

Το υπολογιστικό σύστημα *Υδρονομέας* και η εφαρμογή του στην προσομοίωση συστημάτων ταμιευτήρων

4ο Εθνικό Συνέδριο της Ελληνικής Επιτροπής για τη Διαχείριση Υδατικών Πόρων (Ε.Ε.Δ.Υ.Π.)

«Διαχείριση Υδατικών Πόρων στις Ευαίσθητες Περιοχές του Ελλαδικού Χώρου»
Βόλος, 17-19 Ιουνίου 1999

Ενότητα : «*Υδατικό δυναμικό - Διαχείριση*»

Α. Ευστρατιάδης, Ν. Ζερβός, Γ. Καραβοκυρός και Δ. Κουτσογιάννης

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Το σχήμα παραμετροποίηση - προσομοίωση - βελτιστοποίηση (1)

Μέθοδοι μελέτης συστημάτων ταμιευτήρων

- Βελτιστοποίηση
 - Εντοπισμός βέλτιστης λύσης με τεχνικές ανάλυσης συστημάτων
 - Χονδροειδής προσέγγιση των φυσικών διεργασιών
 - Υπολογιστικός φόρτος (εκτεταμένος αριθμός μεταβλητών απόφασης)
- Προσομοίωση με χρήση ευρετικών κανόνων λειτουργίας
 - Ακριβής αναπαράσταση της λειτουργίας του συστήματος
 - Αδυναμία καθορισμού βέλτιστης πολιτικής διαχείρισης

Παραμετροποίηση προβλημάτων διαχείρισης ταμιευτήρων

- Χρήση παραμετρικών κανόνων λειτουργίας
- Εκτίμηση παραμέτρων με βελτιστοποίηση ενός δείκτη επίδοσης, υπολογιζόμενου μέσω προσομοίωσης
- Αύξηση ταχύτητας της διαδικασίας λόγω περιορισμού των μεταβλητών
- Δυνατότητα προσαρμογής σε ευρύ φάσμα πολύπλοκων υδροσυστημάτων
- Συνδυασμός πλεονεκτημάτων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης

Το σχήμα παραμετροποίηση - προσομοίωση - βελτιστοποίηση (2)

Παραμετρικός κανόνας λειτουργίας ταμιευτήρων (Nalbantis & Koutsoyiannis, 1997)

- Κατανομή ωφέλιμου όγκου του συστήματος σύμφωνα με το γραμμικό νόμο

$$S_i^* = a_i + b_i V$$

- Διορθώσεις για ικανοποίηση φυσικών περιορισμών

$$S_i^* = \begin{cases} 0 & a_i + b_i V < 0 \\ a_i + b_i V & 0 \leq a_i + b_i V \leq K_i \\ K_i & a_i + b_i V > K_i \end{cases}$$

$$S_i'^{*} = S_i^* + \frac{S_i^* (1 - S_i^* / K_i)}{\sum_{j=1}^N S_j^* (1 - S_j^* / K_j)} \left(V - \sum_{j=1}^N S_j^* \right)$$

- Τελική μορφή κανόνων λειτουργίας μη γραμμική
- Δυνατότητα απλοποιημένης διατύπωσης με παράλειψη συντελεστών a_i

Το σχήμα παραμετροποίηση - προσομοίωση - βελτιστοποίηση (3)

Παραμετρική διατύπωση στόχων παραγωγής ενέργειας

- Οι ενεργειακοί στόχοι διατυπώνονται παραμετρικά ως προς τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος

$$E_p^* = e_p \cdot \lambda \cdot \sum_{p=1}^M P_p^{\text{inst}}$$

- Φυσικός περιορισμός

$$e_p \leq \frac{P_p^{\text{inst}}}{\sum_{p=1}^M P_p^{\text{inst}}}$$

Το υπολογιστικό σύστημα Υδρονομέας

Πρόγραμμα Προσομοίωσης και Βέλτιστης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων
Αρχείο Πληροφορίες δικτύου Προσομοίωση Αποτελέσματα Βοήθεια

