

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**  
**ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ-Δ/ΝΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**  
**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**MINISTRY OF ENVIRONMENT, PLANNING AND PUBLIC WORKS**  
**GENERAL SECR. OF PUBLIC WORKS - DEPART. OF WATER SUPPLY & SEWAGE**  
**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS**  
**DIVISION OF WATER RESOURCES, HYDRAULIC AND MARITIME ENGINEERING**

---

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ:**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΣΘΕΡΟΜΕΝΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ**

**ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΘΗΝΩΝ**

**RESEARCH PROJECT:**

**APPRAISAL OF EXISTING POTENTIAL**

**FOR IMPROVING THE WATER SUPPLY OF GREATER ATHENS**

**ΤΕΥΧΟΣ 16:**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΙΝΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

**VOLUME 16:**

**OPERATION SCHEDULING OF THE EXISTING WATER SUPPLY SYSTEM**

---

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΘΕΜ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ**

**SCIENTIFIC DIRECTOR: THEM. XANTHOPOULOS**

**ΣΥΝΤΑΞΗ: Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ - Ι. ΝΑΛΜΠΑΝΤΗΣ - Κ. ΤΣΟΛΑΚΙΔΗΣ**

**AUTHOR: D. KOUTSOYIANNIS - I. NALBANTIS - K. TSOLAKIDIS**

**ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 1990 - ATHENS JUNE 1990**

---

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ιστορικό-αντικείμενο	1
1.2 Διάρθρωση του τεύχους	1
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	3
2.1 Εισαγωγικές έννοιες	3
2.2 Γενική μεθοδολογία	5
2.3 Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης	6
2.3.1 Γενικά	6
2.3.2 Το Μαρκοβιανό μοντέλο παραγωγής ετήσιων χρονοσειρών	7
2.3.3 Γενική περιγραφή του πολυδιάστατου δυναμικού μοντέλου επιμερισμού	8
2.4 Το μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του σημερινού υδροδοτικού συστήματος	9
2.4.1 Εισαγωγή	9
2.4.2 Περιγραφή του μοντέλου - Εξισώσεις ισοζυγίου για κάθε ταμιευτήρα	10
2.4.3 Κανόνες λειτουργίας	16
2.4.3α Μεμονωμένη εκμετάλλευση ταμιευτήρα Μόρνου-Μεμονωμένη εκμετάλλευση λίμνης Υλίκης	16
2.4.3β Συνδυασμένη εκμετάλλευση Μόρνου-Υλίκης	17
3. ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	20
3.1 Γενικά	20
3.1.1 Χαρακτηριστικά Η/Υ	20
3.1.2 Τα κύρια προγράμματα για την προσομοίωση	21
3.1.3 Τα αρχεία	22
3.1.4 Επικοινωνία υπολογιστή-χρήστη	23

	σελ.
3.2 Η οργάνωση του κύριου προγράμματος	25
3.2.1 Οργάνωση οθόνης	25
3.2.2 Οργάνωση δεδομένων	26
3.2.3 Οργάνωση αρχείων εξόδων	26
3.3 Η λειτουργία του κύριου προγράμματος	27
3.3.1 Εκκίνηση	27
3.3.2 Υδρολογικά δεδομένα	27
3.3.3 Λειτουργικά δεδομένα	29
3.3.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων	31
3.3.5 Εκτέλεση προγραμμάτων υδρολογικής και λειτουργικής προσομοίωσης	32
3.3.6 Τερματισμός	33
3.4 Πορεία εργασιών του προγράμματος υδρολογικής προσομοίωσης	33
3.5 Πορεία εργασιών του προγράμματος προσομοίωσης της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας	35
4. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ - ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	53

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ιστορικό - αντικείμενο

Το τεύχος αυτό με το πακέτο προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή που το συνοδεύει, εκπονήθηκε από ερευνητική ομάδα του Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων του ΕΜΠ, με επιστημονικό υπεύθυνο τον καθηγητή Θ. Ξανθόπουλο, στα πλαίσια του ερευνητικού έργου με τίτλο "Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών" που ανατέθηκε και που χρηματοδοτήθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ, Διεύθυνση Έργων Υδρευσης-Αποχέτευσης.

Ο στόχος του τεύχους αυτού είναι να δώσει το κατάλληλο πληροφοριακό υλικό (εννοιολογία, μεθοδολογία, οδηγίες χρήσης) για τη λειτουργία του πακέτου προγραμμάτων διαχείρισης του σημερινού υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας. Παράλληλα στο τεύχος δίνονται και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από εκτέλεση των προγραμμάτων και αφορούν στις πιθανότητες αστοχίας του υδροδοτικού συστήματος, κάτω από διάφορα εναλλακτικά σενάρια κατανάλωσης και διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος.

Το παραπάνω πακέτο προγραμμάτων είναι η πρώτη ολοκληρωμένη εφαρμογή πληροφορικής που συντάχτηκε και λειτούργησε στην Ελλάδα πάνω στο θέμα ορθολογικής διαχείρισης υδατικών πόρων.

Το συμβατικό αντικείμενο που καλύπτει το τεύχος αυτό αναφέρεται στην παράγραφο 2.2.ιβ του παραρτήματος της από 31-5-1989 απόφασης ανάθεσης του Β' μέρους του ερευνητικού έργου (Σύνταξη πινάκων, νομογραφημάτων ή και προγράμματος Η/Υ, που θα υποστηρίζουν τον ορθολογικό χρονικό προγραμματισμό των απολήψεων από την Υλίκη).

### 1.2 Διάρθρωση του τεύχους

Το τεύχος αυτό περιλαμβάνει τέσσερα κεφάλαια, το πρώτο από τα οποία είναι η παρούσα εισαγωγή.

Στο κεφάλαιο 2 διαγράφονται συνοπτικά οι έννοιες που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση του υδροδοτικού συστήματος και περιγράφονται οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν.

Το κεφάλαιο 3 δίνει πληροφορίες και πλήρεις οδηγίες για τη χρήση του πακέτου προγραμμάτων προσομοίωσης.

Τέλος, το κεφάλαιο 4 περιλαμβάνει τα συμπεράσματα από διάφορες εκτελέσεις του προγράμματος, πάνω σε εναλλακτικά σενάρια λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος. Ο χρήστης του πακέτου προγραμμάτων (ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΔΑΠ) μπορεί να συντάξει οποιαδήποτε άλλα σενάρια, και με βάση τα προγράμματα να παρακολουθήσει την εξέλιξή τους και να συνάξει ανάλογα συμπεράσματα.

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

### 2.1. Εισαγωγικές έννοιες

Η αντιμετώπιση του σχεδιασμού και της λειτουργίας ενός συστήματος ταμιευτήρων (reservoir system) είναι ένα πρόβλημα αρκετά πολύπλοκο, που χαρακτηρίζεται από σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών που το περιγράφουν. Οι κυριότερες από αυτές τις μεταβλητές μπορούν να ομαδοποιηθούν με τον ακόλουθο τρόπο<sup>1</sup>

#### (α) Υδρολογικές μεταβλητές

- (α1) εισροή,  $I_i$  (inflow)
- (α2) κατακρημνίσματα,  $P_i$  (precipitation)
- (α3) εξάτμιση,  $E_i$  (evaporation)
- (α4) υπόγεια διαφυγή,  $L_i$  (leakage)
- (α5) καθαρή εισροή,  $N_i (= I_i + P_i - E_i - L_i)$  (net inflow)

#### (β) Ζήτηση ή επιθυμητή απόληψη $D_j$ (demand, desired draft)<sup>2</sup>

#### (γ) Χαρακτηριστικά συστήματος

- (γ1) χωρητικότητα ταμιευτήρα,<sup>3</sup>  $K_i$  (storage capacity)
- (γ2) παροχευετικότητα κάθε αγωγού,  $C_i$  (discharge capacity)

1. Γενικά, ο δείκτης  $i$  χαρακτηρίζει ένα συγκεκριμένο ταμιευτήρα ( $i=1, \dots, \kappa$ ), ενώ ο δείκτης  $j$  αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη θέση κατανάλωσης νερού.

2. Σε μεμονωμένους ταμιευτήρες συχνά η ολική ζήτηση  $D_i$  εκφράζεται ως ποσοστό της μέσης ετήσιας καθαρής εισροής  $I$ . Το μέγεθος αυτό περιγράφεται με τους όρους επίπεδο ανάπτυξης (level of development) ή βαθμός ρύθμισης (degree of regulation) και είναι προφανώς μικρότερο από 100%.

3. Η χωρητικότητα εκφράζεται συχνά ως ποσοστό της μέσης εισροής  $I$  ή της τυπικής απόκλισης  $\sigma_i$ . Τα μεγέθη αυτά περιγράφονται με τους όρους συντελεστής χωρητικότητας (storage capacity coefficient) ή λόγος χωρητικότητας (storage ratio).

(δ) Λειτουργικές μεταβλητές

- (δ1) αποθήκευση (ή απόθεμα),  $S_i$  (storage)  
 (δ2) στάθμη,  $Z_i$  (water level)  
 (δ3) επιφάνεια ταμιευτήρα,  $A_i$  (reservoir area)  
 (δ4) απόληψη,  $R_i$  (draft, release)  
 (δ5) έλλειμμα,  $DF_i$  (deficit), που είναι η διαφορά της ζήτησης μείον την απόληψη, και πραγματοποιείται όταν ο ταμιευτήρας είναι άδειος  
 (δ6) υπερχείλιση,  $SP_i$  (spill), που πραγματοποιείται μόνον όταν ο ταμιευτήρας είναι πλήρης και ταυτόχρονα η εισροή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση.

(ε) Μεταβλητές αξιοπιστίας συστήματος

- (ε1) αξιοπιστία  $a$  (reliability), η οποία εκφράζεται με έναν από τους ακόλουθους τρόπους

$$a_1 = n'/n$$

$$a_2 = t'/t$$

$$a_3 = \mu_R/D$$

όπου  $n'$ : αριθμός των ετών στα οποία ικανοποιείται η ζήτηση  
 $n$ : συνολικός αριθμός ετών  
 $t'$ : χρονική περίοδος στην οποία ικανοποιείται η ζήτηση  
 $t$ : συνολική χρονική περίοδος  
 $\mu_R$ : μέση απόληψη  
 $D$ : ζήτηση

Προφανώς ισχύει  $a_1 \leq a_2 \leq a_3$  δεδομένου ότι η μη ικανοποίηση της ζήτησης σε ένα έτος, δε σημαίνει ότι εκτείνεται σε όλη τη διάρκεια του έτους, και ακόμα κατά την περίοδο που δεν ικανοποιείται η ζήτηση η απόληψη δεν είναι μηδενική αλλά  $0 \leq R \leq D$ .

- (ε2) πιθανότητα αστοχίας  $a' = 1 - a$  (probability of failure)  
 (ε3) χρόνος επαναφοράς εκκένωσης  $T = 1/(1 - a_1)$  (recurrence time of emptiness), χρησιμοποιείται συνήθως σε μεμονωμένους ταμιευτήρες.

## 2.2 Γενική μεθοδολογία

Το πακέτο προγραμμάτων υποστήριξης της διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας βασίστηκε στην μέθοδο της προσομοίωσης. Η μέθοδος αυτή είναι η μόνη γενικευμένη, ορθολογιστική και μαθηματικά συνεπής μέθοδος για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων. Συνίσταται στην μαθηματική αναπαράσταση της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος σε ιδεατό χρόνο, με την οποία δοκιμάζεται μια συγκεκριμένη πολιτική διαχείρισης και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τις δυνατότητες, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της πολιτικής αυτής. Μειονεκτήματα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι η πολιτική διαχείρισης δεν προκύπτει από το μοντέλο, αλλά διατυπώνεται και εισάγεται στο μοντέλο, το οποίο αναλαμβάνει τον έλεγχο της. Η προσομοίωση περιλαμβάνει δύο στάδια:

- Το στάδιο της υδρολογικής προσομοίωσης στο οποίο καταρτίζονται συνθετικές χρονοσειρές υδρολογικών δεδομένων
- Το στάδιο της λειτουργικής προσομοίωσης στο οποίο γίνεται αναπαράσταση της λειτουργίας του συστήματος ταμιευτήρων και αγωγών μεταφοράς.

Τα τελικά εξαγόμενα της προσομοίωσης είναι τα επιτυγχανόμενα μέσα ισοζύγια του συστήματος λεκανών και ταμιευτήρων και οι πιθανότητες αστοχίας του συστήματος, συγκεντρωτικά και στα επιμέρους έτη. Ειδικότερα το μοντέλο δίνει δύο σειρές πιθανοτήτων αστοχίας για τα επιμέρους υδρολογικά έτη, τις **μερικές και ολικές (αθροιστικές)**. Η μερική πιθανότητα ορίζεται ως η πιθανότητα να αστοχήσει το σύστημα σε ένα συγκεκριμένο υδρολογικό έτος, ενώ η ολική ορίζεται ως η πιθανότητα να αστοχήσει το σύστημα στη διάρκεια από το χρόνο έναρξης της προσομοίωσης μέχρι το υπό εξέταση υδρολογικό έτος.

Διευκρινίζεται ότι ο όρος **αστοχία του συστήματος** σημαίνει την αποτυχία πλήρους κάλυψης της κατανάλωσης, που μπορεί να οφείλεται

- είτε σε ταυτόχρονο άδειασμα του συνόλου των ταμιευτήρων του υδροδοτικού συστήματος

- είτε σε αδυναμία μεταφοράς των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού, λόγω εξάντλησης της παροχетеυτικότητας των αγωγών μεταφοράς,
- είτε τέλος σε συνδυασμό των δύο παραπάνω λόγων.

## 2.3 Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης

### 2.3.1 Γενικά

Το γενικό σχήμα υδρολογικής προσομοίωσης που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου και οι επιμέρους συνιστώσες του περιγράφονται αναλυτικά στο τεύχος 13. Πρόκειται για ένα σχήμα δύο διαδοχικών φάσεων. Στην πρώτη φάση παράγονται ετήσιες χρονοσειρές των υδρολογικών μεταβλητών που ενδιαφέρουν, με βάση ένα πολυδιάστατο σειριακό Μαρκοβιανό μοντέλο, ενώ στη δεύτερη φάση γίνεται η παραγωγή των μηνιαίων τιμών των ίδιων υδρολογικών μεταβλητών με βάση το δυναμικό πολυδιάστατο μοντέλο επιμερισμού.

Γενικά οι υδρολογικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν στην υδρολογική προσομοίωση είναι τρεις:

- η απορροή των λεκανών
- η βροχόπτωση στις λεκάνες κατάκλυσης και
- η εξάτμιση από αυτές

Στο γενικό σχήμα υδρολογικής προσομοίωσης που αναπτύχθηκε προσομοιώνονται οι τρεις μεταβλητές, όπως αναλυτικά εξηγείται στο τεύχος 13. Όμως ειδικά στο μοντέλο διαχείρισης που περιγράφεται στο τεύχος αυτό, προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ταχύτητα, του προγράμματος και μείωση στους υπολογιστικούς χρόνους έγινε μια σχετική απλούστευση, η οποία εισάγει μια μικρή (όχι σημαντική) ανακρίβεια στους υπολογισμούς. Έτσι το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης παράγει ουσιαστικά μόνο τις απορροές στις δύο λεκάνες του σημερινού υδροδοτικού συστήματος (Μόρνου-Υλίκης). Οι βροχές στις λεκάνες κατάκλυσης εκτιμώνται στη συνέχεια με βάση τις απορροές, σε μηνιαία βάση, με αξιοποίηση των

σχέσεων γραμμικής παλινδρόμησης, μεταξύ των απορροών και βροχών. Τέλος οι μηνιαίες εξατμίσεις από τις λεκάνες κατάκλυσης που γενικά δεν εμφανίζουν μεγάλες διασπορές, θεωρούνται ίσες με τις μέσες τιμές τους, εκφρασμένες σε ισοδύναμο ύψος (mm).

### 2.3.2. Το Μαρκοβιανό μοντέλο παραγωγής ετήσιων χρονοσειρών

Εστω το διάνυσμα των στοχαστικών ανελίξεων των ετήσιων μεγεθών  $\underline{X}^t = [X_1^t, X_2^t, \dots, X_n^t]^T$  με  $n$  διαστάσεις. Στην προκειμένη περίπτωση που ενδιαφερόμαστε μόνο για την απορροή στις δύο λεκάνες (Μόρνου-Υλίκης) το διάνυσμα  $\underline{X}^t$  περιλαμβάνει 2 συνιστώσες.

Η παραγωγή οσωνδήποτε συνθετικών τιμών των μεταβλητών  $\underline{X}^t$  (έστω  $N$ ), δηλαδή ο σχηματισμός παράλληλων συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών μιας περιόδου  $N$  ετών γίνεται με αναδρομική εφαρμογή της ακόλουθης σχέσης που χαρακτηρίζει το Μαρκοβιανό μοντέλο.

$$\underline{X}^t = \underline{a}^t \underline{X}^{t-1} + \underline{b}^t \underline{V}^t \quad (2.1)$$

όπου,  $\underline{a}^t = \text{diag} (a_1^t, a_2^t, \dots, a_n^t) =$  διαγώνιος πίνακας σταθερών

$\underline{b}^t = [b_{ij}^t]$ ,  $i, j=1, \dots, n =$  τετραγωνικός πίνακας σταθερών

$\underline{V}^t = [V_1^t, \dots, V_n^t]^T =$  διάνυσμα τυχαίων μεταβλητών, στοχαστικά ανεξάρτητων μεταξύ τους καθώς και με τις μεταβλητές  $V_j^{t-k}$ , για κάθε  $j, k \neq 0$

Το μαρκοβιανό μοντέλο μπορεί να διατηρήσει τις ακόλουθες ομάδες στατιστικών παραμέτρων των μεταβλητών  $X_i^t$

- Μέσες τιμές
- Διασπορές
- Συντελεστές ασυμμετρίας
- Συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης  $\rho_{i1}^t$  (μεταξύ των μεταβλητών  $X_i^t$  και  $X_i^{t-1}$ )
- Συντελεστές ετεροσυσχέτισης  $r_{i11}^t$  (μεταξύ των μεταβλητών  $X_i^t$  και  $X_1^t$ ).

