



## **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, Μηχανικό Περιβάλλοντος(Πολυτεχνείο Κρήτης)**

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

**Αθήνα, Απρίλιος 2008**

# Δομή Παρουσίασης

1. Υπολογιστικά εργαλεία
2. Περιοχής μελέτης
3. Σχηματοποίησης
4. Προσομοίωση - Αποτελέσματα και ανάλυση τους
5. Συμπεράσματα
6. Προτάσεις

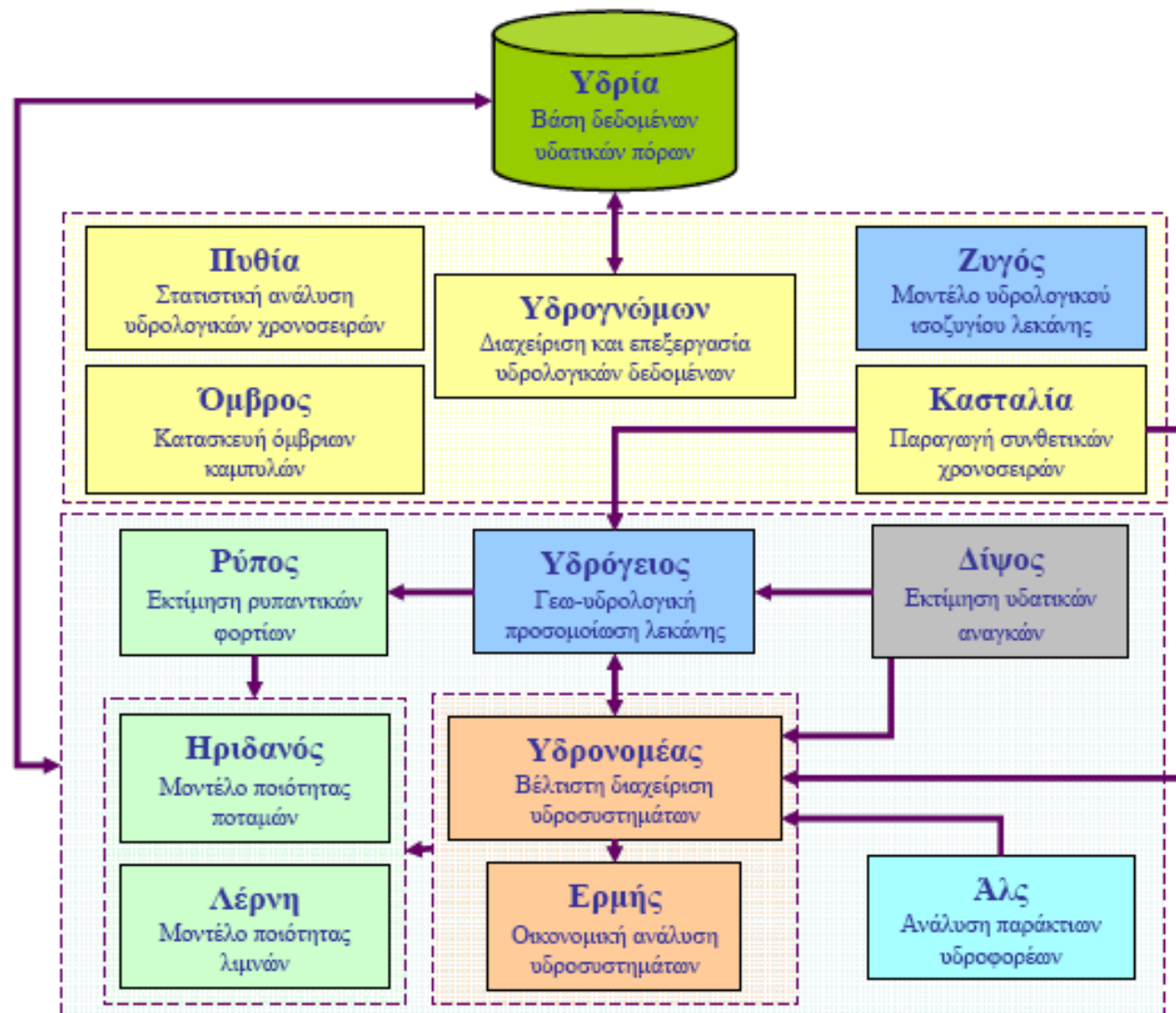


# ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

- Εξελιγμένο υπολογιστικό σύστημα (μοντέλο) προσομοίωσης και βελτιστοποίησης συστημάτων υδατικών πόρων που λειτουργεί ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (ΣΥΑ-DSS).
- Λαμβάνει υπόψη:
  - Χαρακτηριστικά του φυσικού συστήματος (υδρολογικές εισροές)
  - Τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των υδραυλικών έργων
  - Υδατικές ανάγκες και λειτουργικούς περιορισμούς
- Εντοπίζει την πλέον πρόσφορη πολιτική διαχείρισης, με τη μορφή κανόνων λειτουργίας των κύριων υδραυλικών έργων.
- Υποστηρίζει στοχαστική προσομοίωση(στοχαστικές εισροές - παραγωγή με το σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης ΚΑΣΤΑΛΙΑ).
- Τα αποτελέσματα δίνονται με πιθανοτικούς όρους
- Πλαισιώνεται από μια δέσμη υποστηρικτικών μοντέλων, για την ανάλυση κρίσιμων συνιστωσών σχετικών με την προσφορά, ζήτηση και διαχείριση του νερού.
- Τα υποστηρικτικά μοντέλα και το μοντέλο «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ» αποτελούν το ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα «ΥΔΡΟΓΑΙΑ».



