Δ.Ε.Η. για την ανύψωση της στάθμης των εκροών νερού μετά την υπερχειλίση τους από την υπόγεια δεξαμενή των πηγών Αγυιάς. Ο σκοπός κατασκευής της ήταν υδροηλεκτρικός. Η λίμνη βρίσκεται ΒΔ των πηγών. Είναι αποθήκη ύδατος μετά την εκροή των πηγών, χωρητικότητας περίπου 350.000 m^3 νερού. Η λίμνη δεν επηρεάζει τη λειτουργία των καρστικών πηγών. Επηρεάζεται όμως, από την αυξομείωση της στάθμης του καρστικού υδροφορέα. Η λίμνη αποτελεί σημαντικό υδροβιότοπο και είναι ανακηρυγμένη προστατευόμενη περιοχή. Τα προβλήματα επάρκειας νερού που προκύπτουν στη λίμνη τους θερινούς μήνες είναι διαχειριστικά και όχι ουσιαστικά.

Γ. Οι καρστικές πηγές Κουφού

Οι πηγές βρίσκονται στη θέση Βλυχάδες του Δήμου Μουσούρων. Εμφανίζονται σε 50 m απόλυτο υψόμετρο. Οι πηγές είναι αναριθμησμένες με: **1.** Γεωτρήσεις στην περιοχή Βλυχάδες (Τ.Ο.Ε.Β. Αλικιανού, Κουφού, Βατολλάκου και **2.** Γεωτρήσεις του Δήμου Μουσούρων από την ευρύτερη λεκάνη τροφοδοσίας της (Ψαθογγιάνος, Αποθήκες, Μανωλιόπουλο). Η συνολική αντλούμενη ποσότητα/έτος είναι πλέον των $5 \cdot 10^6$ m^3 /έτος νερού, κυρίως για αρδευτική χρήση. Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα μειώνεται κατά $2-3$ m την περίοδο της λειτουργίας των γεωτρήσεων (αρδευτική περίοδο) και αναπληρώνεται άμεσα με την παύση των αντλήσεων. Το στοιχείο αυτό μαρτυρεί ότι είναι δυνατή η αύξηση της αντλούμενης ποσότητας νερού διότι δεν έχουν παρατηρηθεί έως τώρα, μόνιμες απώλειες υδραυλικού φορτίου. Πιθανότατα οι πηγές

έχουν υδραυλική επικοινωνία με τις πηγές του Καλαμιώνα της Αγυιάς (λόγω της χημικής συγγένειας, και υδραυλικής σχέσης που παρουσιάζουν). Οι ενδείξεις αυτές πρέπει να τεκμηριωθούν με ιχνηθετήσεις, ή με κάποια άλλη μέθοδο.

Δ. Καρστικές πηγές Αναβάλλοντα

Οι πηγές βρίσκονται στις βορειοανατολικές παρυφές της λεκάνης Κερίτη, βόρεια του οικισμού Θέρισος. Εκφορτίζουν σε υψόμετρο 100 m με μέσο υδατικό ισοζύγιο $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Οι πηγές είναι περιοδικές, και έχουν απορροή από το μήνα Δεκέμβριο έως και τον Ιούνιο. Η απορροή του νερού γίνεται μέσω του ρέματος Κλαδισού στις δυτικές παρυφές της πόλεως των Χανίων. Από το σύστημα των πηγών υδρεύεται ο Δήμος Θέρισου.

Ε. Προσχωσινενής λεκάνη Αλικιανού, Κουφού, Βατολλάκου, Σκινέ

Πρόκειται για μια εσωτερική προσχωματική λεκάνη, η οποία λειτουργεί σαν ενδιάμεση δεξαμενή ύδατος στο υδρολογικό σύστημα του Κερίτη. Το βάθος των προσχώσεων (τεταρτογενείς αποθέσεις) διαφέρει από σημείο σε σημείο και κυμαίνεται από λίγα μέτρα έως 150 m βάθος. Το γεωλογικό υπόβαθρο δεν είναι απολύτως διαπιστωμένο. Πιθανολογούνται οι σχιστόλιθοι. Τοπικά, ιδίως στην περιοχή βόρεια του Αλικιανού, το υπόβαθρο είναι καρστικό και τροφοδοτεί υπό πίεση την προσχωματική λεκάνη με νερό. Στην τροφοδοσία της υπολεκάνης συμβάλουν και οι επιφανειακές απορροές του Κερίτη ποταμού. Η στάθμη του νερού στον υδροφορέα είναι στα λίγα μέτρα βάθους και στα 50 m απόλυτο υψόμετρο. Η αντλούμενη ποσότητα νερού είναι περί τα $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ή $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, συμπεριλαμβανόμενης και της ύδρευσης. Η πτώση της στάθμης κατά την άντληση είναι της τάξεως των λίγων μέτρων βάθους, με άμεσες επαναφορές, υποδηλώνοντας την υδατική ικανότητα του υδροφορέα(Δ.Ε.Β.). Τοπικά το νερό στον υδροφορέα παρουσιάζεται να έχει αυξημένη περιεκτικότητα σε Νιτρικά άλατα, πιθανότατα από τη χρήση των λιπασμάτων στις καλλιέργειες της περιοχής.

Στ. Προσχωσινενής λεκάνη του Κάμπου Χανίων

Βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του Κερίτη. Πρόκειται για λεκάνη με νεογενείς αποθέσεις και τεταρτογενείς προσχώσεις. Αποτελείται από μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, αργίλους, χάλικες. Η υδροφορία της συνίσταται

σε ένα φρεάτιο ορίζοντα μικρού βάθους, και σε ένα βαθύτερο νεογενούς σύστασης (Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, η υδροφορία των οποίων πολλές φορές είναι υπό πίεση). Οι μέσες στάθμες είναι λίγα μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Υπάρχουν στην περιοχή περί τις 40 γεωτρήσεις, πολλές ανενεργές, με παροχές από 30 έως 80 m³/h. Η συνολική αντλούμενη ποσότητα νερού δεν είναι γνωστή. Η περιοχή αρδεύεται και με μεταφορά νερού από την Αγυιά.

Η λεκάνη βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα, με επιβάρυνση ιόντων χλωρίου στην παραλιακή ζώνη, όχι όμως και στο εσωτερικό της. Η τροφοδοσία της λεκάνης γίνεται από μεταγγίσεις ύδατος του καρστικού συστήματος των ασβεστόλιθων, νότια της λεκάνης. Η πιθανότητα υπόγειας υδραυλικής επικοινωνίας του Κερίτη με την υπολεκάνη του Κάμπου Χανίων δεν μπορεί να αποκλεισθεί.

4.3.3. Λεκάνη Στύλου, Αρμένων, Ζούρμπου, Βρύσσεσ

Η λεκάνη βρίσκεται στο βόρειο κεντρικό τμήμα του νομού Χανίων. Πρόκειται για μία καρστική λεκάνη, η οποία στο βόρειο τμήμα της έχει υποστεί τεκτονικό βύθισμα. Αυτό με τη σειρά του έχει καλυφθεί από νεογενείς αποθέσεις. Δια μέσου της λεκάνης αυτής απορρέει ένας σημαντικός όγκος νερού (160 •10⁶ m³/έτος) του καρστικού συστήματος των Λευκών Ορέων. Κύρια υδρολογικά χαρακτηριστικά είναι:

A. Καρστικές Πηγές Στύλου

Από τις πηγές απορρέουν περίπου 80 •10⁶ m³/έτος νερού, με μεγάλες διακυμάνσεις στις παροχές τους μεταξύ θέρους και χειμώνα, εμφανίζονται σε 17m απόλυτο υψόμετρο. Περί τα 70•10⁶ m³ νερού απορρέουν το οκτάμηνο Νοέμβρη - Ιούνη και 10•10⁶ m³ το τετράμηνο Ιουλίου - Οκτωβρίου. Πρόκειται για μια ομάδα πηγών, με τις σπουδαιότερες στη θέση Κάραβος και Καβούσι (συνεχούς λειτουργίας). Η πηγή στη θέση Βρυσέ εμφανίζεται μόνο τη χειμερινή περίοδο. Οι πηγές πιθανότατα, διαθέτουν εκτός του ρυθμιστικού τους αποθέματος και μόνιμο απόθεμα νερού. Υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις, (γεωτρήσεις Σαμωνά, Μαχαιρών, Νιό Χωριό κ.α.). Η εμφάνιση των πηγών οφείλεται στην ανασχεση της υπόγειας απορροής του νερού του καρστικού υδροφορέα, από την τεκτονική επαφή τους με τις μάργες του νεογενούς. Η λειτουργία των πηγών, χαρακτηρίζεται αφ' ενός από άμεσο επηρεασμό από τη βροχόπτωση (ταχύτατη εκφόρτιση υπόγειας απορροής), αλλά και από τη χρονική υστέρηση (δίαιτα εκφόρτισης). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι πηγές

4. Περιοχή Μελέτης

τροφοδοτούνται από δυο γεωλογικούς σχηματισμούς με διαφορετικά υδραυλικά χαρακτηριστικά: τους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους (με ταχύτατη εκφόρτιση), οι οποίοι επικάθονται των καρστικών σχηματισμών με τεκτονική επαφή και το παλαιότερο καρστικό συγκρότημα των ασβεστόλιθων. Οι πηγές απορρέουν μέσω του ποταμού Κοιλιάρη.

B. Πηγές Αναβρετής

Πρόκειται για περιοδικές πηγές, οι οποίες εμφανίζονται μόνο το χειμώνα στις παρυφές του οικισμού Νιό Χωριό σε απόλυτο υψόμετρο 24 m. Δεν είναι γνωστά περισσότερα υδρολογικά στοιχεία της πηγής.

Γ. Πηγές Αρμένων

Ισοζύγιο πηγών περί τα $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού/έτος. Τα $20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού, εκρέουν το οκτάμηνο Νοέμβρη - Ιούνη και $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το τετράμηνο Ιούλη - Οκτώβρη. Οι σπουδαιότερες είναι στις θέσεις Πλάτανος, Μύλων και Παναγιάς. Η λειτουργία των πηγών ομοιάζει με εκείνη των πηγών Στύλου. Οι πηγές εκρέουν σε απόλυτο υψόμετρο 18m και το νερό απορρέει μέσω του ποταμού Μεσοποταμιά στον οικισμό Καλύβες. Περισσότερα υδρολογικά στοιχεία των πηγών δεν είναι γνωστά.

Δ. Πηγές Ελαιονώρας η Ζούρμπου

Ισοζύγιο πηγών $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού/ έτος. Κατανέμεται ισομερώς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με πολύ μικρές διακυμάνσεις στην παροχή τους. Το νερό των πηγών είναι βεβαρημένο με ιόντα χλωρίου (280 ppm χλωριόντων) δεδομένου του χαμηλού υψομέτρου (1-2 m) και της μικρής απόστασης των πηγών από τη θάλασσα.

Ε. Οι υφάλμυρες πηγές των Βλυγάδων

Οι πηγές βρίσκονται στον Κοιλιάρη ποταμό, σε απόσταση περίπου 1000 m από τις εκβολές του. Το νερό των πηγών είναι με αυξημένα χλωριόντα (1000 ppm) και συμβάλουν στον Κοιλιάρη επιβαρύνοντας τον στην κατάντη απορροή του.

Στ. Πηγές Καλαμίου

Οι πηγές βρίσκονται στις δυτικές παρυφές της λεκάνης, δυτικά του οικισμού Καλάμι. Η εκροή τους γίνεται σε απόλυτο υψόμετρο 1 m και παράκτια. Η

περιεκτικότητα τους σε χλωριόντα είναι σταθερή στα 280 ppm. και χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις στην παροχή τους.

Z. Σηματοπισμός Νεογενών αποθέσεων

Πρόκειται για εσωτερική λεκάνη με χαμηλές στάθμες του υδροφόρου ορίζοντα στα 7 m απόλυτο υψόμετρο. Η τροφοδοσία της γίνεται από διαφυγές νερού του καρστικού συστήματος και από τις επιφανειακές απορροές της λεκάνης.

Ο μεγάλος αριθμός πηγών, σε μια σχετικά περιορισμένη ζώνη, οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στις στάθμες των γεωτρήσεων στην περιοχή, τα υδρογραφήματα των πηγών, τα διαφορετικά υψόμετρα εκροής των πηγών, δηλώνουν την παρουσία υπόγειων υπολεκανών στην απόληξη της κύριας καρστικής λεκάνης. Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται πιθανότατα στον έντονο τεκτονισμό της περιοχής. Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή του Δήμου Βάμου, η υδροφορία παρουσιάζει αυξημένα ιόντα χλωρίου. Η ζώνη υφαλμύρινσης περιορίζεται ανατολικά της περιοχής των πηγών Ζούρμπου, των γεωτρήσεων του Δ. Βάμου, στο Καλαμίτση και την Κάινα. Αντίθετα οι γεωτρήσεις στο δυτικό τμήμα, Νιό Χωριό, Μαχαιροί Ράμνη, Πεμόνια και άλλες, παρά τη μακροχρόνια λειτουργία τους, ουδεμία επιβάρυνση χλωριόντων παρουσιάζουν.

H. Κεραμιανός γείμαρρος

Πρόκειται για χείμαρρο με κύριο χαρακτηριστικό τις επιφανειακές απορροές οι οποίες πολλές φορές είναι πλημμυρικές, με συνέπεια συχνά να δημιουργούνται στις κατάντη περιοχές πλημμυρικά φαινόμενα.

Θ. Υπολεκάνη Βρύσσεσ

Πρόκειται για ανεξάρτητη καρστική λεκάνη, της οποίας ο υπόγειος υδροκρίτης παροχετεύει τα νερά στη θέση Μπούτακα, 3 Km νότια του χωριού Βρύσσεσ και σε υψόμετρο περί τα 150 m. Το μέσο ετήσιο ισοζύγιο είναι περί τα $26 \cdot 10^6$ m³ νερού/ έτος. Οι πηγές είναι περιοδικές και οι παροχές τους σχεδόν μηδενίζονται στο τετράμηνο Ιούλη - Οκτώβρη. Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης υπάρχει υπόγειος καρστικός υδροφόρος ορίζοντας, από τον οποίο αντλούν νερό οι γεωτρήσεις στις Βρύσσεσ, Φιλίππου, Βαβες, Εμπρόσνιερο, Αλικάμπος, Νίππος κ.α. με παροχές νερού από 60 έως

80 m³ /h. Ο συνολικός όγκος αντλούμενου νερού είναι περί τις 2•10⁶ m³ κυρίως την αρδευτική περίοδο. Από τον υδροφορέα αυτό γίνεται και μεταφορά νερού στο Δήμο Σφακίων, στον οικισμό Ασκύφου.

4.3.4. Λεκάνη Κουρνά, Γεωργιούπολης

Η λεκάνη βρίσκεται στο ΒΑ άκρο του νομού Χανίων στο βόρειο σύνορο με το νομό Ρεθύμνης. Πρόκειται για μία σημαντική καρστική λεκάνη, η οποία αποτελείται από τρεις υδροαποθεματικές ενότητες (καρστικές υπολεκάνες): **1.** Υπολεκάνη Κουρνά Γεωργιούπολης (νομός Χανίων), **2.** Υπολεκάνη Μουσέλα, (σύνορο νομού Χανίων/ Ρεθύμνου) και **3.** Υπολεκάνη Αργυρούπολης (νομός Ρεθύμνου).

Η περιγραφή αφορά την πρώτη, που βρίσκεται εντός του νομού Χανίων, και στο εξής θα αναφέρεται ως λεκάνη Κουρνά. Πρόκειται για λεκάνη έκτασης πάνω από 200 Km². Το μεγαλύτερο τμήμα της στα νότια καταλαμβάνουν οι καρστικοί ασβεστόλιθοι. Το νερό που κατεισδύει σε αυτούς κινείται με κατεύθυνση προς βορρά, υπόγεια. Η διαδρομή αυτή ανακόπτεται όταν το νερό συναντά, στο βόρειο τμήμα της λεκάνης στην περιοχή του οικισμού Κουρνά, τους γεωλογικούς σχηματισμούς των νεογενών αποθέσεων (μάργες) και των σχιστολιθικών πετρωμάτων (φυλλίτες, χαλαζίτες). Η επαφή των γεωλογικών σχηματισμών αυτών με το καρστικό σύστημα των ασβεστόλιθων είναι τεκτονική.

Οι κυριότερες εμφανίσεις ύδατος στην περιοχή είναι η Λίμνη Κουρνά και οι Πηγές Γεωργιουπόλεως.

Η Λίμνη Κουρνά είναι μία, εν μέρει, τεχνητή λίμνη με τη σημερινή της μορφή. (υπέστη ανύψωση της στάθμης της από την κατασκευή του φράγματος στο ΒΔ τμήμα της). Αποτελεί το ελεύθερο τμήμα του ευρύτερου καρστικού υδροφορέα, ο οποίος εκτιμάται ότι επεκτείνεται υπόγεια έως και τη γεώτρηση της κοινότητας Ασή Γωνιά, σε απόσταση 2,5-3 Km. Η διαίτα της λίμνης εξασφαλίζεται από υπόγειες μεταγγίσεις δια σιφώνων και καρστικών αγωγών εκφορτίσεων στο ΝΔ τμήμα στη θέση Αμάτι. Οι σιφώνες είναι αποτέλεσμα του υδραυλικού φορτίου που ασκείται από το νερό του καρστικού υδροφορέα στα ανάντη, το οποίο αναζητά διέξοδο, και την παρεμπόδιση της κίνησης του από τους σχιστόλιθους, στα κατόντη. Υπάρχουν και άλλα σημεία τροφοδοσίας νερού, τόσο στην επαφή της λίμνης με το καρστικό σύστημα στα νότια, όσο και στον πυθμένα αυτής. Δεν είναι γνωστό το υδατικό της ισοζύγιο. Η λίμνη έχει

έκταση περί τα 0.56 Km². Οι εποχιακές διακυμάνσεις της στάθμης της λίμνης είναι μεταξύ 21,40 m και 15 m σε απόλυτο υψόμετρο, και η μέση διακύμανση της ανά έτος εκτιμάται στα 4 m. Από την ανύψωση της στάθμης οι κατάντη περιοχές, κατακλύζονται συχνά από τα νερά. Το 1951 κατασκευάστηκε από την Αγγλική εταιρία BOOT χωμάτινο φράγμα και αποστραγγιστική τάφρος για την ανάσχεση του νερού και την αποστράγγιση των κατάντη εκτάσεων. Το 1962 στο στόμιο της αποχετευτικής τάφρου κατασκευάζεται τσιμεντένιο φράγμα από την Υ.Ε.Β., με υψόμετρο στέψεως 22 m. Από το φράγμα αναχωρεί σωληνωτός αγωγός διαμέτρου 50 cm από υψόμετρο 13 m του φράγματος και καταλήγει στα 9,8 m υψόμετρο σε απόσταση 600m.

Σήμερα αντλούνται από τη λίμνη, περί τα $2,5-3 \cdot 10^6$ m³ νερού την αρδευτική περίοδο, στη θέση Αμάτι στο ΝΑ άκρο της.(Ο.Α.ΔΥ.Κ.).Η λίμνη βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα, πιθανότατα μέσω του σίφωνος στη θέση Αμάτι, αλλά και άλλων σημείων. Το νερό της λίμνης, παρουσιάζει επιβάρυνση σε ιόντα χλωρίου (δεν υπερβαίνουν τα 300-320 ppm χλωριόντα). Δεν είναι γνωστό το εύρος της υφάλμυρης ζώνης μέσα στον καρστικό υδροφόρο. Η λίμνη ανήκει στις προστατευόμενες περιοχές.

Οι Πηγές Γεωργιουπόλεως (Αλμυρός) είναι μια ομάδα παράκτιων, υφάλμυρων (πάνω από 1000 ppm χλωριόντων) καρστικών πηγών οι οποίες εμφανίζονται κοντά στον οικισμό Γεωργιούπολη. Έχουν υδραυλική επικοινωνία με τη λίμνη Κουρνά. Οι παροχές τους σχετίζονται με τη στάθμη της λίμνης και τις στάθμες του ευρύτερου υδροφόρου (Δ.Ε.Β.). Οι παροχές έχουν μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ θέρους και χειμώνα (μέση παροχή χειμώνα 12-14 m³ /s, και μέση έτους περί τα 4 m³ /s. Στις πηγές Αλμυρού η Δ.Ε.Η. έχει εγκαταστήσει υδροηλεκτρικό σταθμό.

4.3.5. Προγραμματισμένα τεχνικά έργα

Στο υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων έχει προγραμματιστεί, ή τουλάχιστον προταθεί, η προσθήκη νέων τεχνικών έργων με σκοπό την κάλυψη των αναγκών σε νερό με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Ορισμένα από αυτά είναι (Πατελάκης ΟΑΔΥΚ):

Για ύδρευση:

Βελτίωση συνθηκών ύδρευσης Ακρωτηρίου – Χανίων – Κολυμβαρίου

Για άρδευση:

1. Υψηλή Ζώνη Χανίων – Κολυμβαρίου.
2. Υψηλή Ζώνη Κεντρικού Αποκόρωνα.
3. Λιμνοδεξαμενή Έλους, το έργο είναι ώριμο και οι μελέτες της, υπάρχουν στο Δήμο Ινναχωρίου.
4. Λιμνοδεξαμενή Κουντούρας (Στη θέση Κριός) και βελτίωση υφιστάμενων Δικτύων.
5. Λιμνοδεξαμενή Ομαλού, το έργο έχει μελετηθεί από το Υπουργείο Γεωργίας και απαιτείται η αναμόρφωση της μελέτης.
6. Βελτίωση – επέκταση των υφιστάμενων δικτύων του έργου, «Αξιοποίηση Υδατικού Δυναμικού Δυτικής Κρήτης.
7. Φράγμα Σεμπρονιώτη, το έργο έχει μελετηθεί από το Υπουργείο Γεωργίας.
8. Φράγμα Ρουματιανού
9. Φράγμα Ντεριανού
10. Φράγμα Βαλσαμιώτη
11. Φράγμα Αλικιανού

5. Σχηματοποίηση

5.1. Γενικά

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (βλ. 3.3.2 Σχηματοποίηση σελ. 24), **σχηματοποίηση** (schematization) είναι η διαδικασία μετασχηματισμού των συνιστωσών ενός φυσικού συστήματος σε συνιστώσες του μαθηματικού μοντέλου που αναπαριστά το εν λόγω σύστημα. Λόγω της δικτυακής δομής τους, η σχηματική διάταξη των συστημάτων υδατικών πόρων αποτελείται συνήθως από κόμβους και κλάδους (υδραγωγεία, ανοιχτοί αγωγοί). Το φυσικό σύστημα που μετασχηματίστηκε στην εφαρμογή αυτή είναι το υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, ενώ το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι ο «Υδρονομέας».

Σαν πρότυπό για τη σχηματοποίηση του υδατικού συστήματος βόρειων Χανίων χρησιμοποιήθηκε το διαχειριστικό ομοίωμα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της μελέτης «**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ**» από την Περιφέρεια Κρήτης. Το παραπάνω διαχειριστικό ομοίωμα δημιουργήθηκε στο διαχειριστικό μοντέλο **RIBASIM (River Basin Simulation Model)** και απεστάλει από την Περιφέρεια Κρήτης με τη μορφή πίνακα, μαζί με την υπόλοιπη μελέτη. Πρέπει να σημειωθεί πως το διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM περιλαμβάνει το υδατικό σύστημα ολόκληρου του νησιού της Κρήτης, επομένως από αυτό απομονώθηκε το τμήμα του που αναφέρεται στο νομό Χανίων και ειδικότερα στο βόρειο τμήμα του. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το τμήμα που απομονώθηκε σαν πρότυπο έγινε σχηματοποίηση του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ. Για να γίνει σωστά η σχηματοποίηση έπρεπε να μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες των δύο μοντέλων (RIBASIM, ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ) και να εντοπισθούν οι διαφορές τους.

Πρέπει να σημειωθεί πως μέρος της σχηματοποίησης είναι και η εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων στους κατάλληλους κόμβους. Τα δεδομένα τα οποία εισήχθησαν, και προέρχονται από τη μελέτη της Περιφέρειας Κρήτης, είναι τα εξής:

1. Δεδομένα εισόδου νερού στο υδατικό σύστημα, δηλαδή χρονοσειρές παροχών πηγών, υδατορευμάτων (επιφανειακά ύδατα) και αντλήσεων από τους

υπόγειους υδροφορείς. Οι παραπάνω χρονοσειρές είναι είτε σταθερές κάθε χρόνο (οι μηνιαίες παροχές επαναλαμβάνονται κάθε χρόνο) είτε μεταβλητές. Στην περίπτωση των μεταβλητών εισροών, της εισαγωγής τους στους κατάλληλους κόμβους εισροής, προηγείται η ανάλυση τους από το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης ΚΑΣΤΑΛΙΑ και η παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών. Οι συνθετικές χρονοσειρές είναι και αυτές που τελικά εισήχθησαν κατά τη σχηματοποίηση στους κόμβους.

2. Δεδομένα φυσικών χαρακτηριστικών ταμιευτήρων και λιμνοδεξαμενών. Αφορούν δεδομένα σχέσεων στάθμης-όγκου-επιφανείας, σταθμών πυθμένα και υπερχειλίσης, ικανότητα υδροληψίας και υπερχειλιστή, καμπύλες λειτουργίας ταμιευτήρα, χρονοσειρές βροχόπτωσης και εξάτμισης στους ταμιευτήρες. Τα δεδομένα αυτά είναι σταθερά και δε μεταβάλλονται με το χρόνο
3. Δεδομένα σχετικά με άλλα έργα(π.χ παροχετευτικότητα υδραγωγείων-κλάδων)
4. Απαιτήσεις σε νερό για ύδρευση και άρδευση. Οι απαιτήσεις αυτές θεωρούνται σταθερές κάθε χρόνο και εισάγονται με τη μορφή στόχων προς ικανοποίηση στους κατάλληλους κόμβους ζήτησης.
5. Απαιτήσεις ελάχιστης παροχής σε υδατορεύματα (οικολογική παροχή) κατά τους θερινούς μήνες. Πάλι η εισαγωγή γίνεται με τη μορφή στόχων στους κατάλληλους κόμβους.

Τέλος επισημάνεται πως η σχηματοποίηση έγινε δυο φορές: τη μια φορά έγινε σχηματοποίηση του υδατικού συστήματος στην παρούσα κατάσταση του(σενάριο παρούσας κατάστασης) και τη δεύτερη έγινε σχηματοποίηση του υδατικού συστήματος μετά από την προσθήκη σε αυτό κάποιων προγραμματισμένων έργων (σενάριο μελλοντικής κατάστασης).