Η διατήρηση εξασφαλίζεται από τον τρόπο προσδιορισμού των παραμέτρων του μοντέλου, που αναλυτικά περιγράφεται στο κεφάλαιο 4 του τεύχους 13.

### 2.3.3. Γενική περιγραφή του πολυδιάστατου δυναμικού μοντέλου επιμερισμού

Με δεδομένες τις (συνθετικές) ετήσιες χρονοσειρές των υδρολογικών μεταβλητών, οι οποίες παράγονται με το μοντέλο της προηγούμενης παραγράφου στο επιθυμητό μήκος, το μοντέλο επιμερισμού αναλαμβάνει την πύκνωση τους σε μηνιαία βάση. Συγκεκριμένα αναλαμβάνει την παραγωγή τιμών των μηνιαίων μεταβλητών  $X_{ij}^t$ , όπου οι δείκτες  $t$ ,  $i$  και  $j$  αναφέρονται αντίστοιχα στο έτος, τη θέση και το μήνα. Η παραγωγή των τιμών γίνεται έτσι ώστε να ικανοποιείται η λεγόμενη αθροιστική ιδιότητα, δηλαδή

$$\sum_{j=1}^k X_{ij}^t = Z_i^t, \quad i = 1 \dots n, \quad (2.2)$$

όπου  $Z_i^t$  η (γνωστή) ετήσια τιμή της αντίστοιχης χρονοσειράς και  $k = 12$ .

Επί πλέον διατηρούνται και οι ακόλουθες ομάδες στατιστικών παραμέτρων (όπως συμβαίνει και στο Μαρκοβιανό μοντέλο).

- Μέσες τιμές των μηνιαίων μεταβλητών  $X_{ij}^t$
- Διασπορές των μηνιαίων μεταβλητών  $X_{ij}^t$
- Συντελεστές ασυμμετρίας των μηνιαίων μεταβλητών  $X_{ij}^t$
- Συντελεστές αυτοσυσχέτισης α' τάξης  $\rho_{ij}^t$  μεταξύ των μηνιαίων μεταβλητών  $X_{ij}^t$  και  $X_{i,j-1}^t$
- Συντελεστές ετεροσυσχέτισης  $r_{ij}^t$  μεταξύ των μεταβλητών  $X_{ij}^t$  και  $X_{ij}^t$ .

Η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου επιμερισμού και των αλγορίθμων του είναι ένα αρκετά πολύπλοκο ζήτημα, που αναλυτικά περιγράφεται στα κεφάλαια 5 και 6 του τεύχους 13.

## 2.4 Το μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του σημερινού υδροδοτικού συστήματος

### 2.4.1 Εισαγωγή

Το σημερινό υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας περιλαμβάνει τον ταμιευτήρα Μόρνου και τη λίμνη Υλίκη. Ο ταμιευτήρας Μαραθώνα θεωρήθηκε ότι δεν εντάσσεται στο σύστημα αλλά παραμένει πάντα γεμάτος για λόγους ασφάλειας. Η λειτουργία του συστήματος περιγράφεται από ένα σύνολο μαθηματικών σχέσεων που συνδέουν τις υδρολογικές μεταβλητές, τα χαρακτηριστικά του συστήματος και τις λειτουργικές μεταβλητές. Το σύνολο αυτό των μαθηματικών σχέσεων αποτελεί και το μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του σημερινού υδροδοτικού συστήματος. Κατά την κατάσταση των εξισώσεων του μοντέλου δεν είναι απαραίτητο να συνεξεταστούν οι όγκοι πλημμυρικής ανάσχεσης των ταμιευτήρων, οι οποίοι και αγνοήθηκαν.

Σημειώνεται ότι στο παρόν ερευνητικό έργο αναπτύχθηκε και ένα γενικότερο μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του μελλοντικού υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας. Το σύστημα αυτό εκτός από τον ταμιευτήρα Μόρνου και τη λίμνη Υλίκη περιλάμβανε και έναν εναλλακτικό ταμιευτήρα στη λεκάνη του Ευήνου καθώς και ένα ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα (πιθανότατα στη λεκάνη του ποταμού Ασωπού). Με το γενικό αυτό μοντέλο έγιναν όλες οι δοκιμές προσομοίωσης για τον υδρολογικό σχεδιασμό των ταμιευτήρων Ευήνου (τεύχος 15) και τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων του σημερινού και μελλοντικού συστήματος (τεύχος 14). Το μοντέλο που περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους περιορίζεται στο υπάρχον υδροδοτικό σύστημα Μόρνου-Υλίκης. Αποτελεί ουσιαστικά ένα τμήμα του γενικού μοντέλου με σημαντικές όμως απλουστεύσεις ως προς τις υδρολογικές εισόδους, (βλ. παρ. 2.3.1). Οι εξισώσεις του μοντέλου κωδικοποιήθηκαν σε πρόγραμμα H/Y που τρέχει σε συνεργασία πάντα με το γενικό διαχειριστικό πρόγραμμα και το πρόγραμμα προσομοίωσης των υδρολογικών μεταβλητών.

Η θεωρητική τοποθέτηση του προβλήματος έγινε στην παρ. 2.1 όπου επεξηγούνται και τα σύμβολα που υπεισέρχονται στις εξισώσεις του μοντέλου.

Οι κωδικοί αριθμοί για κάθε ταμιευτήρα (που είναι και δείκτες των μεταβλητών του προβλήματος) είναι οι εξής:

1 = Μόρνος, 2 = Υλίκη

#### 2.4.2 Περιγραφή του μοντέλου - Εξισώσεις ισοζυγίου για κάθε ταμιευτήρα

Στην παράγραφο αυτή παρατίθενται οι εξισώσεις του μοντέλου που απορρέουν κυρίως από την αρχή διατήρησης της μάζας (ή του όγκου) του νερού στη γενική περίπτωση ενός ταμιευτήρα  $i$  του συστήματος ( $i = 1, 2$ ). Μια άλλη κατηγορία εξισώσεων είναι εκείνες που περιγράφουν τον κανόνα λειτουργίας του συστήματος. Οι εξισώσεις αυτές είναι πεπλεγμένης μορφής αφού περιλαμβάνουν μεγέθη από περισσότερους από έναν ταμιευτήρες και εξαρτώνται άμεσα από το ποιοί ταμιευτήρες υπεισέρχονται στο σύστημα. Κατά συνέπεια δεν είναι δυνατόν να περιγραφούν για την γενική περίπτωση του ταμιευτήρα  $i$  και η παρουσίασή τους θα γίνει σε ξεχωριστή παράγραφο (παρ. 2.4.3).

Εστω ότι εξετάζεται ο ταμιευτήρας  $i$  που μπορεί να είναι είτε ο ταμιευτήρας Μόρνου ( $i = 1$ ) είτε η λίμνη Υλίκη ( $i = 2$ ).

Υποθέτουμε ότι η διαδικασία της προσομοίωσης έχει ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του μήνα ( $j-1$ ) και επομένως είναι γνωστή η τιμή του αποθηκευμένου ωφέλιμου όγκου νερού  $S_i(j-1)$ .

Διευκρινίζεται ότι με  $S_i(j-1)$  συμβολίζεται ο ωφέλιμος όγκος ταμιευτήρα ενώ η καμπύλη στάθμης-όγκου δίνει τη σχέση ολικού όγκου-στάθμης. Γι αυτό κάθε φορά που χρησιμοποιείται αυτή η καμπύλη πρέπει να υπολογίζεται ο ολικός όγκος (ωφέλιμος όγκος + νεκρός όγκος).

Από την καμπύλη στάθμης-όγκου υπολογίζεται η αντίστοιχη στάθμη  $Z_i(j-1)$  και στη συνέχεια από την καμπύλη στάθμης-επιφάνειας του ταμιευτήρα η αντίστοιχη επιφάνεια  $A_i(j-1)$ . Η θεώρηση των μεγεθών  $S$ ,  $Z$  και  $A$  στην αρχή του μήνα  $j$  απλουστεύει την διαδικασία της προσομοίωσης αφού αποφεύγονται έτσι οι επαναλήψεις.

Οι υδρολογικές μεταβλητές του προβλήματος είναι:

υ1. Οι εισροές στον ταμιευτήρα. Το κύριο μέρος των εισροών αποτελείται από την απορροή του κυρίου υδατορεύματος καθώς και των τυχόν μικρών υδατορευμάτων που εκβάλλουν απ' ευθείας στον ταμιευτήρα.

Η συνολική μηνιαία απορροή του μήνα  $j$   $I_1(j)$  δίνεται ως έξοδος (output) του μοντέλου των εισροών (βλ. παρ. 2.3) σε ύψος απορροής στην αντίστοιχη λεκάνη απορροής επιφάνειας  $s_1$ . Επειδή όμως ζητείται η απορροή στην είσοδο του ταμιευτήρα η απορροή της λεκάνης πολλαπλασιάζεται επί  $[s_1 - A_1(j-1)]$ .

υ2. Ένα άλλο πολύ μικρότερο τμήμα των εισροών είναι η βροχόπτωση  $P_1(j)$ , απ' ευθείας πάνω στην επιφάνεια της λίμνης του ταμιευτήρα, η οποία, για να αναχθεί σε όγκο, πολλαπλασιάζεται επί  $A_1(j-1)$ .

υ3. Οι απώλειες νερού λόγω εξάτμισης  $E_1(j)$  που δίνονται σε ύψος εξάτμισης και πολλαπλασιάζονται με  $A_1(j-1)$  για να αναχθούν σε όγκο νερού.

Ένα άλλο σημαντικό τμήμα των απωλειών οφείλονται στις υπόγειες διαφυγές, οι οποίες όμως δεν υπεισέρχονται στην προσομοίωση των υδρολογικών μεταβλητών (παρ. 2.1) αλλά υπολογίζονται συναρτήσει της στάθμης μόνο κατά την φάση της προσομοίωσης λειτουργίας του συστήματος που περιγράφεται εδώ. Η γενική σχέση στάθμης-διαφυγών που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής:

$$L_1 = g_{21}^e (Z_1 - Z_1^0)^2 + g_{11}^e (Z_1 - Z_1^0) + g_{01}^e + \eta_1 (0, s_1^e) \quad (2.3)$$

όπου:

$L_1$  = διαφυγές από τον ταμιευτήρα  $i$   
 $Z_1$  = στάθμη του ταμιευτήρα  $i$  στην αρχή του θεωρούμενου μήνα (ο δείκτης  $j$  του μήνα παραλείπεται)  
 $Z_1^0$  = στάθμη αναφοράς για τον ταμιευτήρα  $i$  (συνήθως η

στάθμη του πυθμένα ή 0.0)

$g_{2i}^e, g_{1i}^e, g_{0i}^e$  = παράμετροι της σχέσης για τον ταμιευτήρα  $i$  και την εποχή  $e$

( $e = 1$  για τους χειμερινούς μήνες

$e = 2$  για τους θερινούς μήνες)

$\eta_i$  = τυχαία συνιστώσα που ακολουθεί την κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση  $\sigma_i^e$  για τον ταμιευτήρα  $i$  και την εποχή  $e$

Οι τιμές των συντελεστών  $g_2, g_1, g_0, Z^0$  και  $\sigma^e$  φαίνονται στον πίνακα 2.1 που ακολουθεί τόσο για τον ταμιευτήρα Μόρνου όσο και για τη λίμνη Υλίκη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ(m) - ΔΙΑΦΥΓΩΝ ( $m^3 \cdot 10^6 / \mu\eta\nu\alpha$ )  
ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΙΝΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ταμιευτήρας —>	Μόρνος		Υλίκη	
	Χειμ. μήνες	θερ. μήνες	Χειμ. μήνες	θερ. μήνες
Παράμετρος				
$Z_i^0$ (m)	390	390	0	0
$g_{2i}^0$	0	0	0.01242213	0.01242213
$g_{1i}^e$	0.022865	0.022865	-0.9990611	-0.9990611
$g_{0i}^e$	0.132710	0.132710	22.16105	17.46105
$\sigma_i^e$ ( $m^3 \cdot 10^6 / \mu\eta\nu\alpha$ )	0	0	5.959663	2.636048

Η καθαρή εισροή του μήνα  $j$  είναι:

$$N_i(j) = I_i(j) [s_i - A_i(j-1)] + [P_i(j) - E_i(j)] A_i(j-1) - L_i(j)$$

(2.4)

Εκτός από την καθαρή εισροή στον καθένα από τους ταμιευτήρες είναι απαραίτητο να υπολογιστεί και η ζήτηση  $D_i(j)$  από αυτόν. Το

μέγεθος όμως αυτό προκύπτει από τον κανόνα λειτουργίας (παρ. 2.4.3) και για τον υπολογισμό του είναι απαραίτητη η γνώση της συνολικής ετήσιας ζήτησης από το σύστημα  $D_y^t$  κατά το έτος  $t$ . Το μοντέλο δίνει την δυνατότητα τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων εξέλιξης της ζήτησης για το άμεσο μέλλον, που είναι τα ακόλουθα:

J1. Σταθερή ζήτηση:  $D_y^t = D_y^1 \quad t = 1, 2, 3, \dots$  (2.5)

J2. Γραμμικά αύξουσα ζήτηση: με αρχική τιμή  $D_y^1$  κατά το πρώτο έτος προσομοίωσης και ετήσια αύξηση  $D_c$ , οπότε για το τυχόν έτος προσομοίωσης  $t$  ισχύει

$$D_y^t = D_y^1 + (t-1)D_c \quad (2.6)$$

J3. Εκθετικά αύξουσα ζήτηση με αρχική τιμή  $D_y^1$  κατά το πρώτο έτος προσομοίωσης και ετήσιο ποσοστό αύξησης  $d_c$  (%). Για τυχόν έτος προσομοίωσης  $t$  θα ισχύει:

$$D_y^t = D_y^1 (1 + d_c/100)^{t-1} \quad (2.7)$$

J4. Οποιαδήποτε άλλο σενάριο ζήτησης εκτός των παραπάνω οπότε είναι απαραίτητο να δοθεί από τον χρήστη του μοντέλου η τιμή της ζήτησης  $D_y^t$  για κάθε έτος προσομοίωσης  $t$ .

Μετά τον υπολογισμό της ετήσιας ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας  $D_y^t$  κατά το έτος  $t$  που ενδιαφέρει η μηνιαία ζήτηση από το σύστημα  $D(j)$  κατά το μήνα  $j$  προκύπτει ως εξής:

$$D(j) = dm(j) * D_y^t / 12 \quad (2.8)$$

όπου

$dm(j)$  είναι ο συντελεστής ανισοκατανομής της ζήτησης για το μήνα  $j$  (βλ. πίν. τεύχους 14).

Ένα άλλο στοιχείο του μοντέλου είναι η θεώρηση της ασφάλειας των απολήψεων έναντι ατυχημάτων με εξασφάλιση αποθεμάτων ασφαλείας κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας των ταμιευτήρων. Έτσι για τον ταμιευτήρα  $i$  θεωρούνται τα εξής αποθέματα ασφαλείας τα οποία επιπλέον μεταβάλλονται μέσα στο έτος:

α1. Απόθεμα ασφαλείας στο ταμιευτήρα  $i$  έναντι βλάβης του υδαταγωγού του συστήματος του άλλου ταμιευτήρα  $i' \neq i$ ,  $SF_i(j)$  στο τέλος του μήνα  $j$  για διάρκεια βλάβης  $M$  μηνών. Το απόθεμα αυτό ισούται με τη ζήτηση της Αθήνας κατά τους επόμενους  $M$  μήνες (εφόσον αυτή είναι παροχетеύσιμη) από την οποία όμως αφαιρείται ο όγκος νερού στον ταμιευτήρα Μαραθώνα και η ελάχιστη εισροή των επομένων  $M$  μηνών στον θεωρούμενο ταμιευτήρα.

Σε μαθηματική μορφή

$$SF_i(j) = \min \left[ \begin{array}{l} \sum_{k=j}^{j+M} dm(k) (D_y^t/12) \\ - K_{\text{Μαρ}} \\ - \sum_{k=j}^{j+M} Q_{\text{min}}(k) \\ M \cdot C_1 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{(ζήτηση από Αθήνα των} \\ \text{επόμενων } M \text{ μηνών)} \\ \text{(χωρητικότητα Μαραθώνα)} \\ \text{(ελάχιστη εισροή των} \\ \text{επόμενων } M \text{ μηνών)} \end{array} \quad (2.9)$$

όπου,

$dm(k)$  : συντελεστής ανισοκατανομής της ζήτησης του μήνα  $k$

$D_y^t$  : ετήσια ζήτηση

$Q_{\text{min}}(k)$  : ελάχιστη εισροή του  $k$  μήνα στον ταμιευτήρα  $i$

$M$  : αριθμός μηνών ασφαλείας για ύδρευση Αθήνας

$K_{\text{Μαρ}}$ : ωφέλιμη χωρητικότητα ταμιευτήρα Μαραθώνα

α2. Αποθέματα ασφαλείας  $SR_i(j)$  για εξασφάλιση των απολήψεων από τον ταμιευτήρα  $i$  για άλλους σκοπούς. Οι απολήψεις αυτές θεωρείται ότι γίνονται κατά προτεραιότητα σε σχέση με την απόληψη για ύδρευση της Αθήνας και γι' αυτό είναι επιθυμητή η εξασφάλιση του, έστω και με διακοπή της απόληψης για ύδρευση. Το απόθεμα ασφαλείας αυτό ισούται προφανώς με τη ζήτηση για άλλους σκοπούς εκτός της ύδρευσης για ένα αριθμό  $M'$  επόμενων μηνών ή σε μαθηματική μορφή:

$$\beta. \quad SR_i(j) = \sum_{k=j}^{j+M'} ar(k) (DR_y/12) \quad \begin{array}{l} \text{(ζήτηση των επόμενων } M' \\ \text{μηνών για σκοπούς εκτός} \\ \text{της ύδρευσης)} \end{array} \quad (2.10)$$

όπου:

$\alpha r(\kappa)$  : συντελεστής ανισοκατανομής

$DRy$  : ετήσια ζήτηση για άλλους σκοπούς

$M'$  : αριθμός μηνών ασφαλείας

Μετά τον καθορισμό των παραπάνω ορίων ασφαλείας  $SF_1(j)$  και  $SR_1(j)$  η ολική χωρητικότητα του ταμιευτήρα μπορεί να χωριστεί σε τέσσερεις ζώνες ως εξής:

Ζώνη I:  $-Sd_1 \leq S_1(j) \leq 0$  Ζώνη νεκρών αποθεμάτων από όπου δεν γίνεται καμμία απόληψη

Ζώνη II:  $0 < S_1(j) \leq SF_1(j)$  Ζώνη αποθέματος ασφάλειας έναντι βλάβης στον υδαταγωγό του άλλου ταμιευτήρα του συστήματος. Δεν γίνεται καμμία απόληψη

Ζώνη III:  $SF_1 < S_1(j) \leq SF_1(j) + SR_1(j)$ . Γίνεται απόληψη για άλλους σκοπούς αφού εξασφαλίζεται το απόθεμα  $SF_1(j)$ , αλλά δεν γίνεται καμμία απόληψη για ύδρευση της Αθήνας καθόσον δεν εξασφαλίζεται και το απόθεμα ασφαλείας  $SF_1(j)$  για ασφάλεια των απολήψεων για άλλους σκοπούς.