# ΥΔΡΟΓΑΙΑ

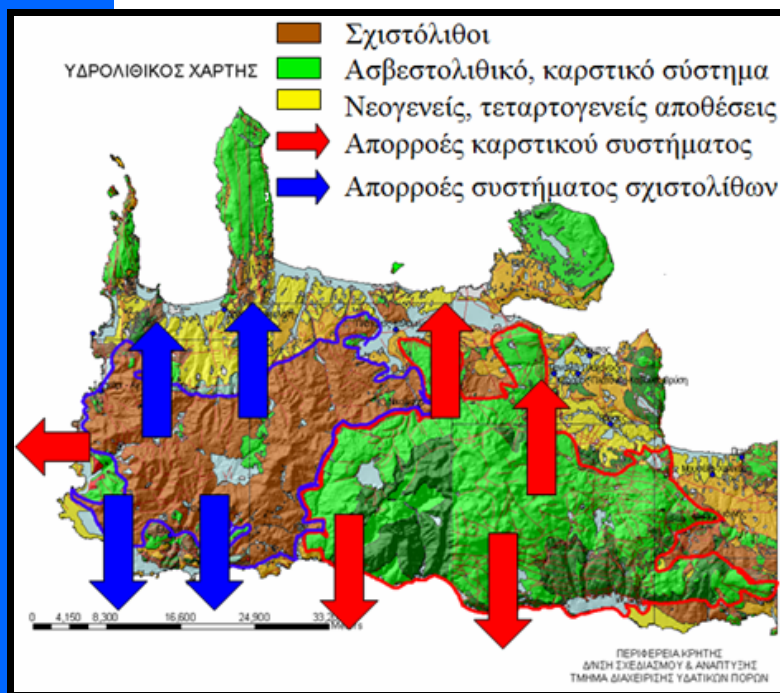


# ΥΔΡΟΓΝΟΜΩΝ-ΚΑΣΤΑΛΙΑ

- Ο «ΥΔΡΟΓΝΟΜΩΝ» είναι ένα εργαλείο πληροφορικής για τη διαχείριση και ανάλυση της υδρολογικής πληροφορίας (ανάλυση και επεξεργασία χρονοσειρών).
- Η «ΚΑΣΤΑΛΙΑ» είναι ένα σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης και πρόγνωσης υδρολογικών μεταβλητών. Αποτελεί υποσύστημα του «ΥΔΡΟΓΝΟΜΩΝ».
- Χρησιμοποιείται για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών από ιστορικές χρονοσειρές.
- Οι παραγόμενες συνθετικές χρονοσειρές διατηρούν και αναπαραγάγουν τα ουσιώδη στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικών(μεταξύ αυτών η χωρική αυτοσυσχέτιση και η εμμονή).



# Υδατικό Σύστημα Β. τμήματος ν. Χανίων



- Ο ν. Χανίων είναι ο πλουσιότερος σε υδάτινο δυναμικό της Κρήτης. Αυτό οφείλεται:
  - Στο μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής (**1100 mm/έτος**).
  - Στο καρστικό σύστημα Λευκών Όρεων.
- Το υδατικό σύστημα του νομού αποτελείται από πολλά ανεξάρτητα υδατικά συστήματα, με σημαντικότερο αυτό που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του:
  - Είναι το μεγαλύτερο και το περισσότερο περίπλοκο.
  - Τα σπουδαιότερα τεχνικά έργα περιλαμβάνονται σε αυτό (π.χ Λίμνη Αγυιάς), ενώ έχει προγραμματισθεί και η προσθήκη νέων σε αυτά.
  - Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων του νομού εξυπηρετείται από αυτό (συμπεριλαμβανομένου του δήμου Χανίων με πληθυσμό 53.373 κατοίκων έναντι του συνολικού πληθυσμού του νομού που είναι 150.289 κάτοικοι).
  - Εξυπηρετείται μεγάλος αριθμός τουριστών και ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων από αυτό.



# Σχηματοποίηση - Ι

- Η διαδικασία μετασχηματισμού των συνιστωσών ενός φυσικού συστήματος σε συνιστώσες του μαθηματικού μοντέλου που αναπαριστά το εν λόγω σύστημα (στα αγγλικά schematization).
- Στην παρούσα εφαρμογή, η σχηματοποίηση έγινε με το μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ.
- Σε κάθε είδος κόμβου ή κλάδου απαιτείται η εισαγωγή ορισμένων δεδομένων (**χρονοσειρές ή χαρακτηριστικά μεγέθη** της αντίστοιχης φυσικής συνιστώσας).
- Το αποτέλεσμα της σχηματοποίησης είναι ένα **διαχειριστικό σενάριο** αποτελούμενο από διαφόρων ειδών **κόμβους** και **κλάδους**.
- Στις κατάλληλες συνιστώσες του σεναρίου εισάγονται οι στόχοι και οι λειτουργικοί περιορισμοί που αναφέρονται σε αυτές. (Ανάγκες που καλείται να καλύψει το υδατικό σύστημα).