5.2. Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το διαχειριστικό ομοίωμα που χρησιμοποιήθηκε σαν πρότυπο για τη σχηματοποίηση αναπτύχθηκε στα πλαίσια της μελέτης «ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ» από την Περιφέρεια Κρήτης και συμπεριλαμβάνει το υδατικό σύστημα ολόκληρου του νησιού

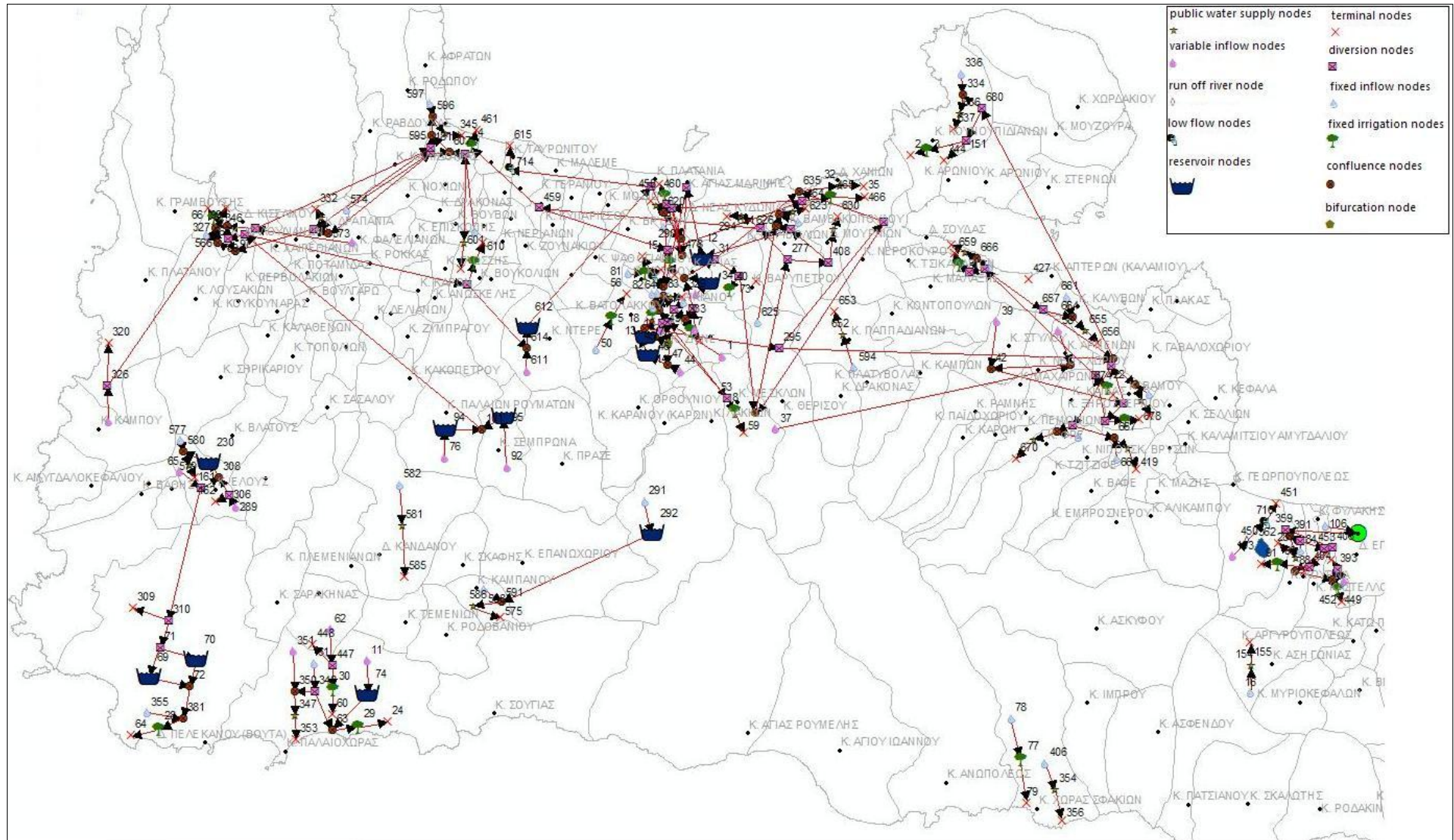
της Κρήτης. Το παραπάνω διαχειριστικό ομοίωμα δημιουργήθηκε στο διαχειριστικό μοντέλο **RIBASIM (River Basin Simulation Model)** και απεστάλει από την Περιφέρεια Κρήτης με τη μορφή πίνακα, μαζί με την υπόλοιπη μελέτη.

Το διαχειριστικό ομοίωμα αποτελείται από διαφόρων ειδών κόμβους και κλάδους που τους συνδέουν μεταξύ τους. Κάθε γραμμή του πίνακα του διαχειριστικού ομοιώματος αναφέρεται σε ένα από τους κόμβους του. Σε κάθε στήλη του πίνακα υπάρχουν αντίστοιχα :

1. Ο αύξων αριθμός του κόμβου
2. Το όνομα του κόμβου (ονομασίες οικισμών, πηγών, τοπωνύμια με λατινικούς χαρακτήρες)
3. Ο τύπος του κόμβου
4. Οι κλάδοι ή ο κλάδος με τον οποίο είναι συνδεδεμένος ο κόμβος ανάντη (φορά αντίθετη από τη φορά του νερού)
5. Οι κλάδοι ή ο κλάδος με τον οποίο είναι συνδεδεμένος ο κόμβος κατόντη (φορά ίδια με τη φορά του νερού)
6. Η κατάσταση του, αν δηλαδή ο κόμβος είναι ενεργός ή όχι (ανενεργοί κόμβοι για έργα που μελλοντικά θα τεθούν σε λειτουργία)

Για να απομονωθεί από το διαχειριστικό ομοίωμα το υδατικό σύστημα του νομού Χανίων αρχικά χρησιμοποιήθηκαν τα ονόματα των κόμβων ώστε να αποκλεισθούν οι κόμβοι που βρίσκονται εκτός του νομού. Οι εναπομείναντες κόμβοι δε βρίσκονται όλοι στο νομό Χανίων καθώς πολλές κοινότητες διαφορετικών νομών μοιράζονται το ίδιο όνομα(π.χ. κοινότητα Καλαμίου υπάρχει και στο νομό Χανίων και στο νομό Ηρακλείου). Ο αποκλεισμός των υπολοίπων κόμβων που βρίσκονται εκτός του νομού έγινε χρησιμοποιώντας τις επιπλέον πληροφορίες που δίνονταν για αυτούς από τους γειτονικούς τους κόμβους (κόμβοι που συνδέονται μέσω κλάδων). Τελικά το τμήμα του διαχειριστικού ομοιώματος που βρίσκεται εντός των ορίων του νομού Χανίων φαίνεται παρακάτω, αφού οι εναπομείναντες κόμβοι συνδέθηκαν μεταξύ τους και τοποθετήθηκαν στο χάρτη του νομού στο ArcGIS (**Εικόνα 5-1**):

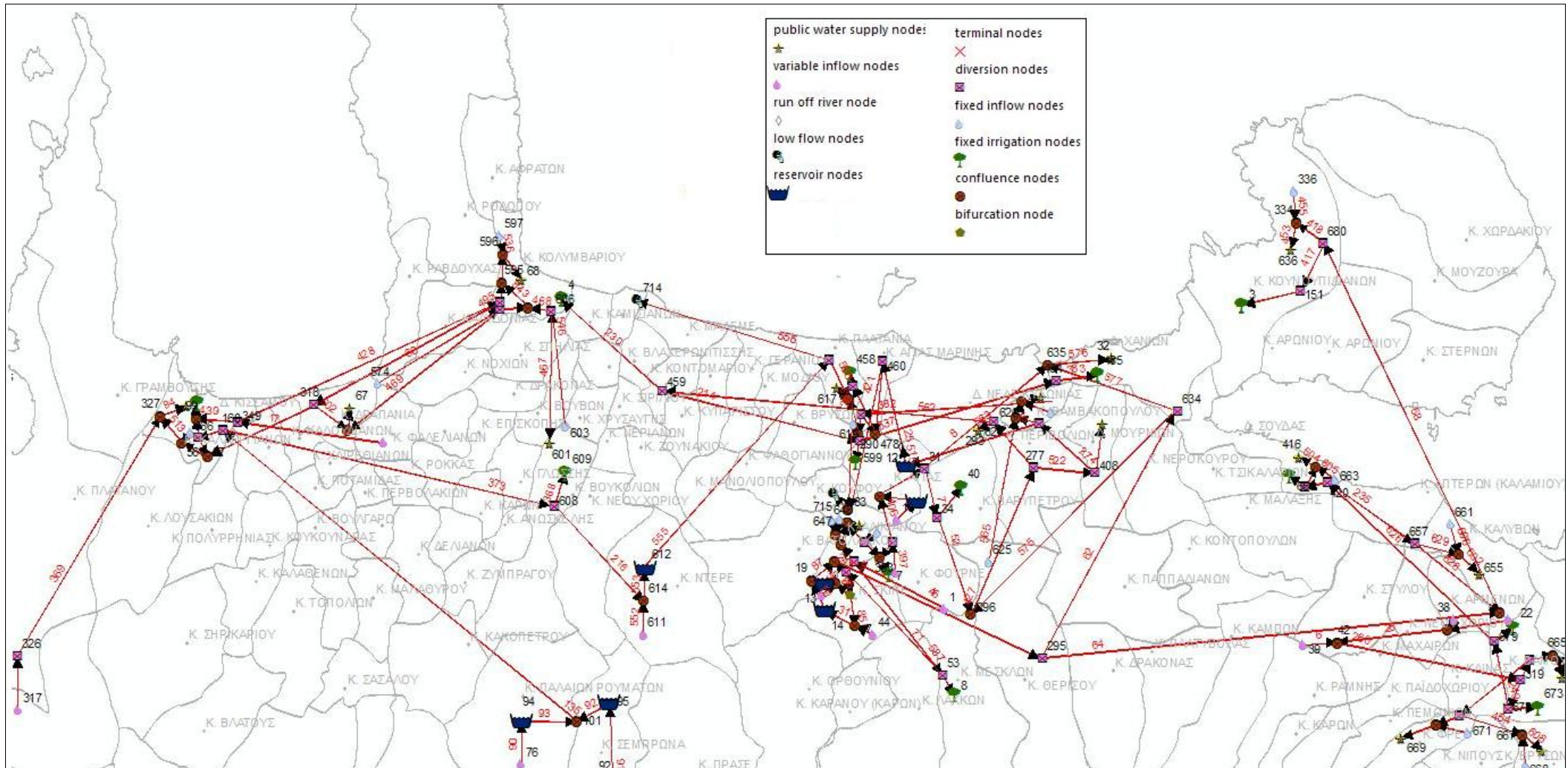
5. Σχηματοποίηση



Εικόνα 5-1: Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM, νομός Χανίων

Από την παραπάνω εικόνα (**Εικόνα 5-1**) φαίνεται πως το υδατικό σύστημα του νομού Χανίων αποτελείται από πολλά ανεξάρτητα συστήματα, αλλά λιγότερο περίπλοκα (πολλά αποτελούνται από μια πηγή νερού, ένα σημείο κατανάλωσης του και ένα τερματικό κόμβο) και άλλα αρκετά περίπλοκα. Όπως έχει προαναφερθεί, στην παρούσα εφαρμογή μελετάται το υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού το οποίο, όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα, είναι το μεγαλύτερο και το περισσότερο περίπλοκο (σε ότι αφορά τις διαδρομές του νερού και τα τεχνικά έργα), ενώ εξυπηρετεί και την πλειοψηφία του πληθυσμού του νομού. Κατά συνέπεια, το υδατικό σύστημα αυτό είναι και εκείνο με τη μεγαλύτερη ανάγκη ορθολογικής διαχείρισης. Το υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού λοιπόν απομονώθηκε ώστε να μελετηθεί (**Εικόνα 5-2**).

5. Σχηματοποίηση



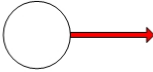
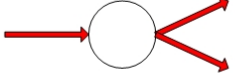
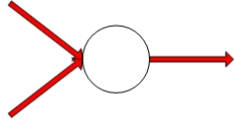

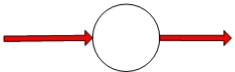
Εικόνα 5-2: Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM, βόρειο τμήμα νομού Χανίων

Όπως φαίνεται και από τις παραπάνω εικόνες υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες κόμβων στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM. Οι κατηγορίες που εμφανίζονται στην **Εικόνα 5-2**, στο τμήμα του ομοιώματος που μελετήθηκε δηλαδή, καθώς και ο αριθμός των κόμβων σε κάθε κατηγορία φαίνονται παρακάτω(**Πίνακας 5-1**):

Πίνακας 5-1: Κατηγορίες κόμβων στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM για το βόρειο τμήμα του νομού Χανίων

A/a	Κατηγορία Κόμβων	Χαρακτηριστικά Κατηγορίας	Αριθμός Κόμβων στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM(Βόρειο τμήμα νομού Χανίων)
1	Κόμβος Σταθερής Εισροής (Fixed Inflow Node)	Εισροή υδατικών πόρων για κάθε μήνα, σταθερή κάθε έτος	16
2	Κόμβος Μεταβλητής Εισροής (Variable Inflow Node)	Εισροή υδατικών πόρων για κάθε μήνα, μεταβλητή κάθε έτος	13
3	Κόμβος Διχοτόμησης (Bifurcation Node)	Χωρίζει την παροχή ενός κλάδου σε 2	1
4	Κόμβος Εκτροπής (Diversion Node)	Χωρίζει την παροχή ενός κλάδου σε 2	39
5	Κόμβος Συμβολής (Confluence Node)	Η παροχή 2 κλάδων ενώνεται σε ένα	36
6	Τερματικός Κόμβος (Terminal Node)	Τέλος σε μια διαδρομή νερού	0
7	Κόμβος Ταμιευτήρα-Λιμνοδεξαμενής (Reservoir Node)	Κόμβοι στους οποίους τίθενται λειτουργικοί περιορισμοί (μέγιστη και ελάχιστη αποθηκευτικότητα, νεκρός όγκος κλπ).	7
8	Κόμβος Άρδευσης (Fixed Irrigation Node)	Κατακράτηση υδατικών πόρων για ικανοποίηση αναγκών άρδευσης	13
9	Κόμβος Ύδρευσης (Public Water Supply Node)	Κατακράτηση υδατικών πόρων για ικανοποίηση αναγκών ύδρευσης	16
10	Κόμβος Ελάχιστης Παροχής (Low Flow Node)	Διασφαλίζεται η ελάχιστη παροχή κατάντη για λόγους υγιεινής, ναυσιπλοΐας ή οικολογίας	2
<u>Σ Υ Ν Ο Λ Ο</u>			143

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται ο κάθε κατηγορίας κόμβος με τους κλάδους του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM (**Εικόνα 5-3**):

	1.Κόμβος Σταθερής Εισροής(Fixed Inflow Node) 2.Κόμβος Μεταβλητής Εισροής(Variable Inflow Node)
	1.Κόμβος Διχοτόμησης (Bifurcation Node) 2.Κόμβος Εκτροπής (Diversion Node)
	Κόμβος Συμβολής (Confluence Node)
	Τερματικός Κόμβος (Terminal Node)
	1.Κόμβος Ταμιευτήρα-Λιμνοδεξαμενής(Reservoir Node) 2.Κόμβος Άρδευσης (Fixed Irrigation Node) 3.Κόμβος Ύδρευσης (Public Water Supply Node) 4.Κόμβος Ελάχιστης Παροχής (Low Flow Node)

Εικόνα 5-3:Συνδεσμολογία κόμβων με κλάδους στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM

Ο αριθμός των τερματικών κόμβων είναι 0 επειδή αυτοί διαγράφηκαν, καθώς και οι συνδεδεμένοι σε αυτούς κλάδοι. Η διαγραφή αυτών των κόμβων και κλάδων έγινε επειδή στο μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ τέτοιου είδους κόμβοι δεν ορίζονται. Ο αριθμός των κλάδων στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM για το βόρειο τμήμα του νομού Χανίων είναι 152 (χωρίς τους συνδεδεμένους στους τερματικούς κόμβους κλάδους).

Σχετικά με την προτεραιότητα που ικανοποιούνται οι κόμβοι οι οποίοι αντιστοιχούν στην ικανοποίηση αναγκών σε νερό, κατά ίδια προτεραιότητα ικανοποιούνται οι κόμβοι ύδρευσης και ελάχιστης παροχής και κατά μικρότερη από αυτή οι κόμβοι άρδευσης.

Μεταξύ των κόμβων ταμιευτήρα υπάρχει και ένας που δεν αντιστοιχεί σε τεχνικό έργο ταμίευσης υδατικών πόρων. Πρόκειται για τον ψευδοταμιευτήρα που προσομοιάζει την αναρρύθμιση των καρστικών πηγών της Αγυιάς. Ο ψευδοταμιευτήρας δέχεται ως εισροή τη χρονοσειρά μηνιαίων παροχών της γεώτρησης και δεν υπόκειται στις διεργασίες των κανονικών ταμιευτήρων (εισροές από βροχόπτωση, απώλειες από εξάτμιση, κλπ.). Είναι απλώς ένας αποθηκευτικός χώρος με χωρητικότητα ίση με τη δυνατότητα αναρρύθμισης σε ετήσια βάση των πηγών. Με τον τρόπο αυτό, η αποθηκευόμενη ποσότητα στον ψευδοταμιευτήρα κατά την υγρή περίοδο είναι διαθέσιμη προς χρήση την αρδευτική περίοδο, ότι δηλαδή συμβαίνει και στην πραγματικότητα σε ένα ταμιευτήρα. Με τον ίδιο τρόπο

αντιμετωπίστηκαν οι πηγές της Αγυιάς και στη σχηματοποίηση τους στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ.

Πρέπει να σημειωθεί πως το διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, όπως περιγράφηκε παραπάνω, αναφέρεται στη μελλοντική κατάσταση του υδατικού συστήματος αφού περιλαμβάνει έργα τα οποία πρόκειται να προστεθούν σε αυτό. Για τη διερεύνηση της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος, στο διαχειριστικό μοντέλο RIBASIM, υπάρχει η δυνατότητα απενεργοποίησης των κόμβων που αντιστοιχούν σε τεχνικά έργα που δεν έχουν τεθεί ακόμα σε λειτουργία. Στο διαχειριστικό μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ δεν υπάρχει η δυνατότητα απενεργοποίησης κόμβων. Κατά συνέπεια για να διερευνηθούν τόσο η παρούσα, όσο και η μελλοντική κατάσταση του υδατικού συστήματος δημιουργήθηκαν δυο διαχειριστικά ομοιώματα (σενάρια) αντίστοιχά.

5.3. Δημιουργία χρονοσειρών

5.3.1. Δημιουργία συνθετικών χρονοσειρών με το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία»

Η κατηγορία κόμβων ‘Κόμβοι Μεταβλητής Εισροής’(Variable Inflow Nodes) του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM αναφέρεται σε πηγές επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων των οποίων οι μηνιαίες παροχές μεταβάλλονται κάθε έτος. Κατά τη σχηματοποίηση των κόμβων αυτών στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» δε χρησιμοποιήθηκαν οι μετρημένες-ιστορικές χρονοσειρές, που χρησιμοποιήθηκαν στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM. Αντί αυτών χρησιμοποιήθηκαν συνθετικές χρονοσειρές, μήκους χιλίων ετών και αποτελούμενων από μηνιαίες τιμές, που διατηρούν τα ουσιώδη στατιστικά χαρακτηριστικά των αρχικών ιστορικών χρονοσειρών. Οι συνθετικές χρονοσειρές δημιουργήθηκαν από το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία» που αποτελεί υποσύστημα του «Υδρογνώμονα»(βλ. **3.4.2 Το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία»**). Να σημειωθεί πως συνθετικές χρονοσειρές παράχθηκαν και για τις βροχοπτώσεις που εισήχθησαν στους ταμιευτήρες. Παρακάτω περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών :

Αρχικά από τον κατάλογο **Tabs** του μοντέλου «ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ» επιλέγεται το **Time series data**. Στην καρτέλα που εμφανίζεται εισάγονται οι ιστορικές χρονοσειρές από τις οποίες παράχθηκαν οι συνθετικές. Κάθε μια αποθηκεύεται σε ένα αρχείο. Στη συνέχεια από τον κατάλογο **Modules** επιλέγεται το **Castalia-Synthetic time series**. Από την καρτέλα του συστήματος στοχαστικής προσομοίωσης «ΚΑΣΤΑΛΙΑ» που εμφανίζεται δημιουργείται ένα νέο σενάριο επιλέγοντας **New** από τον κατάλογο **Scenario**, οπότε εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο (Εικόνα 5-4):


The screenshot shows the 'New hydrological scenario' dialog box with the following settings:

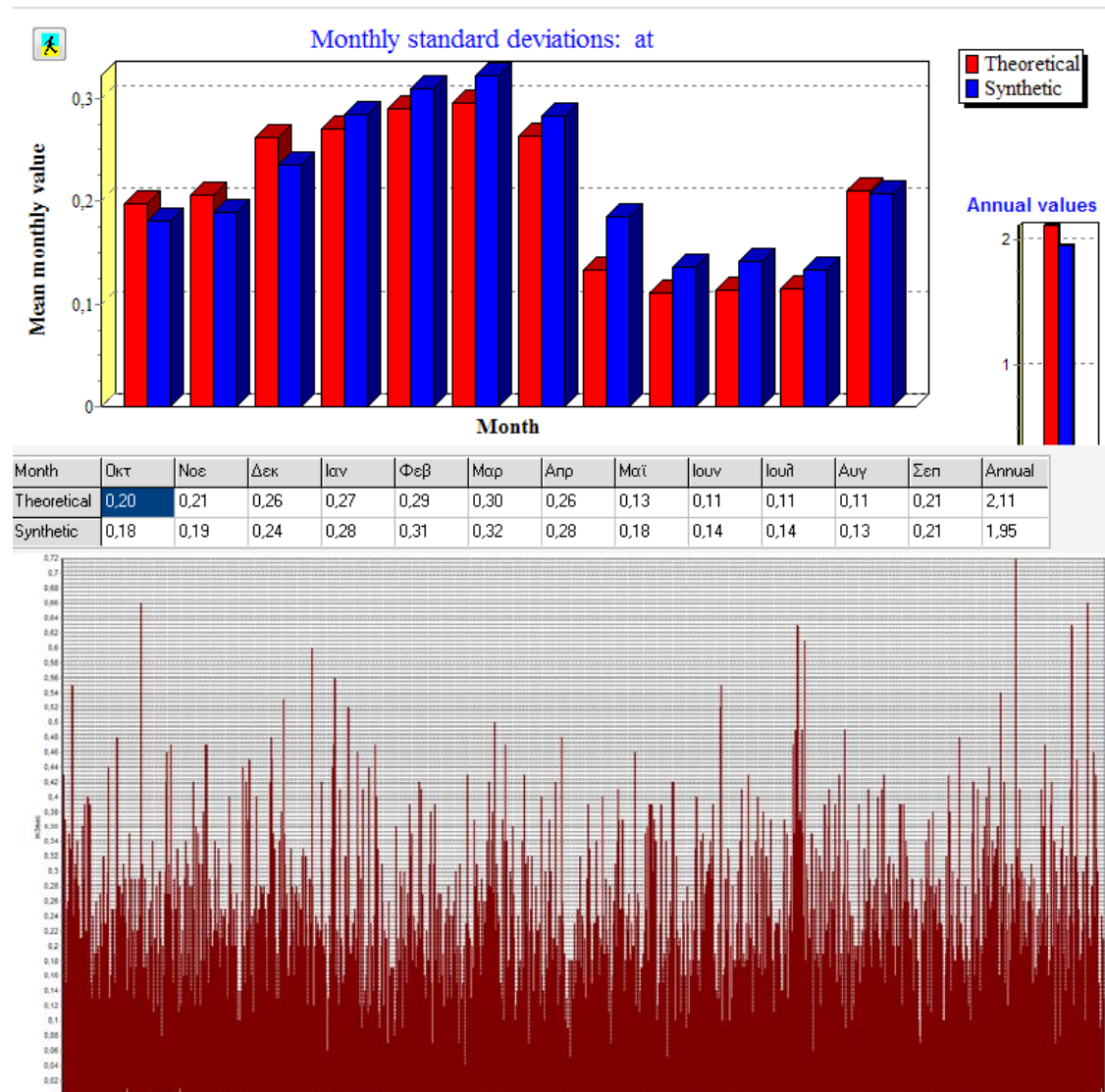
- COVARIANCE MATRICES DECOMPOSITION:**
 - Maximum allowed mean square error: 0,05
 - Maximum number of departures from several initial (random) values: 50
 - Convergence criterion - optimization routine: 1E-5
- Objective function parameters:**
 - lambda1 = 1, lambda3 = 0,001
 - lambda2 = 1000, rho = 8
- Matrix b triangulation:**
 - Minimum value for diagonal element: 0,0001
- RANDOM NUMBER GENERATION:**
 - Gamma distribution random numbers: Rejection method (3 parameters) selected
 - Random numbers sequence initial value: 1
- ANNUAL MODEL PARAMETERS:**
 - Model selection: Mean values symmetric model SMA selected
 - a-coefficients estimation - SMA Model: Fast Fourier Transform (FFT) selected
 - Numerical method convergence criterion: 0,0001
 - Objective function coefficient: 100
 - Autocorrelogram length: 128
- SYNTHETIC TIME SERIES:**
 - Synthetic time series count: 1
 - Synthetic time series length (years): 1000
 - Use model to forecast mode: Unchecked
- Monthly time series generation iterative algorithm:**
 - Convergence criterion (percentage of annual mean std deviation): 0,25
 - Maximum number of iterations: 100
 - Maximum allowed negative value: -0,5

The 'Define variables' button at the bottom is highlighted with a red box.

Εικόνα 5-4: Παράθυρο μεταβλητών συστήματος στοχαστικής προσομοίωσης «ΚΑΣΤΑΛΙΑ»

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται οι διάφορες τιμές και μεταβλητές που πρέπει να οριστούν. Κατόπιν επιλέγεται το **Define variables**, οπότε εμφανίζεται το παράθυρο στο οποίο γίνεται η εισαγωγή στη «ΚΑΣΤΑΛΙΑ» των ιστορικών χρονοσειρών. Μόλις ολοκληρωθεί η εισαγωγή των χρονοσειρών και επιλεγεί να

κλείσει το παράθυρο αρχίζουν υπολογισμοί για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών (χρονοβόρα διαδικασία λόγω του μεγάλου αριθμού των ιστορικών χρονοσειρών). Όταν οι υπολογισμοί τελειώσουν, επιλέγεται το  ώστε να γίνει η παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών. Παρακάτω φαίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές μιας ιστορικής(κόκκινο χρώμα) και της αντίστοιχης συνθετικής χρονοσειράς(με μπλε χρώμα) καθώς και μια γραφική παράσταση της συνθετικής χρονοσειράς (Εικόνα 5-5).



Εικόνα 5-5: Μέσες μηνιαίες τιμές Ιστορικής και Συνθετικής χρονοσειράς και γραφική παράσταση συνθετικής χρονοσειράς

5.3.2. Δημιουργία χρονοσειρών εξάτμισης πάνω από τους ταμιευτήρες

Για την παραγωγή χρονοσειρών εξάτμισης πάνω από τους ταμιευτήρες χρησιμοποιήθηκαν κλιματικά δεδομένα, λόγω έλλειψης σχετικών δεδομένων. Τα

5. Σηματοποίηση

κλιματικά δεδομένα τα οποία προαναφέρθηκαν αφορούν μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας(°C), σχετικής υγρασίας (%), ηλιοφάνειας(min/month) και ταχύτητας ανέμου (m/sec). Από τα παραπάνω δεδομένα θα υπολογισθούν οι μηνιαίες τιμές της εξάτμισης χρησιμοποιώντας το εργαλείο «Υδρογνώμον» (Μέθοδος Penman).

Πριν τον υπολογισμό των μηνιαίων τιμών της εξάτμισης θα αναχθούν οι μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας από το υψόμετρο του σταθμού μέτρησης (ο σταθμός βρίσκεται στην πόλη των Χανίων και θεωρείται πως βρίσκεται σε υψόμετρο 10m πάνω από τη θάλασσα) στο υψόμετρο της στάθμης υπερχειλίσης του κάθε ταμιευτήρα. Η αναγωγή αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$T_T = T_S + C_M(Y_S - Y_T)/100$$

Όπου: T_T : Ανηγγεμένη τιμή θερμοκρασίας στο υψόμετρο της στάθμης υπερχειλίσης του κάθε ταμιευτήρα – Ζητούμενο (°C)

T_S : Μετρημένη τιμή θερμοκρασίας στο υψόμετρο του σταθμού(°C)

Y_S : Υψόμετρο σταθμού μέτρησης (10m)

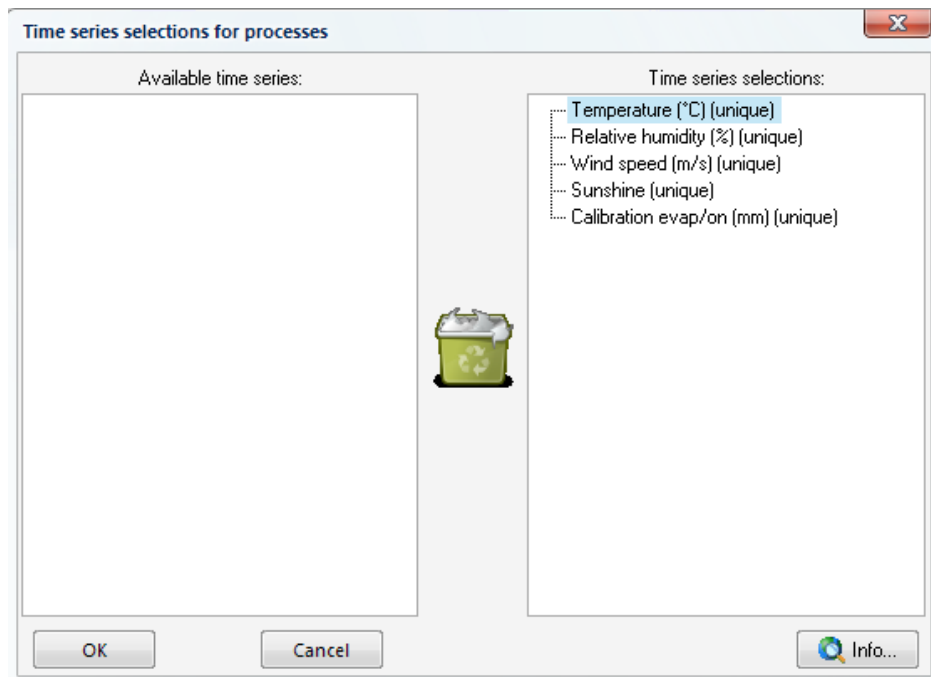
Y_T : Υψόμετρο στάθμης υπερχειλίσης του ταμιευτήρα (m)

C_M : Συντελεστής που εξαρτάται από το μήνα του έτους (m^{-1}) (βλ. Πίνακας 5-2)

Πίνακας 5-2: Τιμές συντελεστή C_M ανά μήνα

Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
0,31	0,38	0,56	0,63	0,63	0,63	0,61	0,59	0,59	0,53	0,43	0,34

Στη συνέχεια από τον κατάλογο **Tabs** του μοντέλου «ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ» επιλέγεται το **Time series data**. Από την καρτέλα που εμφανίζεται επιλέγεται από τον κατάλογο **Calculations** ο υποκατάλογος **Hydrology** και τελικά το **Evapotranspiration**, οπότε και εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο εισάγονται οι χρονοσειρές της θερμοκρασίας(°C), της σχετικής υγρασίας (%), της ηλιοφάνειας(min/month) και της ταχύτητας ανέμου (m/sec) για την παραγωγή της αντίστοιχής χρονοσειράς της εξάτμισης(βλ. **Εικόνα 5-6**).