Υδρονομέας

Ο Υδρονομέας προσομοιώνει το σύστημα

Στοιχεία κόμβου

Ονομασία κόμβου Μεσοχώρα

Εκταση υπολεκάνης απορροής 633 km²

Είδος κόμβου
 Απλός κόμβος
 Ταμιευτήρας

Συντεταγμένες
X 270000
Y 4500000

Στοιχεία ταμιευτήρα
Αποθηκευτική ικανότητα 358 hm³
Νεκρός όγκος 132.8 hm³
Αρχικός όγκος 234.06 hm³

Αρχεία δεδομένων
Υδρολογικά δεδομένα (χρονοσειρές) IO_Mesohora
Καμπύλη στάθμης-όγκου-επιφάνειας LVS_Mesohora
Συντελεστές διαρροής nil

Χρονοσειρές
Πληροφορίες: Εκτιμήσεις βάσει μετρήσεων στη θέση Αυλιάκι (Οκτώβριος 1960 έως Σεπτέμβριος 1994)
Επιλογή Κατάλογος

Βελτιστοποίηση παραμέτρων διαχείρισης ταμιευτήρα
Σταθερός (χωρίς βελτιστοποίηση) όγκος-στόχος 0 hm³

Χάρτης Τροποποιήσεις Αποθήκευση Ακύρωση

Στοιχεία βάσης δεδομένων Στερεάς Ελλάδας

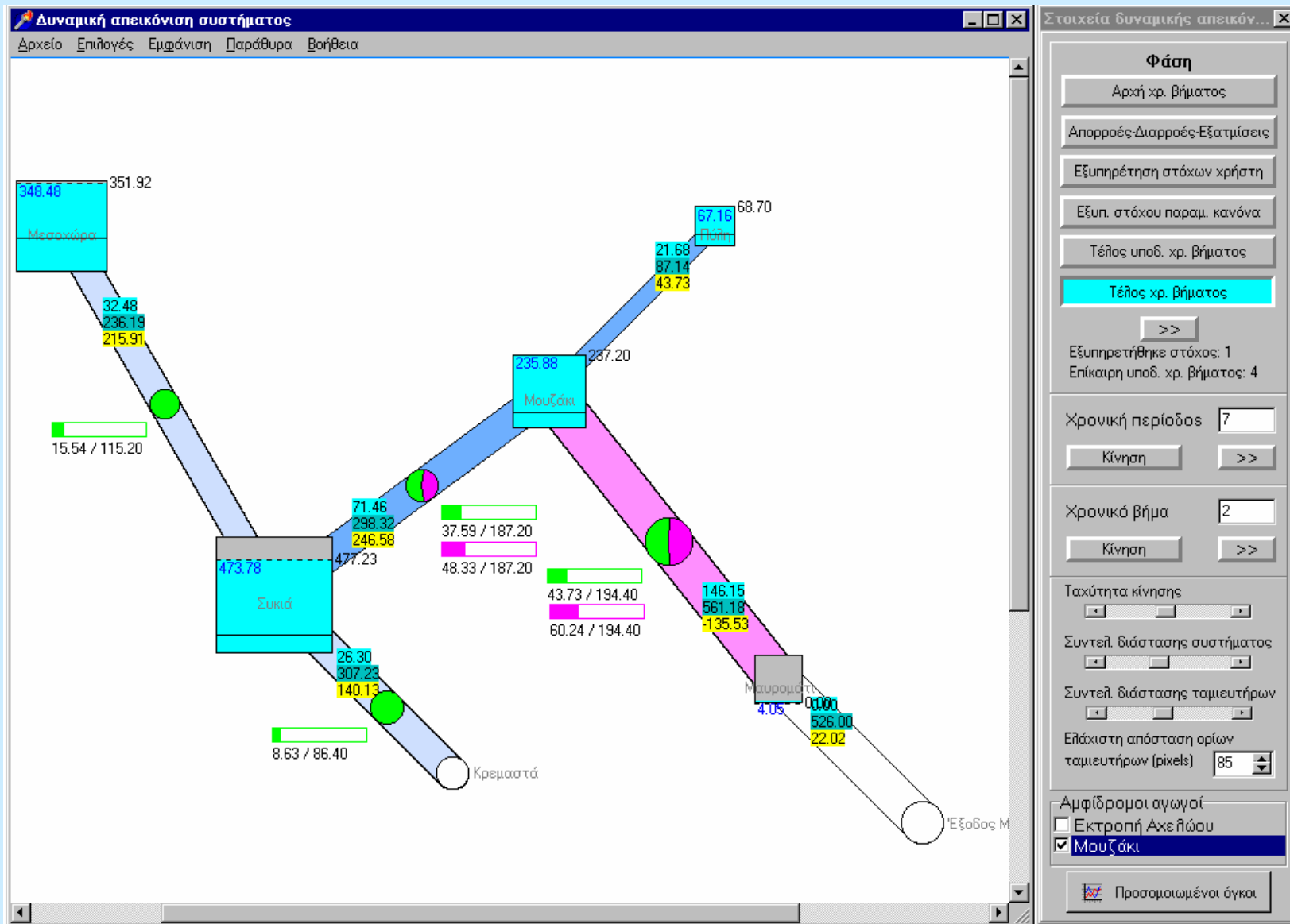
Υδατικό Σύστημα 1

Κόμβοι:	7
Ταμιευτήρες:	5
Χωρητικότητα (hm ³):	1354.70
Ωφέλιμος όγκος (hm ³):	1051.80
Νεκρός όγκος (hm ³):	302.90
Αρχικός όγκος (hm ³):	642.89
Αγωγοί:	6
Στρώβιλοι:	2
Αντλίες:	0
Αντλιοστρώβιλοι:	2
Στόχοι (Ενεργοί):	10 (10)