Ζώνη IV:  $SF_1(j) + SR_1(j) < S_1(j) \leq K_1$  γίνεται απόληψη τόσο για ύδρευση όσο και για άλλους σκοπούς

Στην περίπτωση του ταμιευτήρα Μόρνου θεωρείται ότι ο σχετικά μεγάλος νεκρός όγκος ( $118.6 * 10^6 \text{ m}^3$ ) επαρκεί για κάλυψη των αναγκών της Αθήνας επί τρίμηνο σε περίπτωση βλάβης του υδραγωγείου Υλίκης. Για τον λόγο αυτό δεν θεωρήθηκε απόθεμα ασφάλειας έναντι ενός τέτοιου ατυχήματος ( $SF_1(j) = 0$ ). Ακόμη από τον ταμιευτήρα Μόρνου δεν γίνονται απολήψεις για άλλους σκοπούς εκτός της ύδρευσης της Αθήνας ιδίως στην κρίσιμη φάση που διανύουμε. Για τον λόγο αυτό  $SR_1(j) = 0$ .

Για την λίμνη Υλίκη θεωρείται πάντα ένα απόθεμα  $SF_2(j)$  έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου επί τρίμηνο ( $M = 3$ ) καθώς και απόθεμα ασφαλείας για άρδευση της Κωπαΐδας  $SR_2(j)$  επί εξάμηνο ( $M' = 6$ ).

Πάντως στην περίπτωση αστοχίας του συστήματος (άδειασμα του ταμιευτήρα Μόρνου) γίνεται απόληψη από την Υλίκη και της ποσότητας  $SF_2 + SR_2$  που κανονικά διατηρείται για λόγους ασφαλείας.

Αφού καθοριστούν οι απολήψεις για ύδρευση της Αθήνας  $R_1(j)$  και για άλλους σκοπούς  $IR_1(j)$  βάσει των παραπάνω ορίων και του κανόνα λειτουργίας (παρ. 2.4.3) το ισοζύγιο του ταμιευτήρα δίνει διαθέσιμο ωφέλιμο όγκο για αποθήκευση:

$$S_{a1}(j) = S_1(j-1) + N_1(j) - R_1(j) - IR_1(j) \quad (2.11)$$

Αν  $S_{a1}(j) > K_1$  τότε υπάρχει υπερχείλιση ίση με

$$SP_1(j) = S_{a1}(j) - K_1 \quad \text{και} \quad S_1(j) = K_1 \quad (2.12)$$

Αλλιώς,

$$S_1(j) = S_{a1}(j) \quad \text{και} \quad SP_1(j) = 0 \quad (2.13)$$

### 2.4.3. Κανόνες λειτουργίας

Όπως αναφέρθηκε ήδη στην παρ. 2.4.2 οι σχέσεις που περιγράφουν τον κανόνα λειτουργίας συστήματος ταμιευτήρων εξαρτώνται από το ποιοί ταμιευτήρες υπεισέρχονται στο σύστημα καθώς και από ορισμένες αποφάσεις που αφορούν τις απολήψεις από τον κάθε ταμιευτήρα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σχέσεις αυτές για κάθε περίπτωση μεμονωμένων και συνδυασμένων ταμιευτήρων.

#### 2.4.3.α. Μεμονωμένη εκμετάλλευση ταμιευτήρα Μόρνου - Μεμονωμένη εκμετάλλευση λίμνης Υλίκης

Στην περίπτωση της Υλίκης πραγματοποιείται κατ' αρχήν απόληψη  $IR_2(j)$  για άρδευση της Κωπαΐδας

$$IR_2(j) = \max[0, \min(S_2(j-1) + N_2(j), DR(j))] \quad (2.14)$$

$$\text{όπου } DR(j) = ar(j) (DRy/12) \quad (2.15)$$

είναι η μηνιαία ζήτηση για άρδευση με  $ar(j)$  το συντελεστή ανισοκατανομής της ζήτησης για άρδευση εντός του έτους, (παρ. 5.3 τεύχους 14), και  $DRy$  είναι η ετήσια ζήτηση για άρδευση της κωπαΐδας.

Θεωρούμε τώρα τη γενική περίπτωση μεμονωμένης εκμετάλλευσης του ταμιευτήρα  $i$ . Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα νερού για ύδρευση της Αθήνας είναι εκείνη που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα  $C_i$  του αντίστοιχου αγωγού και τα αποθέματα στον ταμιευτήρα

$$\max R_i(j) = \max[0, \min(S_i(j-1) + N_i(j) - IR_i(j), C_i)] \quad (2.16)$$

Στην περίπτωση του Μόρνου ( $i = 1$ )  $IR_1(j) = 0$

Η πραγματική απόληψη  $R_i(j)$  θα είναι ίση με τη ζήτηση  $D(j)$  του μήνα  $j$  εφόσον αυτή δεν υπερβαίνει την παραπάνω τιμή  $\max R_i(j)$  δηλαδή

$$R_i(j) = \min[D(j), \max R_i(j)] \quad (2.17)$$

#### 2.4.3.β. Συνδυασμένη εκμετάλλευση Μόρνου - Υλίκης

Ο κανόνας λειτουργίας όσο αφορά στην απόληψη από το σύστημα είναι ο συνήθης κανόνας σύμφωνα με τον οποίο επιδιώκεται πάντοτε η ικανοποίηση της ζήτησης ανεξάρτητα από τις στάθμες των ταμιευτήρων ή άλλες λειτουργικές μεταβλητές. Σε ότι αφορά τον επιμερισμό των απολήψεων από τον κάθε ταμιευτήρα υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής δύο εναλλακτικών κανόνων:

- του κανόνα απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης και
- του κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου - Υλίκης.

Στη συνέχεια περιγράφεται η σειρά προτεραιότητας με την οποία γίνονται οι απολήψεις από τους ταμιευτήρες του συστήματος για τον κάθε ένα από τους δύο εναλλακτικούς κανόνες λειτουργίας.

**α. Κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης**

α1. Εφόσον υπάρχει όγκος υπερχειλίσης στο Μόρνο, ο όγκος αυτός λαμβάνεται για ύδρευση της Αθήνας.

Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα είναι:

$$\max R_1(j)^* = \max[0, \min(S_1(j-1) + N_1(j) - K_1, C_1)] \quad (2.18)$$

και η πραγματική απόληψη

$$R_1(j)^* = \min(\max R_1(j)^*, D(j)) \quad (2.19)$$

α2. Γίνεται η απόληψη από την Υλίκη για άρδευση της Κωπαΐδας  $IR_2(j)$  με διατήρηση του αποθέματος  $SF_2$  έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου.

$$IR_2(j) = \max[0, \min(S_2(j-1) + N_2(j) - SF_2(j), DR(j))] \quad (2.20)$$

όπου  $DR(j)$  δίνεται από την εξίσωση 2.15

α3. Επιδιώκεται η ικανοποίηση του υπόλοιπου της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας από την Υλίκη. Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα με διατήρηση των αποθεμάτων ασφαλείας  $SF_2$  και  $SR_2$  (παρ. 2.4.2) δίνεται από τη σχέση

$$\max R_2(j) = \max[0, \min(S_2(j-1) + N_2(j) - IR_2(j) - SF_2(j) - SR_2(j), C_2)] \quad (2.21)$$

Η πραγματική απόληψη από την Υλίκη είναι

$$R_2(j) = \min[\max R_2(j), D(j) - R_1(j)^*] \quad (2.22)$$

α4. Το υπόλοιπο της ζήτησης που δεν ικανοποιήθηκε ως τώρα καλύπτεται από το Μόρνο.

Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα είναι:

$$\max R_1(j) = \max[0, \min(S_1(j-1) - R_1(j)^*, C_1 - R_1(j)^*)] \quad (2.23)$$

και η πραγματική απόληψη

$$R_1(j) = \min(\max R_1(j), D(j) - R_1(j)^* - R_2(j)) \quad (2.24)$$

- α5. Αν πάλι δεν ικανοποιηθεί η ζήτηση γίνεται πρόσθετη απόληψη και από τα αποθέματα ασφαλείας  $SF_2$  και  $SR_2$  στην Υλίκη εφόσον το επιτρέπει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.

Η νέα μέγιστη απολήψιμη ποσότητα είναι

$$\begin{aligned} \max R_2(j)^* = \max[0, \min(S_2(j-1) + N_2(j) - IR_2(j) \\ - R_2(j), C_2 - R_2(j))] \end{aligned} \quad (2.25)$$

και η συμπληρωματική απόληψη

$$R_3(j)^* = \min(\max R_2(j)^*, D(j) - R_1(j) - R_2(j) - R_1(j)) \quad (2.26)$$

### β. Κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου - Υλίκης

Στην περίπτωση που το απόθεμα στο Μόρνο υπερβαίνει ένα κατώφλι όγκου  $V_k$  που ονομάζεται στη συνέχεια κατώφλι αλλαγής προτεραιότητας Μόρνου - Υλίκης, τότε γίνεται απόληψη μόνο από το Μόρνο (εξισώσεις 2.16 & 2.17). Στην αντίθετη περίπτωση εφαρμόζεται ο κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης (βήματα α2 έως α5 όπως περιγράφονται παραπάνω).

### 3. ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

#### 3.1 Γενικά

##### 3.1.1 Χαρακτηριστικά Η/Υ

Όλα τα προγράμματα τρέχουν σε οποιαδήποτε προσωπικό υπολογιστή συμβατό με IBM. Το λειτουργικό σύστημα που χρειάζεται είναι το DOS, έκδοση 3.00 ή νεότερη. Οι τυπικοί υπολογιστές με 640K RAM και ένα οδηγό δισκέττας (κατ' ελάχιστο) μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του προγράμματος. Όμως επειδή τα ενδιάμεσα αρχεία προσομοιωμένων χρονοσειρών απαιτούν συνήθως μεγάλους χώρους αποθήκευσης, για την αποφυγή προβλημάτων είναι προτιμότερο ο υπολογιστής να διαθέτει σκληρό δίσκο.

Ο εκτυπωτής δεν είναι απαραίτητος για τη λειτουργία γιατί τα αποτελέσματα καταχωρούνται σε αρχεία κειμένου τα οποία μπορεί να ελέγξει ο χρήστης από την οθόνη. Η χρησιμοποίηση όμως εκτυπωτή συμβάλλει στην πληρέστερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Μερικές διαδικασίες των προγραμμάτων απαιτούν αρκετό χρόνο για να ολοκληρωθούν. Αν ο υπολογιστής έχει ρολοί (clock) με συχνότητα μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη (4.77 MHz), τότε η εκτέλεση των προγραμμάτων επιτυγχάνεται ταχύτερα. Τα εκτελέσιμα προγράμματα αυτού του πακέτου, με τη μορφή που διατίθενται απαιτούν την χρησιμοποίηση μαθηματικού συνεπεξεργαστή (math coprocessor - 8087). Σε κάθε περίπτωση συστήνεται η τοποθέτηση μαθηματικού συνεπεξεργαστή στον υπολογιστή του χρήστη, αλλά πάντως υπάρχει η δυνατότητα προμήθειας άλλης έκδοσης του προγράμματος, που δεν απαιτεί συνεπεξεργαστή αλλά χρειάζεται σημαντικά μεγαλύτερους χρόνους εκτέλεσης.

Όλα τα μηνύματα των προγραμμάτων είναι γραμμένα στην Ελληνική γλώσσα. Αυτό πιθανόν να δημιουργήσει κάποιο πρόβλημα αν ο υπολογιστής είναι κάπως παλιός. Ως γνωστόν δεν ακολουθείται τυποποίηση των κωδικών αριθμών που αντιπροσωπεύουν τα ελληνικά γράμματα στους υπολογιστές και έτσι είναι πιθανόν ένας υπολογιστής να δείχνει ακατανόητα μηνύματα, αν έχει διαφορετικές θέσεις των Ελληνικών χαρακτήρων από αυτές που έχει ο υπολογιστής

όπου συντάχθηκε το πρόγραμμα. Τα προγράμματα χρησιμοποιούν τις θέσεις των χαρακτήρων που έχουν επιβληθεί εμπορικά την τελευταία πενταετία στην ελληνική αγορά.

### 3.1.2 Τα κύρια προγράμματα για την προσομοίωση

Το πακέτο προγραμμάτων που συνοδεύει το τεύχος αυτό περιλαμβάνει κυρίως τρία κύρια προγράμματα:

- Το κύριο πρόγραμμα επικοινωνίας με το χρήστη και εισαγωγής των υδρολογικών και λειτουργικών δεδομένων που είναι απαραίτητα για την προσομοίωση.
- Το γενικό πολυδιάστατο μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης βασισμένο στο δυναμικό μη γραμμικό μοντέλο επιμερισμού. Το πρόγραμμα αυτό συνθέτει χρονοσειρές υδρολογικών δεδομένων, παίρνοντας υπόψη και τα πιο πρόσφατα στοιχεία που έχει στη διάθεσή του ο χρήστης και τις επιλογές που εισάγει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κύριου προγράμματος.
- Το πρόγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος Αθήνας. Το πρόγραμμα αυτό προσομοιώνει τη λειτουργία του παρόντος υδροδοτικού συστήματος αφού λάβει υπόψη τις έτοιμες χρονοσειρές των υδρολογικών δεδομένων και τις επιλογές που ο χρήστης εισάγει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κύριου προγράμματος.

3.1.3 Τα αρχεία

Το πακέτο αυτό αποτελείται από σειρά προγραμμάτων και αρχείων που περιγράφονται στο πίνακα 3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1  
ΤΙΤΛΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝ

A/A	ΤΙΤΛΟΣ	ΕΡΓΑΣΙΑ
<u>A. ΑΡΧΕΙΑ ΚΥΡΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ</u>		
1.	SIMUL.EXE	Κύριο εκτελέσιμο πρόγραμμα επικοινωνίας και εισαγωγής δεδομένων
2.	LASTIME.DAT	Αρχείο προηγούμενων επιλογών. Το αρχείο αυτό δημιουργείται μετά από τη πρώτη εκτέλεση κύριου προγράμματος
<u>B. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ</u>		
1.	DISAGM1.EXE	Εκτελέσιμο πρόγραμμα υδρολογικής προσομοίωσης
2.	MORNYLIK.INH	Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών ετήσιας απορροής
3.	MORNYLIK.INL	Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών μηνιαίας απορροής
<u>Γ. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ</u>		
1.	OPERA.EXE	Εκτελέσιμο πρόγραμμα προσομοίωσης υδροδοτικού συστήματος
2.	AUXINF.INP	Υδρολογικά και άλλα στοιχεία για την προσομοίωση
3.	TECHINF.INP	Σταθερά χαρακτηριστικά υδροδοτικού συστήματος
4.	CURVE.INP	Καμπύλες στάθμης-όγκου-επιφάνειας ταμειυτήρων Μόρνου και Υλίκης
<u>Δ. ΑΡΧΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</u>		
1.	*.OUL	Διαδικά αρχεία προσομοιωμένων υδρολογικών χρονοσειρών μηνιαίων και ετήσιων απορροών. Τα αρχεία αυτά παράγονται από το πρόγραμμα DISAGM1.EXE
2.	RESU?????.BRF	Παρουσίαση αποτελεσμάτων λειτουργικής προσομοίωσης σε συνοπτική μορφή
3.	RESU?????.DET	Παρουσίαση αποτελεσμάτων λειτουργικής προσομοίωσης σε αναλυτική μορφή

Τα εκτελέσιμα προγράμματα SIMUL.EXE, DISAGM1.EXE, OPERA.EXE και τα αρχεία υδρολογικών χρονοσειρών \*.OUL είναι γραμμένα σε συμβολική (δυναμική) μορφή και επομένως δεν είναι άμεσα αναγνώσιμα από το χρήστη.

Τα υπόλοιπα αρχεία είναι αρχεία κειμένου (text) και γι' αυτό είναι άμεσα αναγνώσιμα από το χρήστη (μπορούν να τυπωθούν στην οθόνη ή στον εκτυπωτή). Τα προγράμματα που είναι γραμμένα σε δυναμική μορφή διαβάζουν τα αρχεία αυτά χωρίς να τα τροποποιούν. Αν χρειάζεται τροποποίηση ενός τέτοιου αρχείου, αυτή μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε διορθωτή κειμένου (text editor). Πάντως συνιστάται να αποφεύγεται οποιαδήποτε τροποποίηση, αν ο χρήστης δεν έχει κατανοήσει πολύ καλά τη δομή των αρχείων αυτών και τα δεδομένα τους.