Εικόνα 5-6: Εισαγωγή χρονοσειρών για την παραγωγή χρονοσειράς εξάτμισης στο μοντέλο «Υδρογνώμον»

Για την παρούσα εφαρμογή οι χρονοσειρές που εισήχθησαν είναι μήκους ενός έτους (12 μηνιαίες τιμές). Ίδιο είναι και το μέγεθος της παραγόμενης χρονοσειράς εξάτμισης. Λόγω της χρήσης διαφορετικών χρονοσειρών θερμοκρασίας για κάθε ταμιευτήρα, παράχθηκαν τόσες χρονοσειρές εξάτμισης όσος και ο αριθμός των ταμιευτήρων (για όλες τις χρονοσειρές εξάτμισης οι υπόλοιπες χρονοσειρές που εισάγονται, εκτός της θερμοκρασίας, είναι κοινές).

Οι χρονοσειρές εξάτμισης πρέπει να έχουν ίδιο μήκος με τις συνθετικές χρονοσειρές που παράχθηκαν (βλ. 5.3.1 Δημιουργία συνθετικών χρονοσειρών με το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία»), δηλαδή πρέπει να έχουν μήκος χιλίων ετών αντί για ένα. Για να γίνει αυτό, από τις χρονοσειρές εξάτμισης που παράχθηκαν δημιουργήθηκαν νέες μήκους χιλίων ετών αποτελούμενες από χίλιες επαναλήψεις των αρχικών.

5.4. Σχηματοποίηση στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Μετά τη μελέτη του διαχειριστικού ομοιώματος του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων που δημιουργήθηκε με το μοντέλο RIBASIM (βλ. 5.2 Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM), αυτό χρησιμοποιήθηκε σαν πρότυπο για

τη σχηματοποίηση του ίδιου υδατικού συστήματος στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ».

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για να γίνει σωστά η σχηματοποίηση έπρεπε να μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες των δύο μοντέλων (RIBASIM, ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ) και να εντοπισθούν οι διαφορές τους. Ορισμένες από τις σημαντικότερες διαφορές παραθέτονται παρακάτω (άλλες διαφορές θα εξεταστούν όσο η ανάλυση της σχηματοποίησης προχωράει):

1. Στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» η κατακράτηση υδατικών πόρων για ικανοποίηση αναγκών ύδρευσης, άρδευσης, παραγωγής ενέργειας και διασφάλισης της οικολογικής παροχής δε γίνεται με την προσθήκη αντίστοιχων ειδικών κόμβων στο διαχειριστικό ομοίωμα – σενάριο (όπως στο μοντέλο RIBASIM), αλλά με την προσθήκη στόχων προς ικανοποίηση (Targets) στους κατάλληλους κόμβους, με συγκεκριμένη προτεραιότητα ορισμένη από το χρήστη (τιμές προτεραιότητας από 1-8, μικρότερη τιμή σημαίνει μεγαλύτερη προτεραιότητα).
2. Στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» δεν υπάρχει η δυνατότητα απενεργοποίησης κόμβων ώστε να εξεταστεί η συμπεριφορά του υδατικού συστήματος μετά την προσθήκη σε αυτό ή την αφαίρεση από αυτό στοιχείων (εισροές, ταμιευτήρες, τεχνικά έργα κλπ). Για να εξεταστούν οι συνέπειες των παραπάνω ενεργειών δημιουργήθηκαν αντίστοιχα διαχειριστικά ομοιώματα – σενάρια (αντίστοιχες σχηματοποιήσεις).
3. Στο μοντέλο RIBASIM σε κάθε κόμβο επιτελείται μόνο μία συγκεκριμένη λειτουργία (π.χ. κόμβοι εισροής, συμβολής, ύδρευσης κλπ) ενώ κάθε κόμβος συνδέεται το πολύ με 3 κλάδους (βλ. **Εικόνα 5-3**). Στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» είναι δυνατό να επιτελούνται περισσότερες από μια λειτουργίες σε έναν κόμβο (π.χ. σε έναν κόμβο είναι δυνατό να γίνεται η συμβολή δυο κλάδων σε ένα και να ικανοποιείται η ύδρευση μιας περιοχής σύμφωνα με το στόχο που έχει τεθεί στον κόμβο αυτό). Επίσης δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των κλάδων που μπορούν να συνδεθούν σε έναν κόμβο. Κατά συνέπεια μειώνεται το μέγεθος του διαχειριστικού σεναρίου, ο

απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή του και αυξάνεται η εποπτεία του χρήστη πάνω σε αυτό.

4. Στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» δεν απαιτούνται τερματικοί κόμβοι. Αυτό συμβάλει περαιτέρω στη μείωση του μεγέθους του διαχειριστικού σεναρίου, με ότι αυτό συνεπάγεται (βλ. παραπάνω).

Κάτι που πρέπει να σημειωθεί είναι πως κατά τη σύνδεση δυο κόμβων με έναν κλάδο (υδραγωγείο) στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» πρέπει να εισαχθεί μια τιμή παροχαρακτηριστικότητας για τον κλάδο αυτό. Σχετικά δεδομένα όμως δεν υπήρχαν, οπότε για όλους τους κλάδους τέθηκε μια τιμή παροχαρακτηριστικότητας ίση με $10 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Σε ότι αφορά το όνομα του κάθε κόμβου στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» αυτό αποτελείται από 3 μέρη. Στο πρώτο αναγράφεται το είδος του κόμβου, στο δεύτερο η ονομασία και στο τρίτο ο αύξων αριθμός του αντίστοιχου κόμβου στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM. Η ονομασία του κάθε κλάδου αποτελείται από τον αύξοντα αριθμό του αντίστοιχου κλάδου στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM.

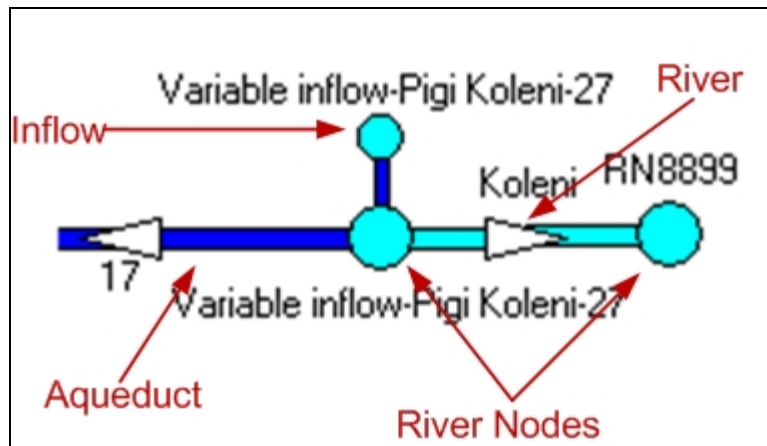
Παρακάτω θα γίνει αναφορά στον τρόπο που σχηματοποιήθηκαν οι διάφορες κατηγορίες των τμημάτων που αποτελούν το εξεταζόμενο υδατικό σύστημα. Ειδικότερα, θα γίνει αναφορά στον τρόπο με τον οποίο ορισμένες κατηγορίες κόμβων από το διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM μεταφέρθηκαν στα αντίστοιχα διαχειριστικά σενάρια του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ».

5.4.1. Κόμβοι Μεταβλητής Εισροής

Η κατηγορία κόμβων 'Κόμβοι Μεταβλητής Εισροής' (Variable Inflow Nodes) του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM αναφέρεται σε πηγές επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων των οποίων οι μηνιαίες παροχές μεταβάλλονται κάθε έτος.

Η σχηματοποίηση του κάθε κόμβου αυτής της κατηγορίας έγινε χρησιμοποιώντας 4 συνιστώσες του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» (Εικόνα 5-7) :

1. Κόμβος εισροής (Inflow)
2. Κόμβος υδατορεύματος (River Node) x 2
3. Υδατόρευμα (River)



Εικόνα 5-7: Σχηματοποίηση κόμβου μεταβλητής εισροής στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Στον κόμβο εισροής εισάγεται η αντίστοιχη συνθετική χρονοσειρά (βλ. 5.3.1 Δημιουργία συνθετικών χρονοσειρών με το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «Κασταλία»). Η πηγή υδατικών πόρων αποδίδει το νερό στον κατάντη κόμβο υδατορεύματος, ο οποίος με τη σειρά του το αποδίδει στο κατάντη, υπόλοιπο υδατικό σύστημα μέσω του υδραγωγείου. Στο υδατόρευμα μεταξύ των δυο κόμβων υδατορεύματος καταλήγει μέρος της παροχής της πηγής όταν αυτή είναι μεγαλύτερη από την παροχευτικότητα του υδραγωγείου.

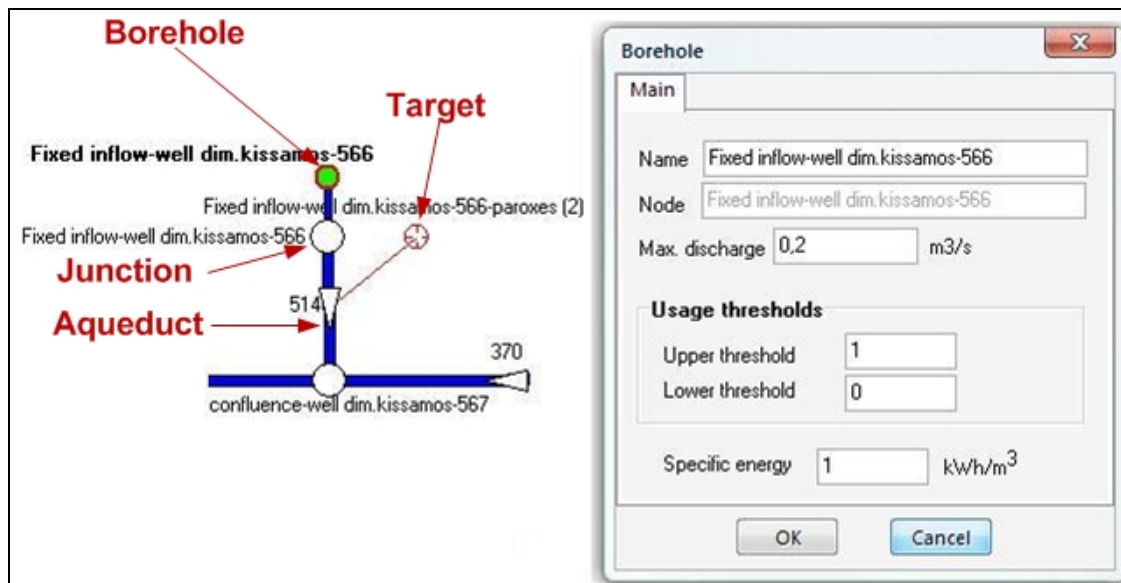
5.4.2. Κόμβοι Σταθερής Εισροής – Γεωτρήσεις

Η κατηγορία κόμβων ‘Κόμβοι Σταθερής Εισροής’(Fixed Inflow Nodes) του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM αναφέρεται σε γεωτρήσεις(ή ομάδες γεωτρήσεων) των οποίων οι μηνιαίες παροχές επαναλαμβάνονται κάθε έτος. Κανένας από τους κόμβους της κατηγορίας αυτής δεν παρέχει νερό στο υδατικό σύστημα όλους τους μήνες του έτους, οι περισσότερες θέτονται σε λειτουργία κατά τη θερινή περίοδο που οι ανάγκες σε νερό είναι αυξημένες.

Η σχηματοποίηση του κάθε κόμβου αυτής της κατηγορίας έγινε χρησιμοποιώντας 4 συνιστώσες του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»(Εικόνα 5-8) :

1. Γεώτρηση (Borehole)
2. Κόμβος (Junction)
3. Υδραγωγείο – κλάδος (Aqueduct)

4. Στόχος (Target)



Εικόνα 5-8: Σχηματοποίηση κόμβου σταθερής εισροής στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Η γεώτρηση αποδίδει τους υδατικούς πόρους που αντλούνται από τον υπόγειο υδροφόρα στον κατάντη κόμβο. Ο κόμβος με τη σειρά του, αποδίδει αυτούς τους υδατικούς πόρους στο κατάντη, υπόλοιπο υδατικό σύστημα μέσω του υδραγωγείου.

Κατά τη σχηματοποίηση μιας γεώτρησης ορίστηκαν η ονομασία της (ίδια με αυτή του κατάντη κόμβου), η μέγιστη παροχή που μπορεί να αντληθεί από τον υπόγειο υδροφόρα (Max. Discharge σε m^3/sec) και η ενέργεια που καταναλώνεται (σε kWh) για την άντληση ενός m^3 νερού (Specific energy – Ειδική Ενέργεια). Στη θέση της μέγιστης παροχής γράφεται η μέγιστη από τις μηνιαίες παροχές της γεώτρησης. Σε ότι αφορά την ειδική ενέργεια, λόγω έλλειψης σχετικών δεδομένων, τέθηκε σε όλες τις γεωτρήσεις μια ενδεικτική τιμή, ίση με $1 \text{ kWh}/\text{m}^3$. Η τιμή αυτή τέθηκε για να εξασφαλιστεί πως από το μοντέλο θα χρησιμοποιούνται κατά προτεραιότητα επιφανειακοί υδάτινοι πόροι, ώστε να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας από το υδατικό σύστημα.

Τέλος, τοποθετείται ένας στόχος μέγιστης παροχής (Max flow) στο υδραγωγείο που αποδίδει τους υδατικούς πόρους στο κατάντη υδατικό σύστημα. Οι μηνιαίες παροχές της γεώτρησης θέτονται σαν άνω όριο της παροχής του υδραγωγείου, ώστε να μη διέρχεται από αυτό μεγαλύτερη ποσότητα νερού και να μηδενίζεται η προσφορά της γεώτρησης στο υδατικό σύστημα όταν αυτή είναι εκτός λειτουργίας. Η

προτεραιότητα του στόχου αυτού είναι 2 (με υψηλότερη μόνο την ύδρευση της πόλης των Χανίων, βλ. παρακάτω).

Η προσέγγιση που περιγράφηκε παραπάνω χρησιμοποιήθηκε για να μη χρειαστεί να κατασκευασθούν συνθετικές, επαναλαμβανόμενες χρονοσειρές και για να χρησιμοποιούνται από το μοντέλο κατά προτεραιότητα επιφανειακοί υδάτινοι πόροι, ώστε να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας από το υδατικό σύστημα.

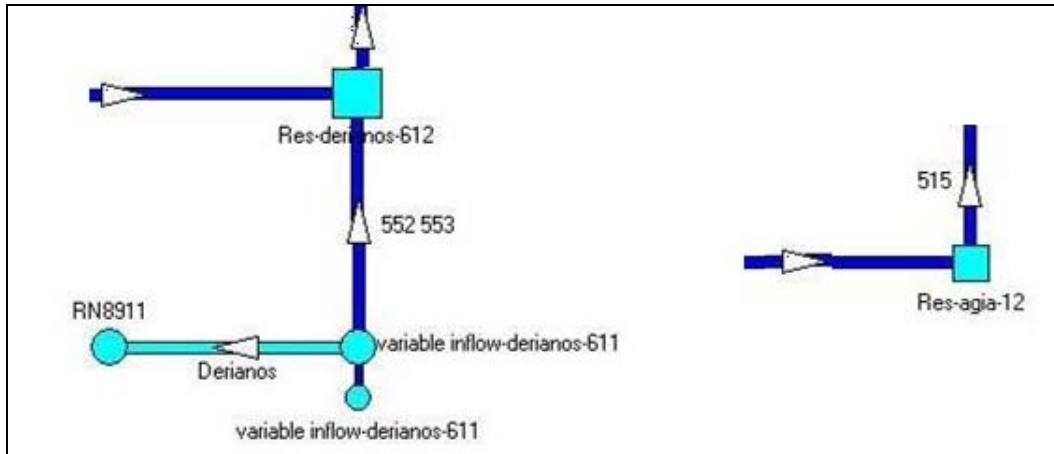
5.4.3. Κόμβοι Ταμιευτήρα

Η κατηγορία κόμβων 'Κόμβοι Ταμιευτήρα-Λιμνοδεξαμενή (Reservoir Nodes) του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM αναφέρεται σε έργα ταμίευσης υδατικών πόρων. Οι υδατικοί πόροι αποθηκεύονται στα έργα αυτά κατά τη χειμερινή περίοδο και αποδίδονται στο υδατικό σύστημα κατά τη θερινή περίοδο, που η διαθεσιμότητα τους είναι περιορισμένη, σε αντίθεση με τη ζήτηση για αυτούς που αυξάνεται σε σχέση με τη χειμερινή περίοδο. Για τον πλήρη ορισμό ενός ταμιευτήρα απαιτούνται δεδομένα των φυσικών χαρακτηριστικών του. Αναλυτικότερά, τα δεδομένα που απαιτούνται είναι:

1. Σχέσεις στάθμης-όγκου και στάθμης-επιφανείας
2. Στάθμες πυθμένα, υπερχειλίσης και υδροληψίας
3. Ικανότητα υδροληψίας και υπερχειλίσης
4. Καμπύλες λειτουργίας ταμιευτήρα.

Τα δεδομένα αυτά είναι σταθερά και δε μεταβάλλονται με το χρόνο

Η σχηματοποίηση του κάθε κόμβου αυτής της κατηγορίας έγινε χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη συνιστώσα του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ», Ταμιευτήρας (Reservoir). Η συνιστώσα του ταμιευτήρα τροφοδοτείται από κανένα, ένα ή περισσότερους κλάδους. Κανένας κλάδος δεν τροφοδοτεί τον ταμιευτήρα στην περίπτωση που η χρονοσειρά της πηγής τροφοδοσίας (Runoff) εισάγεται στον κόμβο ταμιευτήρα (η προσέγγιση αυτή δε χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εφαρμογή). Επίσης, οι αποθηκευμένοι υδατικοί πόροι του ταμιευτήρα αποδίδονται στο κατάντη υδατικό σύστημα μέσω ενός ή περισσότερων κλάδων(βλ. **Εικόνα 5-9**).



Εικόνα 5-9: Σχηματοποίηση ταμιευτήρων στο μοντέλο «ΥΑΡΟΝΟΜΕΑΣ»(τροφοδοσία από 2 κλάδους και από 1 κλάδο)

Μετά την τοποθέτηση του ταμιευτήρα στο σενάριο του ταμιευτήρα πρέπει να εισαχθούν τα φυσικά χαρακτηριστικά του στις κατάλληλες καρτέλες της συνιστώσας του μοντέλου. Αναλυτικότερα για κάθε ταμιευτήρα εισήχθησαν:

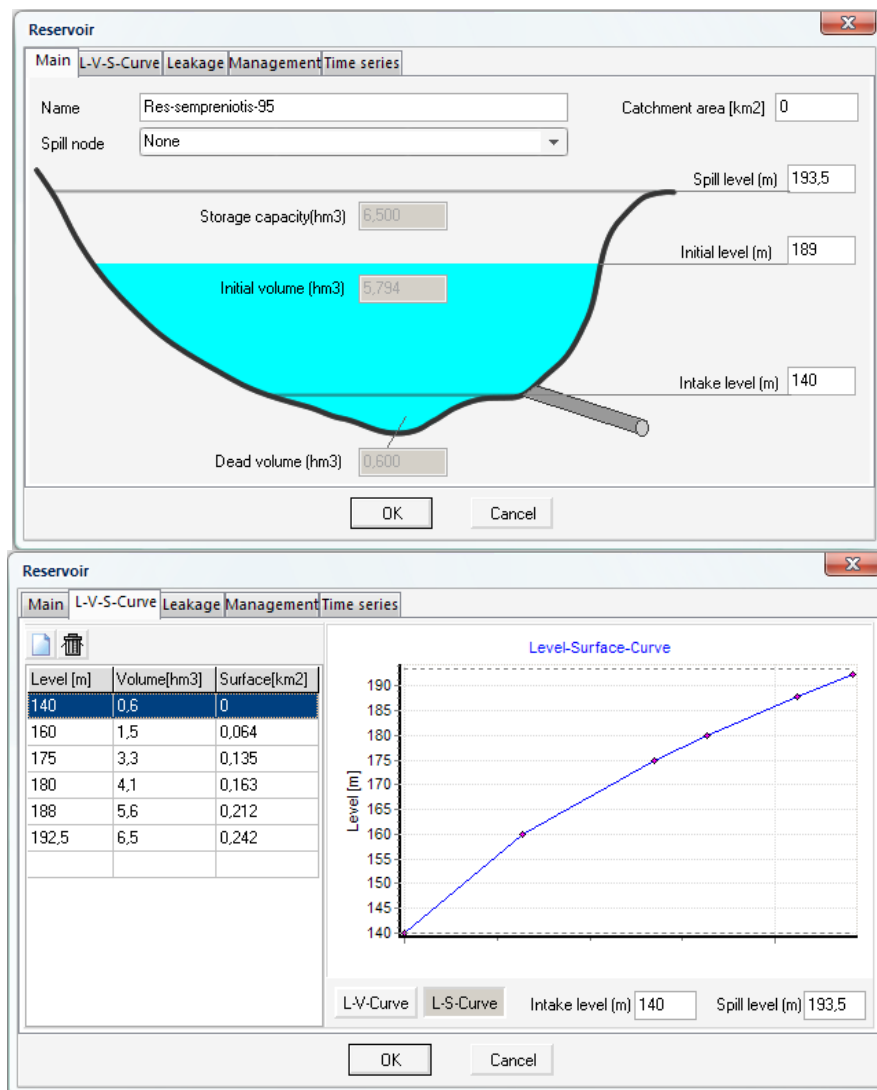
1. Η στάθμη υπερχείλισης σε m (Spil level)
2. Η αρχική στάθμη σε m (Initial level)
3. Η στάθμη υδροληψίας σε m (Intake level)
4. Η καμπύλη στάθμης(m)- όγκου νερού(hm³)
5. Η καμπύλη στάθμης(m) - επιφάνειας νερού (km²)
6. Η χρονοσειρά βροχοπτώσεων στον ταμιευτήρα (mm).
7. Η χρονοσειρά εξάτμισης από τον ταμιευτήρα σε (mm).

Σχετικά με τις χρονοσειρές των βροχοπτώσεων, για τους 6 από τους 7 ταμιευτήρες που σχηματοποιήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν συνθετικές χρονοσειρές που παράχθηκαν από το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «ΚΑΣΤΑΛΙΑ». Οι ιστορικές χρονοσειρές, από τις οποίες προήλθαν οι συνθετικές, προήλθαν, με τη σειρά τους, από δυο σταθμούς αυτών των Παλαιών Ρουμάτων και του Αλικιανού. Για τον κάθε ταμιευτήρα χρησιμοποιήθηκε η βροχόπτωση από τον κοντινότερο σε αυτόν σταθμό. Έτσι η βροχόπτωση από το σταθμό των Παλαιών Ρουμάτων χρησιμοποιήθηκε στους ταμιευτήρες των ποταμών Ρουματιανού, Σεμπρονιώτη και Ντεριανού, ενώ η

5. Σχηματοποίηση

βροχόπτωση από το σταθμό του Αλικιανού χρησιμοποιήθηκε στους ταμιευτήρες των ποταμών Αλικιανού, Βαλσαμιώτη και των πηγών της Αγιάς (**Εικόνα 5-10**).

Όπως προαναφέρθηκε, ο ταμιευτήρας των καρστικών πηγών της Αγιάς δεν αντιστοιχεί σε τεχνικό έργο ταμίευσης υδατικών πόρων αλλά προσομοιάζει την αναρρύθμιση των καρστικών πηγών της Αγιάς(ψευδοταμιευτήρας βλ. 5.2 Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM). Κατά συνέπεια ο ψευδοταμιευτήρας δέχεται ως εισροή τη χρονοσειρά μηνιαίων παροχών της γεώτρησης και δεν υπόκειται στις διεργασίες των κανονικών ταμιευτήρων (εισροές από βροχόπτωση, απώλειες από εξάτμιση, κλπ.) και είναι απλώς ένας αποθηκευτικός χώρος με χωρητικότητα ίση με τη δυνατότητα αναρρύθμισης σε ετήσια βάση των πηγών



Εικόνα 5-10: Εισαγωγή φυσικών χαρακτηριστικών στους ταμιευτήρες

5.4.4. Ικανοποίηση αναγκών σε νερό – Στόχοι

Οι κατηγορίες κόμβων ‘Κόμβοι Άρδευσης (Fixed Irrigation Nodes), ‘Κόμβοι Ύδρευσης’(Public Water Supply Nodes) και Κόμβοι Ελάχιστης Παροχής (Low Flow Nodes) του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM αναφέρεται σε σημεία κατακράτησης υδατικών πόρων για ικανοποίηση αναγκών. Ειδικότερα οι προς ικανοποίηση ανάγκες είναι ύδρευση, άρδευση και διασφάλιση μιας ελάχιστης παροχής σε υδατορεύματα (οικολογική παροχή). Οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για την ικανοποίηση των παραπάνω αναγκών κάθε μήνα επαναλαμβάνονται κάθε χρόνο.

Η σχηματοποίηση του κάθε κόμβου αυτών των κατηγοριών έγινε χρησιμοποιώντας 2 συνιστώσες του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» ένα κόμβο (Junction) και ένα στόχο (Target) που τοποθετείται πάνω στον κόμβο. Οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για την ικανοποίηση των διαφόρων αναγκών εισάγονται στο στόχο. Στο στόχο εκτός από τις ποσότητες νερού εισάγονται η κατηγορία του κόμβου και η προτεραιότητα του. Η επιλογή της κατηγορίας του στόχου γίνεται μεταξύ δυο κατηγοριών: Water Supply (Ύδρευση) και Irrigation (Άρδευση). Σχετικά με την προτεραιότητα που πρέπει να εισαχθεί σε κάθε στόχο, αυτή παίρνει τιμές από 1-8 (όσο μικρότερη είναι η τιμή της τόσο μεγαλύτερη είναι η προτεραιότητα κατά την οποία ικανοποιείται ο στόχος). Σε ότι αφορά την κατηγορία και την προτεραιότητα οι οποίες εισήχθησαν σε κάθε μια από τις προαναφερθείσες κατηγορίες κόμβων αυτές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα(Πίνακας 5-3). Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται και πληροφορίες για τους στόχους του τοποθετούνται στα υδραγωγεία κατάντη των γεωτρήσεων. Η κατηγορία των στόχων αυτών είναι διαφορετική από των υπολοίπων καθώς αυτοί τοποθετούνται πάνω σε κλάδο και όχι σε κόμβο(βλ 5.4.2 Κόμβοι Σταθερής Εισροής – Γεωτρήσεις).