## Σχηματοποίηση - II

- Το Υδ. Σύστημα του β. τμήματος του ν. Χανίων μελετήθηκε στην παρούσα και τη μελλοντική του κατάσταση. Κατά συνέπεια δημιουργήθηκαν 2 σενάρια.
- Σαν πρότυπο για τη σχηματοποίηση χρησιμοποιήθηκε το διαχειριστικό ομοίωμα από την μελέτη «**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ**» από την Περιφέρεια Κρήτης (δημιουργήθηκε με το μοντέλο RIBASIM).
- Από την ίδια μελέτη προέρχονται οι χρονοσειρές και τα χαρακτηριστικά μεγέθη των συνιστωσών του πραγματικού Υδ. Συστήματος.





# Σχηματοποίηση - III

➤ Οι συνιστώσες του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. Κόμβοι
2. Κόμβοι Εισροής
3. Γεωτρήσεις
4. Ταμιευτήρες

} ΚΟΜΒΟΙ

1. Υδραγωγεία
2. Υδατόρευματα

} ΚΛΑΔΟΙ

➤ Οι χρονοσειρές εισροής που χρησιμοποιήθηκαν στους αντίστοιχους κόμβους ήταν συνθετικές, μήκους 1000 ετών και παράχθηκαν με το σύστημα ΚΑΣΤΑΛΙΑ.

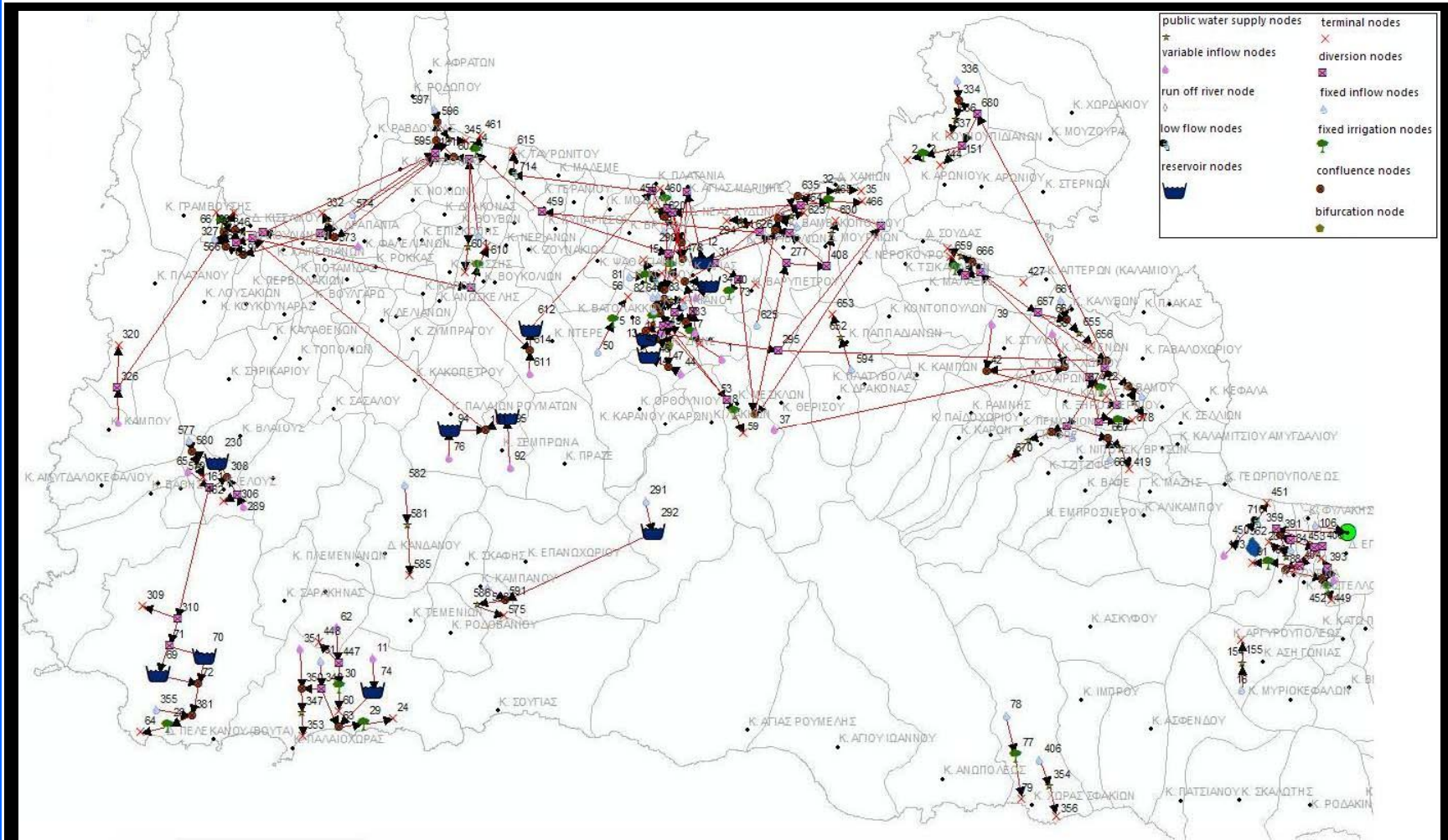
➤ Στις Γεωτρήσεις χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές που επαναλαμβάνονται κάθε έτος.