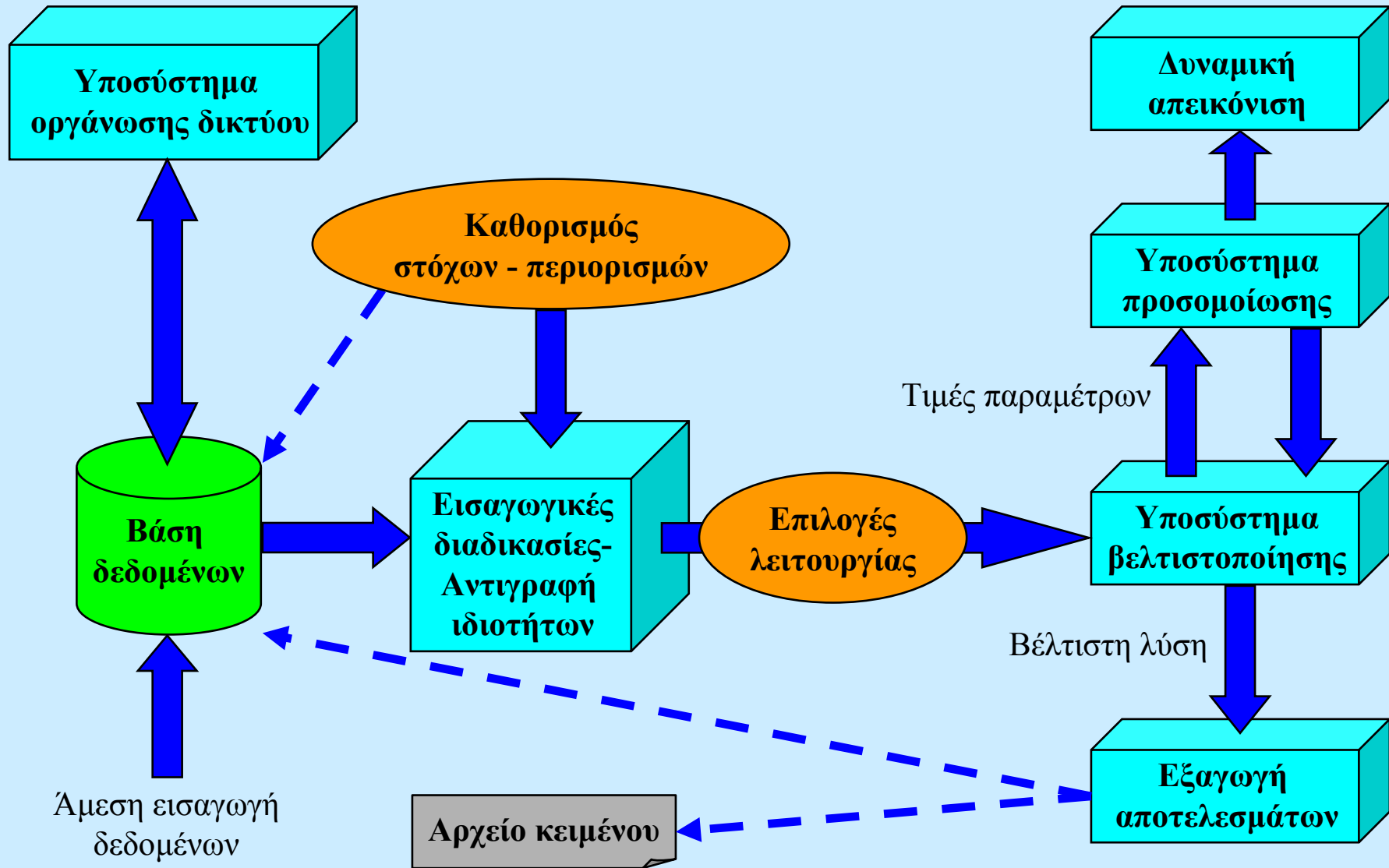
34 χρονικές περιόδους

Επιλογές
Στόχοι - περιορισμοί
Επιλεκτική προσομοίωση
Βελτιστοποίηση
Πληροφορίες προσομοίωσης
Ισοζύγιο - ισολογισμός