5. Σχηματοποίηση

Πίνακας 5-3:Χαρακτηριστικά στόχων στα διαχειριστικά σενάρια του μοντέλου
«ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Κατηγορία κόμβου (ομοίωμα RIBASIM)	Χαρ/κά Κατηγορίας (ομοίωμα RIBASIM)	Κατηγορία Στόχου	Προτεραιότητα Στόχου
Κόμβος Ύδρευσης δήμου Χανίων	Κατακράτηση υδατικών πόρων για ικανοποίηση αναγκών ύδρευσης του δήμου Χανίων	Water Supply	1-2
Κόμβοι Ύδρευσης εκτός δήμου Χανίων (Public Water Supply Nodes)	Κατακράτηση υδατικών πόρων για ικανοποίηση αναγκών ύδρευσης	Water Supply	2
Κόμβοι Άρδευσης (Fixed Irrigation Node)	Κατακράτηση υδατικών πόρων για ικανοποίηση αναγκών άρδευσης	Irrigation	3
Κόμβοι Ελάχιστης Παροχής (Low Flow Node)	Διασφαλίζεται η ελάχιστη παροχή κατάντη για λόγους υγιεινής, ναυσιπλοΐας ή οικολογίας	Irrigation	2-3
Κόμβοι Σταθερής εισροής (Fixed Inflow Node)	Τίθεται άνω όριο στην παροχή των συγκεκριμένων κλάδων	Max flow	2

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται αντιληπτό πως η ύδρευση ικανοποιείται κατά μεγαλύτερη προτεραιότητα από την άρδευση. Επίσης, η οικολογική παροχή αντιμετωπίζεται με την ίδια προτεραιότητα με την άρδευση, αλλά και με μικρότερη, ώστε να εντοπισθούν οι επιπτώσεις από την αλλαγή της προτεραιότητας στους κόμβους αυτούς σε όλο το υδατικό σύστημα. Αρκετά ψηλά είναι και η ικανοποίηση των στόχων σχετικά με το άνω όριο της παροχής στους κόμβους σταθερής εισροής. Κατά μεγαλύτερη προτεραιότητα ικανοποιείται η ύδρευση του δήμου Χανίων λόγω του μεγάλου του πληθυσμού (53.373 κάτοικοι έναντι του συνολικού πληθυσμού του νομού που είναι 150.289 κάτοικοι). Όπως θα αναφερθεί παρακάτω στο σενάριο που περιγράφει τη μελλοντική κατάσταση του υδατικού συστήματος η προτεραιότητα της ύδρευσης του δήμου Χανίων έγινε 2 για λόγους απλοποίησης.

5.5. Διαχειριστικά σενάρια στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Μετά από την ανάλυση των συνιστωσών των διαχειριστικών σεναρίων που δημιουργήθηκαν, μπορούν αυτά πλέον να παρουσιαστούν στο σύνολό τους.

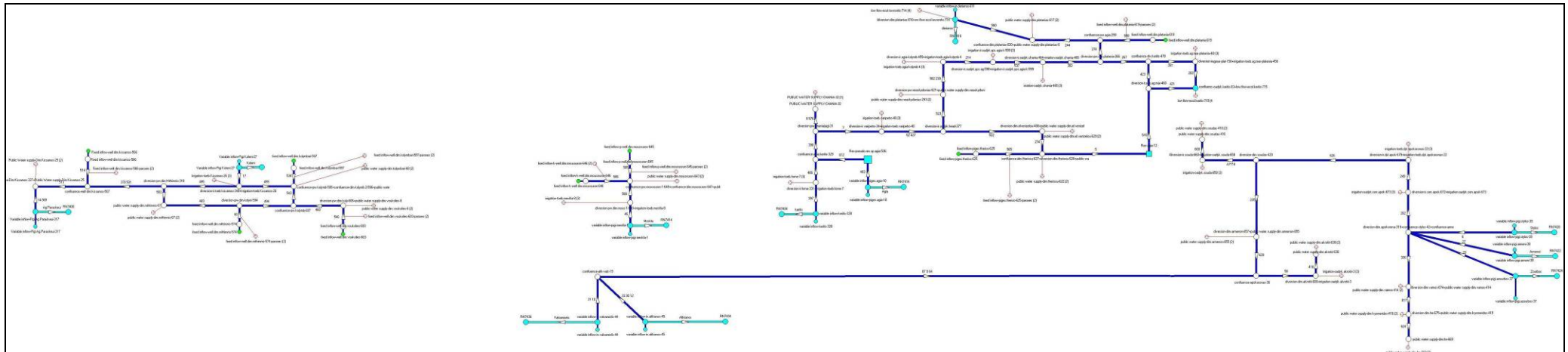
Όπως προαναφέρθηκε δημιουργήθηκαν δυο διαφορετικά διαχειριστικά σενάρια. Στο πρώτο περιγράφεται η παρούσα κατάσταση του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, περιγράφεται δηλαδή το υδατικό σύστημα με τα

υπάρχοντα τεχνικά έργα. Στο δεύτερο σενάριο περιγράφεται το υδατικό σύστημα του υπό μελέτη τμήματος του νομού μετά από την προσθήκη σε αυτό κάποιων τεχνικών έργων (έργων ταμίευσης νερού ως επί το πλείστον) των οποίων η κατασκευή έχει προγραμματισθεί (ώστε τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους να είναι γνωστά). Συγκρίνοντας τα δυο σενάρια εξάχθηκαν συμπεράσματα σχετικά με τις επιπτώσεις των τεχνικών έργων που προστέθηκαν στο υδατικό σύστημα, ενώ με την προσομοίωση τα συμπεράσματα αυτά ποσοτικοποιήθηκαν.

5.5.1. Διαχειριστικό σενάριο παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Η παρούσα κατάσταση του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, όπως σχηματοποιήθηκε στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ», φαίνεται στην παρακάτω εικόνα(Εικόνα 5-11):

5. Σχηματοποίηση



Εικόνα 5-11: Διαχειριστικό σενάριο παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Παρατηρώντας το διαχειριστικό σενάριο της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, φαίνεται πως το υδατικό σύστημα αποτελείται από 3 ανεξάρτητα υδατικά συστήματα

Οι συνιστώσες που αποτελούν το διαχειριστικό σενάριο φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 5-4: Κόμβοι διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Κ ό μ β ο ι	
Είδος Κόμβων	Αριθμός
Κόμβοι(junctions)	52
Ταμιευτήρες (Reservoirs)	2
Γεωτρήσεις (Boreholes)	8
Κόμβοι Εισροής (Inflows)	11
Κόμβοι Υδατορεύματος (River Nodes)	23
Στόχοι (Targets)	38
ΣΥΝΟΛΟ	134

Πίνακας 5-5: Κλάδοι διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Κ λ ά δ ο ι	
Είδος Κλάδων	Αριθμός
Υδραγωγεία (Aqueducts)	65
Υδατορεύματα (River Segments)	11
ΣΥΝΟΛΟ	76

Παρατηρείται πως ο αριθμός των κόμβων εισροής είναι ίδιος με τον αριθμό των υδατορευμάτων. Αυτό συμβαίνει επειδή για τη σχηματοποίηση κάθε ενός κόμβου μεταβλητής εισροής χρησιμοποιείται και ένα υδατόρευμα (βλ 5.4.1 Κόμβοι Μεταβλητής Εισροής)

Αναλυτικότερες πληροφορίες για ορισμένες κατηγορίες κόμβων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

5. Σχηματοποίηση

Πίνακας 5-6: Ταμιευτήρες διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Τ α μ ι ε υ τ ή ρ ε ς	
Όνομα Ταμιευτήρα και α/α	Χωρητικότητα ταμιευτήρα(μέχρι υπερχειλίσης) σε hm³
Αγιάς- 12	0,4
Πηγές Αγιάς (Ψευδοταμιευτήρας)-536	22

Πίνακας 5-7: Γεωτρήσεις διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Γ ε ω τ ρ ή σ ε ι ς	
Όνομα Γεώτρησης και α/α	Μέγιστη Παροχή Γεώτρησης σε m³/s
Δήμος Κισσάμου – 566	0,2
Δήμος Μουσούρων - 646	0,2
Δήμος Μουσούρων - 645	0,1
Πηγές Θερίσου – 625	0,6
Δήμος Κολυμβαρίου-597	0,6
Δήμος Μυθήμνης -574	0,6
Δήμος Πλατανιά-619	0,3
Δήμος Βουκολιών-603	0,1

Πίνακας 5-8: Κόμβοι Εισροής διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Κ ό μ β ο ι Ε ι σ ρ ο ή ς												
Όνομα Κόμβου Εισροής και α/α	Μέσες Μηνιαίες Παροχές συνθετικών χρονοσειρών εισροής σε m³/s											
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Πηγή Αγ.Απαρασκευής-317	0,03	0,04	0,06	0,09	0,1	0,1	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Πηγή Κολένη-27	0,19	0,2	0,24	0,32	0,44	0,51	0,54	0,54	0,47	0,37	0,28	0,24
Ποταμός Βαλσαμιώτης-44	0,01	0,01	0,06	0,14	0,19	0,15	0,09	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Ποταμός Αλικιανός-45	0,01	0,01	0,06	0,16	0,22	0,17	0,1	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Πηγή Μεσκλά-1	0,18	0,62	1,08	1,56	2,01	1,99	1,69	1,17	0,7	0,43	0,27	0,18
Ποταμός Κερίτης-328	0,04	0,16	0,29	0,29	0,29	0,4	0,3	0,22	0,08	0,01	0,01	0,01
Πηγή Αγιάς-10	2,57	2,86	2,82	2,26	2,33	2,45	2,42	2,18	2	1,96	1,81	1,93
Πηγή Στύλος-39	0,75	2,02	3,15	3,77	4,06	4,45	4,5	3,82	2,35	1,09	0,81	0,48
Πηγή Αρμένιοι - 38	0,38	0,7	0,93	0,99	1,04	1,05	1,02	0,98	0,77	0,54	0,41	0,33
Πηγή Ζούρβος-37	0,8	0,85	0,91	0,99	1,05	1,05	1,05	1,07	1,02	0,96	0,89	0,82
Ποταμός Ντεριανός-611	0,08	0,18	0,72	1,21	1,66	1,6	0,85	0,4	0,19	0,09	0,06	0,05

5. Σχηματοποίηση

Πίνακας 5-9: Στόχοι διαχειριστικού σεναρίου παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Σ τ ό χ ο ι													
Υδρευση (16 Στόχοι)													
Όνομα στόχου και α/α	Προτεραιότητα	Μηνιαία ζήτηση νερού σε hm ³											
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Δήμος Χανίων-32	1	0,54432	0,59616	0,54432	0,62208	0,62208	0,67392	0,7776	0,7776	0,75168	0,62208	0,62208	0,59616
Δήμος Κισσάμου-25	2	0,10368	0,10368	0,07776	0,23328	0,31104	0,41472	0,49248	0,49248	0,36288	0,2592	0,10368	0,10368
Δήμος Μηθύμνης-67	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,7776	1,08864	1,47744	1,8144	1,8144	1,32192	1,06272	0,15552	0,02592
Δήμος Ελ. Βενιζέλου-629	2	0,05184	0,07776	0,05184	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776
Δήμος Νέας Κυδωνίας-293	2	0,10368	0,10368	0,10368	0,10368	0,10368	0,18144	0,2592	0,2592	0,20736	0,10368	0,10368	0,10368
Δήμος Πλατανιά-617	2	0,05184	0,05184	0,02592	0,3888	0,54432	0,75168	0,98496	0,98496	0,72576	0,5184	0,1296	0,05184
Δήμος Ακρωτηρίου-636	2	0,05184	0,07776	0,05184	0,20736	0,23328	0,28512	0,33696	0,33696	0,28512	0,23328	0,07776	0,07776
Δήμος Αρμένων-655	2	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,1296	0,1296	0,1296	0,1296	0,07776	0,07776	0,07776
Δήμος Σούδας - 416	2	0,07776	0,07776	0,05184	0,10368	0,1296	0,15552	0,18144	0,18144	0,15552	0,1296	0,07776	0,07776
Δήμος Βάμου-414	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,05184	0,07776	0,10368	0,10368	0,10368	0,10368	0,07776	0,05184	0,02592
Δήμος Φρε-669	2	0	0	0	0,02592	0,02592	0,05184	0,05184	0,05184	0,05184	0,02592	0,02592	0
Δήμος Κρυνονερίδας-415	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,07776	0,10368	0,10368	0,1296	0,1296	0,10368	0,07776	0,05184	0,02592
Δήμος Κολυμβαρίου-68	2	0,05184	0,05184	0,05184	0,67392	0,9072	1,21824	1,52928	1,52928	1,0368	0,85536	0,10368	0,05184
Δήμος Βουκολιών-601	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,18144	0,23328	0,28512	0,36288	0,36288	0,2592	0,20736	0,05184	0,02592
Δήμος Μουσούρων-643	2	0,05184	0,05184	0,02592	0,46656	0,59616	0,72576	0,9072	0,9072	0,82944	0,59616	0,07776	0,05184
Δήμος Θερίσου-622	2	0,05184	0,07776	0,05184	0,10368	0,10368	0,1296	0,15552	0,15552	0,1296	0,10368	0,07776	0,07776

5. Σχηματοποίηση

Αρδευση (12 Στόχοι)													
Όνομα στόχου και α/α	Προτεραιότητα	Μηνιαία ζήτηση νερού σε hm ³											
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
ΤΟΕΒ Μεσκλών-8	3	0	0	0	0,042428	0,05489	0,064384	0,083076	0,083076	0,08456	0,05489	0	0
ΤΟΕΒ Φουρνέ-7	3	0	0	0	0,153187	0,198423	0,230294	0,297121	0,297121	0,306374	0,198423	0	0
ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου-40	3	0	0	0	0,50853	0,679305	0,831105	1,0626	1,0626	1,013265	0,679305	0	0
ΤΟΕΒ Αγιάς - Κολυμβαρίου-4	3	0	0	0	0,55069	0,73744	0,90983	1,15405	1,15405	1,05828	0,73744	0,02873	0
ΟΑΔΥΚ Αγιά-599	3	0	0	0	0,348488	0,495441	0,659188	0,835531	0,831333	0,625599	0,474447	0,054582	0
ΟΑΔΥΚ Δήμος Χανίων-465	3	0	0	0	1,237398	1,684525	2,121253	2,672363	2,672363	2,329219	1,674126	0,145576	0
ΤΟΕΒ Κίσσαμος-26	3	0	0	0	0,370723	0,533232	0,736368	0,903955	0,903955	0,655114	0,533232	0,132038	0
ΤΟΕΒ Αγ.Μαρίνας-Πλατανιά-458	3	0	0	0	0,169254	0,246382	0,329937	0,415635	0,415635	0,327795	0,244239	0,006427	0
ΤΟΕΒ Ακρωτηρίου-3	3	0,01104	0,01104	0,01104	0,30084	0,39744	0,51888	0,62376	0,62376	0,48576	0,39192	0,20148	0,01104
ΤΟΕΒ Σούδας-658	3	0	0	0	0,01932	0,03036	0,043056	0,053544	0,053544	0,037536	0,03036	0,002208	0
ΤΟΕΒ Δυτ.Αποκόρωνα-22	3	0	0	0	0,424005	0,580887	0,746249	0,932811	0,932811	0,758969	0,568167	0,03816	0
ΟΑΔΥΚ Κεντρ.Αποκόρωνα-673	3	0	0	0	0,126532	0,168312	0,213672	0,267389	0,266195	0,219641	0,164731	0,02268	0,02268
Οικολογική Παροχή (2 Στόχοι)													
Όνομα στόχου και α/α	Προτεραιότητα	Μηνιαία ζήτηση νερού σε hm ³											
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ποταμός Ταυρωνίτης-714	2-3	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592
Ποταμός Κερίτης-715	2-3	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144

5. Σχηματοποίηση

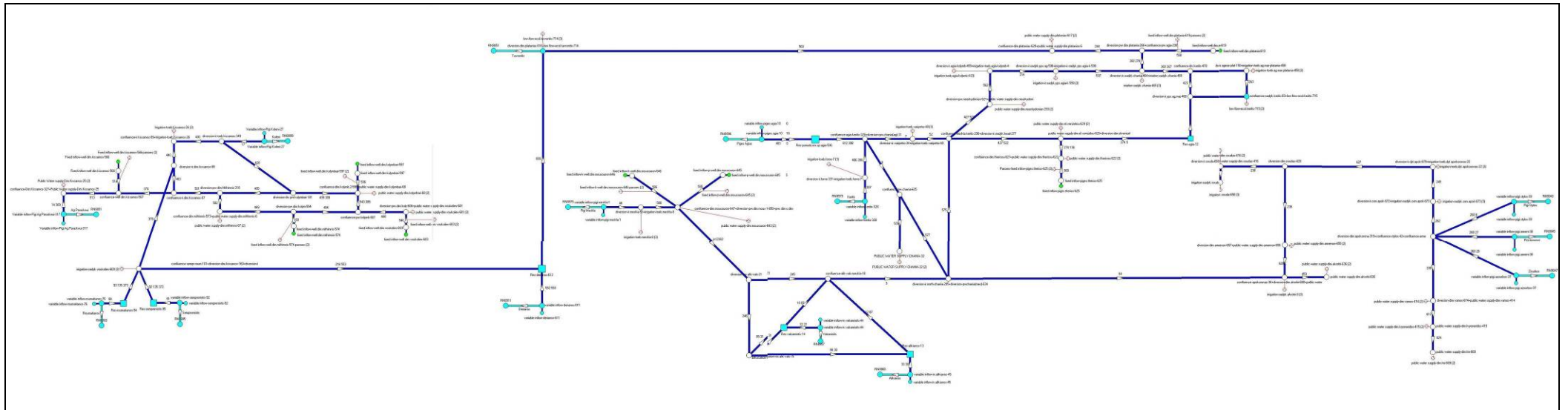
Παροχή Γεωτρήσεων (8 Στόχοι)													
Όνομα στόχου και α/α	Προτεραιότητα	Μέγιστη Παροχή υδραγωγείου σε m³/sec											
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Δήμος Κισσάμου-566	2	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0
Δήμος Μηθύμνης-574	2	0	0	0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,1	0
Δήμος Κολυμβαρίου-597	2	0	0	0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0	0
Δήμος Βουκολιών-603	2	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0
Δήμος Μουσούρων-645	2	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0
Δήμος Μουσούρων-646	2	0	0	0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0
Δήμος Πλατανιά-619	2	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0	0
Πηγές Θερίσου-625	2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,2	0	0	0	0	0,1	0,1

Παρατηρείται πως η προτεραιότητα των σχετικών με την οικολογική παροχή στόχων είναι 2 και 3. Αυτό συμβαίνει επειδή η προσομοίωση θα γίνει μια φορά για τιμή προτεραιότητας 2 και μια άλλη για τιμή 3 ώστε να προσδιοριστεί για ποια τιμή τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι καλύτερα.

5.5.2. Διαχειριστικό σενάριο μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Η μελλοντική κατάσταση του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, μετά την προσθήκη σε αυτό ορισμένων προγραμματισμένων τεχνικών έργων, όπως σχηματοποιήθηκε στο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ», φαίνεται στην παρακάτω εικόνα(**Εικόνα 5-12**):

5. Σχηματοποίηση



Εικόνα 5-12: Διαχειριστικό Σενάριο μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

5. Σχηματοποίηση

Παρατηρώντας το διαχειριστικό σενάριο της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, γίνεται αντιληπτό πως τα τεχνικά που προστέθηκαν στο υδατικό σύστημα σύνδεσαν μεταξύ τους τα 3 ανεξάρτητα υδατικά συστήματα που φαίνονται στο διαχειριστικό σενάριο της παρούσας κατάστασης

Οι συνιστώσες που αποτελούν το διαχειριστικό σενάριο φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 5-10: Κόμβοι διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Κ ό μ β ο ι	
Είδος Κόμβων	Αριθμός
Κόμβοι(junctions)	58
Ταμιευτήρες (Reservoirs)	7
Γεωτρήσεις (Boreholes)	8
Κόμβοι Εισροής (Inflows)	13
Κόμβοι Υδατορεύματος (River Nodes)	29
Στόχοι (Targets)	39
ΣΥΝΟΛΟ	154

Πίνακας 5-11: Κλάδοι διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Κ λ ά δ ο ι	
Είδος Κλάδων	Αριθμός
Υδραγωγεία (Aqueducts)	86
Υδατορεύματα (River Segments)	13
ΣΥΝΟΛΟ	99

Το παραπάνω διαχειριστικό σενάριο είναι άμεσα συγκρίσιμο με το διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM (με όλους τους κόμβους ενεργοποιημένους βλ. **Εικόνα 5-2** και **Πίνακας 5-1**), καθώς και τα δυο αναφέρονται στη μελλοντική κατάσταση του υδατικού συστήματος. Συγκρίνοντας τα λοιπόν, παρατηρείται πως ο αριθμός των κόμβων στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM είναι λίγο μικρότερος από τον

αντίστοιχο αριθμό στο διαχειριστικό σενάριο του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ (143 έναντι 154, αυτό θα άλλαζε αν στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM προστίθεντο και ο αριθμός των τερματικών κόμβων). Επίσης ο αριθμός των κλάδων είναι πολύ μεγαλύτερος στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM (152 έναντι 99, η διαφορά θα μεγάλωνε αν στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM προστίθεντο ο αριθμός των κλάδων των τερματικών κόμβων). Παρόλο που για τη μεταφορά ενός κόμβου ορισμένων κατηγοριών στο διαχειριστικό σενάριο του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ από το διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM απαιτούνται περισσότεροι κόμβοι, η ύπαρξη κόμβων με περισσότερες από μια λειτουργίας έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους του διαχειριστικού σεναρίου του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ. Το μειωμένο μέγεθος του σεναρίου συμβάλει στην καλύτερη εποπτεία του από το χρήστη.

Αναλυτικότερες πληροφορίες για ορισμένες κατηγορίες κόμβων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες (παραλείπονται οι πληροφορίες σχετικά με τις γεωτρήσεις και τους στόχους σε αυτές που είναι όμοιες με αυτές που προαναφέρθηκαν βλ. 5.5.1 Διαχειριστικό σενάριο παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων).

Πίνακας 5-12: Ταμιευτήρες διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Τ α μ ι ε υ τ ή ρ ε ς	
Όνομα Ταμιευτήρα και α/α	Χωρητικότητα ταμιευτήρα(μέχρι υπερχειλίσης) σε hm³
Αγιάς- 12	0,4
Πηγές Αγιάς (Ψευδοταμιευτήρας)-536	22
Ποταμός Ρουματιανός-94	5
Ποταμός Σεμπρωνιώτης - 95	6,5
Ποταμός Ντεριανός - 612	15
Ποταμός Βαλσαμιώτης – 14	5
Ποταμός Αλικιανός – 13	6,2

5. Σχηματοποίηση

Πίνακας 5-13: Κόμβοι Εισροής διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Κόμβοι Εισροής												
Όνομα Κόμβου Εισροής και α/α	Μέσες Μηνιαίες Παροχές συνθετικών χρονοσειρών εισροής σε m ³ /s											
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Πηγή Αγ.Απαρασκευής-317	0,03	0,04	0,06	0,09	0,1	0,1	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Πηγή Κολέσι-27	0,19	0,2	0,24	0,32	0,44	0,51	0,54	0,54	0,47	0,37	0,28	0,24
Ποταμός Βαλσαμιώτης-44	0,01	0,01	0,06	0,14	0,19	0,15	0,09	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Ποταμός Αλικιανός-45	0,01	0,01	0,06	0,16	0,22	0,17	0,1	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Πηγή Μεσκλά-1	0,18	0,62	1,08	1,56	2,01	1,99	1,69	1,17	0,7	0,43	0,27	0,18
Ποταμός Κερίτης-328	0,04	0,16	0,29	0,29	0,29	0,4	0,3	0,22	0,08	0,01	0,01	0,01
Πηγή Αγνίας-10	2,57	2,86	2,82	2,26	2,33	2,45	2,42	2,18	2	1,96	1,81	1,93
Πηγή Στόλος-39	0,75	2,02	3,15	3,77	4,06	4,45	4,5	3,82	2,35	1,09	0,81	0,48
Πηγή Αρμένιοι - 38	0,38	0,7	0,93	0,99	1,04	1,05	1,02	0,98	0,77	0,54	0,41	0,33
Πηγή Ζούρβος-37	0,8	0,85	0,91	0,99	1,05	1,05	1,05	1,07	1,02	0,96	0,89	0,82
Ποταμός Ντεριανός-611	0,08	0,18	0,72	1,21	1,66	1,6	0,85	0,4	0,19	0,09	0,06	0,05
Ποταμός Ρουματιανός	0,07	0,15	0,54	0,94	1,23	1,21	0,71	0,32	0,17	0,10	0,08	0,05
Ποταμός Σεμπρωνιώτης	0,02	0,05	0,22	0,35	0,59	0,68	0,44	0,13	0,06	0,02	0,01	0,01

5. Σχηματοποίηση

Πίνακας 5-14: Στόχοι διαχειριστικού σεναρίου μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Σ τ ό χ ο ι													
Υδρευση (16 Στόχοι)													
Όνομα στόχου και α/α	Προτεραιότητα	Μηνιαία ζήτηση νερού σε hm ³											
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Δήμος Χανίων-32	2	0,54432	0,59616	0,54432	0,62208	0,62208	0,67392	0,7776	0,7776	0,75168	0,62208	0,62208	0,59616
Δήμος Κισσάμου-25	2	0,10368	0,10368	0,07776	0,23328	0,31104	0,41472	0,49248	0,49248	0,36288	0,2592	0,10368	0,10368
Δήμος Μηθύμνης-67	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,7776	1,08864	1,47744	1,8144	1,8144	1,32192	1,06272	0,15552	0,02592
Δήμος Ελ. Βενιζέλου-629	2	0,05184	0,07776	0,05184	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776
Δήμος Νέας Κυδωνίας-293	2	0,10368	0,10368	0,10368	0,10368	0,10368	0,18144	0,2592	0,2592	0,20736	0,10368	0,10368	0,10368
Δήμος Πλατανιά-617	2	0,05184	0,05184	0,02592	0,3888	0,54432	0,75168	0,98496	0,98496	0,72576	0,5184	0,1296	0,05184
Δήμος Ακρωτηρίου-636	2	0,05184	0,07776	0,05184	0,20736	0,23328	0,28512	0,33696	0,33696	0,28512	0,23328	0,07776	0,07776
Δήμος Αρμένων-655	2	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,07776	0,1296	0,1296	0,1296	0,1296	0,07776	0,07776	0,07776
Δήμος Σούδας - 416	2	0,07776	0,07776	0,05184	0,10368	0,1296	0,15552	0,18144	0,18144	0,15552	0,1296	0,07776	0,07776
Δήμος Βάμου-414	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,05184	0,07776	0,10368	0,10368	0,10368	0,10368	0,07776	0,05184	0,02592
Δήμος Φρε-669	2	0	0	0	0,02592	0,02592	0,05184	0,05184	0,05184	0,05184	0,02592	0,02592	0
Δήμος Κρυνονερίδας-415	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,07776	0,10368	0,10368	0,1296	0,1296	0,10368	0,07776	0,05184	0,02592
Δήμος Κολυμβαρίου-68	2	0,05184	0,05184	0,05184	0,67392	0,9072	1,21824	1,52928	1,52928	1,0368	0,85536	0,10368	0,05184
Δήμος Βουκολιών-601	2	0,02592	0,02592	0,02592	0,18144	0,23328	0,28512	0,36288	0,36288	0,2592	0,20736	0,05184	0,02592
Δήμος Μουσούρων-643	2	0,05184	0,05184	0,02592	0,46656	0,59616	0,72576	0,9072	0,9072	0,82944	0,59616	0,07776	0,05184
Δήμος Θερίσου-622	2	0,05184	0,07776	0,05184	0,10368	0,10368	0,1296	0,15552	0,15552	0,1296	0,10368	0,07776	0,07776

5. Σχηματοποίηση

Αρδευση (12 Στόχοι)													
Όνομα στόχου και α/α	Προτεραιότητα	Μηνιαία ζήτηση νερού σε hm ³											
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
ΤΟΕΒ Μεσκλών-8	3	0	0	0	0,042428	0,05489	0,064384	0,083076	0,083076	0,08456	0,05489	0	0
ΤΟΕΒ Φουρνέ-7	3	0	0	0	0,153187	0,198423	0,230294	0,297121	0,297121	0,306374	0,198423	0	0
ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου-40	3	0	0	0	0,50853	0,679305	0,831105	1,0626	1,0626	1,013265	0,679305	0	0
ΤΟΕΒ Αγιάς - Κολυμβαρίου-4	3	0	0	0	0,55069	0,73744	0,90983	1,15405	1,15405	1,05828	0,73744	0,02873	0
ΟΑΔΥΚ Αγιά-599	3	0	0	0	0,348488	0,495441	0,659188	0,835531	0,831333	0,625599	0,474447	0,054582	0
ΟΑΔΥΚ Δήμος Χανίων-465	3	0	0	0	1,237398	1,684525	2,121253	2,672363	2,672363	2,329219	1,674126	0,145576	0
ΤΟΕΒ Κίσσαμος-26	3	0	0	0	0,370723	0,533232	0,736368	0,903955	0,903955	0,655114	0,533232	0,132038	0
ΤΟΕΒ Αγ.Μαρίνας-Πλατανιά-458	3	0	0	0	0,169254	0,246382	0,329937	0,415635	0,415635	0,327795	0,244239	0,006427	0
ΤΟΕΒ Ακρωτηρίου-3	3	0,01104	0,01104	0,01104	0,30084	0,39744	0,51888	0,62376	0,62376	0,48576	0,39192	0,20148	0,01104
ΤΟΕΒ Σούδας-658	3	0	0	0	0,01932	0,03036	0,043056	0,053544	0,053544	0,037536	0,03036	0,002208	0
ΤΟΕΒ Δυτ.Αποκόρωνα-22	3	0	0	0	0,424005	0,580887	0,746249	0,932811	0,932811	0,758969	0,568167	0,03816	0
ΟΑΔΥΚ Κεντρ.Αποκόρωνα-673	3	0	0	0	0,126532	0,168312	0,213672	0,267389	0,266195	0,219641	0,164731	0,02268	0,02268
ΟΑΔΥΚ Βουκολιών - 609	3	0	0	0	0,08004	0,10626	0,13248	0,1656	0,1656	0,14421	0,10488	0,00828	0
Οικολογική Παροχή (2 Στόχοι)													
Όνομα στόχου και α/α	Προτεραιότητα	Μηνιαία ζήτηση νερού σε hm ³											
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ποταμός Ταυρωνίτης-714	4	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592	0,2592
Ποταμός Κερίτης-715	4	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144	1,8144

5.5.3. Σύγκριση διαχειριστικών σεναρίων μελλοντικής - παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Τα διαχειριστικά σενάρια της μελλοντικής και της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους και να εντοπισθούν οι διαφορές τους. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στις επιπτώσεις από την προσθήκη στο υδατικό σύστημα των προγραμματισμένων τεχνικών έργων και θα ποσοτικοποιηθούν κατά την προσομοίωση.