#### 3.1.4 Επικοινωνία Υπολογιστή - Χρήστη

Το πρόγραμμα λειτουργεί με διαλογική μορφή και είναι χωρισμένο σε δύο φάσεις:

- Στην πρώτη φάση ο χρήστης δίνει τα απαραίτητα στοιχεία για τη σύνθεση αρχείου συνθετικών υδρολογικών χρονοσειρών
- Στη δεύτερη φάση ο χρήστης δίνει τα απαραίτητα στοιχεία για τη εκτέλεση του προγράμματος λειτουργικής προσομοίωσης.

Μετά την εισαγωγή των παραπάνω στοιχείων το κύριο πρόγραμμα καλεί το πρόγραμμα υδρολογικής προσομοίωσης και στη συνέχεια το πρόγραμμα λειτουργικής προσομοίωσης. Αν ο χρήστης έχει έτοιμο αρχείο υδρολογικών δεδομένων, τότε αμέσως μετά την εισαγωγή των απαραίτητων στοιχείων για τις προσομοιώση λειτουργίας του συστήματος, το κύριο πρόγραμμα καλεί αμέσως το πρόγραμμα της λειτουργικής προσομοίωσης.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε αρχεία ανάλογα με την επιλογή του χρήστη, που δημιουργούνται αυτόματα από το πρόγραμμα.

Το πρόγραμμα όπως τονίστηκε παραπάνω λειτουργεί με διαλογική

μορφή. Σε κάθε φάση εκτέλεσης, ο χρήστης καλείται είτε να δώσει την αριθμητική ή αλφαριθμητική επιλογή του μέσα από ένα κατάλογο επιλογών (μενού), είτε να εισάγει αριθμητικά δεδομένα. Όλα τα μηνύματα που δίνει ο υπολογιστής είναι σε ελληνική γλώσσα.

Μετά από κάθε εισαγωγή αριθμητικών δεδομένων, το πρόγραμμα ζητά από το χρήστη την επιβεβαίωση της σωστής εισαγωγής, για την αποφυγή λαθών. Στην περίπτωση που ο χρήστης πρέπει να δώσει κάποια αλφαριθμητική επιλογή, το πρόγραμμα καταλαβαίνει όλα τα γράμματα του ελληνικού αλφαβήτου μετατρέποντας κατάλληλα και σύμφωνα με την κλασική αντιστοιχία πλήκτρων γραφομηχανής, και τα λατινικά γράμματα σε ελληνικά. Ακόμη δεν γίνεται διάκριση μεταξύ κεφαλαίων ή μικρών γραμμάτων.

Όταν απαιτείται η εισαγωγή σειράς αριθμητικών δεδομένων, η χρήση των ειδικών πλήκτρων που περιγράφεται στον πίνακα 3.2 βοηθά στη σύντομη και σωστή εισαγωγή των δεδομένων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2  
ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΠΛΗΚΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΗ  
ΑΡΙΘΜΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ΠΛΗΚΤΡΟ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
^H ή <BACKSPACE>	Σβύσιμο του χαρακτήρα που είναι πριν από το δρομέα
^G ή <DEL>	Σβύσιμο χαρακτήρα που είναι κάτω από το δρομέα
^I ή <TAB>	Μετάβαση στην απέναντι στήλη
^X ή <↓>	Μετάβαση στην παρακάτω γραμμή
^E ή <↑>	Μετάβαση στην παραπάνω γραμμή
^M ή <RETURN>	Μετάβαση στην παρακάτω γραμμή
^Z ή <F1>	Τέλος εισαγωγής στοιχείων

Σημείωση: 1) Το σύμβολο (^) σημαίνει το πλήκτρο <CONTROL>  
2) Το σύμβολο <BACKSPACE> συνήθως είναι το γκριζο αριστερό βέλος.

## 3.2 Η οργάνωση του κύριου προγράμματος

### 3.2.1 Οργάνωση οθόνης

Για την εύκολη επικοινωνία του προγράμματος με το χρήστη η οθόνη του υπολογιστή κατά τη λειτουργία του προγράμματος έχει χωριστεί σε 4 περιοχές, που παρουσιάζονται στην εικόνα 3.1.

- Η περιοχή (Α) είναι η επικεφαλίδα και περιλαμβάνει τον τίτλο του προγράμματος και το στάδιο στο οποίο βρίσκεται το πρόγραμμα κάθε στιγμή. Τα τρία στάδια είναι:

!Α! ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ  
!Β! ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ  
!Γ! ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Η περιοχή (Β) είναι η κύρια περιοχή και σε αυτή παρουσιάζονται οι ερωτήσεις προς το χρήστη ή αναλύονται κατάλογοι επιλογών (μενού). Ακόμη στην περιοχή αυτή ο χρήστης εισάγει τα αλφαριθμητικά δεδομένα που ζητούνται.
- Στην περιοχή (Γ), η οποία διαχωρίζεται από την περιοχή (Β) με διπλή γραμμή (===), παρουσιάζονται όταν χρειάζεται μηνύματα ή επεξηγήσεις για να βοηθήσουν το χρήστη στη σωστή επιλογή ή εισαγωγή δεδομένων.
- Τέλος η περιοχή (Δ) είναι η περιοχή στην οποία είτε εισάγονται αλφαριθμητικές επιλογές σύμφωνα πάντα με κάποιο κατάλογο επιλογών, είτε παρουσιάζεται η περιγραφή λειτουργίας που ο χρήστης κάνει εκείνη τη στιγμή (π.χ. όταν ο χρήστης εισάγει μηνιαία στοιχεία απορροών λεκανών, στη περιοχή (Δ) παρουσιάζεται ο τίτλος "ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ"

### 3.2.2. Οργάνωση δεδομένων

Τα δεδομένα και οι επιλογές τα οποία καλείται ο χρήστης να εισάγει παρουσιάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να απαιτείται η μικρότερη δυνατή εξοικείωση του με τον υπολογιστή. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλη έκταση οι κατάλογοι επιλογών (μενού). Μετά το τέλος εισαγωγής αριθμητικών δεδομένων, το πρόγραμμα ρωτάει το χρήστη αν τα δεδομένα που γράφτηκαν είναι σωστά ή όχι. Αν η επιλογή του χρήστη είναι αρνητική του δίνεται η ευκαιρία να επανέλθει σε όποια θέση θέλει για την αλλαγή κάποιας εισαγωγής. Με τη χρήση των πλήκτρων του πίνακα 3.2 η εισαγωγή δεδομένων γίνεται σύντομα και αποτελεσματικά.

### 3.2.3 Οργάνωση αρχείων εξόδων

Μετά το τέλος εισαγωγής των λειτουργικών δεδομένων και πριν το πρόγραμμα καλέσει τα προγράμματα προσομοίωσης υδρολογικών και λειτουργικών δεδομένων, στην περιοχή (A) αναγράφεται ο τίτλος:

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ !Γ! ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο χρήστης καλείται να δώσει το κωδικό της προσομοίωσης της οποίας τα στοιχεία έχει ήδη εισάγει. Στη συνέχεια επιλέγει τον τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα που μπορούν να παρουσιαστούν σε δύο μορφές (συνοπτική και αναλυτική) καταχωρούνται σε ανάλογο αρχείο με διαφορετική κατάληξη. Όταν για παράδειγμα ο χρήστης επιλέξει την συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων το πρόγραμμα δημιουργεί π.χ. το αρχείο RESU9999.BRF, όπου το 9999 αντιστοιχεί στο κωδικό αριθμό της προσομοίωσης και η κατάληξη .BRF στη συνοπτική μορφή. Όταν ο χρήστης έχει επιλέξει και την αναλυτική μορφή παρουσίασης, τότε δημιουργείται και το αρχείο RESU9999.DET, όπου η κατάληξη .DET αντιστοιχεί στην αναλυτική μορφή.

Τα αρχεία στα οποία καταχωρούνται τα αποτελέσματα είναι αρχεία κειμένου (text) και γι αυτό είναι άμεσα αναγνώσιμα από το χρήστη (μπορούν να τυπωθούν στην οθόνη ή στον εκτυπωτή).

### 3.3 Η λειτουργία του κύριου προγράμματος

#### 3.3.1 Ξεκίνημα

Αφού ο χρήστης μεταφερθεί στον οδηγό στον οποίο βρίσκονται τα απαραίτητα αρχεία για τη λειτουργία του προγράμματος (θα προτείναμε να λειτουργεί το πρόγραμμα από το σκληρό δίσκο του υπολογιστή, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ικανή χωρητικότητα για την ομαλή περάτωση του προγράμματος), μετά τον χαρακτηριστική ένδειξη (prompt) εισάγει το όνομα του κυρίου προγράμματος

C> SIMUL <RETURN>

Η εικόνα 3.2 παρουσιάζει τα περιεχόμενα της οθόνης όταν το πρόγραμμα είναι έτοιμο να λειτουργήσει. Ο χρήστης μπορεί να διαλέξει ανάμεσα σε τρεις επιλογές:

- ή να δημιουργήσει νέο αρχείο συνθετικών υδρολογικών δεδομένων
- ή να χρησιμοποιήσει κάποιο έτοιμο αρχείο συνθετικών υδρολογικών δεδομένων, που είχε παράγει από προηγούμενη εκτέλεση του προγράμματος
- ή να διακόψει την παραπέρα λειτουργία του προγράμματος

Εισάγοντας το ανάλογο αλφαβητικό ψηφίο (Δ ή Ε) που αντιστοιχεί στις πρώτες δύο επιλογές, ο χρήστης μεταφέρεται στο στάδιο εισαγωγής υδρολογικών δεδομένων.

#### 3.3.2 Υδρολογικά δεδομένα

Η φάση της εισαγωγής υδρολογικών δεδομένων αρχίζει αμέσως μετά την έναρξη της λειτουργίας του προγράμματος. Στη περιοχή (Α) εκτός από το τίτλο του προγράμματος, παρουσιάζεται το χαρακτηριστικό:

!A! ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η πρώτη ερώτηση που παρουσιάζεται στην περιοχή (Β) έχει σχέση με το όνομα του αρχείου των υδρολογικών δεδομένων που είναι έτοιμο

ή πρόκειται να δημιουργηθεί.

Το πρόγραμμα προτείνει το όνομα του πιο πρόσφατου αρχείου που χρησιμοποιήθηκε, αλλά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει το όνομα.

Σημειώνεται ότι η κατάληξη του ονόματος του αρχείου υδρολογικών δεδομένων είναι υποχρεωτικά ".OUL", και ο χρήστης δεν πρέπει να την γράψει, αφού την προσθέτει αυτόματα το πρόγραμμα.

Στη συνέχεια και αν η αρχική επιλογή ήταν η δημιουργία νέου αρχείου, ο χρήστης πρέπει να δώσει μία από τις τρεις προσφερόμενες επιλογές ανάλογα με τα δεδομένα που έχει στη διάθεση του.

- Δεν έχει κανένα πρόσφατο δεδομένο
- Έχει δεδομένη τη συνολική απορροή του προηγούμενου υδρολογικού έτους
- Έχει δεδομένες τις παροχές ορισμένων προηγούμενων μηνών του ίδιου υδρολογικού έτους

Αμέσως μετά ο χρήστης καλείται να εισάγει τα δεδομένα που έχει στη διάθεσή του (Εικόνες 3.3 και 3.4).

Στην συνέχεια το πρόγραμμα ζητάει την εισαγωγή της επιθυμητής διάρκειας προσομοίωσης (έτη) και τον αριθμό των προσομοιωμένων χρονοσειρών του αρχείου. Στη φάση αυτή στη περιοχή (Δ) αναγράφεται ο τίτλος

"ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ"

Ο αριθμός των ετών που το πρόγραμμα ζητάει από το χρήστη να εισάγει τίθεται ίσος με τη περίοδο στην οποία είναι επιθυμητό να εξεταστεί η συμπεριφορά του συστήματος. Ο αριθμός των προσομοιωμένων χρονοσειρών επιλέγεται ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Συνιστάται ο αριθμός αυτός να εκτιμάται από τη σχέση:

$$K = 2 \div 5 (1/\Delta P)$$

όπου  $\Delta P$  η επιθυμητή ακρίβεια στον υπολογισμό πιθανοτήτων αστοχίας. Π.χ. για  $\Delta P = 0.5\%$ , η σχέση δίνει  $K = 400 \div 1000$ .

Μετά την εισαγωγή των δύο παραπάνω μεγεθών και εφόσον αρχικά είχε γίνει η επιλογή του έτοιμου αρχείου, το πρόγραμμα ελέγχει αν οι παράμετροι που δόθηκαν συμβιβάζονται με αρχείο χρονοσειράς που υπάρχει. Αν δεν συμβιβάζονται τότε στην περιοχή (B) παρουσιάζεται ανάλογο μήνυμα με τρεις επιλογές:

- Να αναθεωρηθούν τα δύο παραπάνω μεγέθη
- Να αρχίσει το πρόγραμμα από την αρχή
- Να τερματίσει το πρόγραμμα

Αντίθετα αν η αρχική επιλογή ήταν η δημιουργία νέου αρχείου μετά την εισαγωγή των μεγεθών αυτών, στην περιοχή (B) παρουσιάζεται η υπενθύμιση για το χρήστη, ότι πρέπει να σημειώσει τις τιμές αυτές, αν θέλει να χρησιμοποιήσει το αρχείο πάλι. Τα περιεχόμενα της οθόνης τη στιγμή αυτή παρουσιάζονται στην εικόνα 3.5.

Τέλος το πρόγραμμα ελέγχει το χώρο μνήμης του δίσκου στον οποίο λειτουργεί το πρόγραμμα. Αν δεν υπάρχει αρκετός για τη δημιουργία νέου υδρολογικού αρχείου, το πρόγραμμα αναγκαστικά τερματίζει.

### 3.3.3 Λειτουργικά δεδομένα

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων για την υδρολογική προσομοίωση το πρόγραμμα έρχεται στο στάδιο εισαγωγής των παραμέτρων που είναι απαραίτητες για το πρόγραμμα λειτουργικής προσομοίωσης.

Αρχικά το πρόγραμμα ζητάει από το χρήστη να δώσει τον αριθμό που αντιστοιχεί στο μήνα μέχρι τον οποίο είναι γνωστά τα αποθέματα και στους δύο ταμιευτήρες (εικόνα 3.6). Μετά την επιλογή αυτή ο χρήστης εισάγει:

- Τα ωφέλιμα αποθέματα στους δύο ταμιευτήρες
- Τους νεκρούς όγκους των ταμιευτήρων
- Την ενίσχυση στο δίκτυο, σε περίπτωση που υπάρχει τέτοια.

Ως ενίσχυση θεωρείται κάθε πρόσθετη ποσότητα νερού, πέρα από τις κανονικές εισροές των ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης (π.χ.

γεωτρήσεις, μεταφορά με δεξαμενόπλοια κλπ.).

Στη συνέχεια το πρόγραμμα ζητάει από το χρήστη την επιλογή μιας από τρεις προσφερόμενες περιπτώσεις λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος (εικόνα 3.7):

- Μεμονωμένη εκμετάλλευση Μόρνου
- Μεμονωμένη εκμετάλλευση Υλίκης
- Συνδυασμένη εκμετάλλευση Μόρνου - Υλίκης

Αν δοθεί η τρίτη επιλογή, το πρόγραμμα στη συνέχεια ζητάει την επιλογή του κανόνα λειτουργίας του συστήματος, προσφέροντας δύο δυνατότητες:

- Κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης
- Κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου - Υλίκης

Αν δοθεί η δεύτερη επιλογή, ο χρήστης θα πρέπει να εισάγει ένα κατώφλι όγκου (κατώφλι αλλαγής κανόνα προτεραιότητας) έτσι ώστε στη περίπτωση που το απόθεμα στο Μόρνο υπερβαίνει το όριο αυτό, να γίνεται απόληψη μόνο από το Μόρνο. (βλ. παρ. 2.4.3.β).

Μετά το τέλος εισαγωγής των δεδομένων για τις περιπτώσεις λειτουργίας, ο χρήστης επιλέγει ένα από τα παρακάτω τέσσερα σενάρια ζήτησης για την ύδρευση της Αθήνας:

- Σταθερή τιμή ζήτησης
- Γραμμικά αύξουσα ζήτηση
- Εκθετικά αύξουσα ζήτηση
- Τιμές ζήτησης που δίνονται από τον χρήστη για κάθε έτος

Η εικόνα 3.8 παρουσιάζει τα περιεχόμενα της οθόνης για την επιλογή του σεναρίου ζήτησης.

Ανάλογα με την επιλογή του σεναρίου, το πρόγραμμα ζητάει την εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων. Η εικόνα 3.9 παρουσιάζει την οθόνη όταν ο χρήστης δίνει τις δικές του τιμές ζήτησης ανεξάρτητα για κάθε έτος.

### 3.3.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Μετά το τέλος της εισαγωγής των απαραίτητων λειτουργικών δεδομένων, το κύριο πρόγραμμα ζητά από το χρήστη να επιλέξει τη μορφή παρουσίασης των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Στην περιοχή (Α), μετά το τίτλο του προγράμματος αναγράφεται το χαρακτηριστικό: !Γ! ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

και στην περιοχή (Δ) ο τίτλος: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στη περιοχή (Β) παρουσιάζεται η πρώτη ερώτηση (εικόνα 3.10) που ζητά κωδικό αριθμό της προσομοίωσης. Μετά το τέλος εισαγωγής του κωδικού ο χρήστης δίνει μια από τις δύο δυνατές επιλογές ως προς τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων:

- Παρουσίαση αποτελεσμάτων σε συνοπτική μορφή
- Παρουσίαση αποτελεσμάτων σε αναλυτική και συνοπτική μορφή

Τα αρχεία τα οποία δημιουργεί το πρόγραμμα και στα οποία καταχωρούνται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων του προγράμματος είναι αρχεία κειμένου (text). Το όνομα και η κατάληξη των αρχείων αυτών δημιουργείται με βάση τους ακόλουθους κανόνες:

- Το κύριο όνομα του αρχείου αποτελείται από 5 - 8 χαρακτήρες.
- Οι πρώτοι τέσσερεις χαρακτήρες είναι πάντα ίδιοι, έτσι ώστε ν' αναγνωρίζεται εύκολα το αρχείο αποτελεσμάτων. Οι χαρακτήρες αυτοί είναι οι: "RESU".
- Οι επόμενοι τέσσερεις χαρακτήρες αντιστοιχούν στο κωδικό αριθμό της προσομοίωσης. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει κωδικό αριθμό από 1 - 4 χαρακτήρες (από 0-9999).
- Τα αρχεία στα οποία καταχωρούνται αποτελέσματα σε συνοπτική μορφή έχουν την κατάληξη: ".BRF".
- Τα αρχεία στα οποία καταχωρούνται αποτελέσματα σε αναλυτική μορφή έχουν την κατάληξη: ".DET".