➤ Οι στόχοι των διαχειριστικών σεναρίων και η **προτεραιότητα** με την οποία ικανοποιούνται είναι :

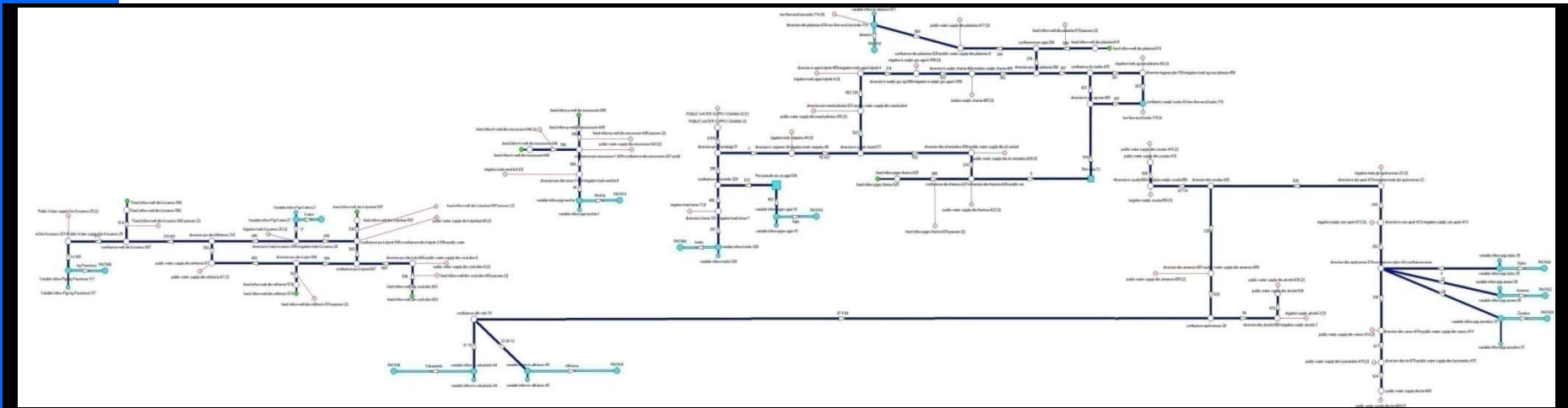
Υδρευση	1-2
Άρδευση	3
Οικολογική Παροχή	2-3
Μέγιστη Παροχή (Γεωτρήσεις)	2