Οι διαφορές των δυο διαχειριστικών σεναρίων λοιπόν, φαίνονται παρακάτω:

1. Τα 3 ανεξάρτητα υδατικά συστήματα του σεναρίου της παρούσας κατάστασης ενώνονται σε ένα μετά την προσθήκη των προγραμματισμένων τεχνικών έργων στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης.
2. Στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης προστίθενται 5 επιπλέον έργα ταμείωσης υδατικών πόρων, αυξάνοντας την ποσότητα υδατικών πόρων που μπορούν να αποθηκευτούν σε $60,1 \text{ hm}^3$ από $22,4 \text{ hm}^3$ (ή σε $37,7 \text{ hm}^3$ από $0,4 \text{ hm}^3$ αν από τη συνολική αποθηκευτική ικανότητα των υδατικών συστημάτων αφαιρεθεί η χωρητικότητα του ψευδοταμιευτήρα των πηγών της Αγιάς) που είναι στο σενάριο της παρούσας κατάστασης.
3. Στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης προστίθενται 2 επιπλέον πηγές τροφοδοσίας υδατικών πόρων του υδατικού συστήματος (Ποταμός Ρουματιανός και Σεμπρωνιώτης).
4. Στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης προστίθεται ένα επιπλέον σημείο κατανάλωσης υδατικών πόρων (στόχος άρδευσης ΟΑΔΥΚ Βουκολιών).

Βάσει των παραπάνω διαφορών των δύο διαχειριστικών σεναρίων, αναμένεται η ικανοποίηση των αναγκών σε νερό του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων να ικανοποιείται με μεγαλύτερη αξιοπιστία και να μειωθούν τα όποια ελλείμματα μετά την προσθήκη σε αυτό των προγραμματισμένων τεχνικών έργων.

6. Προσομοίωση

6.1. Γενικά

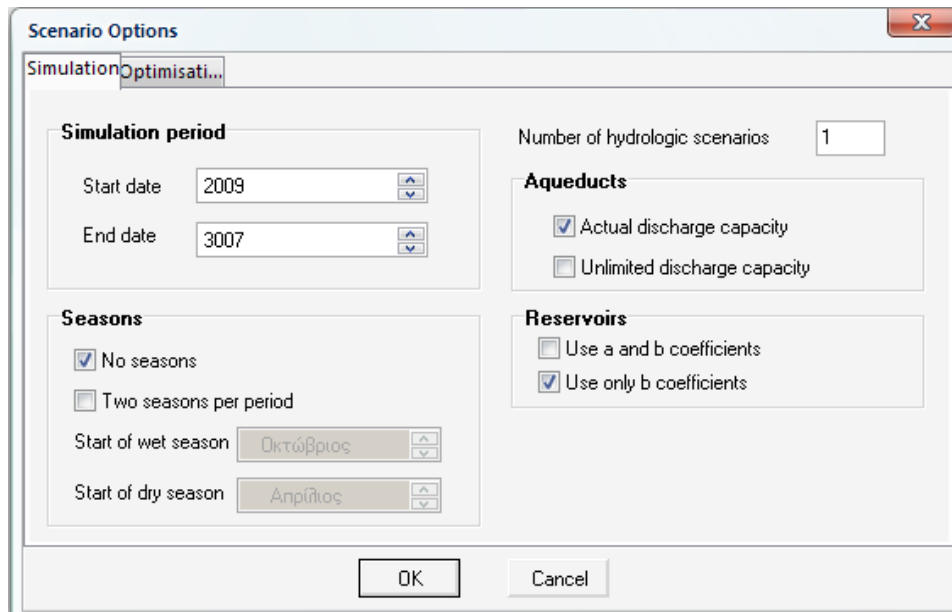
Προηγουμένως περιγράφηκε η δημιουργία των διαχειριστικών σεναρίων του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων (της παρούσας και της μελλοντικής του κατάστασης) και η εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων σε αυτά (εισροές στο υδατικό σύστημα και χαρακτηριστικά τεχνικών έργων). Μετά την ολοκλήρωση των διαχειριστικών σεναρίων αυτών μπορεί να γίνει η προσομοίωση τους με το μοντέλο στοχαστικής προσομοίωσης «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ». Όπως προαναφέρθηκε, προσομοίωση (simulation) είναι η τεχνική μίμησης της λειτουργίας ενός πραγματικού συστήματος, όπως αυτό εξελίσσεται στο χρόνο (Winston, 1994, σ. 23) ενώ τα στοχαστικά υδρολογικά μοντέλα, περιγράφουν στατιστικά τις χρονικές και χωρικές συσχετίσεις των υδρολογικών διεργασιών, ποσοτικοποιώντας την αβεβαιότητα γύρω από την εξέλιξή τους.

Ο τύπος της προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτός της **μόνιμης κατάστασης** (steady-state), καθώς ζητούμενο είναι η αποτίμηση της μακροχρόνιας επίδοσης του υδατικού συστήματος (ανεξάρτητη των αρχικών συνθηκών).

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, ή η απόκριση του μοντέλου στοχαστικής προσομοίωσης, διαφέρουν από την απόκριση του πραγματικού υδατικού συστήματος λόγω σφαλμάτων και αβεβαιοτήτων στη μαθηματική δομή, τα δεδομένα και τις παραμέτρους του μοντέλου, με σημαντικότερη την υδρολογική αβεβαιότητα. Τα αποτελέσματά λοιπόν της προσομοίωσης των διαχειριστικών σεναρίων του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων θα παρουσιαστούν παρακάτω, θα σχολιασθούν και θα συγκριθούν, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της μελέτης «**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ**».

6.2. Προετοιμασία προσομοίωσης στο διαχειριστικό μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» - Εισαγωγή παραμέτρων


Από τον κατάλογο **Run** της γραμμής εργαλείων του περιβάλλοντος εργασίας του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» επιλέγεται το **Options**, οπότε και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο :



Εικόνα 6-1: Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης στον «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»

Παραπάνω ορίζονται το έτος που θα ορίζει την αρχή της περιόδου προσομοίωσης και το έτος που θα ορίζει το τέλος της. Επίσης ορίζεται αν το κάθε έτος θα χωρίζεται σε περιόδους ή όχι, αν η παροχетеυτικότητα των υδραγωγείων θα έχει την τιμή που τέθηκε κατά τη σχηματοποίηση ή αν θα είναι άπειρη και κάποιες παράμετροι για τη λειτουργία των ταμιευτήρων.

Σχετικά με την περίοδο της προσομοίωσης, αυτή εξαρτάται από τις χρονοσειρές που έχουν εισαχθεί στο εκάστοτε σενάριο. Αναλυτικότερα, προσομοίωση μπορεί να γίνει μόνο για έτη τα οποία συμπεριλαμβάνονται στις χρονοσειρές. Οι χρονοσειρές που παράχθηκαν από το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης «ΚΑΣΤΑΛΙΑ» αρχίζουν τον Οκτώβριο του 2008 και τελειώνουν το Σεπτέμβριο του 3008 δηλαδή το μήκος των χρονοσειρών είναι 1000 έτη. Από τα έτη αυτά το πρώτο και το τελευταίο δεν είναι ολόκληρα, οπότε η προσομοίωση θα γίνει για τα υπόλοιπα (Περίοδος προσομοίωσης 2009 - 3007).

Μετά την εισαγωγή των παραπάνω παραμέτρων μπορεί να αρχίσει η προσομοίωση. Για να αρχίσει επιλέγεται το  από τη γραμμή εργαλείων. Στη συνέχεια εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο εμφανίζονται τυχόν λάθη και παραλήψεις της σχηματοποίησης. Αυτά χωρίζονται σε δυο κατηγορίες.

1. **Error** – Δεν μπορεί να γίνει η προσομοίωση (π.χ Κόμβος εισροής χωρίς χρονοσειρά)
2. **Warning** – Η προσομοίωση μπορεί να συνεχιστεί (π.χ. ταμιευτήρας χωρίς χρονοσειρά εξάτμισης)

Μετά τη διόρθωση των Errors και Warnings ή αγνόηση ορισμένων Warnings μπορεί να αρχίσει η προσομοίωση. Η διάρκεια της ήταν λιγότερο από 5 min. Μόλις ολοκληρωθεί, από τον κατάλογο **Results** εμφανίστηκαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

6.3. Αποτελέσματα προσομοίωσης

6.3.1. Αποτελέσματα σεναρίου παρούσας κατάστασης υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του διαχειριστικού σεναρίου που περιγράφει την παρούσα κατάσταση του υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος του νομού Χανίων, για όλους τους στόχους και για προτεραιότητα των στόχων οικολογικής παροχής ίση με 2 και 3 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 6-3** και **Πίνακας 6-4**):

Πίνακας 6-1: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου παρούσας κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 3

A/a	Όνομα Στόχου	Κατηγορία	Προτεραιότητα	Αστοχία(%)	Μέγιστος Αριθμός Αστοχιών σε 1 έτος	Αριθμός Αστοχιών	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)
1	Δ. Χανίων	Υδρευση	1	2,70%	1	31	0,011	0,984
2	Δ. Κισσάμου	Υδρευση	2	4,10%	1	56	0,003	0,207
3	Δ. Μυθήμνης	Υδρευση	2	8,80%	1	174	0,016	0,695
4	Δ. Ελ. Βενιζέλου	Υδρευση	2	3,40%	1	39	0,003	0,156
5	Δ. Νέας Κυδωνίας	Υδρευση	2	3,20%	1	37	0,004	0,467
6	Δ. Πλατανιά	Υδρευση	2	2,60%	1	30	0,003	0,389
7	Δ. Ακρωτηρίου	Υδρευση	2	0,30%	1	4	0,001	0,337
8	Δ. Αρμένων	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,13
9	Δ. Σούδας	Υδρευση	2	0,30%	1	4	0	0,199
10	Δ. Βάμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
11	Δ. Φρε	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,052
12	Δ. Κρουνερίδας	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,046
13	Δ. Κολυμβαρίου	Υδρευση	2	4,00%	1	52	0,002	0,156
14	Δ. Βουκολιών	Υδρευση	2	100,00%	1	7992	0,372	0,372
15	Δ. Μουσούρων	Υδρευση	2	25,90%	1	556	0,041	0,847
16	Δ. Θερίσου	Υδρευση	2	2,00%	1	21	0,002	0,285
17	Δ. Βουκολιών(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
18	Δ. Θερίσου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
19	Δ. Κισσάμου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
20	Δ. Κολυμβαρίου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
21	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
22	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
23	Δ. Μυθήμνης (Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
24	Δ. Πλατανιά(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
25	Ποταμός Ταυρωνίτης	Οικολογική Παροχή	3	35,40%	1	729	1,054	7,258
26	ΤΟΕΒ Μεσκλά	Άρδευση	3	75,00%	1	2442	0,554	3,525
27	ΤΟΕΒ Φορνέ	Άρδευση	3	100,00%	1	4682	1,034	1,521
28	ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου	Άρδευση	3	3,40%	1	38	0,022	2,402
29	ΤΟΕΒ Αγυιά-Κολυμπάρι	Άρδευση	3	9,30%	1	108	0,057	3,366
30	ΟΑΔΥΚ Αγυιά	Άρδευση	3	11,70%	1	139	0,068	2,292
31	ΟΑΔΥΚ Χανίων	Άρδευση	3	25,90%	1	456	0,644	8,909
32	ΤΟΕΒ Κισσάμου	Άρδευση	3	86,50%	1	3115	0,978	4,769
33	ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίας-Πλατανιά	Άρδευση	3	27,60%	1	496	0,149	1,403
34	ΟΑΔΥΚ Ακρωτηρίου	Άρδευση	3	4,10%	1	50	0,015	1,248
35	ΟΑΔΥΚ Σούδα	Άρδευση	3	1,10%	1	13	0	0,098
36	ΤΟΕΒ Δυτ. Αποκόρωνας	Άρδευση	3	1,10%	1	12	0,006	0,933
37	ΟΑΔΥΚ Κεντρ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,50%	1	6	0,001	0,266
Μέσος όρος (Αστοχία %)				14,58%	Άθροισμα (Ελλείμματα)		5,040	43,312

Να διευκρινιστεί πως αν σημειωθεί αστοχία έστω και σε ένα μήνα ενός έτους, τότε θεωρείται πως αστόχησε όλο το έτος.

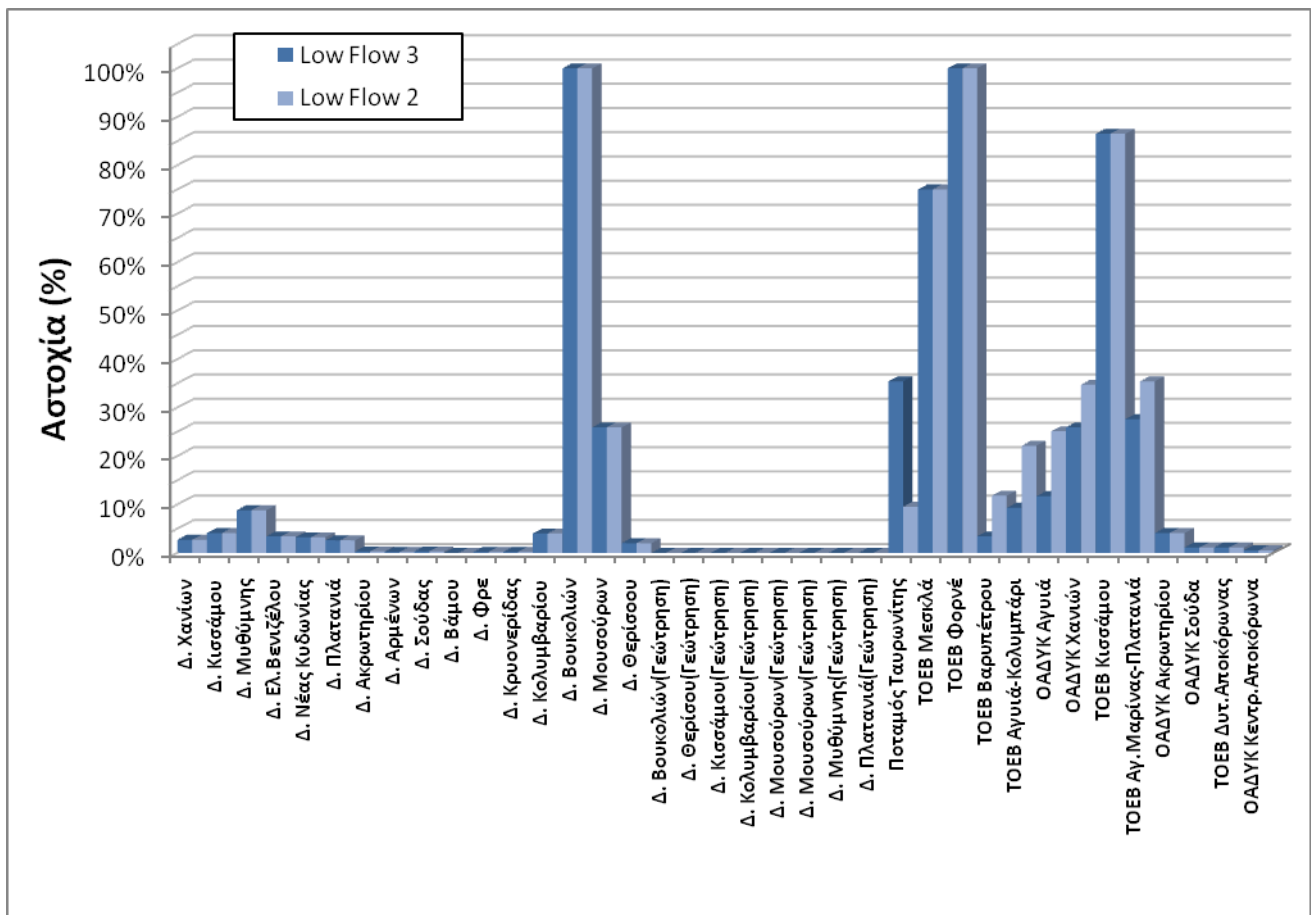
6. Προσομοίωση

Πίνακας 6-2: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου παρούσας κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2

A/a	Όνομα Στόχου	Κατηγορία	Προτεραιότητα	Αστοχία(%)	Μέγιστος Αριθμός Αστοχιών σε 1 έτος	Αριθμός Αστοχιών	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)
1	Δ. Χανίων	Υδρευση	1	2,70%	1	31	0,011	0,984
2	Δ. Κισσάμου	Υδρευση	2	4,10%	1	56	0,003	0,207
3	Δ. Μυθήμνης	Υδρευση	2	8,80%	1	174	0,016	0,695
4	Δ. Ελ. Βενιζέλου	Υδρευση	2	3,40%	1	39	0,003	0,156
5	Δ. Νέας Κυδωνίας	Υδρευση	2	3,20%	1	37	0,004	0,467
6	Δ. Πλατανιά	Υδρευση	2	2,60%	1	30	0,003	0,389
7	Δ. Ακρωτηρίου	Υδρευση	2	0,30%	1	4	0,001	0,337
8	Δ. Αρμένων	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,13
9	Δ. Σούδας	Υδρευση	2	0,30%	1	4	0	0,199
10	Δ. Βάμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
11	Δ. Φρε	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,052
12	Δ. Κρουνερίδας	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,046
13	Δ. Κολυμβαρίου	Υδρευση	2	4,00%	1	52	0,002	0,156
14	Δ. Βουκολιών	Υδρευση	2	100,00%	1	7992	0,372	0,372
15	Δ. Μουσούρων	Υδρευση	2	25,90%	1	556	0,041	0,847
16	Δ. Θερίσου	Υδρευση	2	2,00%	1	21	0,002	0,285
17	Δ. Βουκολιών(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
18	Δ. Θερίσου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
19	Δ. Κισσάμου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
20	Δ. Κολυμβαρίου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
21	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
22	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
23	Δ. Μυθήμνης(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
24	Δ. Πλατανιά(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
25	Ποταμός Ταυρωνίτης	Οικολογική Παροχή	2	9,50%	1	125	0,125	4,309
26	ΤΟΕΒ Μεσκλά	Άρδευση	3	75,00%	1	2442	0,554	3,525
27	ΤΟΕΒ Φορνέ	Άρδευση	3	100,00%	1	4682	1,036	1,528
28	ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου	Άρδευση	3	11,80%	1	138	0,092	3,138
29	ΤΟΕΒ Αγυιά-Κολυμπάρι	Άρδευση	3	22,10%	1	357	0,223	3,795
30	ΟΑΔΥΚ Αγυιά	Άρδευση	3	25,10%	1	420	0,222	2,767
31	ΟΑΔΥΚ Χανίων	Άρδευση	3	34,70%	1	688	1,116	9,348
32	ΤΟΕΒ Κισσάμου	Άρδευση	3	86,50%	1	3115	0,978	4,769
33	ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίας-Πλατανιά	Άρδευση	3	35,40%	1	723	0,212	1,403
34	ΟΑΔΥΚ Ακρωτηρίου	Άρδευση	3	4,10%	1	50	0,015	1,248
35	ΟΑΔΥΚ Σούδα	Άρδευση	3	1,10%	1	13	0	0,098
36	ΤΟΕΒ Δυτ. Αποκόρωνας	Άρδευση	3	1,10%	1	12	0,006	0,933
37	ΟΑΔΥΚ Κεντρ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,50%	1	6	0,001	0,266
Μέσος όρος (Αστοχία %)				15,26%	Άθροισμα (Ελλείμματα)		5,038	42,449

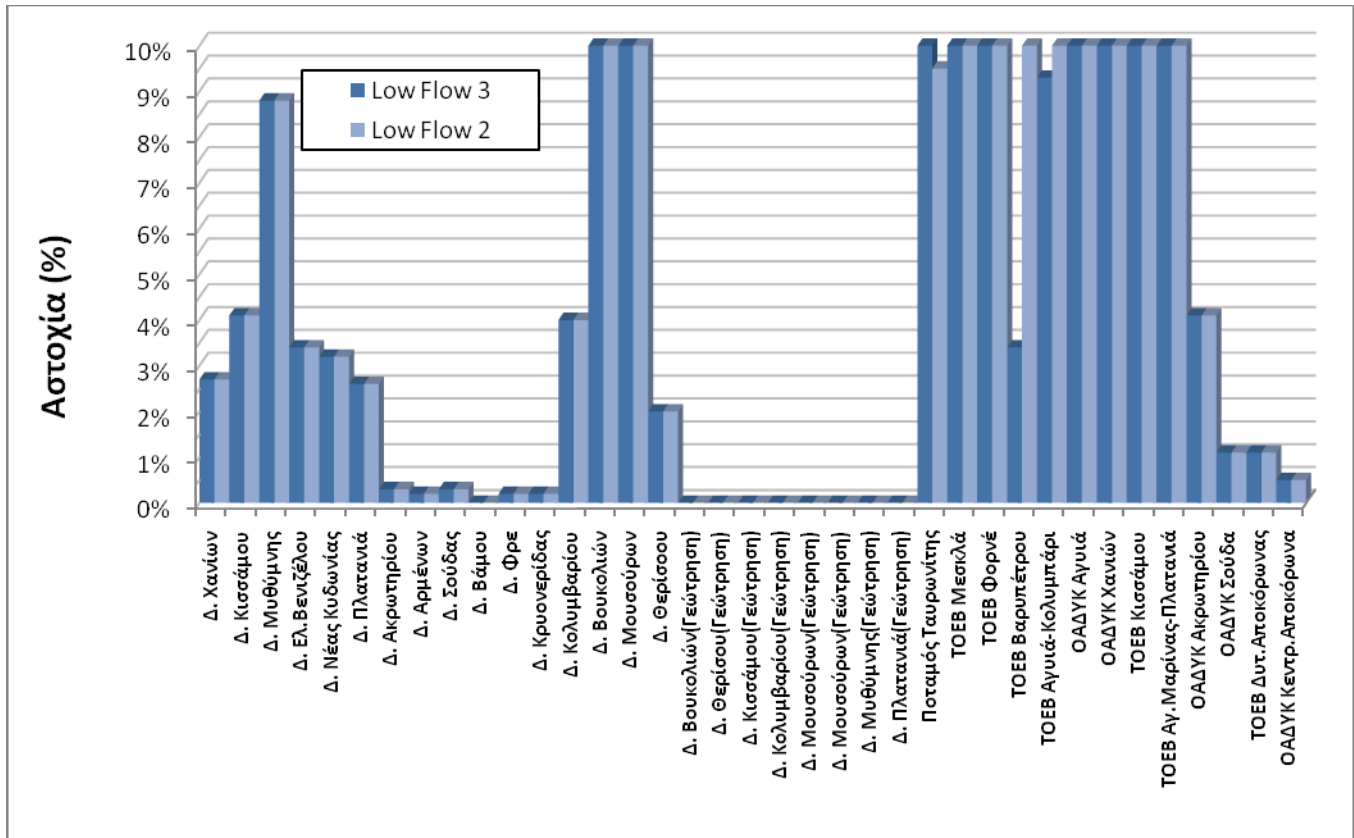
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος

του νομού Χανίων, για προτεραιότητα των στόχων οικολογικής παροχής 2 και 3 (Low Flow 2 και 3 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 6-3):



Διάγραμμα 6-1: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Στο ίδιο διάγραμμα το μέγιστο του κατακόρυφου άξονα μειώνεται από το 100% στο 10% για την καλύτερη απεικόνιση των στόχων με μικρά ποσοστά αστοχίας (Διάγραμμα 6-2)



Διάγραμμα 6-2: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων(<10%)

6.3.2. Αποτελέσματα σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος νομού Χανίων

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του διαχειριστικού σεναρίου που περιγράφει τη μελλοντική κατάσταση του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, για όλους τους στόχους και για προτεραιότητα των στόχων οικολογικής παροχής ίση με 2 και 3 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες (**Πίνακας 6-3** και **Πίνακας 6-4**). Να σημειωθεί πως η προτεραιότητα της ύδρευσης της πόλης των Χανίων, που για το σενάριο της παρούσας κατάστασης ήταν 1, τώρα είναι 2. Η αλλαγή της τιμής της προτεραιότητας αυτής έγινε για λόγους απλοποίησης, καθώς ήταν η μόνη με αυτή την τιμή και το σενάριο της μελλοντικής κατάστασης είναι αρκετά πιο πολύπλοκο από αυτό της παρούσας κατάστασης.