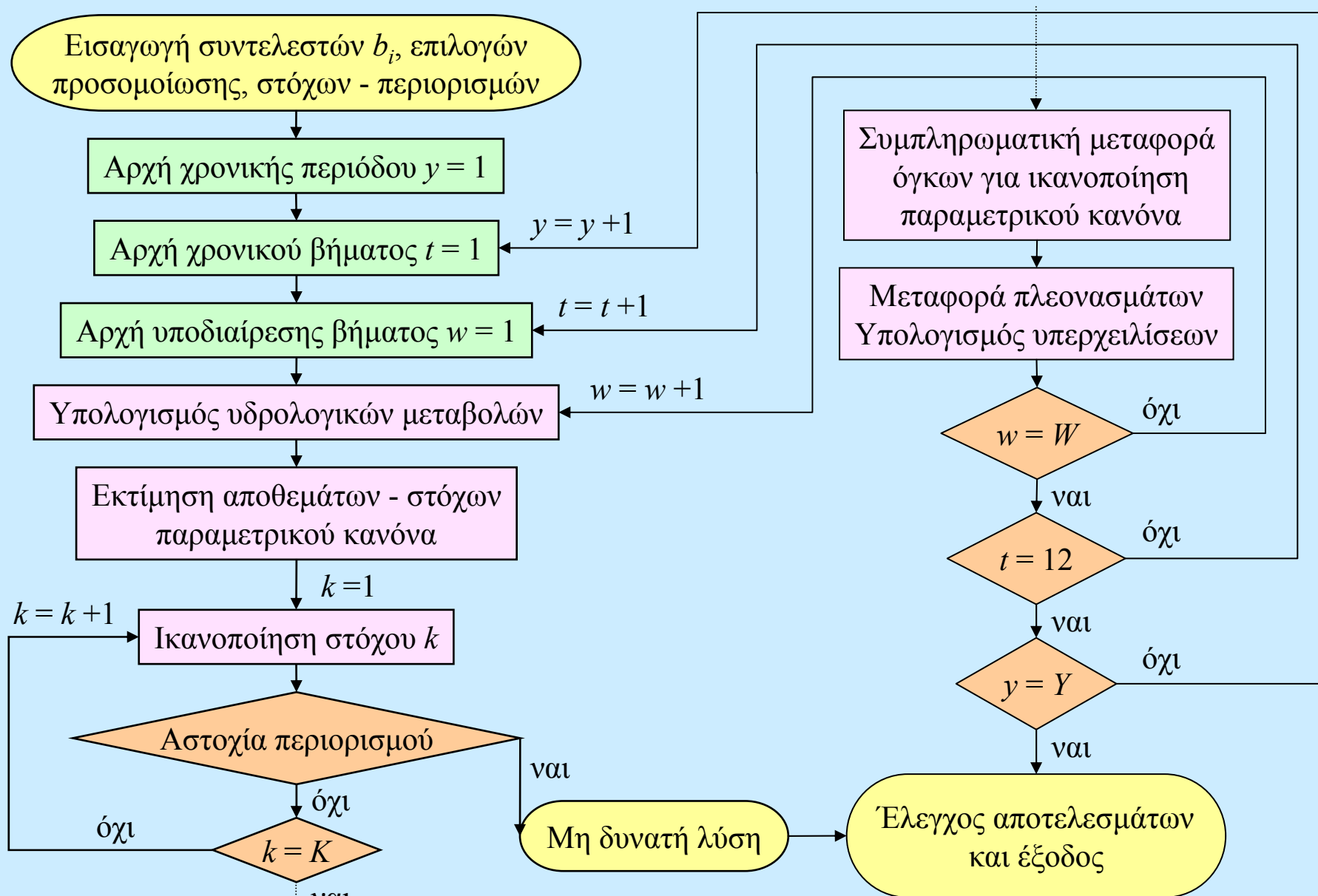
Δυναμική απεικόνιση προσομοίωσης



Λειτουργίες του Υδρονομέα



Διαδικασίες προσομοίωσης



Στοιχεία βελτιστοποίησης

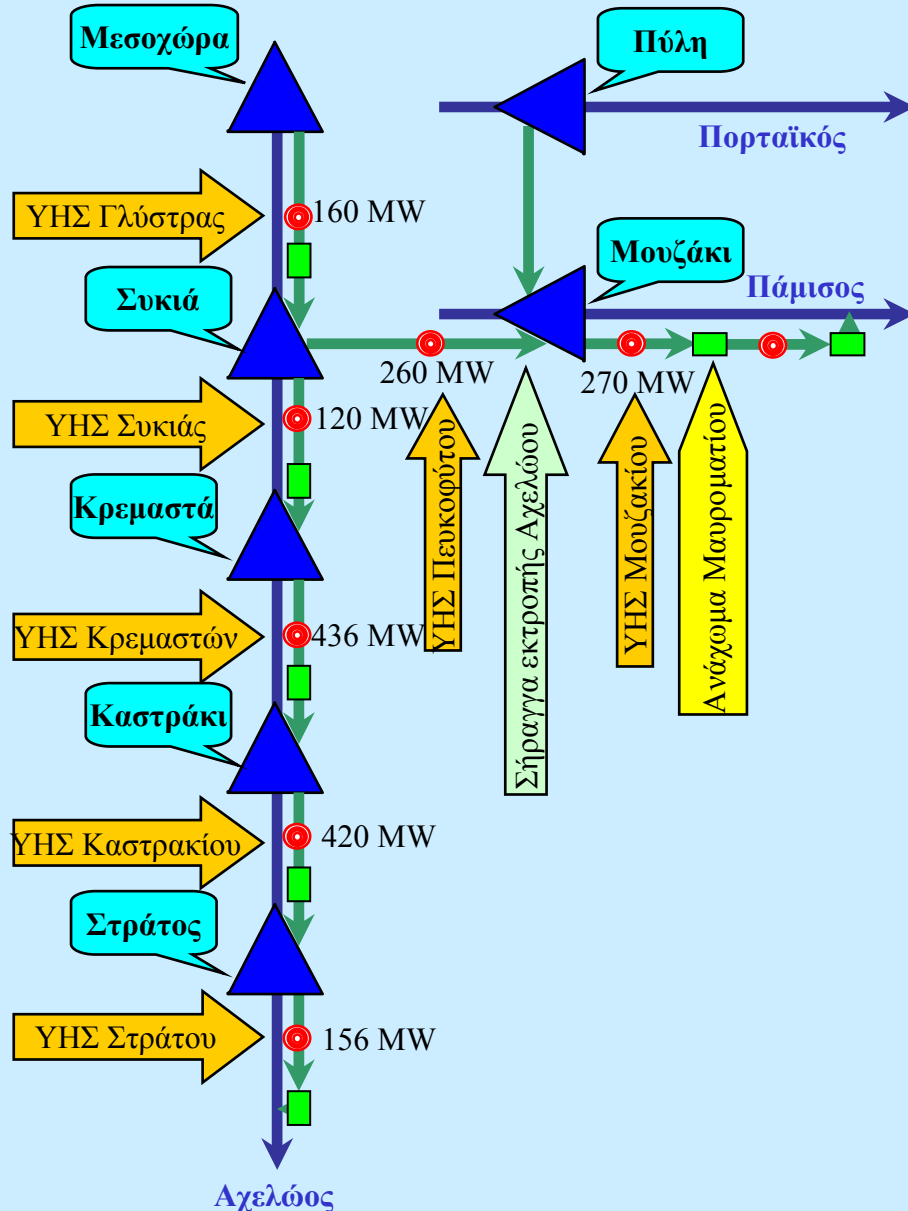
Τύποι αντικειμενικών συναρτήσεων

- Μεγιστοποίηση αξιοπιστίας στην ικανοποίηση στόχου δεδομένης τιμής
- Μεγιστοποίηση τιμής στόχου με καθορισμένη αποδεκτή πιθανότητα αστοχίας
- Μεγιστοποίηση συνολικής παραγόμενης πρωτεύουσας ενέργειας αιχμής με καθορισμένους ή μη ενεργειακούς στόχους

Γενική διαδικασία

- Αναζήτηση βέλτιστων τιμών παραμέτρων b_i με διαδοχικές προσομοιώσεις
- Μεθοδολογία