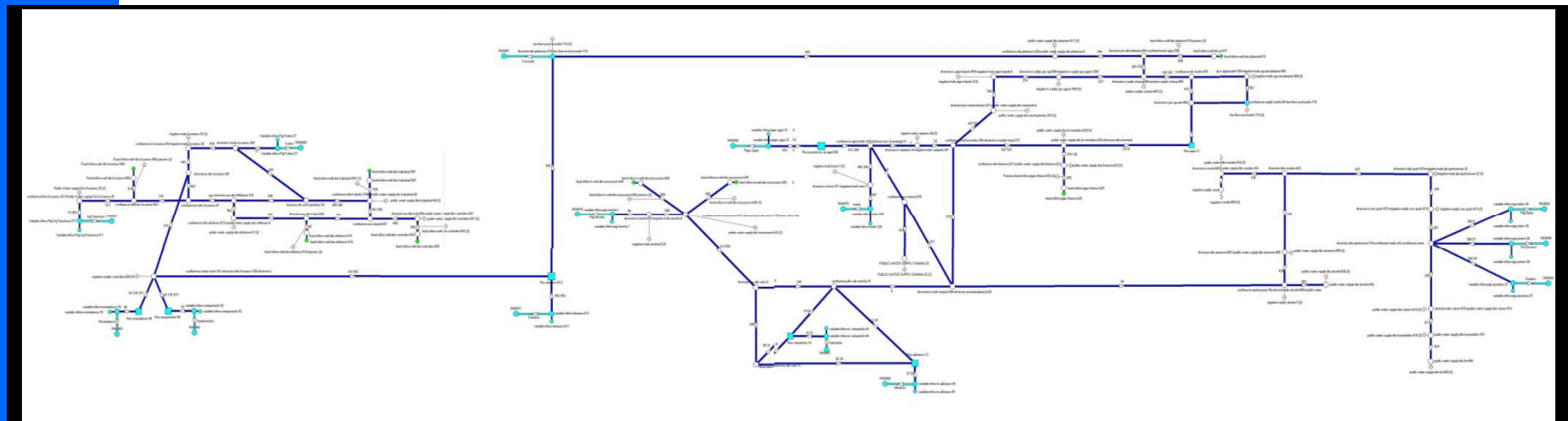
# Διαχειριστικό ομοίωμα RIBASIM



# Διαχειριστικά σενάρια



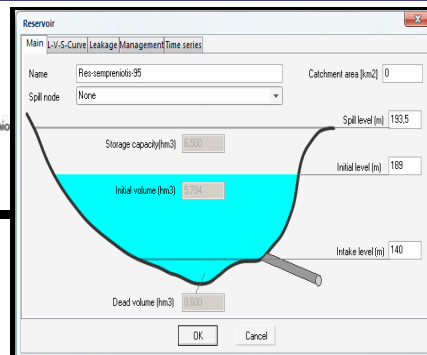
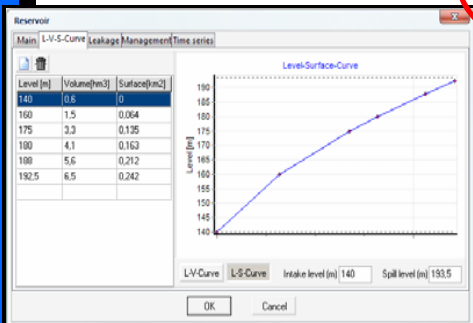
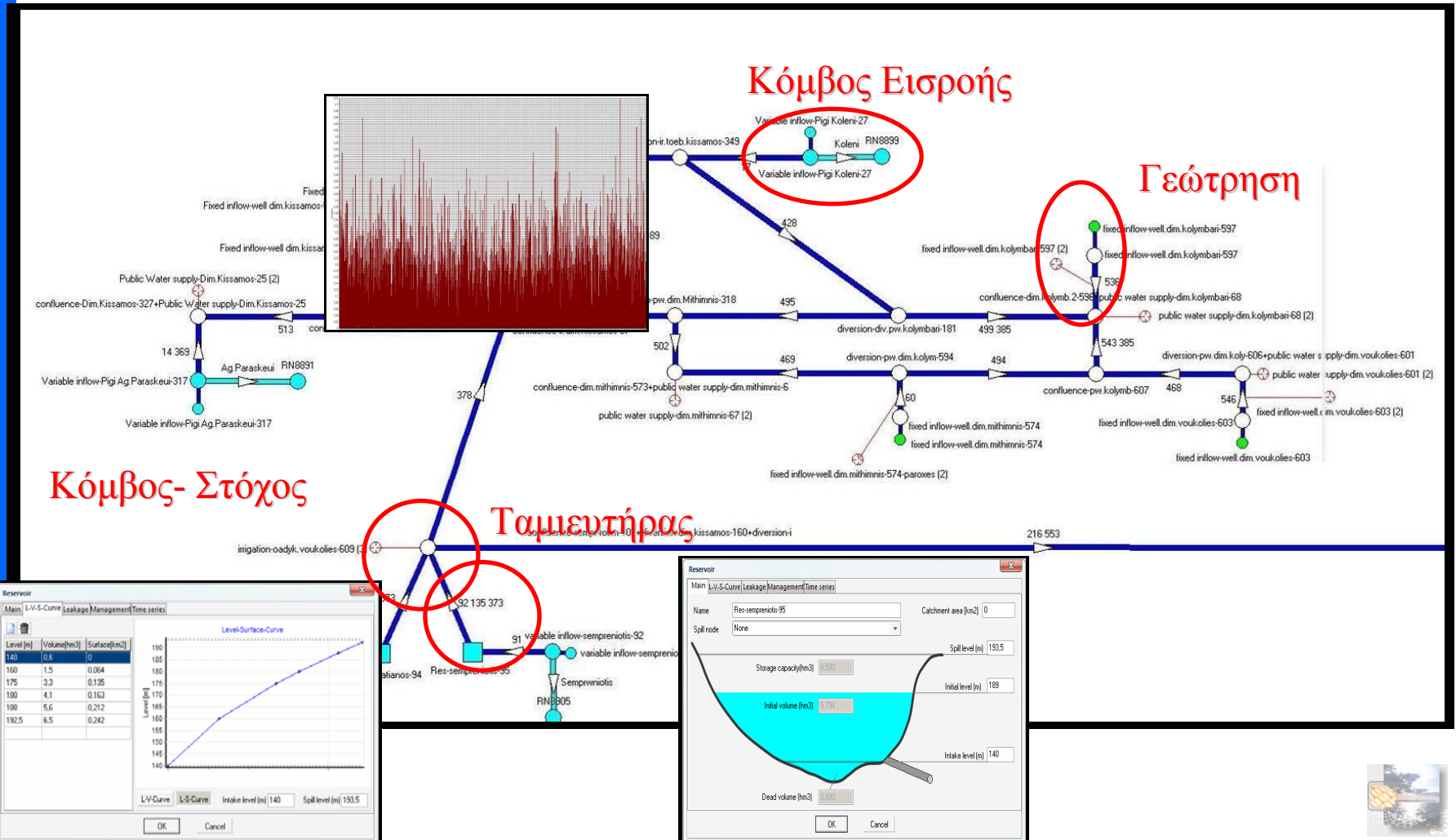
Διαχειριστικό σενάριο παρούσας κατάστασης Υδ. Συστήματος