Πίνακας 6-3: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 3

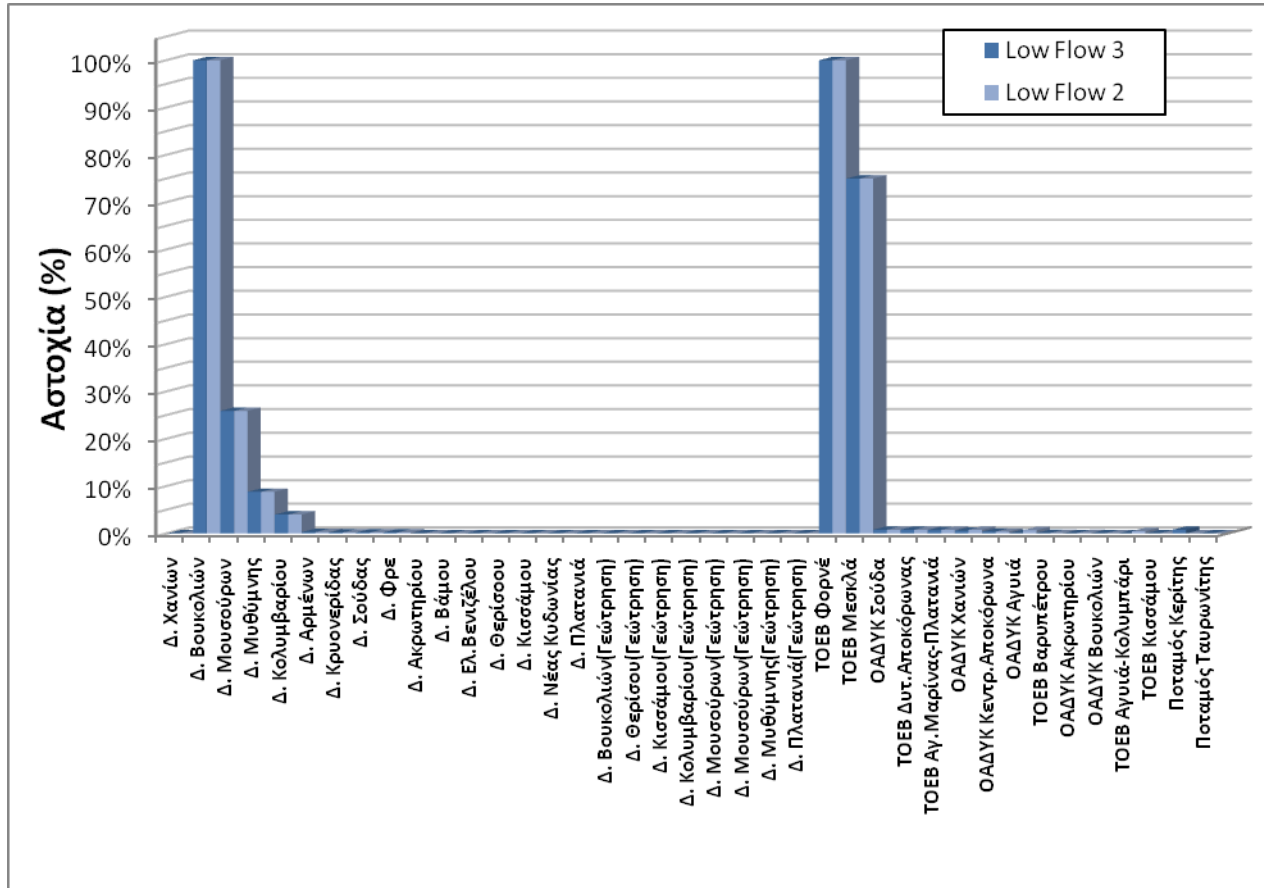
A/a	Όνομα Στόχου	Κατηγορία	Προτεραιότητα	Αστοχία(%)	Μέγιστος Αριθμός Αστοχιών σε 1 έτος	Αριθμός Αστοχιών	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)
1	Δ. Χανίων	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
2	Δ. Βουκολιών	Υδρευση	2	100,0%	1	7992	0,372	0,372
3	Δ. Μουσούρων	Υδρευση	2	25,90%	1	556	0,041	0,847
4	Δ. Μυθήμνης	Υδρευση	2	8,80%	1	174	0,016	0,695
5	Δ. Κολυμβαρίου	Υδρευση	2	4,00%	1	52	0,002	0,156
6	Δ. Αρμένων	Υδρευση	2	0,30%	1	3	0	0,13
7	Δ. Κρυνερίδας	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,046
8	Δ. Σούδας	Υδρευση	2	0,20%	1	3	0	0,199
9	Δ. Φρε	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,052
10	Δ. Ακρωτηρίου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
11	Δ. Βάμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
12	Δ. Ελ. Βενιζέλου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
13	Δ. Θερίσου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
14	Δ. Κίσσαμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
15	Δ. Νέας Κυδωνίας	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
16	Δ. Πλατανιά	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
17	Δ. Βουκολιών(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
18	Δ. Θερίσου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
19	Δ. Κισσάμου (Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
20	Δ. Κολυμβαρίου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
21	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
22	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
23	Δ. Μυθήμνης (Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
24	Δ. Πλατανιά(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
25	ΤΟΕΒ Φορνέ	Άρδευση	3	100,00%	1	4680	1,032	1,521
26	ΤΟΕΒ Μεσκλά	Άρδευση	3	75,00%	1	2442	0,554	3,525
27	ΟΑΔΥΚ Σούδα	Άρδευση	3	0,80%	1	9	0	0,054
28	ΤΟΕΒ Δυτ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,80%	1	9	0,005	0,933
29	ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνας - Πλατανιά	Άρδευση	3	0,70%	1	7	0,002	0,328
30	ΟΑΔΥΚ Χανίων	Άρδευση	3	0,60%	1	6	0,006	2,329
31	ΟΑΔΥΚ Κεντρ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,40%	1	5	0,001	0,266
32	ΟΑΔΥΚ Αγυιά	Άρδευση	3	0,10%	1	1	0	0,155
33	ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου	Άρδευση	3	0,10%	1	1	0	0,236
34	ΟΑΔΥΚ Ακρωτηρίου	Άρδευση	3	0,00%	0	0	0	0
35	ΟΑΔΥΚ Βουκολιών	Άρδευση	3	0,00%	0	0	0	0
36	ΤΟΕΒ Αγυιά-Κολυμπάρι	Άρδευση	3	0,00%	0	0	0	0
37	ΤΟΕΒ Κισσάμου	Άρδευση	3	0,00%	0	0	0	0
38	Ποταμός Κερίτης	Οικολογική Παροχή	3	0,80%	1	9	0,014	1,948
39	Ποταμός Ταυρωνίτης	Οικολογική Παροχή	3	0,00%	0	0	0	0
Μέσος όρος (Αστοχία %)				8,18%	Άθροισμα (Ελλείμματα)		2,045	13,792

6. Προσομοίωση

Πίνακας 6-4: Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2

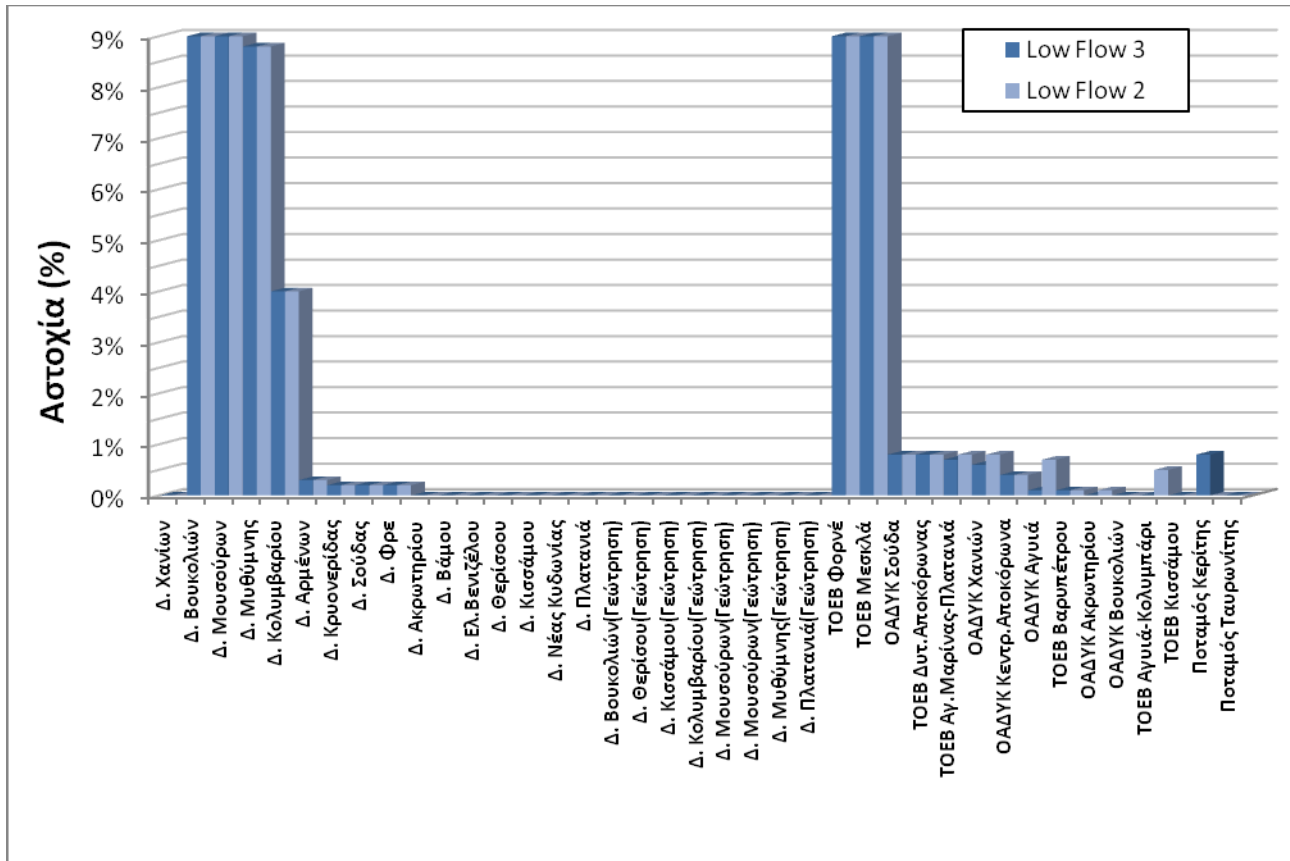
A/a	Όνομα Στόχου	Κατηγορία	Προτεραιότητα	Αστοχία(%)	Μέγιστος Αριθμός Αστοχιών σε 1 έτος	Αριθμός Αστοχιών	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)
1	Δ. Χανίων	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
2	Δ. Βουκολιών	Υδρευση	2	100,00%	1	7992	0,372	0,372
3	Δ. Μουσούρων	Υδρευση	2	25,90%	1	556	0,041	0,847
4	Δ. Μυθήμνης	Υδρευση	2	8,80%	1	174	0,016	0,695
5	Δ. Κολυμβαρίου	Υδρευση	2	4,00%	1	52	0,002	0,156
6	Δ. Αρμένων	Υδρευση	2	0,30%	1	3	0	0,13
7	Δ. Κρουνερίδας	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,046
8	Δ. Σούδας	Υδρευση	2	0,20%	1	3	0	0,199
9	Δ. Φρε	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,052
10	Δ. Ακρωτηρίου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
11	Δ. Βάμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
12	Δ. Ελ. Βενιζέλου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
13	Δ. Θερίσου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
14	Δ. Κισσάμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
15	Δ. Νέας Κυδωνίας	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
16	Δ. Πλατανιά	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
17	Δ. Βουκολιών(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
18	Δ. Θερίσου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
19	Δ. Κισσάμου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
20	Δ. Κολυμβαρίου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
21	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
22	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
23	Δ. Μυθήμνης(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
24	Δ. Πλατανιά(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
25	ΓΟΕΒ Φορνέ	Άρδευση	3	100,00%	1	7992	0,372	0,372
26	ΓΟΕΒ Μεσκλά	Άρδευση	3	75,00%	1	2442	0,554	3,525
27	ΟΑΔΥΚ Σούδα	Άρδευση	3	0,80%	1	9	0	0,054
28	ΓΟΕΒ Δυτ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,80%	1	9	0,005	0,933
29	ΓΟΕΒ Αγ. Μαρίας-Πλατανιά	Άρδευση	3	0,80%	1	9	0,002	0,461
30	ΟΑΔΥΚ Χανίων	Άρδευση	3	0,80%	1	8	0,015	2,329
31	ΟΑΔΥΚ Κεντρ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,40%	1	5	0,001	0,266
32	ΟΑΔΥΚ Αγιά	Άρδευση	3	0,70%	1	7	0,003	0,626
33	ΓΟΕΒ Βαρυπέτρου	Άρδευση	3	0,10%	1	1	0	0,236
34	ΟΑΔΥΚ Ακρωτηρίου	Άρδευση	3	0,10%	1	1	0	0,289
35	ΟΑΔΥΚ Βουκολιών	Άρδευση	3	0,00%	0	0	0	0
36	ΓΟΕΒ Αγιά-Κολυμπάρι	Άρδευση	3	0,50%	1	5	0,002	1,058
37	ΓΟΕΒ Κισσάμου	Άρδευση	3	0,00%	0	0	0	0
38	Ποταμός Κερίτης	Οικολογική Παροχή	2	0,00%	0	0	0	0
39	Ποταμός Ταυρωνίτης	Οικολογική Παροχή	2	0,00%	0	0	0	0
Μέσος όρος (Αστοχία %)				8,19%	Άθροισμα (Ελλείμματα)		1,385	12,646

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, για προτεραιότητα των στόχων οικολογικής παροχής 2 και 3 (Low Flow 2 και 3 αντίστοιχα)(Διάγραμμα 6-3):



Διάγραμμα 6-3: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

Στο ίδιο διάγραμμα το μέγιστο του κατακόρυφου άξονα μειώνεται από το 100% στο 9% για την καλύτερη απεικόνιση των στόχων με μικρά ποσοστά αστοχίας (Διάγραμμα 6-4)



Διάγραμμα 6-4: Ποσοστά αστοχίας των στόχων του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων (<9%)

6.4. Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Παραπάνω παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των σεναρίων της παρούσας και της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων. Για κάθε ένα από τα προαναφερθέντα σεναρία υπήρξαν δυο παραλλαγές, στη μία η προτεραιότητα των στόχων οικολογικής παροχής ήταν 2 και στην άλλη 3. Κατά συνέπεια, τα σεναρία που αναφέρονται στην παρούσα και τη μελλοντική κατάσταση του υδατικού συστήματος μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους ώστε να εντοπισθούν και να ποσοτικοποιηθούν οι συνέπειες της προσθήκης σε αυτό των τεχνικών έργων. Επίσης, οι παραλλαγές των σεναρίων μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους ώστε να μελετηθούν οι επιπτώσεις της αλλαγής της προτεραιότητας ορισμένων στόχων (πολύ λίγων σε σχέση με το συνολικό αριθμό τους) στα συνολικά αποτελέσματα. Τέλος τα αποτελέσματα του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM της μελέτης της Περιφέρειας Κρήτης

«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ».

Ειδικότερα, άμεσα συγκρίσιμα με τα αποτελέσματα της μελέτης της Περιφέρειας Κρήτης είναι τα αποτελέσματα του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος με προτεραιότητα για τους στόχους οικολογικής παροχής 2 (ικανοποίηση ύδρευσης και οικολογικής παροχής στο με την ίδια προτεραιότητα και ακολούθως ικανοποίηση της άρδευσης, όπως στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM).

Να σημειωθεί πως σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν η αστοχία των στόχων μέγιστης ροής, οι οποίοι συνδέονται με τις γεωτρήσεις(βλ. 5.4.2 Κόμβοι Σταθερής Εισροής – Γεωτρήσεις), είναι μηδενική. Επίσης αντίστοιχοι κόμβοι στο διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM δεν υπάρχουν. Κατά συνέπεια επιπλέον αναφορά στους στόχους αυτούς δε θα γίνει.

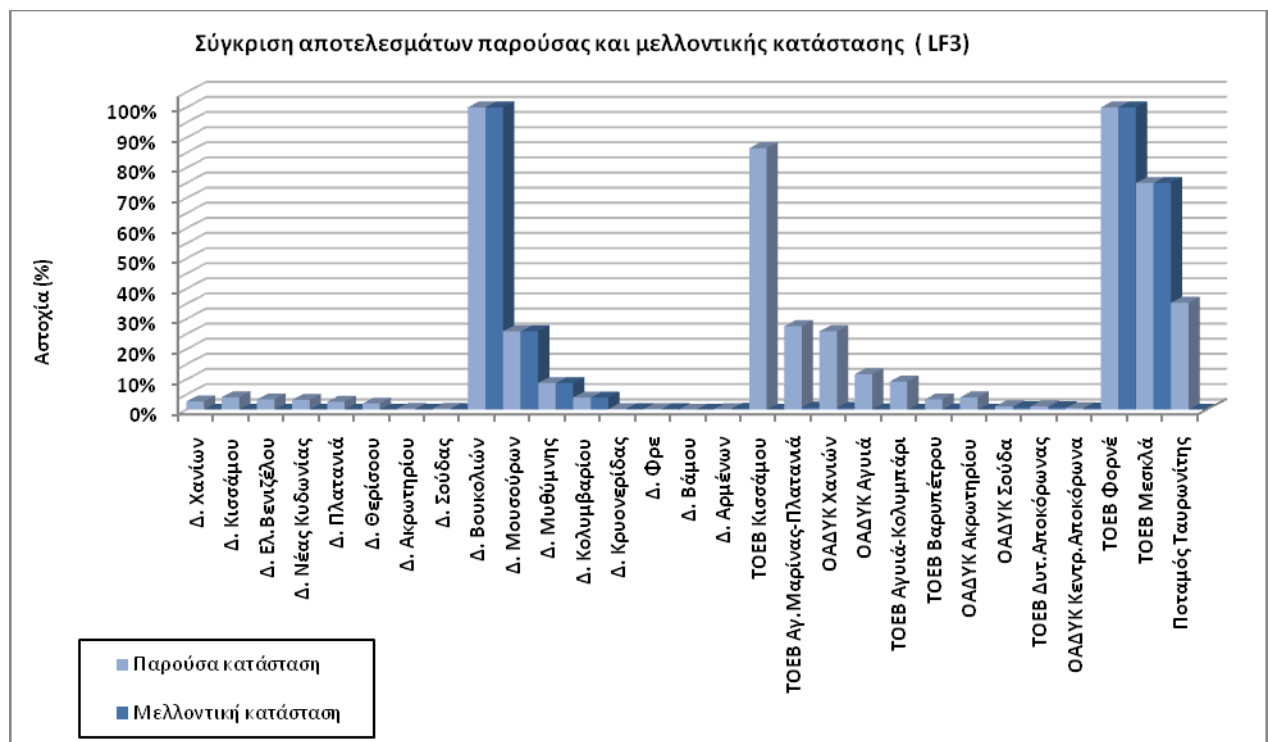
6.4.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων των σεναρίων παρούσας και μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του διαχειριστικού σεναρίου της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων σε αντιπαραβολή με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του σεναρίου της μελλοντικής του κατάστασης για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2 και 3(LF2 και LF3). Εμφανίζονται οι στόχοι που είναι κοινί και στα δυο σενάρια, δηλαδή όλοι πλην αυτών της άρδευσης του ΟΑΔΥΚ Βουκολιών και της οικολογικής παροχής του ποταμού Κερίτη (**Διάγραμμα 6-5** και **Διάγραμμα 6-6**):

6. Προσομοίωση



Διάγραμμα 6-5: Σύγκριση αποτελεσμάτων σεναρίων παρούσας και μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων (Προτεραιότητα κόμβων οικολογικής παροχής 2)



Διάγραμμα 6-6: Σύγκριση αποτελεσμάτων σεναρίων παρούσας και μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων (Προτεραιότητα κόμβων οικολογικής παροχής 3)

Από τα παραπάνω διαγράμματα είναι εμφανές πως για την πλειοψηφία των στόχων η αστοχία είναι πολύ μικρότερη στα σενάρια της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων. Αναλυτικότερα, από τους 29 στόχους, οι 19 εμφανίζουν μεγαλύτερο ποσοστό αστοχίας στο σενάριο της παρούσας κατάστασης, ενώ μόνο η αστοχία του στόχου της ικανοποίησης της ύδρευσης του Δ. Αρμένων εμφανίζεται αυξημένη στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης κατά 0,10% . Τα αποτελέσματα στους υπόλοιπους στόχους δεν παρουσιάζουν μεταβολή μεταξύ των 2 σεναρίων. Πρέπει να σημειωθεί πως οι στόχοι που εμφανίζουν αστοχία 100% στο σενάριο της παρούσας κατάστασης εμφανίζουν την ίδια αστοχία και στο σενάριο της μελλοντικής, ανεξάρτητα από την τιμή της προτεραιότητας των στόχων οικολογικής παροχής (ύδρευση Δ. Βουκολιών και Άρδευση ΤΟΕΒ Φορνέ).

Αν υπολογιστεί το μέσο ποσοστό αστοχίας για το κάθε σενάριο (χωρίς τους στόχους μέγιστης παροχής) προκύπτει ο παρακάτω πίνακας(Πίνακας 6-5)

Πίνακας 6-5 : Μέσο ποσοστό αστοχίας για κάθε σενάριο

Σενάριο	Προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής	Μέσο ποσοστό αστοχίας ανά στόχο
Παρούσας Κατάστασης (28 Στόχοι)	2	19,476 %
	3	18,603 %
Μελλοντικής Κατάστασης (30 Στόχοι)	2	10,310 %
	3	10,287 %

Όπως και από τα διαγράμματα, έτσι και από τον παραπάνω πίνακα, φαίνεται πως η αστοχία στα σενάρια της παρούσας κατάστασης είναι μεγαλύτερη από ότι στα σενάρια της μελλοντικής κατάστασης (σχεδόν διπλάσια).

Επίσης, ανατρέχοντας στους πίνακες που παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης (βλ. Πίνακας 6-1 - Πίνακας 6-4), μπορεί να διαπιστωθεί πως το μέσο έλλειμμα του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων μειώνεται κατά 60 -70% στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης και το μέγιστο έλλειμμα περίπου κατά 70% (ανάλογα με την προτεραιότητα των στόχων οικολογικής παροχής). Αναλυτικότερα η μείωση των ελλειμμάτων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6-6):

6. Προσομοίωση

Πίνακας 6-6: Μείωση ελλειμμάτων στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βορείου τμήματος νομού Χανίων

Προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής	Σενάριο Παρούσας Κατάστασης		Σενάριο Μελλοντικής Κατάστασης		Μείωση (%)	
	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)
3	5,040	43,312	2,045	13,792	59,4 %	68,2 %
2	5,038	42,449	1,385	12,646	72,5 %	70,2 %

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως η προσθήκη των τεχνικών έργων στο υδατικό σύστημα του νομού Χανίων θα έχει σαν αποτέλεσμα την ικανοποίηση των στόχων του υδατικού συστήματος με μεγαλύτερη αξιοπιστία ενώ παράλληλα οι ελλείψεις σε νερό θα μειωθούν. Η αντίδραση αυτή του υδατικού συστήματος ήταν αναμενόμενη για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω (βλ.5.5.3 Σύγκριση διαχειριστικών σεναρίων μελλοντικής - παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων).Από αυτούς τους λόγους επαναλαμβάνονται οι σημαντικότεροι που είναι η σύνδεση των 3 ανεξαρτήτων υδατικών συστημάτων και η αύξηση της ποσότητας των υδατικών πόρων που μπορούν να αποθηκευτούν στο υδατικό σύστημα σε 60,1 hm³ από 22,4 hm³ (ή σε 37,7 hm³ από 0,4 hm³ αν αφαιρεθεί η χωρητικότητα του ψευδοταμιευτήρα των πηγών της Αγιάς) μετά από την προσθήκη σε αυτό 5 ταμιευτήρων.

6.4.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2 και 3

Στους πίνακες που παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης (βλ. Πίνακας 6-1 -Πίνακας 6-4) φαίνεται πως αυξάνοντας την προτεραιότητα (δηλαδή μειώνοντας την τιμή της) των στόχων που είναι σχετικοί με την οικολογική παροχή μειώνεται το ποσοστό αστοχίας τους (για το σενάριο της παρούσας κατάστασης αλλάζοντας την προτεραιότητα του στόχου για την οικολογική παροχή του ποταμού Ταυρωνίτη από 3 σε 2 το ποσοστό αστοχίας του μειώνεται σε 9,5% από 35,4%). Παράλληλα με τη μείωση του ποσοστού αστοχίας των στόχων που η προτεραιότητα τους αυξάνεται, αυξάνεται το ποσοστό αστοχίας άλλων κόμβων, όπως φαίνεται και από τη μέση αστοχία των διαχειριστικών σεναρίων που αναφέρονται στην ίδια χρονική περίοδο (βλ. Πίνακας 6-5). Η μέση αστοχία των σεναρίων λοιπόν, είναι μεγαλύτερη

όταν η προτεραιότητα στους σχετικούς με την οικολογική παροχή στόχους είναι ίση με 2.

Επίσης τα διαχειριστικά σενάρια που αναφέρονται στην ίδια χρονική περίοδο και η προτεραιότητα στους σχετικούς με την οικολογική παροχή στόχους αυξάνεται (η τιμή της αλλάζει από 3 σε 2), τα ελλείμματα (μέσα και μέγιστα) των σεναρίων μειώνονται. Αναλυτικότερα η μείωση των ελλειμμάτων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6-7):

Πίνακας 6-7: Μείωση ελλειμμάτων στα διαχειριστικά σενάρια με την αλλαγή της προτεραιότητας των στόχων οικολογικής παροχής από 3 σε 2

Προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής	Σενάριο Παρούσας Κατάστασης		Σενάριο Μελλοντικής Κατάστασης	
	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10^6 m^3)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10^6 m^3)	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10^6 m^3)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10^6 m^3)
3	5,040	43,312	2,045	13,792
2	5,038	42,449	1,385	12,646
Μείωση (%)	0,04 %	1,99 %	32,27 %	8,31 %

Η μείωση στα ελλείμματα που προαναφέρθηκε οφείλεται στην ικανοποίηση στόχων με μεγάλες απαιτήσεις σε νερό κατά προτεραιότητα σε σχέση με άλλους στόχους με μικρότερες απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις των στόχων της οικολογικής παροχής είναι αρκετά υψηλές, συγκριτικά με τις απαιτήσεις άλλων στόχων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως για την ικανοποίηση του στόχου της οικολογικής παροχής του ποταμού Κερίτη απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα νερού από ότι για την ικανοποίηση οποιουδήποτε άλλου κόμβου.