 - Διαμόρφωση ομοιόμορφου καννάβου με καθορισμό βήματος διακριτοποίησης και δυνατότητα πύκνωσης γύρω από τη βέλτιστη λύση
 - Χρήση μη γραμμικών αλγορίθμων με διαφορετικές τιμές εκκίνησης
- Ανάλογη διαδικασία για τις ενεργειακές παραμέτρους e_p

Εφαρμογή στο υδροσύστημα Αχελώου - Θεσσαλίας (1)



Αρδευτικές ανάγκες

- Κύριοι αρδευτικοί κόμβοι σε Στράτο και Μαυρομάτι (450 και 600 hm³ αντίστοιχα)
- Τοπική ζήτηση 4 hm³ στην Πύλη

Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

- Ελάχιστη παροχή περιβαλλοντικής διατήρησης στον Αχελώο 1.5 m³/s κατάντη Μεσοχώρας, 5 m³/s κατάντη Συκιάς και 21 m³/s στις εκβολές
- Ελάχιστη παροχή κατάντη Πύλης και Μουζακίου 0.15 m³/s
- Επιπλέον 0.35 m³/s κατάντη Πύλης για εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα

Εφαρμογή στο υδrosύστημα Αχελώου - Θεσσαλίας (2)

Εξεταζόμενα σχήματα έργων

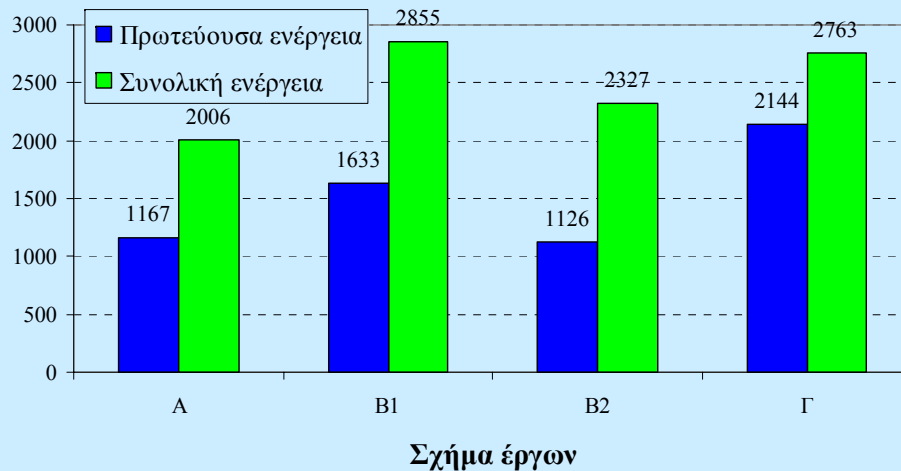
- Σύστημα ταμιευτήρων Κρεμαστών, Καστρακίου και Στράτου (Α)
- Σύστημα ταμιευτήρων Μεσοχώρας, Συκιάς, Κρεμαστών, Καστρακίου και Στράτου
 - Χωρίς εκτροπή (B₁)
 - Με εκτροπή 600 hm³ ετησίως από ταμιευτήρα Συκιάς (B₂)
- Πλήρες σύστημα Αχελώου - Θεσσαλίας με εκτροπή και αντλιοστροβίλους (Γ)