Διαχειριστικό σενάριο μελλοντικής κατάστασης Υδ. Συστήματος



# Παρατηρήσεις στα σενάρια



# Προσομοίωση

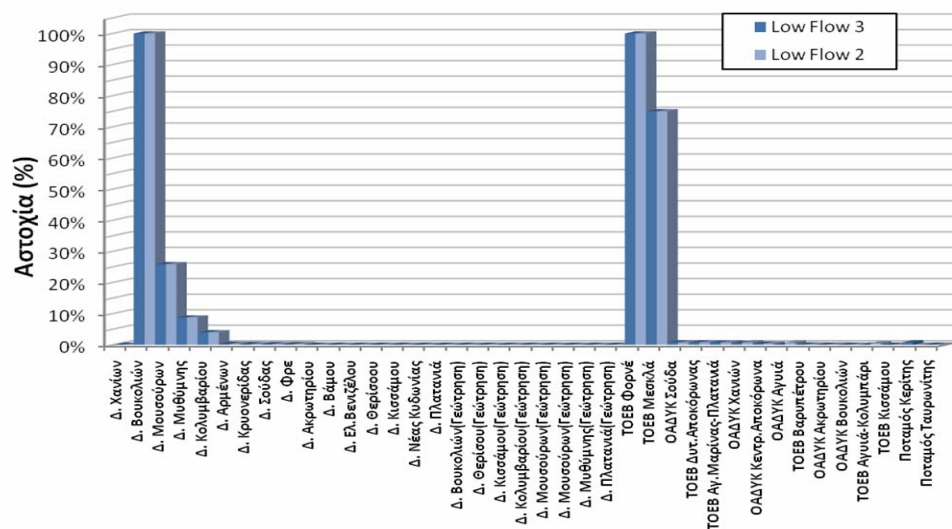
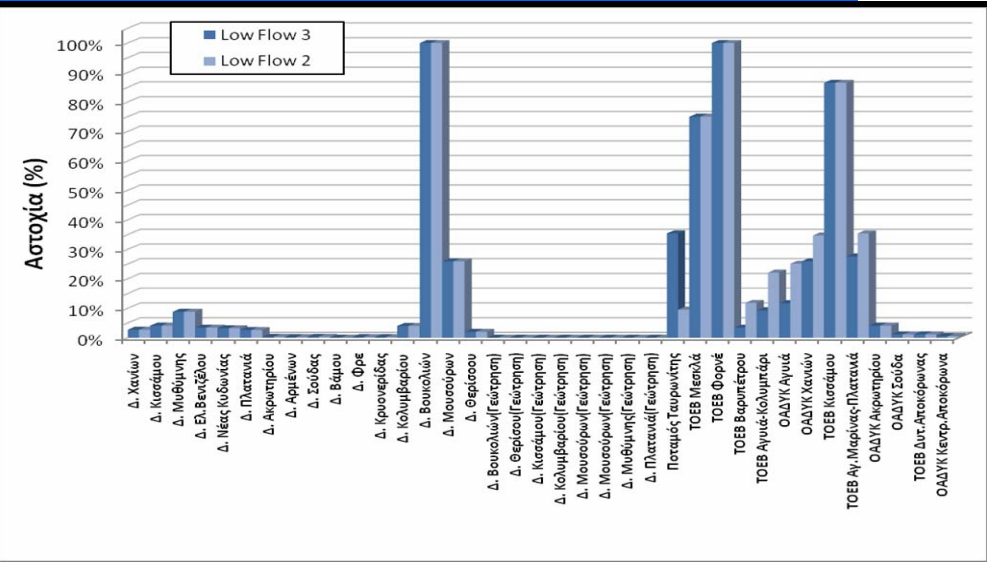
- Η τεχνική μίμησης της λειτουργίας ενός πραγματικού συστήματος, όπως αυτό εξελίσσεται στο χρόνο.
- Στην παρούσα εφαρμογή, η προσομοίωση έγινε με το μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ.
- Προσομοίωση **μόνιμης κατάστασης** (steady-state), ώστε να γίνει αποτίμηση της μακροχρόνιας επίδοσης του υδατικού συστήματος (ανεξάρτητη των αρχικών συνθηκών).
- Διάρκεια προσομοίωσης 998 έτη.
- Αστοχία έστω ενός μήνα σε ένα έτος, σημαίνει αστοχία του έτους.



# Αποτελέσματα Προσομοίωσης

## Σενάριο Παρούσας Κατάστασης

Προτεραιότητα στόχων οικολ. παροχής	Μέσο ποσοστό αστοχίας ανά στόχο (%)	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
2	19,476 %	5,038	42,449
3	18,603 %	5,040	43,312