Για παράδειγμα, το αρχείο αποτελεσμάτων του οποίου ο κωδικός προσομοίωσης που δώθηκε από το χρήστη είναι 5501, σε συνοπτική μορφή είναι το: RESU5501.BRF και σε αναλυτική μορφή το: RESU5501.DET.

Στο παράρτημα Α του τεύχους παρουσιάζονται ένα αρχείο σε συνοπτική και ένα σε αναλυτική μορφή, όπως ακριβώς σχηματίζονται μετά από την περάτωση του προγράμματος.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ένα από τους δύο τρόπους παρουσίασης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Με την επιλογή της συνοπτικής παρουσίασης δημιουργείται ένα μόνο αρχείο αποτελεσμάτων, ενώ με την επιλογή της συνοπτικής και αναλυτικής, δημιουργούνται και τα δύο αντίστοιχα αρχεία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι για τη δημιουργία αρχείου καταχώρησης αποτελεσμάτων σε αναλυτική μορφή απαιτείται η χρήση σημαντικού χώρου αποθήκευσης στο δίσκο του υπολογιστή. Αν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του προγράμματος ο χώρος αυτός δεν είναι διαθέσιμος, το πρόγραμμα αγνοεί την επιλογή αυτή και καταχωρεί τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μόνο σε συνοπτική μορφή, αφού δώσει στην περιοχή (B) της οθόνης ανάλογο μήνυμα.

### 3.3.5 Εκτέλεση προγραμμάτων υδρολογικής και λειτουργικής προσομοίωσης

Αμέσως μετά το τέλος της εισαγωγής των επιλογών για την επιθυμητή παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, το κύριο πρόγραμμα καλεί το πρόγραμμα επεξεργασίας των υδρολογικών δεδομένων (DISAGM1.EXE) και στη συνέχεια το πρόγραμμα επεξεργασίας λειτουργικών δεδομένων (OPERA.EXE). Στις εικόνες 3.11 και 3.12 παρουσιάζονται τα περιεχόμενα της οθόνης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των δύο αυτών προγραμμάτων. Σημειώνεται ότι ο χρήστης δεν παρεμβαίνει καθόλου κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των προγραμμάτων αυτών. Για λόγους πληρότητας η πορεία των εργασιών τους περιγράφεται στις παραγράφους 3.4 και 3.5.

### 3.3.6 Τερματισμός

Μετά το τέλος της λειτουργίας των προγραμμάτων προσομοίωσης, το πρόγραμμα τερματίζει αφού έχουν ήδη δημιουργηθεί τα ανάλογα αρχεία αποτελεσμάτων. Στην περιοχή Δ αναγράφεται ο τίτλος:

ΤΕΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το πρόγραμμα τερματίζει ακόμη, αλλά χωρίς την πλήρη εκτέλεση των εργασιών, όταν

- Μετά από την έναρξη, ο χρήστης επιλέξει τον τερματισμό
- Ο χρήστης δεν έχει έτοιμο αρχείο συνθετικών υδρολογικών δεδομένων και δεν θέλει να δημιουργήσει νέο
- Οι τιμές της διάρκειας υδρολογικής προσομοίωσης και του αριθμού χρονοσειρών δεν συμβιβάζονται με το έτοιμο αρχείο το οποίο ο χρήστης θέλει να χρησιμοποιήσει
- Δεν υπάρχει αρκετός χώρος μνήμης στο δίσκο από τον οποίο λειτουργεί το πρόγραμμα για τη δημιουργία νέου υδρολογικού αρχείου, σύμφωνα με τα μεγέθη που ο χρήστης έδωσε.

Στις παραπάνω περιπτώσεις στη περιοχή (Δ) αναγράφεται το μήνυμα τερματισμού του προγράμματος.

### 3.4 Πορεία εργασιών του προγράμματος υδρολογικής προσομοίωσης

Το πρόγραμμα υδρολογικής προσομοίωσης DISAGM1.EXE εκτελεί κατά σειρά τις ακόλουθες εργασίες, παράγοντας τελικά ένα αρχείο συνθετικών χρονοσειρών σε δυαδική μορφή, που περιέχει μηνιαίες και ετήσιες τιμές του ισοδύναμου ύψους απορροής στις λεκάνες Μόρνου και Υλίκης.

1. Λήψη πληροφοριών από το γενικό πρόγραμμα προσομοίωσης. Οι πληροφορίες αυτές είναι:
  - Το όνομα του δυαδικού αρχείου συνθετικών χρονοσειρών που θα παραχθεί
  - Το μήκος (αριθμός ετών) κάθε χρονοσειράς (βλ. παρ. 3.3.2)
  - Ο αριθμός των σειρών προσομοίωσης (βλ. παρ. 3.3.2)

- Ο τύπος των αρχικών συνθηκών της προσομοίωσης. Σχετικά διακρίνονται τρεις περιπτώσεις: (α) Καμιά αρχική συνθήκη, (β) γνωστές οι ετήσιες απορροές του προηγούμενου υδρολογικού έτους και (γ) γνωστές οι μηνιαίες απορροές σε ένα ορισμένο αριθμό μηνών του τρέχοντος (πρώτου) υδρολογικού έτους.
  - Ο αριθμός των μηνών με γνωστές απορροές, στην περίπτωση αρχικών συνθηκών τύπου (γ).
  - Οι γνωστές τιμές των απορροών, ανάλογα με τον τύπο των αρχικών συνθηκών.
2. Ανάγνωση στατιστικών χαρακτηριστικών των απορροών σε ετήσια βάση από το αρχείο MORNYLIK.INH. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν είναι τα εξής:
- τύπος συνάρτησης κατανομής (Γκάους-Γάμα)
  - Μέσες τιμές
  - Τρίτες ροπές
  - Συντελεστές αυτοσυσχέτισης για υστέρηση 1
  - Συντελεστές ετεροσυσχέτισης για υστέρηση 0
  - Τυχόν περιορισμοί στους συντελεστές συσχέτισης του μητρώου  $\underline{c}=\underline{b} \underline{b}^T$  (βλ. Τεύχος 13)
3. Ανάγνωση στατιστικών χαρακτηριστικών των απορροών σε μηνιαία βάση, από το αρχείο MORNYLIK.INL. Ενδιαφέρουν οι ίδιοι τύποι στατιστικών χαρακτηριστικών, όπως και στις ετήσιες απορροές.
4. Υπολογισμός των διάφορων ομάδων παραμέτρων του σειριακού Μαρκοβιανού μοντέλου παραγωγής ετήσιων χρονοσειρών (για λεπτομέρειες βλ. Τεύχος 13).
5. Υπολογισμός των διάφορων ομάδων παραμέτρων του δυναμικού μοντέλου επιμερισμού, που παράγει τις μηνιαίες τιμές των απορροών, ξεκινώντας από τις ετήσιες (για λεπτομέρειες βλ. Τεύχος 13).
6. Παραγωγή των προσομοιωμένων (συνθετικών) χρονοσειρών της απορροής σε ετήσια βάση. Γενικά για τις ετήσιες τιμές χρησιμοποιείται το σειριακό Μαρκοβιανό μοντέλο και για τις μηνιαίες το δυναμικό μοντέλο επιμερισμού. Ειδικότερα στην

περίπτωση αρχικών συνθηκών τύπου ( $\gamma$ ) για την παραγωγή των άγνωστων (μη δεδομένων) μηνιαίων τιμών στο πρώτο έτος της κάθε χρονοσειράς δεν χρησιμοποιείται το μοντέλο επιμερισμού αλλά το σειριακό Μαρκοβιανό μοντέλο με κατάλληλες παραμέτρους.

Το δυαδικό αρχείο προσομοιωμένων χρονοσειρών της απορροής είναι ένα αρχείο εγγραφών (records), που κάθε μία δομείται ως εξής:

- Ετήσια απορροή του Μόρνου (4 bytes)
- Πίνακας (array) 12 μηνιαίων τιμών της απορροής του Μόρνου ( $12 \times 4 = 48$  bytes)
- Ετήσια απορροή των Β. Κηφισού (4 bytes)
- Πίνακας (array) 12 μηνιαίων τιμών της απορροής του Β. Κηφισού ( $12 \times 4 = 48$  bytes)

Ο συνολικός χώρος μνήμης κάθε εγγραφής είναι 104 bytes. Όλες οι τιμές των απορροών είναι εκφρασμένες σε ισοδύναμο ύψος (mm).

### 3.5 Πορεία εργασιών του προγράμματος προσομοίωσης της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας

Το πρόγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος OPERA.EXE, εκτελεί κατά σειρά τις ακόλουθες εργασίες:

1. Λήψη πληροφοριών από το γενικό πρόγραμμα διαχείρισης. Οι πληροφορίες αυτές είναι:
  - Ονομα αρχείου υδρολογικών χρονοσειρών
  - Μήκος (αριθμός ετών) της προσομοίωσης
  - Αριθμός σειρών που προσομοιώνονται
  - Μήνας του 1ου έτους που αρχίζει η προσομοίωση
  - Αρχικά αποθέματα στους ταμιευτήρες σε  $10^6 \text{ m}^3$
  - Νεκρά αποθέματα στους ταμιευτήρες σε  $10^6 \text{ m}^3$
  - Πρόσθετη εισροή στο σύστημα σε χιλιάδες  $\text{m}^3/\text{ημέρα}$
  - Περίπτωση προσομοίωσης ανάλογα με το ποιοί ταμιευτήρες υπεισέρχονται στο σύστημα
  - Κανόνας λειτουργίας του συστήματος
  - Κατώφλι αλλαγής κανόνα λειτουργίας στην περίπτωση του

κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης.

- Επιλογή σεναρίου εξέλιξης της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας
  - Χαρακτηριστικές τιμές για την εκτίμηση της εξέλιξης της ζήτησης στο άμεσο μέλλον (σε  $m^3 \times 10^6$  ετησίως)
  - Ζήτηση για άρδευση της Κωπαΐδας (σταθερή) σε  $m^3 \times 10^6$  ετησίως
  - Κωδικός δοκιμής
  - Επιλογή παρουσίασης τελικών αποτελεσμάτων (συνοπτικά ή αναλυτικά + συνοπτικά)
2. Ανάγνωση πληροφοριών σχετικών με τις καμπύλες στάθμης-όγκου-επιφάνειας των ταμιευτήρων, από το αρχείο CURVE.INP.
3. Ανάγνωση των παρακάτω πληροφοριών από το αρχείο AUXINF.INP:
- Συντελεστές ανισοκατανομής της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας
  - Συντελεστές ανισοκατανομής της ζήτησης για άρδευση της Κωπαΐδας
  - Παράμετροι σχέσης στάθμης-διαφυγών τόσο για τους χειμερινούς όσο και για τους θερινούς μήνες για κάθε ταμιευτήρα
  - Ελάχιστες μηνιαίες εισροές στην Υλίκη
  - Παράμετροι γραμμικής σχέσης βροχής-απορροής για κάθε μήνα και για κάθε ταμιευτήρα
  - Μέσες μηνιαίες εξατμίσεις για κάθε μήνα και για κάθε ταμιευτήρα.
4. Ανάγνωση πληροφοριών σχετικών με τα σταθερά χαρακτηριστικά του συστήματος όπως:
- Χωρητικότητες ταμιευτήρων ( $\times 10^6 m^3$ )
  - Επιφάνειες λεκανών απορροής ( $Km^2$ )
  - Παροχετευτικότητες αγωγών ( $m^3/sec$ )
5. Υπολογισμός της ετήσιας ζήτησης για κάθε έτος, ανάλογα με το σενάριο εξέλιξης της ζήτησης που συντάχτηκε, και τις χαρακτηριστικές τιμές που δόθηκαν.

6. Υπολογισμός για κάθε μήνα του έτους των αποθεμάτων ασφαλείας στην Υλίκη έναντι τρίμηνης βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου και για άρδευση της Κωπαΐδας σε ένα εξάμηνο.
7. Ανάγνωση τιμών της εισροής στους ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης για κάθε σειρά προσομοίωσης και για κάθε έτος προσομοίωσης (12 μηνιαίες τιμές).
8. Υπολογισμός για κάθε χρονικό βήμα (μήνας) και με σειριακό τρόπο για κάθε σειρά προσομοίωσης της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας και για άρδευση της Κωπαΐδας. Στη συνέχεια εφαρμόζονται οι εξισώσεις του μοντέλου και υπολογίζονται οι τιμές όλων των λειτουργικών μεταβλητών από τις εξισώσεις μοντέλου ανάλογα με την περίπτωση λειτουργίας.
9. Σύγκριση πραγματικής και επιθυμητής απόληψης από το σύστημα. Διαπίστωση αστοχίας ή ικανοποίησης της ζήτησης.
10. Υπολογισμός της πιθανότητας αστοχίας για κάθε έτος προσομοίωσης ξεχωριστά.
11. Υπολογισμός της μέσης πιθανότητας αστοχίας του συστήματος για όλα τα έτη και όλες τις σειρές που προσομοιώθηκαν (δείκτες  $\alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3$ ) (βλ. παρ. 2.1).
12. Υπολογισμός μέσω ετήσιων ισοζυγίων των ταμιευτήρων.
13. Γράψιμο των παραπάνω αποτελεσμάτων σε αρχείο.
14. Γράψιμο των αναλυτικών αποτελεσμάτων σε αρχεία. Ειδικότερα εκτυπώνεται το απόθεμα του κάθε ταμιευτήρα για κάθε χρονικό βήμα, καθώς και η πραγματική απόληψη από τον κάθε ταμιευτήρα.

περλοχή

(A)

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ: [A] ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Αριθμός μηνών

με γνωστά δεδομένα: (1 .. 12) 12

	ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΛΕΚΑΝΩΝ	
	Μόρνου	Β. Κηφισού (Υλικής)
ΟΚΤ	1.0	13.0
ΝΟΕ	2.0	14.0
ΔΕΚ	3.0	15.0
ΙΑΝ	4.0	16.0
ΦΕΒ	5.0	17.0
ΜΑΡ	6.0	18.0
ΑΠΡ	7.0	19.0
ΜΑΙ	8.0	20.0
ΙΟΥΝ	9.0	21.0
ΙΟΥΛ	10.0	22.0
ΑΥΓ	11.0	23.0
ΣΕΠ	12.0	24.0

ΕΜΒΑΔΑ ΛΕΚΑΝΩΝ

Μόρνου: 557.5 km<sup>2</sup>

Β.Κηφισού (για Υλική): 2010 km<sup>2</sup>

Σημείωση: Η απορροή της λεκάνης Υλικής προστίθεται κατάλληλα στο πρόγραμμα.

περλοχή

(B)

=====

ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΑΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΡΧΙΖΟΥΝ ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΚΤΩΒΡΙΟ.  
ΟΙ ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΟΘΟΥΝ ΣΕ mm - ΠΑΤΗΣΤΕ <F1> ΓΙΑ ΤΕΛΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα στοιχεία που δώσατε είναι σωστά; (N/O)

περλοχή

(Γ)

περλοχή

(Δ)

Εικόνα 3.1

ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ:      1Α1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ  
 ! ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ !  
 ! ΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΖΗΤΗΣΗΣ !  
 Έκδοση 1.0  
 Σύνταξη: Δ.Κουτσογιάννης-Ι.Ναλμπάντης-Κ.Τσολακίδης (1990)  
 ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
 ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Δ) δημιουργία νέου υδρολογικού αρχείου, Ε) τοιμο αρχείο, Τ) έλος προγράμματος :

Εικόνα 3.2

ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ:      1Α1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Εισάγετε τη συνολική απορροή του προηγούμενου υδρολογικού έτους σε mm.

Εμβαδό λεκάνης Μόρνου : 557.5 km<sup>2</sup>  
 Εμβαδό λεκάνης Β. Κηφισού (για Υλίκη) : 2010 km<sup>2</sup>  
 Σημείωση : Η άμεση απορροή της λεκάνης Υλίκης  
 προστίθεται κατάλληλα στο πρόγραμμα.

Απορροή λεκάνης Μόρνου

100.0

Απορροή λεκάνης Β.Κηφισού (Υλίκης)

100

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ

Εικόνα 3.3

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ:      !Α! ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Αριθμός μηνών  
με γνωστά δεδομένα: (1 .. 12) 12

	ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΛΕΚΑΝΩΝ	
	Μόρνου	Β. Κηφισού (Υλικής)
ΟΚΤ	1.0	13.0
ΝΟΕ	2.0	14.0
ΔΕΚ	3.0	15.0
ΙΑΝ	4.0	16.0
ΦΕΒ	5.0	17.0
ΜΑΡ	6.0	18.0
ΑΠΡ	7.0	19.0
ΜΑΙ	8.0	20.0
ΙΟΥΝ	9.0	21.0
ΙΟΥΛ	10.0	22.0
ΑΥΓ	11.0	23.0
ΣΕΠ	12.0	24.0

ΕΜΒΑΔΑ ΛΕΚΑΝΩΝ  
Μόρνου: 557.5 km<sup>2</sup>  
Β.Κηφισού (για Υλική): 2010 km<sup>2</sup>  
Σημείωση: Η απορροή της λεκάνης  
Υλικής προστίθεται κατάλληλα  
στο πρόγραμμα.