6.4.3. Σύγκριση διαχειριστικού σεναρίου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ με διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM

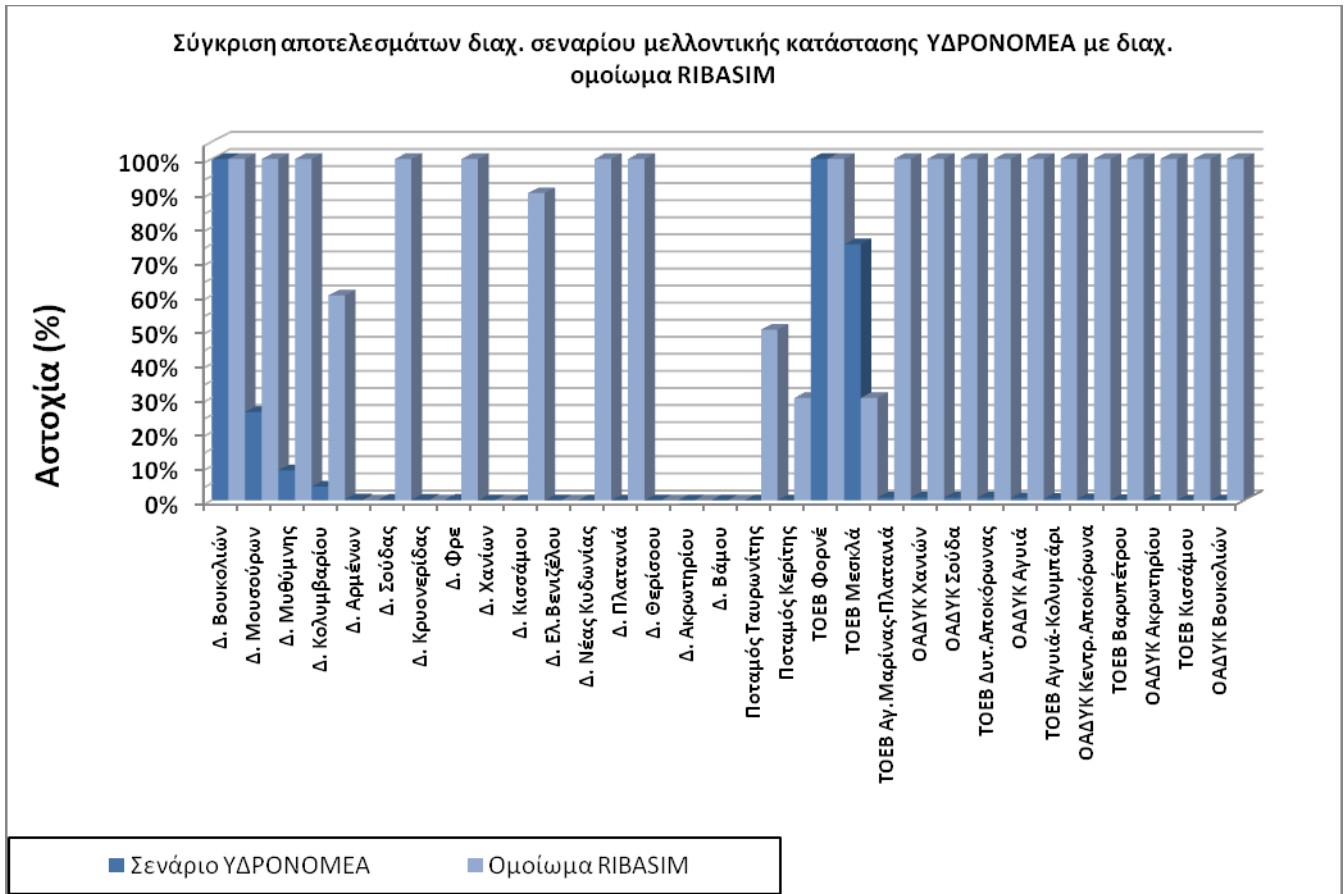
Όπως έχει προαναφερθεί, τα αποτελέσματα του σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος με προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2 (2 επίπεδα προτεραιότητας στόχων: ικανοποίηση ύδρευσης και οικολογικής παροχής κατά προτεραιότητα και ακολούθως ικανοποίηση της άρδευσης) μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του διαχειριστικού ομοιώματος RIBASIM της μελέτης «ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ». Η σύγκριση αυτή γίνεται στον παρακάτω πίνακα (

6. Προσομοίωση

Πίνακας 6-8) και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 6-7):

Πίνακας 6-8: Σύγκριση Διαχειριστικού σεναρίου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ με διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM

Όνομα Στόχου	Κατηγορία	Προτεραιότητ α ΥΔΡΟΝΟΜΕ ΑΣ/ RIBASIM	ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ			RIBASIM	
			Αστοχία (%)	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Αστοχία (%)	Έλλειμμα (Mcm/year)
Δ. Βουκολιών	Υδρευση	2/1	100,00%	0,372	0,372	100,00%	0,42
Δ. Μουσούρων	Υδρευση	2/1	25,90%	0,041	0,847	100,00%	0,74
Δ. Μυθήμνης	Υδρευση	2/1	8,80%	0,016	0,695	100,00%	1,01
Δ. Κολυμβαρίου	Υδρευση	2/1	4,00%	0,002	0,156	60,00%	0,01
Δ. Αρμένων	Υδρευση	2/1	0,30%	0	0,13	0,00%	0
Δ. Σούδας	Υδρευση	2/1	0,20%	0	0,199	100,00%	0
Δ. Κρυνονερίδας	Υδρευση	2/1	0,20%	0	0,046	0,00%	0
Δ. Φρε	Υδρευση	2/1	0,20%	0	0,052	100,00%	0
Δ. Χανίων	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	0,00%	0
Δ. Κισσάμου	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	90,00%	0,05
Δ. Ελ. Βενιζέλου	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	0,00%	0
Δ. Νέας Κυδωνίας	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	100,00%	0,01
Δ. Πλατανιά	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	100,00%	0,85
Δ. Θερίσου	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	0,00%	0
Δ. Ακρωτηρίου	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	0,00%	0
Δ. Βάμου	Υδρευση	2/1	0,00%	0	0	0,00%	0
Ποταμός Ταυρωνίτης	Οικολ. Παροχή	2/1	0,00%	0	0	50,00%	0,15
Ποταμός Κερίτης	Οικολ. Παροχή	2/1	0,00%	0	0	30,00%	0
ΤΟΕΒ Φορνέ	Άρδευση	3/2	100,00%	0,372	0,372	100,00%	0,99
ΤΟΕΒ Μεσκλά	Άρδευση	3/2	75,00%	0,554	3,525	30,00%	0,04
ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνας-Πλατανιά	Άρδευση	3/2	0,80%	0,002	0,461	100,00%	0,82
ΟΑΔΥΚ Χανίων	Άρδευση	3/2	0,80%	0,015	2,329	100,00%	11,14
ΟΑΔΥΚ Σούδα	Άρδευση	3/2	0,80%	0	0,054	100,00%	0,13
ΤΟΕΒ Δυτ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3/2	0,80%	0,005	0,933	100,00%	3,31
ΟΑΔΥΚ Αγιά	Άρδευση	3/2	0,70%	0,003	0,626	100,00%	3,54
ΤΟΕΒ Αγιά - Κολυμβάρι	Άρδευση	3/2	0,50%	0,002	1,058	100,00%	0,76
ΟΑΔΥΚ Κεντρ. Αποκόρωνα	Άρδευση	3/2	0,40%	0,001	0,266	100,00%	0,57
ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου	Άρδευση	3/2	0,10%	0	0,236	100,00%	0,11
ΟΑΔΥΚ Ακρωτηρίου	Άρδευση	3/2	0,10%	0	0,289	100,00%	1,91
ΤΟΕΒ Κισσάμου	Άρδευση	3/2	0,00%	0	0	100,00%	2,94
ΟΑΔΥΚ Βουκολιών	Άρδευση	3/2	0,00%	0	0	100,00%	0,5
Μέσος όρος (Αστοχία %) και Άθροισμα (Ελλείμματα)			10,310%	1,39	12,65	69,68%	30,00



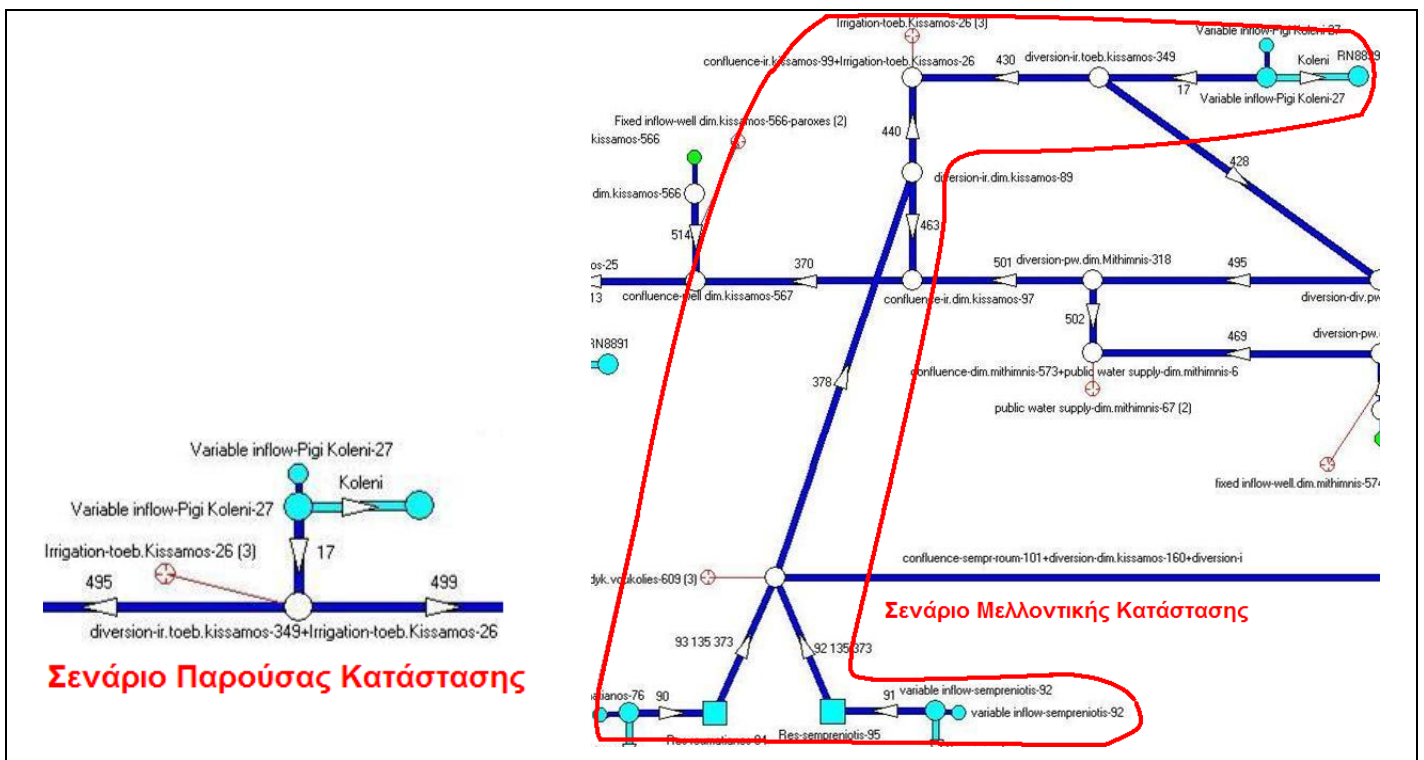
Διάγραμμα 6-7: Σύγκριση Διαχειριστικού σεναρίου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ με διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM

Τόσο από τον παραπάνω πίνακα όσο και από το παραπάνω διάγραμμα, φαίνεται πως το ποσοστό αστοχίας για το διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM είναι αρκετά υψηλότερο από το αντίστοιχο για το διαχειριστικό σενάριο του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ (69,68% έναντι 10,31% με συχνότερα εμφανιζόμενο ποσοστό αστοχίας μεταξύ των σχετικών κόμβων του RIBASIM το 100%). Αυτό, κατά πάσα πιθανότητα, συμβαίνει λόγω του διαφορετικού μήκους της περιόδου προσομοίωσης των δυο μοντέλων. Στο μοντέλο RIBASIM η προσομοίωση γίνεται για ιστορικές χρονοσειρές μήκους 10 ετών (1987 - 1997), ενώ στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ γίνεται για συνθετικές χρονοσειρές μήκους 1000 ετών. Κατά συνέπεια, το μεγαλύτερο μήκος της περιόδου προσομοίωσης του μοντέλου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ οδηγεί σε ακριβέστερα αποτελέσματα.

Επίσης να σημειωθεί για τους στόχους που εμφανίζουν ποσοστό αστοχίας 100% στα διαχειριστικά σενάρια του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ, πως οι αντίστοιχοι κόμβοι στο μοντέλο RIBASIM εμφανίζουν το ίδιο ποσοστό αστοχίας..

6.5. Αστοχία στόχων

Παρατηρείται πως η αστοχία ορισμένων κόμβων του σεναρίου της παρούσας κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων μειώνεται κατά πολύ μετά την προσθήκη στο υδατικό σύστημα των προγραμματισμένων έργων ταμίευσης (στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης). Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς λόγω της αναρρύθμισης της παροχής των υδατορευμάτων με τους ταμιευτήρες, αυτή διατηρείται σε υψηλά επίπεδα ακόμα και σε περιόδους χαμηλής υδροφορίας. Για παράδειγμα, η αστοχία της άρδευσης του ΤΟΕΒ Κισσάμου από 86,5% στο σενάριο της παρούσας κατάστασης μηδενίζεται στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης. Αυτό συμβαίνει επειδή στο σενάριο της παρούσας κατάστασης οι υδατικοί πόροι για την άρδευση προέρχονται από την πηγή του Κολενίου μόνο, ενώ στο σενάριο της μελλοντικής κατάστασης προέρχονται και από τους ταμιευτήρες των ποταμών Ρουματιανού και Σεμπρονιώτη (βλ **Εικόνα 6-2**).



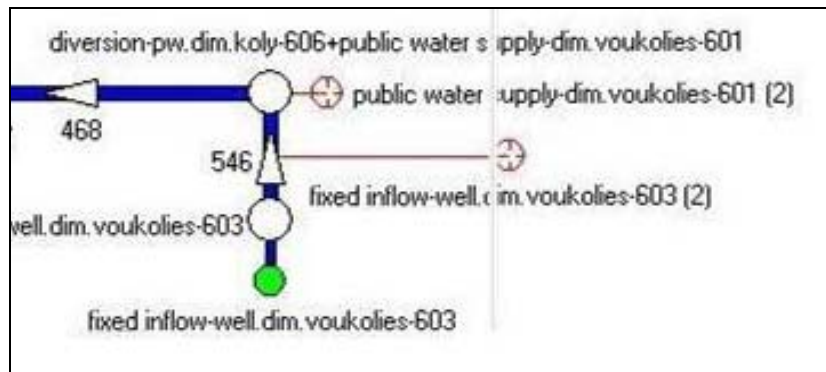
Εικόνα 6-2: Παροχή υδατικών πόρων για άρδευση ΤΟΕΒ Κισσάμου

Η προσθήκη των ταμιευτήρων και η ένωση των 3 ανεξάρτητων υδατικών συστημάτων στο διαχειριστικό σενάριο της μελλοντικής κατάστασης δε μειώνει το ποσοστό αστοχίας όλων των στόχων. Υπάρχουν ορισμένοι στόχοι που δεν

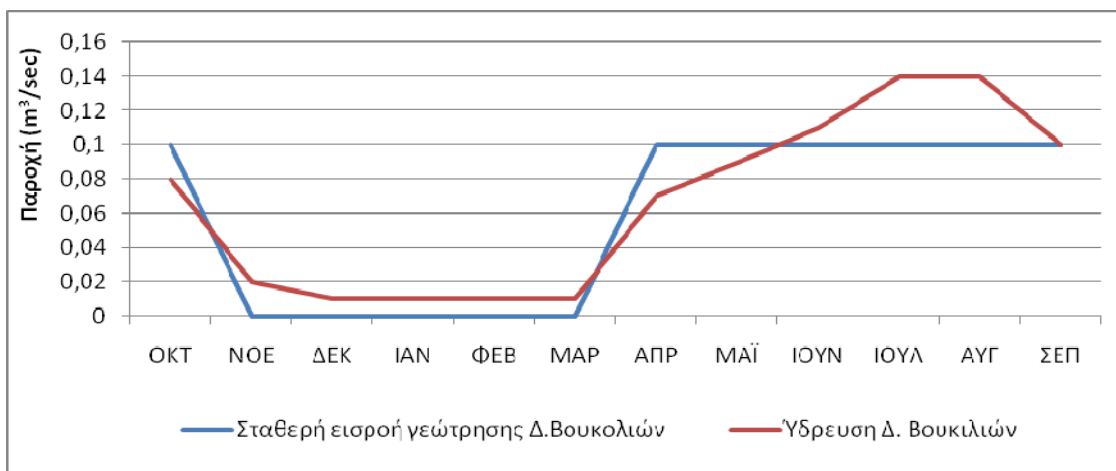
επηρεάζονται από την προσθήκη των τεχνικών έργων στο υδατικό σύστημα και εμφανίζουν το ίδιο υψηλό ποσοστό τόσο στο σενάριο της παρούσας κατάστασης, όσο και στο σενάριο της μελλοντικής. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι πως οι στόχοι αυτοί δεν τροφοδοτούνται από ταμιευτήρες. Μεταξύ αυτών είναι και οι στόχοι που και σε όλα τα σενάρια εμφανίζουν αστοχία 100% (ύδρευση Δ. Βουκολιών και άρδευση ΤΟΕΒ Φορνέ). Οι υπόλοιποι στόχοι και το ποσοστό αστοχίας τους είναι:

1. Άρδευση ΤΟΕΒ Μεσκλών – 75%
2. Ύδρευση Δ. Μουσούρων – 25,9%
3. Ύδρευση Δ. Μυθήμνης – 8,8%
4. Ύδρευση Δ. Κολυμβαρίου – 4%

Σχετικά με το στόχο ύδρευσης του δήμου Βουκολιών(βλ. **Εικόνα 6-3**), η τροφοδοσία του γίνεται από τη γεώτρηση του δήμου. Τόσο οι μηνιαίες παροχές της γεώτρησης, όσο και οι μηνιαίες απαιτήσεις του δήμου σε νερό είναι σταθερές κάθε χρόνο (δηλ. επαναλαμβάνονται για όλα τα χρόνια της προσομοίωσης). Κατά συνέπεια το ποσοστό αστοχίας του θα μπορούσε να είναι είτε μηδενικό είτε 100%. Όπως προαναφέρθηκε το ποσοστό αστοχίας του στόχου ύδρευσης του δήμου Βουκολιών είναι 100% καθώς η κατάσταση που επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα (**Διάγραμμα 6-8**). Για αρκετούς μήνες κάθε χρόνο, η παροχή που απαιτείται για την ύδρευση του δήμου είναι μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να προσφέρει η γεώτρηση. Η γεώτρηση για τους μήνες Νοέμβριο έως Μάρτιο είναι εκτός λειτουργίας σύμφωνα με τα δεδομένα της Περιφέρειας Κρήτης, παρόλο από πού από τη λειτουργία της εξαρτάται η ύδρευση του δήμου Βουκολιών. Η κατάσταση που περιγράφηκε παραπάνω, για το στόχο ύδρευσης του δήμου Βουκολιών, ισχύει για όλα τα διαχειριστικά σενάρια.

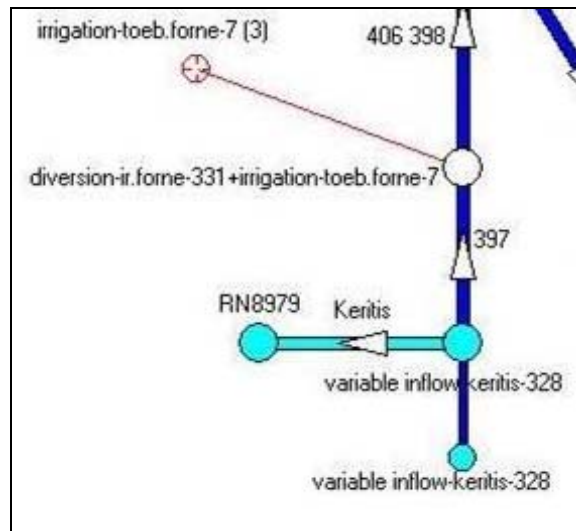


Εικόνα 6-3: Στόχος ύδρευσης δήμου Βουκολιών

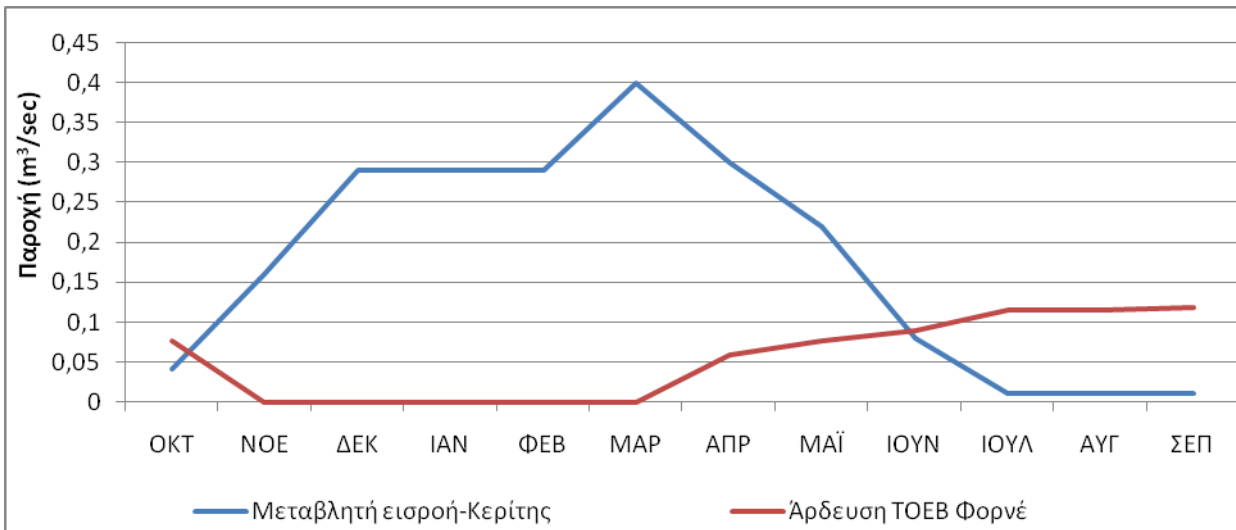


Διάγραμμα 6-8: Στόχος ύδρευσης δήμου Βουκολιών

Για το στόχο της άρδευσης του ΤΟΕΒ Φορνέ(βλ. **Εικόνα 6-4**) (σταθερές απαιτήσεις κάθε χρόνο): η τροφοδοσία του γίνεται από τις πηγές μεταβλητής εισροής του ποταμού Κερίτη. Υπολογίζοντας τους μέσους όρους για κάθε μήνα από τη συνθετική χρονοσειρά της πηγής που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα που περιγράφει την κατάσταση στο στόχο αυτό(**Διάγραμμα 6-9**). Η αστοχία του στόχου είναι 100% επειδή τους θερινούς μήνες η παροχή των πηγών σχεδόν μηδενίζεται ενώ η απαιτούμενη για την άρδευση παροχή αυξάνεται.



Εικόνα 6-4: Στόχος άρδευσης Φορνέ

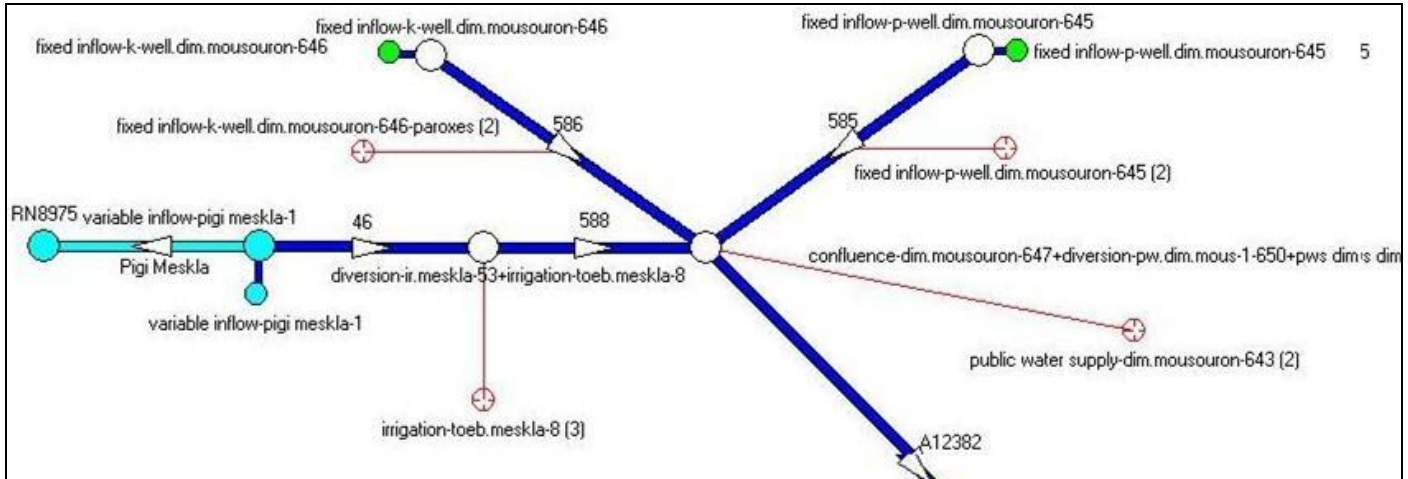


Διάγραμμα 6-9: Στόχος άρδευσης Φορνέ

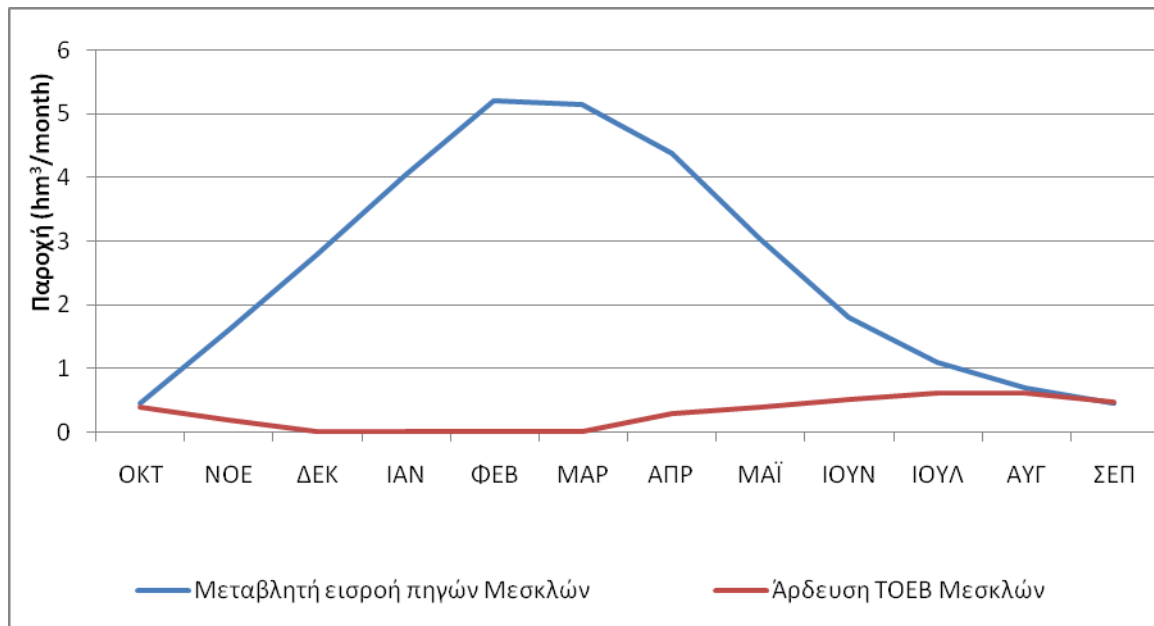
Από τις πηγές μεταβλητής εισροής των Μεσκλών γίνεται η τροφοδοσία του στόχου άρδευσης του ΤΟΕΒ Μεσκλών. Από τις ίδιες πηγές γίνεται και η τροφοδοσία του στόχου ύδρευσης του δήμου Μουσούρων, σε συνδιασμό με τις δυο γεωτρήσεις σταθερής εισροής κάθε χρόνο του δήμου. Σε περιόδους χαμηλής υδροφορίας οι δυο στόχοι ανταγωνίζονται για τους πόρους της πηγής, ο στόχος όμως της ύδρευσης ικανοποιείται κατά προτεραιότητα (προτεραιότητα ύδρευσης 2 και άρδευσης 3). Υπολογίζοντας τους μέσους όρους για κάθε μήνα από τη συνθετική χρονοσειρά των πηγών που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα που περιγράφουν την κατάσταση στους δυο στόχους (Διάγραμμα 6-10 και Διάγραμμα 6-11). Από τα διαγράμματα φαίνεται πως οι στόχοι ικανοποιούνται ή

6. Προσομοίωση

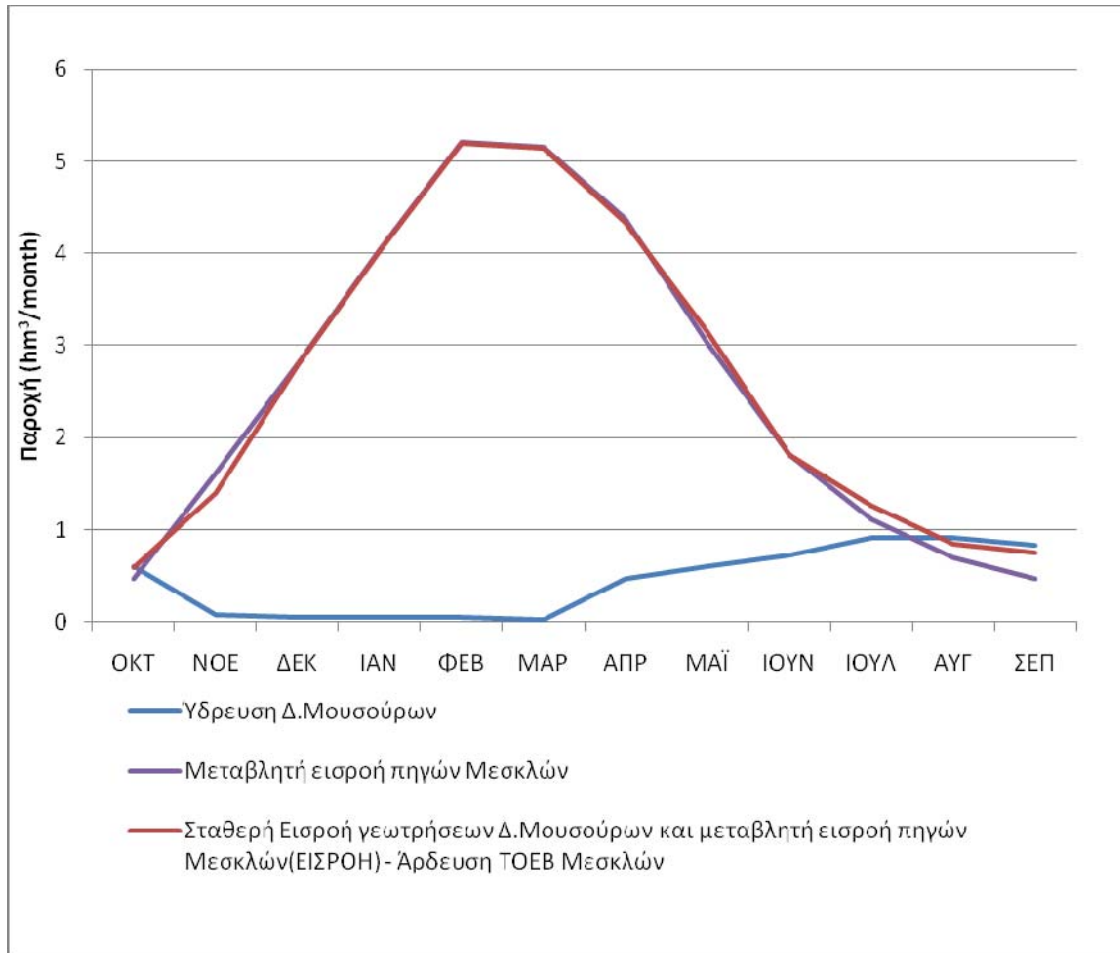
δεν ικανοποιούνται οριακά. Επειδή όμως για τις πηγές των Μεσκλών χρησιμοποιείται συνθετική χρονοσειρά η κατάσταση που περιγράφεται από τα παρακάτω διαγράμματα δεν επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο, οπότε είναι δυνατό να υπάρξουν και έτη με χαμηλότερη υδροφορία κατά τα οποία οι στόχοι δε θα ικανοποιηθούν ή το αντίθετο.