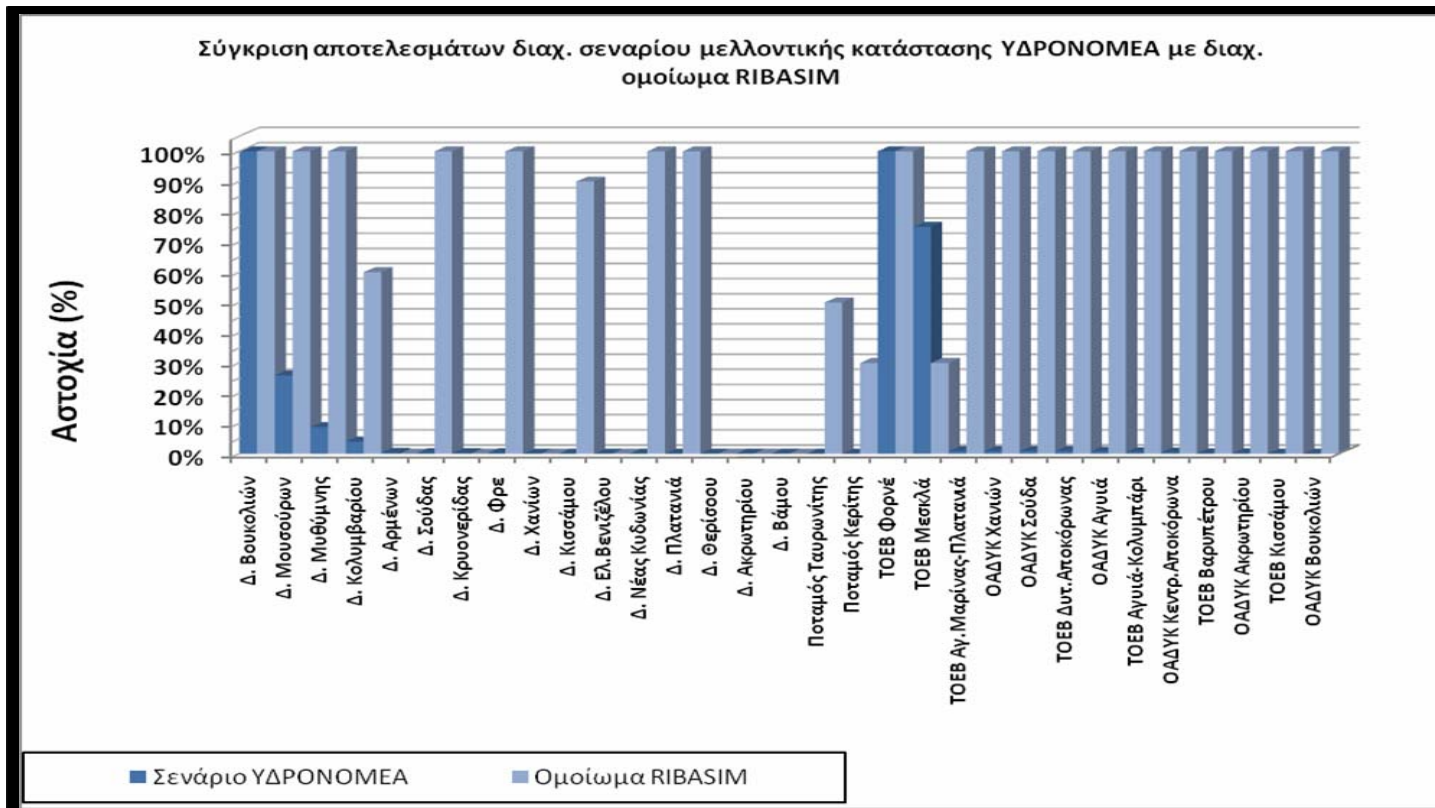


## Σενάριο Μελλοντικής Κατάστασης

Προτεραιότητα στόχων οικολ. παροχής	Μέσο ποσοστό αστοχίας ανά στόχο	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
2	10,310 %	1,385	12,646
3	10,287 %	2,045	13,792



# Σύγκριση σεναρίων RIBASIM - ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ



Μέση αστοχία ανά κόμβο

Σενάριο RIBASIM : 69.68%

Σενάριο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ: 10,31%



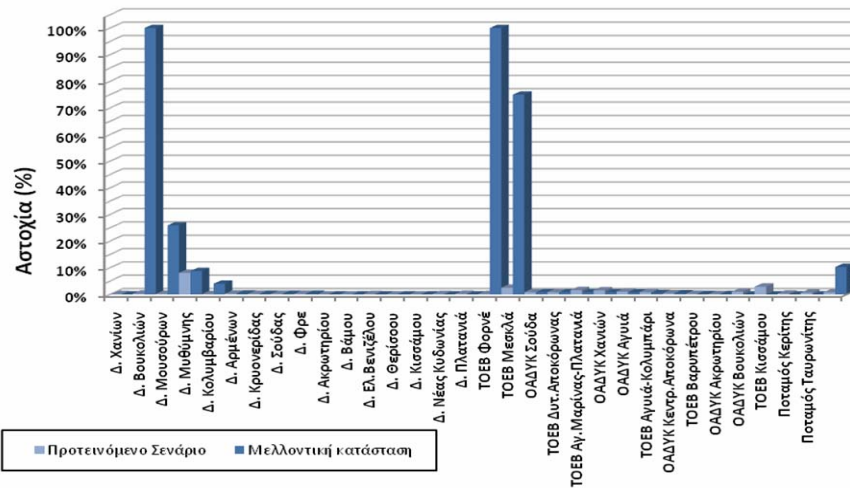
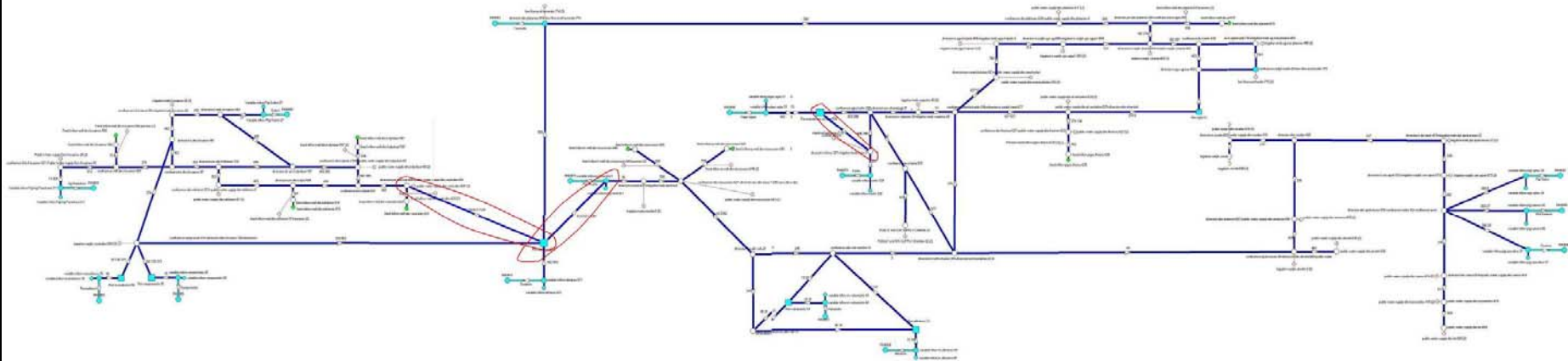
## Προτεινόμενο σενάριο

- Τα ποσοστά αστοχίας στόχων σε τμήματα του Υδ. Συστήματος που δεν τροφοδοτούνται από ταμιευτήρες παραμένουν υψηλά και σε όλα τα σενάρια.
- 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 (προτεραιότητα στόχων οικολογικής παροχής 2) 3 υδραγωγείων που τροφοδοτούν τμήματα με στόχους με υψηλά ποσοστά αστοχίας .
- Το κατά πόσο η κατασκευή των υδραγωγείων αυτών είναι τεχνικοοικονομικά δυνατή, δεν εξετάστηκε.