=====

ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΑΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΡΧΙΖΟΥΝ ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΚΤΩΒΡΙΟ.  
ΟΙ ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΟΘΟΥΝ ΣΕ mm - ΠΑΤΗΣΤΕ <F1> ΓΙΑ ΤΕΛΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ  
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Εικόνα 3.4

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ:      !Α! ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Εισάγετε την επιθυμητή διάρκεια της προσομοίωσης (έτη) (10 .. 30) 10

Εισάγετε τον αριθμό των προσομοιωμένων χρονοσειρών (1 .. 500) 10

Σε περίπτωση που θέλετε να χρησιμοποιήσετε το  
ίδιο υδρολογικό αρχείο πάλι, σημειώστε τις  
τιμές που δώσατε στις παραπάνω παραμέτρους.

Πατήστε ένα πλήκτρο για συνέχιση.....

Εικόνα 3.5

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ: IB! ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Μέχρι ποιά μήνα είναι γνωστά τα αποθέματα και στους δύο ταμιευτήρες;

Εισάγετε τη παρακάτω επιλογή ανάλογα με τα δεδομένα που έχετε:

- [1]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ
- [2]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ
- [3]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ
- [4]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ
- [5]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ
- [6]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΜΑΡΤΙΟΥ
- [7]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΑΠΡΙΛΙΟΥ
- [8]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΜΑΙΟΥ
- [9]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΙΟΥΝΙΟΥ
- [10]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΙΟΥΛΙΟΥ
- [11]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ
- [12]: ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 1η ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ

Δώστε την επιλογή σας :

(1 .. 12) \_5

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Εικόνα 3.6

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ: IB! ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Επιλέξτε μία από τις παρακάτω 3 περιπτώσεις λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος:

- [1]: Μεμονωμένη εκμετάλλευση Μόρνου
- [2]: Μεμονωμένη εκμετάλλευση Υλικής
- [3]: Συνδυασμένη εκμετάλλευση Μόρνου - Υλικής

Επιλέξτε ένα από τους παρακάτω 2 κανόνες λειτουργίας του συστήματος :

- [1]: Κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλικής
- [2]: Κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλικής

Δώστε την επιλογή σας για το κανόνα λειτουργίας:

Εικόνα 3.7

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ: ΙΒΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Δώστε το κατώφλι αλλαγής του κανόνα προτεραιότητας σε εκ. m3.

Κατώφλι αλλαγής κανόνα

25.00

Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω 4 σενάρια  
ζήτησης για την ύδρευση της Αθήνας:

- [1]: Σταθερή τιμή ζήτησης
- [2]: Γραμμικά αύξουσα ζήτηση
- [3]: Εκθετικά αύξουσα ζήτηση
- [4]: Οι τιμές της ζήτησης δίνονται από το χρήστη

Δώστε την επιλογή σας για το σενάριο ζήτησης:

Εικόνα 3.8

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ: ΙΒΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Εισάγετε τις ετήσιες τιμές ζήτησης :

Ετος	1	440.0	Ετος	16	280.0
"	2	420.0	"	17	270.0
"	3	410.0	"	18	260.0
"	4	400.0	"	19	250.0
"	5	390.0	"	20	240.0
"	6	380.0	"	21	230.0
"	7	370.0	"	22	220.0
"	8	360.0	"	23	210.0
"	9	350.0	"	24	200.0
"	10	340.0	"	25	190.0
"	11	330.0	"	26	180.0
"	12	320.0	"	27	170.0
"	13	310.0	"	28	160.0
"	14	300.0	"	29	150.0
"	15	290.0	"	30	140.0

ΠΑΤΗΣΤΕ <F1> ΓΙΑ ΤΕΛΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ  
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΙΜΩΝ ΖΗΤΗΣΗΣ

Εικόνα 3.9

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ: ΓΓ! ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εισάγετε το κωδικό αριθμό της προσομοίωσης :  
9999

Επιλέξτε τη μορφή παρουσίασης των αποτελεσμάτων :

- [1]: Συνοπτική παρουσίαση  
[2]: Αναλυτική και συνοπτική παρουσίαση

Δώστε την επιλογή σας :

Εικόνα 3.10

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ

ΓΕΝΙΚΟ ΠΟΛΥΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ  
ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ  
Ανάπτυξη και προγραμματισμός μοντέλου: Δ. Κουτσογιάννης (1989-90)

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ	ΣΤΑΔΙΟ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΒΗΜΑ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ
1	5	2	7	1 7

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Εικόνα 3.11

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ  
Ανάπτυξη και προγραμματισμός : Ι. Ναλμπάντης (1989-90)

ΣΕΙΡΑ : 1 ΕΤΟΣ : 6

## ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Εικόνα 3.12

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ

A:\>

- Τ'αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται:
- Σε αναλυτική μορφή στο αρχείο : RESU9999.det
  - Σε συνοπτική μορφή στο αρχείο : RESU9999.brf

Τ Ε Λ Ο Σ Π Ρ Ο Γ Ρ Α Μ Μ Α Τ Ο Σ

Εικόνα 3.13

#### 4. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ - ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

Η μόνη επιστημονικά αποδεκτή προσέγγιση στο θέμα της εκτίμησης της επάρκειας του σημερινού υδροδοτικού συστήματος είναι η πιθανοτική. Οι κίνδυνοι μη επάρκειας του συστήματος ποσοτικοποιούνται με την εισαγωγή της πιθανότητας αστοχίας του. Ο ορισμός της πιθανότητας αστοχίας έγινε στις παραγράφους 2.1 και 2.2 του παρόντος τεύχους. Υπενθυμίζουμε εδώ ότι διακρίνουμε την μερική πιθανότητα αστοχίας (%) που αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο έτος και την ολική ή αθροιστική πιθανότητα που αντιστοιχεί στη διάρκεια από το πρώτο έτος της προσομοίωσης μέχρι το υπό εξέταση έτος. Αυξημένες τιμές της πιθανότητας αστοχίας είναι ενδεικτικές της κρισιμότητας της κατάστασης.

Το πακέτο προγραμμάτων Η/Υ που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3 επιτρέπει τον υπολογισμό των πιθανοτήτων αστοχίας του συστήματος Μόρνου-Υλίκης. Με τη βοήθεια του πακέτου αυτού εξετάστηκαν διάφορα σενάρια εξέλιξης των καταναλώσεων και λήφθηκε έτσι μια εικόνα της σημερινής κατάστασης του συστήματος και της αποτελεσματικότητας των μέτρων αντιμετώπισής της. Παράλληλα το κάθε σενάριο ξεχωριστά αποτελεί και μια δοκιμή τρεξίματος του πακέτου προγραμμάτων Η/Υ που μαζί με τις οδηγίες χρήσης του πακέτου που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 3, δίνουν μια ολοκληρωμένη εικόνα των δυνατοτήτων των προγραμμάτων Η/Υ που αναπτύχθηκαν.

Τα σενάρια που εξετάστηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού έργου είναι:

- α. Τρία σενάρια (Α, Β, Γ) λειτουργίας του συστήματος υπό συνθήκες έκτακτης ανάγκης. Τα σενάρια αυτά διαφέρουν από εκείνα των κανονικών συνθηκών λειτουργίας που περιγράφονται παρακάτω, στο ότι η απόληψη για άρδευση της Κωπαΐδας είναι μειωμένη και παράλληλα το υδροδοτικό σύστημα ενισχύεται με πρόσθετες εισροές από άλλες πηγές (δεξαμενόπλοια, γεωτρήσεις).

Οι κοινές παραδοχές των τριών σεναρίων είναι οι ακόλουθες:

- α1 - Υδατική κατανάλωση της Αθήνας κατά το έτος 1990-91 ίση με  $370 * 10^6 \text{ m}^3$
- α2 - Ετήσια αύξηση της κατανάλωσης  $11 * 10^6 \text{ m}^3$  κατά γραμμικό τρόπο.
- α3 - Απόληψη για άρδευση της Κωπαΐδας  $15 * 10^6 \text{ m}^3$
- α4 - Εξασφάλιση αποθεμάτων ασφάλειας στην Υλίκη για την περίπτωση βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου τρίμηνης διάρκειας και για αρδευτικό νερό της Κωπαΐδας εξαμήνης διάρκειας (βλ. παρ. 5.2 και 5.3 τεύχος 14).
- α5 - Η προσομοίωση λειτουργίας του συστήματος ξεκινά την 1η Οκτωβρίου 1990.
- α6 - Συνολικά ωφέλιμα αποθέματα στο σύστημα την 1η Οκτωβρίου 1990:  $80 * 10^6 \text{ m}^3$
- α7 - Νεκρός όγκος Μόρνου  $40 * 10^6 \text{ m}^3$  και αντίστοιχα ωφέλιμη χωρητικότητα  $722 * 10^6 \text{ m}^3$  με ελάχιστη στάθμη λειτουργίας στα +362 m.
- Νεκρός όγκος Υλίκης  $10 * 10^6 \text{ m}^3$  και αντίστοιχη ωφέλιμη χωρητικότητα  $587 * 10^6 \text{ m}^3$  με ελάχιστη στάθμη στα +43 m.
- α8 - Παροχетеυτικότητα  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  για τον υδαταγωγό Μόρνου και  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$  για το υδραγωγείο Υλίκης
- α9 - Οι υδρολογικές συνθήκες θεωρείται ότι θα επανέλθουν στα επίπεδα πριν το 1988-89. Η τελευταία ξηρασία θεωρήθηκε καθαρά τυχαίο φαινόμενο χωρίς μόνιμο χαρακτήρα.
- α10- Η μηνιαία κατανομή κατανάλωσης ήταν εκείνη που προέκυψε από τα δεδομένα της ΕΥΔΑΠ (πίνακας 7, τεύχος 14).
- α11- Ο κανόνας λειτουργίας του συστήματος ήταν εκείνος της απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης, ο οποίος και αποδείχτηκε και ο καλύτερος για το σημερινό υδροδοτικό

σύστημα (παρ. 5.9, τεύχος 14).

a12- Η ενίσχυση ξεκινά από τον Ιανουάριο του 1991

Τα τρία σενάρια διαφέρουν ως προς την ενίσχυση του συστήματος από άλλες πηγές .

Το σενάριο Α αντιστοιχεί σε ενίσχυση 215.000 m<sup>3</sup>/ημέρα που είναι μία επιτεύξιμη τιμή στη σημερινή κρίσιμη κατάσταση με μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια. Το σενάριο Γ δεν περιλαμβάνει καμία ενίσχυση ενώ το σενάριο Β αντιστοιχεί σε μια ενδιάμεση τιμή της ενίσχυσης (100.000 m<sup>3</sup>/ημέρα).

Σημειώνεται ότι η παρούσα έκδοση του πακέτου (1.0) δεν επιτρέπει την εκκίνηση της προσομοίωσης σε χρονική περίοδο διαφορετική από την αρχή της προσομοίωσης. Έτσι για τις ανάγκες των παραπάνω σεναρίων κατασκευάστηκε ειδική έκδοση του προγράμματος προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος που επέτρεψε το ξεκίνημα της ενίσχυσης τον Ιανουάριο του 1991.

β. Τρία σενάρια (Δ, Ε, Ζ) λειτουργίας του συστήματος σε κανονικές συνθήκες υδροδότησης. Τα σενάρια αυτά δεν περιλαμβάνουν μείωση των απολήψεων για άρδευση της Κωπαΐδας ούτε και ενίσχυση του υδροδοτικού συστήματος από άλλες πηγές (δεξαμενόπλοια, γεωτρήσεις). Διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την αναμενόμενη κατανάλωση της Αθήνας για το υδρολογικό έτος 2010 - 11, που εκτιμήθηκε (τεύχος 12) σε  $500 * 10^6$  m<sup>3</sup> για το σενάριο Δ (αισιόδοξο),  $600 * 10^6$  m<sup>3</sup> για το σενάριο Ε (μέσο) και  $720 * 10^6$  m<sup>3</sup> για το σενάριο Ζ (απαισιόδοξο).

Οι κοινές παραδοχές των σεναρίων είναι οι ακόλουθες:

β1 - Υδατική κατανάλωση της Αθήνας κατά το υδρολογικό έτος 1990-91;  $385 * 10^6$  m<sup>3</sup> (βλ. τεύχος 12)

β2 - Απόληψη για άρδευση της Κωπαΐδας  $50 * 10^6$  m<sup>3</sup>

β3 - Πρόβλεψη αποθεμάτων ασφαλείας στην Υλίκη για την

περίπτωση βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου τρίμηνης διάρκειας και για εξασφάλιση του αρδευτικού νερού της Κωπαΐδας κάθε φορά για το επόμενο εξάμηνο (βλ. παρ. 5.2 και 5.3 τεύχος 14).

- β4 - Κατά την υδρολογική προσομοίωση έγινε εισαγωγή των δεδομένων της μηνιαίας εισροής στους ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης από τον Οκτώβριο του 1989 μέχρι και τον Μάιο του 1990 που ήταν γνωστές. Τα δεδομένα αυτά δίνονται από τον πίνακα 4.1 που ακολουθεί:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1  
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΡΟΗΣ ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΥΣ 1989-90  
ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΎΨΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (mm)

Μήνας	Μόρνος	Υλίκη
ΟΚΤ	15.5	4.2
ΝΟΕ	19.2	5.3
ΔΕΚ	34.3	6.5
ΙΑΝ	15.3	7.4
ΦΕΒ	1.9	4.6
ΜΑΡ	12.3	1.1
ΑΠΡ	18.3	0.0
ΜΑΙ	4.4	0.0

- β5 - Η προσομοίωση λειτουργίας του συστήματος ξεκινά την 1η Ιουλίου 1990

- β6 - Τα ωφέλιμα αποθέματα την 1η Ιουλίου 1990 είναι  $134.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για τον ταμιευτήρα Μόρνου και  $74.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για τη λίμνη Υλίκη.

- β7 - Ο νεκρός όγκος του ταμιευτήρα Μόρνου είναι  $40 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  με αντίστοιχη ωφέλιμη χωρητικότητα  $722 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  και ελάχιστη στάθμη λειτουργίας στα +362 m. Για την Υλίκη ο νεκρός όγκος είναι  $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για ελάχιστη στάθμη στα

+43 m και η αντίστοιχη χωρητικότητα  $587.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

β8 - Η παροχетеυτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου πάρθηκε ίση με  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  και η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

β9 - Οι υδρολογικές συνθήκες θεωρήθηκαν ίδιες με εκείνες που διαπιστώθηκαν από τα ιστορικά δείγματα.

β10 - Η μηνιαία κατανομή κατανάλωσης ήταν εκείνη που προέκυψε από τα δεδομένα της ΕΥΔΑΠ (πίνακας 7, τεύχος 14).

β11 - Ο κανόνας λειτουργίας ήταν εκείνος της απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης.

γ. Ένα σενάριο (Η) με αυξημένη κατανάλωση του 1990-91, στα επίπεδα που θα ήταν αν δεν παίρνονταν πρόσφατα μέτρα περιορισμού της κατανάλωσης, ήτοι  $457 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Η κατανάλωση του 2010 - 11 θεωρήθηκε ίση με  $600 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Οι υπόλοιπες παραδοχές μελέτης του υδροδοτικού συστήματος ήταν αυτές των σεναρίων κανονικών συνθηκών υδροδότησης (β2-β11).

Τα αποτελέσματα των δοκιμών προσομοίωσης για καθορισμό των πιθανοτήτων αστοχίας του συστήματος φαίνονται στους πίνακες 4.2 και 4.3. Από την μελέτη των πινάκων αυτών εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Τα μέτρα περιορισμού της κατανάλωσης δικαιώνονται απόλυτα, αφού από το σενάριο Η φαίνεται ότι οι πιθανότητες αστοχίας θα ήταν εξαιρετικά μεγάλες αν δεν περιορίζονταν η κατανάλωση.
2. Τα σενάρια κανονικών συνθηκών υδροδότησης δίνουν υψηλές πιθανότητες αστοχίας για την περίοδο που διανύουμε (περίπου 10% ετησίως), αλλά δείχνουν ότι θα συμβεί κάποια ανάκαμψη γύρω στο 1995. Το σενάριο Ε και Ζ δείχνουν εκ νέου αύξηση των πιθανοτήτων αστοχίας μετά το 2000, αλλά μέχρι τότε αναμένεται να έχουν ολοκληρωθεί τα οριστικά έργα ενίσχυσης της υδροδότησης.