Παρατηρήσεις

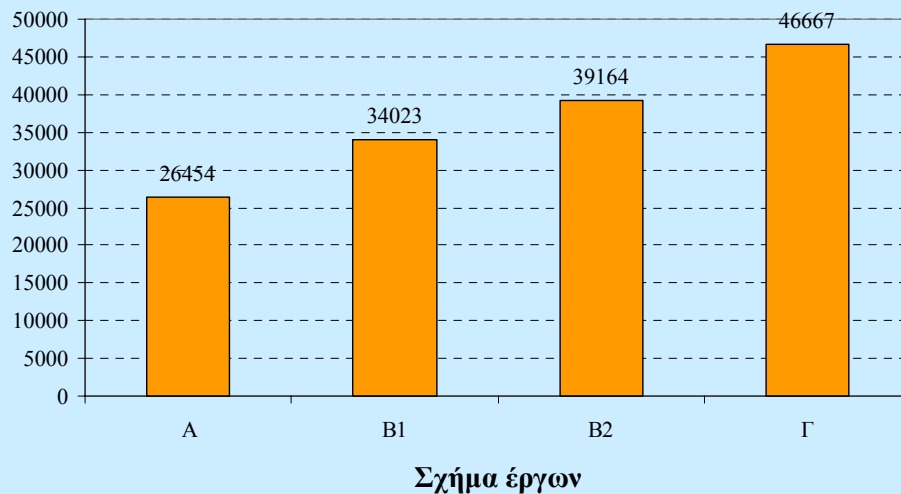
- Υδρολογικά δεδομένα 34 ετών ιστορικών μετρήσεων (1960 - 1994)
- Αντικειμενικός στόχος : Μεγιστοποίηση συνολικής παραγόμενης πρωτεύουσας ενέργειας αιχμής
- Πρωτεύουσα ενέργεια : Διαθέσιμη το 99% του χρόνου και παραγόμενη εντός της ημερησίας περιόδου αιχμής (6 ώρες)
- Υπολογισμός οικονομικού οφέλους ως αθροίσματος ενεργειακού και αρδευτικού κέρδους

Εφαρμογή στο υδροσύστημα Αχελώου - Θεσσαλίας (3)

Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (GWh)



Μέσο ετήσιο οικονομικό όφελος (εκατ. δρχ.)



Αποτελέσματα

- Ικανοποίηση καταναλωτικών και περιβαλλοντικών περιορισμών με πρακτικά μηδενικές αστοχίες
- Σημαντική αύξηση ενεργειακής απόδοσης σε σχέση με υφιστάμενο σύστημα (A) με προσθήκη Συκιάς και Μεσοχώρας (B₁)
- Ενεργειακή απόδοση στα επίπεδα του υφιστάμενου συστήματος (A) αλλά αύξηση οικονομικού οφέλους στην περίπτωση εκτροπής από Συκιά (B₂)
- Κατασκευή ρυθμιστικών έργων Θεσσαλίας (Γ) : ευνοϊκή ως προς το οικονομικό όφελος και την παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας

Συμπεράσματα

Αξιολόγηση του μεθοδολογικού σχήματος

- Αποδείχθηκε αποτελεσματικό για την προσομοίωση και βελτιστοποίηση πολύπλοκων προβλημάτων διαχείρισης συστημάτων ταμιευτήρων (π.χ. υδατικό σύστημα Αχελώου, το πλέον πολύπλοκο του ελλαδικού χώρου)
- Τα αποτελέσματα κρίνονται αξιόπιστα βάσει συγκρίσεων με υφιστάμενες μελέτες

Αξιολόγηση του Υδρονομέα

- Αντιμέτωπιση ευρέος φάσματος υδροσυστημάτων
- Εύκολη προσαρμογή σε διάφορα σενάρια και επιλογές χρήστη
- Φιλικό περιβάλλον εργασίας