Εικόνα 6-5: Στόχος άρδευσης ΤΟΕΒ και στόχος ύδρευσης δήμου Μουσούρων Μεσκλών



Διάγραμμα 6-10: Στόχος άρδευσης ΤΟΕΒ Μεσκλών



Διάγραμμα 6-11: Στόχος ύδρευσης δήμου Μουσούρων

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται επίσης πως αν από την παροχή των πηγών των Μεσκλών κατακρατούνταν οι απαιτούμενοι για την άρδευση του ΤΟΕΒ Μεσκλών υδατικοί πόροι, στη μέση κατάσταση που παρουσιάζεται, η ύδρευση του δήμου Μουσούρων θα αστοχούσε ακόμα περισσότερο. Όπως προαναφέρθηκε αυτό δε συμβαίνει γιατί η ύδρευση ικανοποιείται κατά υψηλότερη προτεραιότητα από την άρδευση.

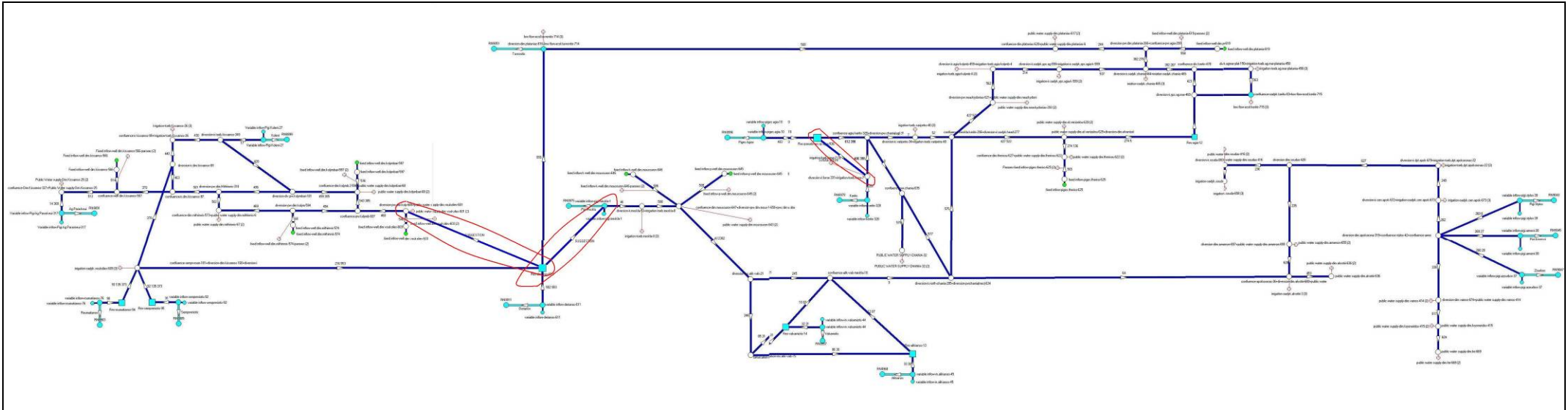
Διαγράμματα σαν τα παραπάνω είναι δύσκολο να κατασκευαστούν για στόχους που δεν είναι στα 'άκρα' του υδατικού συστήματος, όπως οι παραπάνω. Οι στόχοι αυτοί τροφοδοτούνται από πολλές πηγές και η τροφοδοσία τους μπορεί να γίνει από πολλές εναλλακτικές διαδρομές. Επίσης μεταξύ των πηγών τροφοδοσίας και των στόχων παρεμβάλλονται άλλοι στόχοι. Κατά συνέπεια είναι δύσκολο να υπολογιστεί η ποσότητα του νερού από την κάθε πηγή που φτάνει μέχρι τον υπό μελέτη κόμβο. Τέλος, οι κόμβοι αυτοί, που δεν είναι στα 'άκρα' του υδατικού συστήματος, για τους

ίδιους λόγους(πολλές πηγές τροφοδοσίας και εναλλακτικές διαδρομές) εμφανίζουν μικρότερα ποσοστά αστοχίας.

6.6. Προτεινόμενο διαχειριστικό σενάριο

Για τα σενάρια της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, οι στόχοι που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά αστοχίας βρίσκονται σε τμήματα του υδατικού συστήματος τα οποία δεν τροφοδοτούνται από ταμιευτήρες. Η προσθήκη υδραγωγείων ώστε οι αποθηκευμένοι στους ταμιευτήρες υδατικοί πόροι να τροφοδοτούν τους στόχους αυτούς θα μείωνε το ποσοστό αστοχίας τους. Προς επαλήθευση του παραπάνω ισχυρισμού δημιουργήθηκε ένα νέο διαχειριστικό σενάριο μετά την προσθήκη στο διαχειριστικό σενάριο της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος (με προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2) τριών υδραγωγείων που τροφοδοτούν τμήματα του υδατικού συστήματος με στόχους με υψηλά ποσοστά αστοχίας (βλ. **Εικόνα 6-6**). Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του σεναρίου αυτού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα(**Πίνακας 6-9**):

6. Προσομοίωση



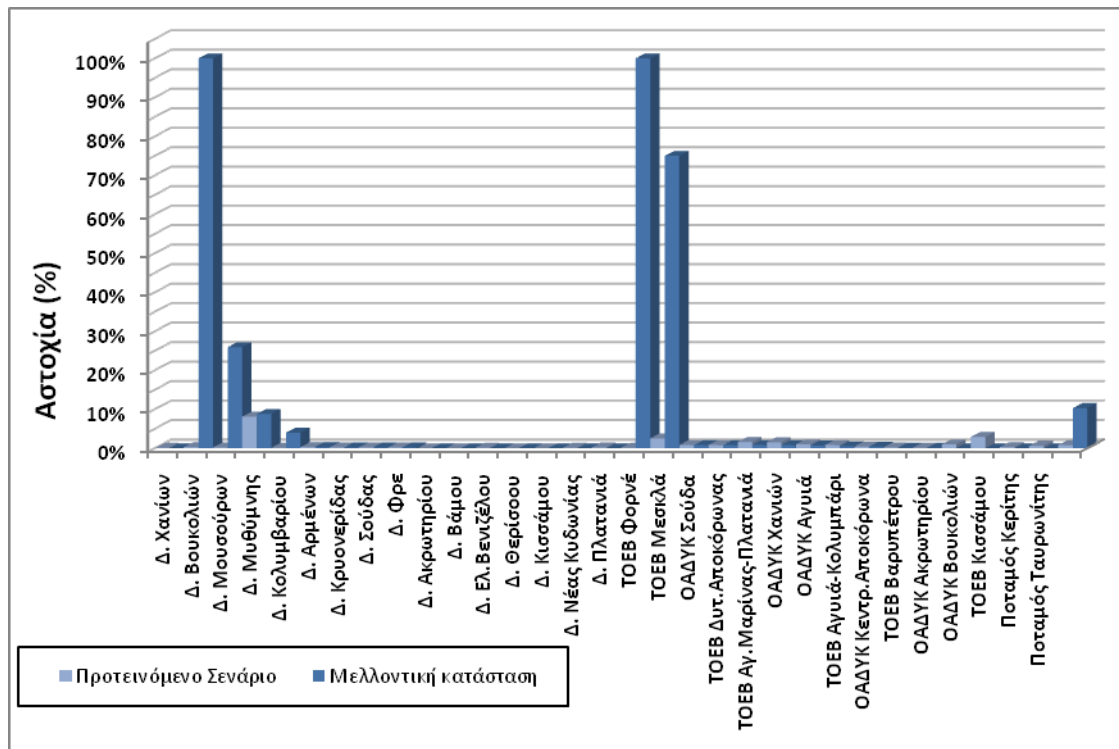
Εικόνα 6-6: Προτεινόμενο διαχειριστικό σενάριο μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

6. Προσομοίωση

Πίνακας 6-9: Αποτελέσματα προσομοίωσης προτεινόμενου σεναρίου μελλοντικής κατάστασης υδατικού συστήματος βόρειου τμήματος του νομού Χανίων

A/a	Όνομα Στόχου	Κατηγορία	Προτεραιότητα	Αστοχία(%)	Μέγιστος Αριθμός Αστοχιών σε 1 έτος	Αριθμός Αστοχιών	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 ⁶ m ³)
1	Δ. Χανίων	Υδρευση	1	0,10%	1	1	0	0,381
2	Δ. Μυθύμνης	Υδρευση	2	8,10%	1	156	0,015	0,674
3	Δ. Βουκολιών	Υδρευση	2	0,30%	1	3	0	0,052
4	Δ. Αρμένων	Υδρευση	2	0,30%	1	4	0	0,156
5	Δ. Μουσούρων	Υδρευση	2	0,20%	1	3	0	0,118
6	Δ. Κρουνερίδας	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,046
7	Δ. Σούδας	Υδρευση	2	0,20%	1	3	0	0,181
8	Δ. Φρε	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,052
9	Δ. Πλατανιά	Υδρευση	2	0,20%	1	2	0	0,188
10	Δ. Κολυμβαρίου	Υδρευση	2	0,10%	1	1	0	0,052
11	Δ. Ελ. Βενιζέλου	Υδρευση	2	0,10%	1	1	0	0,078
12	Δ. Νέας Κυδωνίας	Υδρευση	2	0,10%	1	1	0	0,004
13	Δ. Ακρωτηρίου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
14	Δ. Βάμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
15	Δ. Θερίσου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
16	Δ. Κισσάμου	Υδρευση	2	0,00%	0	0	0	0
17	Ποταμός Ταυρωνίτης	Οικολογική Παροχή	2-3	0,60%	1	8	0,001	0,28
18	Ποταμός Κερίτης	Οικολογική Παροχή	2-3	0,30%	1	3	0,004	1,814
19	Δ. Βουκολιών(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
20	Δ. Θερίσου (Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
21	Δ. Κισσάμου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
22	Δ. Κολυμβαρίου(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
23	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
24	Δ. Μουσούρων(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
25	Δ. Μυθύμνης(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
26	Δ. Πλατανιά(Γεώτρηση)	Μέγιστη Ροή	2	0,00%	0	0	0	-
27	ΤΟΕΒ Κισσάμου	Άρδευση	3	2,90%	1	41	0,011	1,262
28	ΤΟΕΒ Μεσκλά	Άρδευση	3	2,50%	1	38	0,009	0,913
29	ΤΟΕΒ Αγ.Μαρίας-Πλατανιά	Άρδευση	3	1,60%	1	22	0,006	0,988
30	ΟΑΔΥΚ Χανίων	Άρδευση	3	1,50%	1	20	0,021	2,772
31	ΟΑΔΥΚ Αγυιά	Άρδευση	3	1,00%	1	12	0,005	1,457
32	ΟΑΔΥΚ Βουκολιών	Άρδευση	3	1,00%	1	15	0,001	0,343
33	ΟΑΔΥΚ Σούδα	Άρδευση	3	0,80%	1	10	0	0,091
34	ΤΟΕΒ Δυτ.Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,80%	1	9	0,005	0,933
35	ΤΟΕΒ Αγυιά-Κολυμπάρι	Άρδευση	3	0,80%	1	8	0,004	1,058
36	ΟΑΔΥΚ Κεντρ.Αποκόρωνα	Άρδευση	3	0,40%	1	5	0,001	0,266
37	ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου	Άρδευση	3	0,20%	1	2	0,001	0,775
38	ΤΟΕΒ Φορνέ	Άρδευση	3	0,10%	1	1	0	0,198
39	ΟΑΔΥΚ Ακρωτηρίου	Άρδευση	3	0,10%	1	1	0	0,376
Μέσος όρος (Αστοχία %)				0,63%	Άθροισμα (Ελλείμματα)		0,084	15,508

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται πως η προσθήκη τριών υδραγωγείων στο διαχειριστικό σενάριο της μελλοντικής κατάστασης του υδατικού συστήματος (για προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2) μείωσε τη μέση αστοχία του από 8,19% σε 0,63% και το μέσο ετήσιο έλλειμμα σε 0,084 από 1,385 10^6 m^3 (μείωση 54,5%), ενώ αύξησε το μέγιστο ετήσιο έλλειμμα από 12,646 σε 15,508 10^6 m^3 (αύξηση κατά 18,5%). Επίσης δεν υπάρχουν στόχοι με ποσοστό αστοχίας 100% πλέον. Στο παρακάτω διάγραμμα γίνεται η σύγκριση των δυο σεναρίων(Διάγραμμα 6-12):



Διάγραμμα 6-12: Σύγκριση αποτελεσμάτων σεναρίων μελλοντικής κατάστασης και προτεινόμενου

Το κατά πόσο η κατασκευή των παραπάνω υδραγωγείων είναι τεχνικοοικονομικά δυνατή δεν αποτέλεσε αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Επίσης μένει να διερευνηθεί και αν η προσθήκη άλλων υδραγωγείων θα βελτιώνει περαιτέρω την αξιοπιστία ικανοποίησης των στόχων του υδατικού συστήματος.

7. Συμπεράσματα – Προτάσεις

7.1. Συμπεράσματα

Μετά από την εκπόνηση της μελέτης αυτής και της μελέτης των αποτελεσμάτων της εξάγονται ορισμένα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να ληφθούν υπ' όψιν για μελλοντικές μελέτες. Τα συμπεράσματα αυτά μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία θα ενταχθούν τα συμπεράσματα που αναφέρονται στο μελετώμενο υδατικό σύστημα και στη δεύτερη εκείνα που αναφέρονται στα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.

Σχετικά με τα συμπεράσματα που αναφέρονται στο υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, αυτά φαίνονται παρακάτω :

1. Η προσθήκη των 5 προγραμματισμένων έργων ταμείωσης στο υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων (αύξηση ποσότητας υδατικών πόρων που μπορούν να αποθηκευτούν σε $60,1 \text{ hm}^3$ από $22,4 \text{ hm}^3$ ή σε $37,7 \text{ hm}^3$ από $0,4 \text{ hm}^3$ αν αφαιρεθεί η χωρητικότητα του ψευδοταμιευτήρα των πηγών της Αγυιάς) σε συνδυασμό με την σύνδεση των τριών ανεξάρτητων υδατικών συστημάτων της περιοχής σε ένα, αναμένεται να αυξήσει την αξιοπιστία ικανοποίησης (μείωση αστοχίας) των αναγκών σε νερό και να μειώσει τα όποια ελλείμματα. Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η μείωση της μέσης αστοχίας του υδατικού συστήματος αναμένεται να είναι σχεδόν 50% και η μείωση των ελλειμμάτων 60-70% για το μέσο και σχεδόν 70% για το μέγιστο.
2. Η προσθήκη των προγραμματισμένων τεχνικών έργων στο υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων δε θα έχει τις ίδιες θετικές επιπτώσεις στο σύνολο του υδατικού συστήματος. Τμήματα του συστήματος που δε θα τροφοδοτούνται από ταμιευτήρες δε θα επηρεαστούν από την προσθήκη των τεχνικών έργων και η αξιοπιστία ικανοποίησης των αναγκών τους σε νερό και τα ελλείμματα θα παραμείνουν αμετάβλητα.

3. Αύξηση της αξιοπιστίας ικανοποίησης των αναγκών σε νερό μπορεί να επιφέρει και η προσθήκη υδραγωγείων στο υδατικό σύστημα. Τα υδραγωγεία αυτά θα τροφοδοτούν με υδατικούς πόρους προερχόμενους από ταμειυτήρες τμήματα του υδατικού συστήματος που τροφοδοτούνταν από άλλες πηγές, των οποίων η παροχή μειωνόταν κατά τους θερινούς μήνες προκαλώντας αστοχίες.
4. Η αύξηση της προτεραιότητας με την οποία θα ικανοποιείται η οικολογική παροχή των υδατορευμάτων θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αξιοπιστίας της. Παράλληλα η αξιοπιστία ικανοποίησης άλλων αναγκών σε νερό αλλά και του συνόλου του υδατικού συστήματος γενικότερα θα μειωθούν. Οι μειώσεις αυτές θα είναι μικρές και δε θα συνοδεύονται από αύξηση του μέσου και του μέγιστου ελλείμματος στο σενάριο, καθώς για την εξασφάλιση της οικολογικής παροχής απαιτούνται μεγάλες ποσότητες νερού, μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες για την ικανοποίηση άλλων αναγκών (Ικανοποίηση στόχων με μεγάλες ανάγκες σε νερό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των ολικών ελλειμμάτων).
5. Οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για την ικανοποίηση των αναγκών του υδατικού συστήματος (ικανοποίηση στόχων) θεωρούνται σταθερές κάθε χρόνο. Στόχοι που τροφοδοτούνται μόνο από γεωτρήσεις των οποίων η παροχή θεωρείται σταθερή κάθε χρόνο, θα εμφανίζουν αστοχία είτε 0% είτε 100%, καθώς η ίδια κατάσταση θα επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο (αστοχία έτους ή όχι). Είναι προφανές πως αν αντί των σταθερών εισροών χρησιμοποιούνταν χρονοσειρές μεγάλου μήκους (καλύτερη υδρολογική πληροφορία), τα αποτελέσματα θα ήταν ακριβέστερα.

Τέλος τα συμπεράσματα σχετικά με τα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, τόσο στην παρούσα μελέτη (ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ), όσο και στη μελέτη «**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ**» από την Περιφέρεια Κρήτης (RIBASIM) παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του διαχειριστικού σεναρίου της μελλοντικής κατάστασης(με προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2) του υδατικού συστήματος που μελετάται με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» διαφέρουν αρκετά από τα αντίστοιχα αποτελέσματα του διαχειριστικού

ομοιώματος RIBASIM της μελέτης από την Περιφέρειας Κρήτης. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» η μέση αστοχία του υδατικού συστήματος είναι 10,31% ενώ σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου RIBASIM 69,68%. Η μεγάλη αυτή διαφορά οφείλεται στη χρήση συνθετικών χρονοσειρών από το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» που δίνει τη δυνατότητα αύξησης της περιόδου προσομοίωσης (περίοδος προσομοίωσης 10 χρόνια με το μοντέλο RIBASIM και 1.000 με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»). Αυτό με σειρά του έχει σαν αποτέλεσμα αύξηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Η παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών έγινε με το μοντέλο «ΚΑΣΤΑΛΙΑ» διατηρώντας τα στατιστικά χαρακτηριστικά των αρχικών χρονοσειρών που είναι αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο RIBASIM.

2. Τα διαχειριστικά σενάρια στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» έχουν μικρότερο μέγεθος από τα αντίστοιχα στο μοντέλο RIBASIM επειδή στον ίδιο κόμβο μπορούν να εκτελούνται περισσότερες από μια λειτουργίες. Κατά συνέπεια επιτυγχάνεται καλύτερη εποπτεία από τον χρήστη στα διαχειριστικά σενάρια του μοντέλου «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»
3. Στο μοντέλο RIBASIM υπάρχει η δυνατότητα απενεργοποίησης κόμβων του ομοιώματος πριν την προσομοίωση. Συνεπώς ένα ομοίωμα της παρούσας κατάστασης ενός υδατικού συστήματος με ορισμένους κόμβους που αναφέρονται π.χ. σε κάποια προγραμματισμένα τεχνικά έργα απενεργοποιημένους, μπορεί γίνει ομοίωμα της μελλοντικής του κατάστασης, μετά την κατασκευή των έργων, ενεργοποιώντας τους αντίστοιχους κόμβους. Τέτοια δυνατότητα δεν υπάρχει στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ», για να διερευνηθεί μια ή περισσότερες αλλαγές στο υδατικό σύστημα πρέπει να κατασκευαστούν αντίστοιχα νέα διαχειριστικά σενάρια.
4. Το δυσκολότερο και περισσότερο χρονοβόρο τμήμα της παρούσας εργασίας ήταν η σχηματοποίηση του υδατικού συστήματος του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων, καθώς απαιτούνταν η μεταφορά των συνιστωσών του υδατικού συστήματος στο μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» με τρόπο ώστε το τελικό αποτέλεσμα να αποτελείται από το μικρότερο δυνατό αριθμό κόμβων και

κλάδων. Επίσης κατά τη σχηματοποίηση έγινε και η εισαγωγή των απαραίτητων χρονοσειρών.

7.2. Προτάσεις

Τα αποτελέσματά και τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης καθώς και η εμπειρία που αποκτήθηκε κατά την εξαγωγή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελλοντική διεξαγωγή ακριβέστερων μελετών πάνω στο ίδιο αντικείμενο. Επίσης αυτά μπορούν να συσχετισθούν με τα αποτελέσματά μελλοντικών μελετών για την εξαγωγή συμπερασμάτων με βάθος χρόνου για το μελετώμενο υδατικό σύστημα. Έτσι μερικές προτάσεις για μελλοντικές μελέτες – εργασίες, που θα μπορούσαν είτε να χρησιμοποιήσουν τα αποτελέσματα – συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είτε να βελτιώσουν θα μπορούσαν να είναι οι ακόλουθες :

1. Στην παρούσα μελέτη λόγω έλλειψης σχετικών δεδομένων θεωρήθηκε η παροχρεωτικότητα όλων των υδραγωγείων $10 \text{ m}^3/\text{s}$ και κατανάλωση ενέργειας για όλες τις αντλίες των γεωτρήσεων $1 \text{ kWh}/\text{m}^3$. Προτείνεται λοιπόν, η συγκέντρωση των δεδομένων αυτών, η προσθήκη τους στα διαχειριστικά σενάρια και η επανάληψη της προσομοίωσης με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ».
2. Η προσομοίωση των διαχειριστικών σεναρίων θα μπορούσε να επαναληφθεί με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» λαμβάνοντας υπόψη το επίκαιρο καθεστώς υδροφορίας και τα επίκαιρα αποθέματα νερού (καταληκτική προσομοίωση – terminating simulation). Για την προσομοίωση αυτή θα χρησιμοποιηθούν πολλές, μικρού μήκους χρονοσειρές εισροής που λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικών δειγμάτων αλλά και την ακολουθία των ιστορικών τιμών, και ιδιαίτερα των πλέον πρόσφατων (για κάθε ομάδα μικρού μήκους χρονοσειρών θα γίνεται και μια προσομοίωση - στοχαστική πρόγνωση).
3. Η προσομοίωση των διαχειριστικών σεναρίων θα μπορούσε να επαναληφθεί με το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» αφαιρώντας κάθε φορά και από μια συνιστώσα του υδατικού συστήματος (π.χ. ταμιευτήρας) ώστε να υπολογιστεί η σημασία της για το υδατικό σύστημα.

4. Στην παρούσα μελέτη μελετάται η κατανομή των υδατικών πόρων που προσφέρονται από τη φύση στο υδατικό σύστημα. Η αντιμετώπιση αυτή του υδατικού συστήματος είναι μονόπλευρή καθώς δεν εξετάζεται η διάσταση της διαχείρισης της ζήτησης του νερού, για την οποία η αποκλειστική ευθύνη αποδίδεται στον ανθρώπινο παράγοντα. Επομένως προτείνεται η εκπόνηση μια μελέτης με αντικείμενο τον προσδιορισμό μέτρων και έργων για τη μείωση της κατανάλωσης νερού (π.χ. τιμολόγηση νερού, μείωση απωλειών δικτύων, αποτελεσματικότερες μέθοδοι άρδευσης). Επιπλέον, θα μπορούσε να επαναληφθεί η προσομοίωση του υδατικού συστήματος για τις μειωμένες ζητήσεις που θα προκύψουν από την σχετική μελέτη.
5. Σε ένα σημαντικό βαθμό το υδατικό σύστημα του βόρειου τμήματος του νομού Χανίων βασίζεται σε υπόγειους υδατικούς πόρους. Κατά συνέπεια, προτείνεται η διεξαγωγή μιας μελέτης με σκοπό τον προσδιορισμό των επιπτώσεων της άντλησης υπογείων υδάτων και των απαραίτητων μέτρων για την προστασία τους, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο συνδυασμένης διαχείρισης (διαχείριση επιφανειακών και υπογείων νερών). Σχετικά με την προστασία των υδατικών πόρων, θα μπορούσαν να προταθούν μέτρα και περιορισμοί για την άντλησή τους.
6. Στα διαχειριστικά σενάρια που δημιουργήθηκαν θα μπορούσαν να εισαχθούν επιπλέον, οικονομικά μεγέθη σχετικά με τη λειτουργία του υδατικού συστήματος (πάγια τέλη λειτουργίας υδραγωγείων, κόστος άντλησης νερού από γεωτρήσεις ανά m^3 κλπ). Με την προσθήκη οικονομικών μεγεθών στα διαχειριστικά σενάρια, στα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα προστίθετο το συνολικό λειτουργικό κόστος του υδατικού συστήματος και θα γινόταν η εκτίμηση των πιθανών οικονομικών οφελών ή ζημιών από την προσθήκη των προγραμματισμένων τεχνικών έργων σε αυτό.
7. Σε ένα διαχειριστικό σενάριο στο οποίο θα έχουν ενταχθεί τα δεδομένα που λείπουν από τα σενάρια της παρούσας μελέτης (παροχρητευτικότητες υδραγωγείων, κατανάλωση ενέργειας αντλιών και οικονομικά μεγέθη) και οι περιορισμοί σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδατικών πόρων θα μπορούσε να εντοπισθεί η βέλτιστη πολιτική διαχείρισης του.

8. Χρησιμοποιώντας την εμπειρία που αποκτήθηκε από την μελέτη αυτή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια μελέτη που θα αφορά όλο το νομό Χανίων, ή όλο το νησί της Κρήτης (τα απαραίτητα δεδομένα υπάρχουν στη μελέτη **«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ»** από την Περιφέρειας Κρήτης). Στη μελέτη αυτή θα μπορούσαν να μελετηθούν και οι συνέπειες έργων που θα συνδέανε τα ξεχωριστά υδατικά συστήματα.

Βιβλιογραφία

1. Α. Ευστρατιάδης, Γ. Καραβοκυρός, Δ. Κουτσογιάννης, «**Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»**» - 2007
2. Σ. Κοζάνης, Α. Χριστοφίδης, και Α. Ευστρατιάδης, «**Περιγραφή συστήματος διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων «Υδρογνώμων»**» - 2005
3. Α. Ευστρατιάδης, Δ. Κουτσογιάννης και Σ. Κοζάνης, «**Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών «Κασταλία»**» -2005
4. Περιφέρεια Κρήτης, «**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ**» -1999
5. Ν. Μυλόπουλος, «**Σημειώσεις για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων**» - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2001.
6. Δ. Κυριαζής, Ν. Μυλόπουλος, κ.α. - Γνωμοδότηση της Κοινωνικής και Οικονομικής Επιτροπής της Ελλάδας πάνω στο θέμα: «**Η διαχείριση των Υδατικών Πόρων**», - 2002
7. Κυρ. Δ. Χατζηευαγγέλου – Μεταπτυχιακή Διατριβή με θέμα «**Εκτίμηση Υδατικού Ισοζυγίου και Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη**» -Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2005
8. Θ. Τσούτσος, «**Σημειώσεις για την Αειφόρο Ανάπτυξη**»- Πανεπιστήμιο Κρήτης, Χανιά, 2002
9. Ν. Αγγελάκης, «**Η οδηγία πλαίσιο 2000/60/EC για την πολιτική των υδατικών πόρων και η εναρμόνισή της με την ελληνική νομοθεσία**», Ενημερωτικό Δελτίο Τ.Ε.Ε., Ιούνιος 2003
10. Α. Βαράνου, Α. Δασακλής, Φ. Φωτόπουλος, Ε. Μπαλτάς, «**Σημειώσεις για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων**» Ε.Μ.Π.-2003

- 11. Κ. Βοζινάκης, Κουγιάννη Στ. «Υδατικοί Πόροι Νομού Χανίων και Διαχείρισή τους» - Χανιά-2004**