3. Στη σημερινή περίοδο, φαίνεται ότι το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά μόνο με το σενάριο έκτακτης ανάγκης Α, δηλαδή με απόληψη για άρδευση της Κωπαίδας, μειωμένη στα  $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , και ενίσχυση του συστήματος με  $215.000 \text{ m}^3$  νερού την ημέρα. Η ενίσχυση της ύδρευσης μπορεί να γίνει με νέες γεωτρήσεις αλλά η πιο ασφαλής και γρήγορη λύση είναι η μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2  
 ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ  
 (ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΚΩΠΑΪΔΑΣ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΑΙΟ)

	ΣΕΝΑΡΙΟ Α	ΣΕΝΑΡΙΟ Β	ΣΕΝΑΡΙΟ Γ			
<b>Α. ΠΑΡΑΔΟΣΕΣ</b>						
Κατανάλωση 1990-91 ( $m^3 * 10^6$ )	370	370	370			
Ετήσια αύξηση κατανάλωσης $m^3 * 10^6$	11	11	11			
Απόληψη Κωπαΐδας ( $m^3 * 10^6$ )	15	15	15			
Ολικά Ωφέλιμα Αποθέματα στις 1 Οκτ. 1990 ( $m^3 * 10^6$ )	80	80	80			
Νεκρός όγκος Μόρνου ( $m^3 * 10^6$ )	40	40	40			
Νεκρός όγκος Υλίκης ( $m^3 * 10^6$ )	10	10	10			
Ημερήσια Ενίσχυση ( $m^3/ημ.$ )	215.000	100.000	0			
<b>Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>						
Πιθανότητες αστοχίας συστήματος	Μερική %	Ολική %	Μερική %	Ολική %	Μερική %	Ολική %
Υδρ. έτος 1990-91	0.4	0.4	1.6	1.6	3.2	3.2
" " 1991-92	0.6	0.6	1.2	1.6	2.4	3.4
" " 1992-93	<0.2	0.6	0.2	1.8	0.2	3.4
" " 1993-94	<0.2	0.6	<0.2	1.8	0.2	3.4
" " 1994-95	<0.2	0.6	<0.2	1.8	0.2	3.4
" " 1995-96	<0.2	0.6	<0.2	1.8	0.2	3.6
" " 1996-97	<0.2	0.6	<0.2	1.8	<0.2	3.6
" " 1997-98	<0.2	0.6	<0.2	1.8	<0.2	3.6
" " 1998-99	<0.2	0.6	<0.2	1.8	<0.2	3.6
" " 1999-00	<0.2	0.6	<0.2	1.8	<0.2	3.6

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3  
 ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ  
 (ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΚΩΠΑΪΔΑΣ - ΧΩΡΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗ)

	ΣΕΝΑΡΙΟ Δ		ΣΕΝΑΡΙΟ Ε		ΣΕΝΑΡΙΟ Ζ		ΣΕΝΑΡΙΟ Η	
<b>Α. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ</b>								
Κατανάλωση 1990-91 (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	385		385		385		457	
Κατανάλωση 2010-11 (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	500		600		720		600	
Ετήσια αύξηση κατανάλωσης (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	5.8		10.8		16.8		7.1	
Απόληψη Κωπαΐδας (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	50		50		50		50	
Ωφέλιμα Αποθέματα Μόρνου στις 1 Ιουλ. 1990 (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	134.3		134.3		134.3		134.3	
Ωφέλιμα Αποθέματα Υλίκης στις 1 Ιουλ. 1990 (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	74.3		74.3		74.3		74.3	
Νεκρός όγκος Μόρνου (m <sup>3</sup> *10 <sup>6</sup> )	40		40		40		40	
Νεκρός όγκος Υλίκης (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	10		10		10		10	
<b>Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>								
Πιθανότητες αστοχίας συστήματος	Μερική %	Ολική %	Μερική %	Ολική %	Μερική %	Ολική %	Μερική %	Ολική %
Υδρ. έτος 1989-90	0	0	0	0	0	0	50.5	50.5
" " 1990-91	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	78.0	88.5
" " 1991-92	10.5	13.0	10.5	13.0	11.0	13.0	32.5	89.5
" " 1992-93	6.5	14.5	7.0	14.5	8.5	15.0	22.0	90.0
" " 1993-94	2.5	14.5	4.0	15.5	4.0	15.0	16.0	90.5
" " 1994-95	1.5	14.5	2.5	16.0	2.5	15.5	14.5	91.0
" " 1995-96	0	14.5	0.5	16.0	1.0	16.0	11.0	91.5
" " 1996-97	0	14.5	0.5	16.5	1.0	16.5	11.0	91.5
" " 1997-98	0	14.5	1.0	17.0	2.0	18.0	9.0	91.5
" " 1998-99	0	14.5	0.0	17.0	1.0	18.0	8.5	91.5
" " 1999-00	0	14.5	0.0	17.0	3.0	19.5	10.5	92.0
" " 2000-01	0	14.5	1.5	18.5	5.0	21.0	11.5	92.0
" " 2001-02	0	14.5	2.0	19.0	11.0	25.0	14.5	92.0
" " 2002-03	0	14.5	1.5	19.0	16.5	30.5	17.0	92.5
" " 2003-04	0	14.5	1.0	19.0	26.5	39.0	18.0	93.0
" " 2004-05	0	14.5	1.0	19.0	37.5	50.5	22.0	94.0
" " 2005-06	0	14.5	5.5	23.0	57.0	65.5	27.0	94.0
" " 2006-07	0	14.5	11.0	27.0	70.0	77.5	33.0	94.5
" " 2007-08	0	14.5	16.0	31.0	84.0	87.5	38.5	94.5
" " 2008-09	0	14.5	20.5	36.5	92.0	95.0	41.0	94.0
" " 2009-10	0.5	15.0	26.0	42.0	96.5	98.5	50.5	95.0

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Askew A.J. (1974a). "Optimum reservoir operating policies and the imposition of a reliability constraint", Water Resour. Res. 10(1), 51-56.
- Becker L. and W.W-G. Yeh (1974). "Optimization of real-time operation of multiplereservoir systems", Water Resour. Res. 10(6), 1107-1112.
- Biswas A.K. (editor) (1976). "Systems Approach to Water Management" Mc. Graw Hill.
- Box G.E.P. and Jenkins G.M. (1970), "Time Series Analysis, Forecasting and Control", Holden Day, San Francisco, Fiering M.B. (1967) "Streamflow Synthesis", McMillan, London.
- Brune G.B. (1953), "Collection of Basin Data on Sedimentation" USDA, SCS, Milwaukee Wisc.
- Churchill M.A. discussion of "Analysis and Use of Reservoir Sedimentation Data" by L.C. Gottschalk, Proceedings of the Federal Interagency Conference Denver, Col. pp 139-140 (Published by USBR, Denver, Colorado).
- Dagli C.H. and J.F. Miles (1980). "Determining operating policies for a water resource system", J. Hydrol. 47(34) 297-306.
- Fiering M.B. (1967). "Streamflow Synthesis", Mc Milan London.
- Gomide, F.L.S. (1978), "Markovian inputs and the Hurst phenomenon", J. Hydrol. 37, 23-45.
- Honck M.H. and J.L. Cohon (1978). "Sequential Explicitly Stochastic Linear Programming Models. A Proposed Method for Design and Management of multi-purpose reservoir system", Water Resour. Res. 14(2), 161-168.
- Hoshi, K. and Burges (1979), "Disaggregation of Streamflow Volumes", Journal of the Hydraulics Division, Proceedings ASCE, vol. 105, no. HY1, pp. 27-41.
- Hurst H.E. (1951), "Long term storage capacity of reservoirs", Trans ASCE, 116, paper 2447, 707-80.
- Hurst H.E., Black R.P. and Simaika Y.M. (1965). "Long-term Storage. An Experimental Study". Constable, London.
- Kendall, M.G. and Stuart, A. (1963), "The advanced theory of Statistics", vol. 1, Distribution theory, 2nd edition, C. Griffin & Co, London.
- Kirby W. (1972), "Computer-Oriented Wilson-Hlfecy Transformation that preserves the first three Moments nad the lower bound of the Pearson type 3 distribution", Water Rerour. Res. 8 (5), pp 1251-54.

- Kottegoda N.T. (1980), "Stochastic Water Resources Technology", Mc Millan, London.
- Κουτσογιάννης, Δ. (1988), Μοντέλο επιμερισμού σημειακής βροχόπτωσης, Διδακτορική διατριβή, Τόμος Β, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης Δ. - Κ. Ταρλά (1987). "Εκτιμήσεις Στερεοαπορροής στην Ελλάδα", Τεχνικά Χρονικά, Α' Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, Τόμος 7, Τεύχος 3.
- Koutsoyiannis, D. and Xanthopoulos, Th. (1990), "A dynamic model for short-scale rainfall disaggregation", Hydrol. Sci. J., Vol. 43 (6).
- Loucks D.P. (1970). "Some Comments on Linear Decision Rules and Chance Constraints", Water Resour. Res. 6(2), 668-671.
- Mandelbrot B.B. (1971), "A fast fractional a gaussian noise generator", Water Resour. Res. 7, 543-53.
- Mandelbrot B.B. and Wallis J.R. (1968), "Noah, Joseph and operational hydrology", Water Resour. Res. 4, 909-20.  
 (1969a), "Computer experiments with fractional gaussian noises, parts 1, 2 and 3, Water Resour. Res. 5, 228-67.  
 (1969b), "Some long-run properties at geophysical records", Water Resour. Res. 5, 321-4a.
- Matalas, N.C. and Wallis (1976), J.R., "Generation of synthetic flow sequences, in Systems approach to water management", A.K. Biswas editor, McGraw Hill.
- Mejia, J. M. and Rousselle (1976), "Disaggregation Models in Hydrology Revisited", Water Resources Research, vol. 12, no. 2, pp. 185-186.
- Mimikou M. (1982), "An investigation of suspended sediment curves in Western and Northern Greece", Hydrol. Sci. Jour. 27, 3, 369-383.
- Mimikou M. and I. Nalbantis (1987), "Influence of reservoir inflows persistence on Storage capacity", International Journal of Modeling at Simulation, IASTED, Vol, 7, No 29.
- Μπώκου Δ. (1990), "Εναλλακτικά μοντέλλα εισροής και αξιοπιστία ταμιευτήρα", Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Ναλμπάντης Ι. (1988), "Η εμμονή και η Επίδρασή της στο σχεδιασμό ταμιευτήρα", Τεχνικά Χρονικά - Επιστημονική έκδοση ΤΕΕ (Α - 1988), τομ. 8, τεύχος 2.
- Ξανθόπουλος Θεμ. (1987), "Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία", ΕΜΠ, Αθήνα.
- Pegram, G.G.S. (1980). "On Reservoir Reliability". Journal of Hydrology, 47, 269-296.

- Revelle C., E. Joeres and W. Kirby (1969). "The Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design. 2. Performance Optimization". Water Resour. Res. 6(4), 1033-1044.
- Revelle C. and J. Gundelach (1975). "Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design. 4. A Rule that Minimizes output Variance", Water Resour. Res. 11(2), 197-203.
- Rippl W. (1883). "The Capacity of Storage reservoirs for Water Supply", Proc. Inst. Civ. Eng. , 71, 270-8.
- Schultz G.A. (1976). "Determination of Deficiencies of the Ripple-diargam", XII congres for Large Dams, Q46, R.1, Mexico.
- Simonovic S.P. and M.A. Marino (1980). "Reliability Programming in Reservoir Management. 1. Single Multipurpose Reservoir", Water Resour. Res. 16(5), 844-848.
- Stedinger, J. R. and Vogel (1984), "Disaggregation Procedures for Generating Serially Correlated Flow Vectors", Water Resources Research, vol. 20, no. 1, pp. 47-56.
- Tao, P. C. and Delleur (1976), "Multistation, Multiyear Synthesis of Hydrologic Time Series by Disaggregation", Water Resources Research, vol. 12, no. 6, pp. 1303-1312.
- Thomas, H.A. and Fiering, M.B. (1962), "Mathematical synthesis of streamflow sequences for the analysis of river basins by simulation", Water Resource Systems (eds A. Maass et al.), Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, chapter 12, pp 454-93.
- Todini, E. (1980), "The preservation of skewness in linear disaggregation schemes", J. Hydrol, 47, 199-214.
- Turgeon A. (1981b). "A Decomposition method for the Long-term Scheduling of Reservoir in Series", Water Resour. Res. 17(6), 1565-1570.
- Valencia, D. and Schaake (1972), J.C., "A disaggregation model for time series analysis and synthesis", Report no. 149, Ralph M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.
- Valencia D. and Schaake (1973), "Disaggregation Processes in Stochastic Hydrology", Water Resources Research, vol. 9, no. 3, pp. 211-219.
- Vanoni V.A. editor (1977), "Sedimentation Engineering" ASCE, New York.
- W.M.O. (1983), "Guide to Hydrological Practices", Volume II, Chapter 7 - Applications to Water Management.

Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α Α

ΑΡΧΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

---

- A.1 Αρχείο συνοπτικών αποτελεσμάτων προσομοίωσης
- A.2 Αρχείο αναλυτικών αποτελεσμάτων προσομοίωσης

---

 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

! Υπολογισός πιθανοτήτων αστοχίας !

! για δεδομένο σενάριο ζήτησης !

Έκδοση 1.0

Σύνταξη : Δ. Κουτσογιάννης, Ι. Ναλμπάντης, Κ. Τσαλακίδης (1990)

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

 ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
 

---

 1. Δ Ε Δ Ο Μ Ε Ν Α Π Ρ Ο Σ Ο Μ Ο Ι Ω Σ Η Σ
 

---

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 4003

Αρχείο υδρολογικών δεδομένων : moryliF.oul

Αριθμός σειρών προσομοίωσης : 200

Αριθμός ετών προσομοίωσης : 21

Εκκίνηση προσομοίωσης : 1η Ιουνίου

	Μόρνος	Υλίκη	Σύνολο
Αρχικό απόθεμα ( εκ. m <sup>3</sup> ) :	134.30	74.30	208.60
Νεκρό απόθεμα ( εκ. m <sup>3</sup> ) :	40.00	10.00	50.00
Ωφ. χωρητικότητα ( εκ. m <sup>3</sup> ) :	722.00	587.50	1309.50
Παραχτετευτικότητα ( m <sup>3</sup> /sec ) :	23.00	7.50	

 Πρόσθετη Εισροή ( σε χιλιάδες m<sup>3</sup>/ημέρα ) : 0

Περίπτωση λειτουργίας : Συνδυασμένη εκμετάλλευση Μόρνου-Υλίκης

Κανόνας λειτουργίας : Απόλυτη προτεραιότητα Υλίκης

Σενάριο εξέλιξης της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας :

 Γραμμικά αύξουσα ζήτηση από 368.20 εκ. m<sup>3</sup>

 με ετήσιο ρυθμό 16.80 εκ. m<sup>3</sup>

 Ζήτηση Κωπαίδας ( εκ. m<sup>3</sup> ) : 50.00

## 2. Α Π Ο Τ Ε Λ Ε Σ Μ Α Τ Α Π Ρ Ο Σ Ο Μ Ο Ι Ω Σ Η Σ

* ΜΕΣΑ ΕΤΗΣΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ				
		Μόρνος	Υλίκη	Σύνολο
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ</b>				
Απορροή	:	311.60	351.72	663.32
Βροχή	:	8.19	6.43	14.62
ΣΥΝΟΛΟ	:	319.79	358.15	677.94
<b>ΕΚΡΟΕΣ</b>				
Υδρουση	:	297.76	214.63	512.39
Αρδευση	:	0.00	46.98	46.98
Εξάτμιση	:	14.98	22.29	37.27
Διαφυγή	:	6.08	65.55	71.63
Υπερχείλιση	:	2.42	2.57	4.99
Διαφ. Αποθ.	:	-1.45	6.12	4.68
ΣΥΝΟΛΟ	:	319.79	358.15	677.94

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ( % ) ΓΙΑ ΤΑ ΕΠΟΜΕΝΑ 21 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ  
ΕΤΟΣ Μερική Αθροιστική

1	0.0000	0.0000
2	9.5000	9.5000
3	11.0000	12.5000
4	8.5000	15.0000
5	4.0000	15.0000
6	2.5000	15.5000
7	1.0000	16.0000
8	1.0000	16.5000
9	2.0000	18.0000
10	1.0000	18.0000
11	3.0000	19.5000
12	5.0000	21.0000
13	11.0000	25.0000
14	16.5000	30.5000
15	25.5000	39.0000
16	37.5000	50.5000
17	57.0000	65.5000
18	70.0000	77.5000
19	84.0000	87.5000
20	92.0000	95.0000
21	96.5000	98.5000

ΜΕΣΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ( % ) ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ 21 \* 200 ΕΤΩΝ

$\alpha'1 = 25.6429$        $\alpha'2 = 9.5694$        $\alpha'3 = 5.9152$

---

 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

| Υπολογισμός πιθανοτήτων αστοχίας |

| για δεδομένο σενάριο ζήτησης |

Έκδοση 1.0

Σύνταξη : Δ. Κουτσογιάννης, Ι. Ναλμπάντης, Κ. Τσολακίδης (1990)

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

 ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
 

---

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 9999

ΣΕΙΡΑ	ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	ΟΓΚΟΣ		ΑΠΟΛΗΨΗ ( ΕΚ. Μ3 )	
			Μόρνος	Υλίκη	Μόρνος	Υλίκη
1	1	9	108.9	71.5	43.4	0.0
1	1	10	67.3	68.9	46.9	0.0
1	1	11	25.4	71.4	45.3	0.0
1	1	12	4.9	56.6	23.2	19.4
1	2	1	0.0	43.7	13.4	19.4
1	2	2	56.2	58.2	16.6	19.4
1	2	3	233.2	276.1	16.6	19.4
1	2	4	293.7	384.6	13.9	19.4
1	2	5	332.9	444.4	11.2	19.4
1	2	6	346.2	486.5	15.0	19.4
1	2	7	356.1	507.8	15.8	19.4
1	2	8	347.1	485.8	20.9	19.4
1	2	9	326.4	439.6	24.0	19.4
1	2	10	300.3	381.8	27.4	19.4
1	2	11	274.5	332.1	25.9	19.4
1	2	12	251.2	303.5	23.2	19.4
1	3	1	230.6	270.9	21.2	19.4
1	3	2	215.8	251.5	16.6	19.4
1	3	3	234.3	238.2	16.6	19.4
1	3	4	267.8	245.0	13.9	19.4
1	3	5	317.0	294.2	11.2	19.4
1	3	6	333.6	302.4	15.0	19.4
1	3	7	344.5	289.5	15.8	19.4
1	3	8	340.5	264.5	20.9	19.4
1	3	9	322.4	233.0	24.0	19.4
1	3	10	297.1	183.9	27.4	19.4
1	3	11	271.2	144.1	25.9	19.4
1	3	12	247.3	128.6	23.2	19.4
1	4	1	238.8	130.3	21.2	19.4
1	4	2	241.0	149.4	16.6	19.4
1	4	3	275.3	226.2	16.6	19.4
1	4	4	424.4	353.7	13.9	19.4
1	4	5	466.2	401.3	11.2	19.4
1	4	6	498.9	445.7	15.0	19.4
1	4	7	518.2	463.0	15.8	19.4
1	4	8	526.2	454.1	20.9	19.4
1	4	9	512.9	416.0	24.0	19.4
1	4	10	488.7	358.8	27.4	19.4
1	4	11	460.6	314.1	25.9	19.4
1	4	12	442.4	314.4	23.2	19.4
1	5	1	427.4	305.4	21.2	19.4
1	5	2	419.1	297.5	16.6	19.4
1	5	3	433.6	284.7	16.6	19.4