# Προτεινόμενο σενάριο - Αποτελέσματα



Σύγκριση αποτελεσμάτων σεναρίων μελλοντικής κατάστασης (προτεραιότητα οικολογικής παροχής 2) και προτεινόμενου :

Σενάριο	Μέσο ποσοστό αστοχίας ανά στόχο	Μέσο Ετήσιο Έλλειμμα (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Μέγιστο Ετήσιο Έλλειμμα (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Μελλοντικής κατάστασης	10,310 %	1,385	12,646
Προτεινόμενο	0,63%	0,084	15,508



# Συμπεράσματα – Υδατικό Σύστημα

1. Η προσθήκη των έργων ταμίευσης και η υλοποίηση των συνδέσεων μεταξύ των ανεξάρτητων συστημάτων αναμένεται να αυξήσει την αξιοπιστία με την οποία ικανοποιούνται οι ανάγκες του Υδ. Συστήματος και να μειώσει τα ελλείμματα.
2. Το παραπάνω δε θα ισχύσει για όλους τους στόχους του Υδ. Συστήματος, καθώς εκείνοι που δε τροφοδοτούνται από ταμιευτήρα μένουν ανεπηρέαστοι από την προσθήκη των έργων.
3. Η προσθήκη υδραγωγείων που θα τροφοδοτούν, με υδατικούς πόρους προερχόμενους από ταμιευτήρες, τμήματα του υδατικού συστήματος που τροφοδοτούνταν από άλλες πηγές, θα επιφέρει αύξηση της αξιοπιστίας ικανοποίησης των αναγκών του Υδ. Συστήματος.
4. Αύξηση της προτεραιότητας ικανοποίησης οικολογικής παροχής θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αξιοπιστίας της. Παράλληλα η αξιοπιστία ικανοποίησης άλλων αναγκών και του συνόλου του υδατικού συστήματος γενικότερα θα μειωθούν. Μείωση θα επέλθει και στα ελλείμματα.
5. 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), δεδομένου ότι οι ανάγκες σε νερό παραμένουν σταθερές κάθε χρόνο.



## Συμπεράσματα – Υπολογιστικά Εργαλεία

1. Η διαφορά στα αποτελέσματα των σεναρίων του μοντέλου RIBASIM με του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ οφείλεται στη διαφορετική περίοδο προσομοίωσης (10 έτη έναντι 1000). Αύξηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων με την αύξηση της περιόδου προσομοίωσης.
2. Τα διαχειριστικά σενάρια στο μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ έχουν μικρότερο μέγεθος από ότι στο RIBASIM, καθώς στον ίδιο κόμβο μπορούν να εκτελούνται περισσότερες από μια λειτουργίες.
3. Στο μοντέλο RIBASIM υπάρχει η δυνατότητα απενεργοποίησης κόμβων του ομοιώματος πριν την προσομοίωση. Στο μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ τέτοια δυνατότητα δεν υπάρχει. Οπότε 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 Υδ. Συστήματος.



# Προτάσεις - Ι

1. Επανάληψη προσομοίωσης μετά από προσθήκη δεδομένων που λείπουν από την παρούσα μελέτη(π.χ. παροχτευτικότητα υδραγωγείων).
2. Επανάληψη προσομοίωσης ώστε να ληφθεί υπόψη το επίκαιρο καθεστώς υδροφορίας (Καταληκτική προσομοίωση – terminating simulation).
3. Επανάληψη προσομοίωσης αφαιρώντας συνιστώσες ώστε να προσδιοριστεί η σημασία τους για το Υδ. Σύστημα.
4. Μελέτη για τη διαχείριση της ζήτησης.



## Προτάσεις - II

5. Μελέτη με μοντέλο συνδυασμένης διαχείρισης επιφανειακών και υπογείων νερών.
6. Επανάληψη προσομοίωσης με εισαγωγή οικονομικών δεδομένων.
7. Μετά από τη διαμόρφωση των κανόνων της διαχειριστικής πολιτικής του Υδ. Συστήματος, μπορεί να γίνει βελτιστοποίηση αυτών.
8. Επανάληψη προσομοίωσης για άλλες περιοχές του ν. Χανίων ή του νησιού(τα δεδομένα υπάρχουν στη μελέτη της Περιφέρειας Κρήτης).



# Τέλος

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή αυτής της εργασίας κ. Νικόλαο Μαμάση και τους κ. Ανδρέα Ευστρατιάδη και Γιώργο Καραβοκυρό για την πολύτιμη καθοδήγηση τους κατά την υλοποίηση της.



# Και κάτι ακόμα...



Το λανθάνειν είναι  
ανθρώπινο, αλλά για να τα  
κάνεις τελείως θάλασσα,  
χρειάζεσαι Ηλεκτρονικό  
Υπολογιστή.

**Νόμος του Murphy**