1	5	4	473.0	285.3	13.9	19.4
1	5	5	501.8	284.7	11.2	19.4
1	5	6	508.1	265.9	15.0	19.4
1	5	7	533.3	269.6	15.8	19.4
1	5	8	539.0	250.1	20.9	19.4
1	5	9	527.7	216.3	24.0	19.4
1	5	10	497.6	173.2	27.4	19.4
1	5	11	470.1	132.5	25.9	19.4
1	5	12	446.0	114.3	23.2	19.4
1	6	1	438.2	132.4	21.2	19.4
1	6	2	470.3	135.2	16.6	19.4
1	6	3	475.0	152.4	16.6	19.4
1	6	4	462.8	268.3	13.9	19.4
1	6	5	493.8	324.2	11.2	19.4
1	6	6	528.5	351.8	15.0	19.4
1	6	7	557.9	373.4	15.8	19.4
1	6	8	565.6	354.1	20.9	19.4
1	6	9	552.0	316.3	24.0	19.4
1	6	10	527.6	263.8	27.4	19.4
1	6	11	501.7	223.4	25.9	19.4
1	6	12	478.2	198.0	23.2	19.4
1	7	1	462.5	193.4	21.2	19.4
1	7	2	449.1	180.6	16.6	19.4
1	7	3	445.8	156.5	16.6	19.4
1	7	4	508.6	197.6	13.9	19.4
1	7	5	550.4	232.0	11.2	19.4
1	7	6	569.4	269.5	15.0	19.4
1	7	7	573.6	267.9	15.8	19.4
1	7	8	587.5	272.9	20.9	19.4
1	7	9	582.3	236.4	24.0	19.4
1	7	10	553.2	188.4	27.4	19.4
1	7	11	528.3	150.3	25.9	19.4
1	7	12	506.3	140.8	23.2	19.4
1	8	1	486.0	132.7	21.2	19.4
1	8	2	525.3	128.8	16.6	19.4
1	8	3	565.3	140.2	16.6	19.4
1	8	4	581.0	144.5	13.9	19.4
1	8	5	636.6	183.2	11.2	19.4
1	8	6	646.0	220.5	15.0	19.4
1	8	7	656.2	241.3	15.8	19.4
1	8	8	655.1	234.8	20.9	19.4
1	8	9	636.4	205.8	24.0	19.4
1	8	10	612.2	162.9	27.4	19.4
1	8	11	584.9	129.5	25.9	19.4
1	8	12	561.2	112.1	23.2	19.4
1	9	1	557.7	109.9	21.2	19.4
1	9	2	557.2	109.9	16.6	19.4
1	9	3	559.4	108.6	16.6	19.4
1	9	4	581.8	122.8	13.9	19.4
1	9	5	599.1	131.4	11.2	19.4
1	9	6	592.4	147.4	15.0	19.4
1	9	7	593.9	150.3	15.8	19.4
1	9	8	578.6	140.8	24.6	15.7
1	9	9	544.8	131.0	43.4	0.0
1	9	10	500.1	105.1	43.1	3.8
1	9	11	475.7	71.8	25.9	19.4
1	9	12	454.5	60.5	23.2	19.4

1	10	1	434.2	49.8	21.2	19.4
1	10	2	418.3	31.9	16.6	19.4
1	10	3	430.4	19.1	16.6	19.4
1	10	4	455.2	36.6	13.9	19.4
1	10	5	483.5	66.5	30.6	0.0
1	10	6	472.5	114.7	34.5	0.0
1	10	7	477.5	139.3	21.6	13.6
1	10	8	475.1	140.8	25.4	14.9
1	10	9	436.5	131.2	42.8	0.6
1	10	10	398.8	101.8	46.9	0.0
1	10	11	365.2	71.4	38.3	7.0
1	10	12	345.8	54.8	23.2	19.4
2	1	9	94.3	76.4	43.4	0.0
2	1	10	49.8	74.3	46.9	0.0
2	1	11	5.4	71.4	45.3	0.0
2	1	12	0.0	52.1	5.8	19.4
2	2	1	10.4	59.0	21.2	19.4
2	2	2	87.0	76.1	16.6	19.4
2	2	3	177.0	185.1	16.6	19.4
2	2	4	261.3	273.6	13.9	19.4
2	2	5	283.4	362.4	11.2	19.4
2	2	6	300.3	429.5	15.0	19.4
2	2	7	311.9	459.0	15.8	19.4
2	2	8	324.1	472.8	20.9	19.4
2	2	9	312.4	436.1	24.0	19.4
2	2	10	285.3	386.6	27.4	19.4
2	2	11	264.6	334.3	25.9	19.4
2	2	12	244.9	306.6	23.2	19.4
2	3	1	258.0	312.9	21.2	19.4
2	3	2	301.4	297.2	16.6	19.4
2	3	3	332.8	322.4	16.6	19.4
2	3	4	356.1	343.4	13.9	19.4
2	3	5	374.7	337.7	11.2	19.4
2	3	6	385.6	363.1	15.0	19.4
2	3	7	387.9	340.1	15.8	19.4
2	3	8	374.9	308.9	20.9	19.4
2	3	9	356.5	274.9	24.0	19.4
2	3	10	329.7	231.9	27.4	19.4
2	3	11	309.4	187.4	25.9	19.4
2	3	12	294.4	176.7	23.2	19.4
2	4	1	293.6	168.1	21.2	19.4
2	4	2	298.7	191.0	16.6	19.4
2	4	3	378.2	283.6	16.6	19.4
2	4	4	409.6	324.3	13.9	19.4
2	4	5	425.9	340.1	11.2	19.4
2	4	6	453.3	397.7	15.0	19.4
2	4	7	467.4	406.5	15.8	19.4
2	4	8	466.7	382.8	20.9	19.4
2	4	9	446.5	347.5	24.0	19.4
2	4	10	427.4	298.0	27.4	19.4
2	4	11	402.3	259.3	25.9	19.4
2	4	12	381.2	246.5	23.2	19.4
2	5	1	365.2	251.6	21.2	19.4
2	5	2	378.8	244.0	16.6	19.4
2	5	3	390.0	247.7	16.6	19.4
2	5	4	399.6	257.2	13.9	19.4
2	5	5	439.4	282.0	11.2	19.4

2	5	6	474.0	302.8	15.0	19.4
2	5	7	491.7	295.2	15.8	19.4
2	5	8	490.5	262.3	20.9	19.4
2	5	9	474.1	231.1	24.0	19.4
2	5	10	448.8	179.7	27.4	19.4
2	5	11	432.1	141.1	25.9	19.4
2	5	12	416.7	131.2	23.2	19.4
2	6	1	421.1	143.8	21.2	19.4
2	6	2	439.4	157.7	16.6	19.4
2	6	3	457.9	182.5	16.6	19.4
2	6	4	501.5	222.0	13.9	19.4
2	6	5	534.2	276.3	11.2	19.4
2	6	6	544.6	287.4	15.0	19.4
2	6	7	563.2	275.8	15.8	19.4
2	6	8	561.3	254.0	20.9	19.4
2	6	9	545.8	228.6	24.0	19.4
2	6	10	521.6	184.1	27.4	19.4
2	6	11	494.4	149.7	25.9	19.4
2	6	12	470.5	137.5	23.2	19.4
2	7	1	508.3	160.4	21.2	19.4
2	7	2	534.0	184.8	16.6	19.4
2	7	3	534.0	197.0	16.6	19.4
2	7	4	584.8	252.6	13.9	19.4
2	7	5	620.3	290.0	11.2	19.4
2	7	6	651.4	328.2	15.0	19.4
2	7	7	665.0	334.6	15.8	19.4
2	7	8	661.6	314.5	20.9	19.4
2	7	9	640.8	292.5	24.0	19.4
2	7	10	612.2	245.4	27.4	19.4
2	7	11	587.2	206.6	25.9	19.4
2	7	12	564.8	192.9	23.2	19.4
2	8	1	543.1	184.9	21.2	19.4
2	8	2	543.7	170.5	16.6	19.4
2	8	3	557.2	155.9	16.6	19.4
2	8	4	571.0	145.8	13.9	19.4
2	8	5	583.0	130.3	11.2	19.4
2	8	6	605.0	169.4	15.0	19.4
2	8	7	614.5	174.8	15.8	19.4
2	8	8	608.1	149.4	20.9	19.4
2	8	9	580.2	131.2	35.8	7.6
2	8	10	537.7	105.1	45.2	1.7
2	8	11	506.3	71.4	29.0	16.4
2	8	12	480.8	58.3	23.2	19.4
2	9	1	460.6	45.6	21.2	19.4
2	9	2	451.4	64.5	16.6	19.4
2	9	3	472.4	84.8	16.6	19.4
2	9	4	533.9	146.9	13.9	19.4
2	9	5	574.9	194.2	11.2	19.4
2	9	6	584.4	225.8	15.0	19.4
2	9	7	591.1	239.7	15.8	19.4
2	9	8	582.2	228.2	20.9	19.4
2	9	9	560.9	194.9	24.0	19.4
2	9	10	532.6	148.0	27.4	19.4
2	9	11	504.7	111.9	25.9	19.4
2	9	12	486.1	110.7	23.2	19.4
2	10	1	473.2	119.3	21.2	19.4
2	10	2	505.1	113.1	16.6	19.4

2	10	3	515.1	104.3	16.6	19.4
2	10	4	512.6	108.0	13.9	19.4
2	10	5	568.2	124.1	11.2	19.4
2	10	6	595.9	167.4	15.0	19.4
2	10	7	607.4	179.7	15.8	19.4
2	10	8	601.0	163.1	20.9	19.4
2	10	9	587.8	131.2	25.8	17.6
2	10	10	541.2	102.1	46.9	0.0
2	10	11	510.3	71.4	31.6	13.7
2	10	12	488.2	54.9	23.2	19.4

Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α Β

ΑΡΧΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

---

- B.1 Αρχείο MORNLIK.INH
- B.2 Αρχείο MORNLIK.INL
- B.3 Αρχείο AUXINF.INP
- B.4 Αρχείο TECHINF.INP
- B.5 Αρχείο CURVE.INP

# ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΠΟΡΡΩΝ ΜΟΡΝΟΥ ΚΑΙ Β. ΚΗΦΙΣΟΥ  
# Τύπος κατανομής (0 = Gauss, 1 = Γάμα)  
1

# Μορφή με την οποία δίνονται οι τρίτες ροπές:  
# (0 = δεν δίνονται, 1 = δίνονται τα  $\mu_3$ , 2 = δίνονται τα Cs,  
# 3 = δίνονται τα Cs/Cv)  
0

# Μέγιστο μήκος συνθετικού δείγματος  
10000

# Μέσες Τιμές  
# Μόρνος Υλική (Β. Κηφισός)  
573.0 165.8

# Διασπορές  
19530.6 3316.8

# Τρίτες Ροπές - Μόνο αν πρέπει να δοθούν

# Συντελεστές αυτοσυσχέτισης  
0.03 0.00

# Συντελεστές ετεροσυσχέτισης  
# Εισάγονται τα στοιχεία μέχρι τη διαγώνια  
1.00  
0.76 1.00

# Περιορισμοί (Προαιρετικοί, 0 1 = όχι περιορισμοί)

# Έλεγχος  
99

# ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΑΠΟΡΡΩΩΝ ΜΟΡΝΟΥ ΚΑΙ Β. ΚΗΦΙΣΟΥ

# (Πρώτος μήνας του υδρολογικού έτους ο Οκτώβριος)

# Τύπος κατανομής (0 = Gauss, 1 = Γάμα)

1

# Μορφή με την οποία δίνονται οι τρίτες ροπές:

# (0 = δεν δίνονται, 1 = δίνονται τα μ3, 2 = δίνονται τα Cs,

# 3 = δίνονται τα Cs/Cv)

3

# Μήκος συνθετικού αθροιστικού δείγματος

10000

# Μέσες Τιμές

# Μία γραμμή αντιστοιχεί στις διάφορες θέσεις του ίδιου βήματος

# ΜΟΡΝΟΣ ΥΛΙΚΗ (Β. ΚΗΦΙΣΟΣ)

21.9 10.0

55.6 12.6

87.6 22.0

93.1 26.1

86.2 26.4

71.7 31.5

59.8 20.1

43.2 9.4

24.2 1.9

11.5 0.2

9.4 0.6

8.7 4.9

# Διασπορές

# Μία γραμμή αντιστοιχεί στις διάφορες θέσεις του ίδιου βήματος

622.6 24.5

1694.1 22.3

2563.9 351.1

3363.3 201.1

2150.5 106.6

657.7 82.5

302.4 113.9

355.2 51.7

112.2 7.3

49.3 0.3

30.2 1.6

27.2 11.6

# Τρίτες Ροπές - Μόνο αν πρέπει να δοθούν

# Μία γραμμή αντιστοιχεί στις διάφορες θέσεις του ίδιου βήματος

2 2

2 2

2 2

2 2

2 2

2 2

2	1.3
2	1.3
2	2
2	1.3
2	1.3
2	2

# Συντελεστές αυτοσυσχέτισης

# Μία γραμμή αντιστοιχεί στις διάφορες θέσεις του ίδιου βήματος

0.16	0.59
0.32	0.65
0.01	0.46
0.25	0.60
0.31	0.59
0.23	0.26
0.73	0.78
0.78	0.80
0.48	0.45
0.00	0.54
0.20	0.47
0.75	0.56

# Συντελεστές ετεροσυσχέτισης

# Μία γραμμή αντιστοιχεί στους συντελεστές μιας θέσης με τις άλλες

# Εισάγονται τα στοιχεία μέχρι τη διαγώνια

#1

1.00	
0.66	1.00

#2

1.00	
0.37	1.00

#3

1.00	
0.55	1.00

#4

1.00	
0.79	1.00

#5

1.00	
0.50	1.00

#6

1.00	
0.50	1.00

#7

1.00	
0.69	1.00

#8

1.00

0.75 1.00

#9

1.00

0.00 1.00

#10

1.00

0.00 1.00

#11

1.00

0.00 1.00

#12

1.00

0.68 1.00

# Περιορισμοί (Προαιρετικοί, 0 1 = όχι περιορισμός)

0 1

0 1

0 1

0 1

0 1

0 1

0 0.85

0 0.85

0 1

0 1

0 1

0 0.85

# Έλεγχος

99

## # ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ - [1]

# Συντελεστές Ανισοκατανομής της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας

1.05 0.93 0.93 0.86 0.79 0.89 0.91 1.04 1.12 1.21 1.17 1.10

#

# Συντελεστές Ανισοκατανομής της ζήτησης για αρδευση της Κωπαίδας

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.31 0.86 2.11 4.78 3.94 0.0

#

# Συντελεστές σχέσης στάθμης-απωλειών για τους χειμερινούς μήνες

# Ταμιευτήρας Μόρνου

390.0 0 0.022865 0.132710 0 0

# Λίμνη Υλίκη

0.0 0.01242213 -0.9990611 22.16105 0.0 5.959663

#

# Συντελεστές σχέσης στάθμης-απωλειών για τους θερινούς μήνες

# Ταμιευτήρας Μόρνου

390.0 0 0.022865 0.132710 0 0

# Λίμνη Υλίκη

0.0 0.01242213 -0.9990611 17.46105 0.0 2.636048

#

# Ελάχιστες Μηνιαίες εισροές στην Υλίκη

0 8 21 24 29 29 11 0 0 0 0 0

#

# Συντελεστές Παλινδρόμησης σχέσης βροχής-απορροής

# Ταμιευτήρας Μόρνου

4.04 2.43 1.69 2.32 0.53 1.68

2.09 0.24 -0.05 2.32 0.45 0.84

# Λίμνη Υλίκη

4.71 1.76 1.32 2.18 -0.01 2.37

2.31 0.15 0.11 -3.09 2.51 -0.2

#

# Σταθερά σχέσης βροχής-απορροής

# Ταμιευτήρας Μόρνου

68.41 116.73 107.17 39.34 136.39 24.78

-25.57 55.3 52.62 18.51 16.79 21.78

# Λίμνη Υλίκη

15.07 33.43 57.18 14.93 62.02 -16.98

-13.76 15.22 13.5 7.65 7.43 17.44

#

# Μέσες Μηνιαίες εξατμίσεις

# Ταμιευτήρας Μόρνου

66.1 35.7 25.2 29.8 39.4 76

113.1 165.6 205.4 223.6 195.9 133.1

# Λίμνη Υλίκη

72.4 40.4 28.2 30.3 43.4 69.8

116.4 170.3 211.4 230.4 211.5 139.1

#

# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ - [2]

# Ολικές χωρητικότητες Μόρνου , Υλίκης, Μαραθώνα σε εκ. m<sup>3</sup>  
762 597.5 40.8

#-----

# Επιφάνειες λεκανών Μόρνου , Υλίκης (Β. Κηφισού) σε km<sup>2</sup>  
557 2130.6

#-----

# Παραχτευτικότητα υδραγωγείων Μόρνου , Υλίκης σε m<sup>3</sup>/sec  
23 7.5

#-----

# ΑΡΧΕΙΟ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΤΑΘΜΗΣ-ΟΓΚΟΥ-ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

# Αριθμός σημείων καμπύλης Στάθμης-όγκου ταμειυτήρα Μόρνου  
64

#

# Τιμές στάθμης, καμπύλης στάθμης-όγκου ταμειυτήρα Μόρνου σε m .

320.0	330.0	340.0	350.0	360.0	370.0
378.6	379.0	380.0	381.0	382.0	383.0
384.0	385.0	386.0	387.0	388.0	389.0
390.0	391.0	392.0	393.0	394.0	395.0
396.0	397.0	398.0	399.0	400.0	401.0
402.0	403.0	404.0	405.0	406.0	407.0
408.0	409.0	410.0	411.0	412.0	413.0
414.0	415.0	416.0	417.0	418.0	419.0
420.0	421.0	422.0	423.0	424.0	425.0
426.0	427.0	428.0	429.0	430.0	431.0
432.0	433.0	434.0	435.0		

#

# Τιμές όγκου, καμπύλης στάθμης-όγκου ταμειυτήρα Μόρνου σε εκ. m<sup>3</sup> .

-1.0e-40	0.65	4.19	14.71	34.13	64.60
100.50	103.00	108.00	113.80	118.60	125.00
132.90	137.80	144.50	151.00	158.20	165.80
173.20	181.10	189.10	197.10	205.20	213.50
222.50	232.00	241.00	250.90	260.00	270.50
281.10	292.50	303.00	314.50	325.20	337.00
348.80	360.00	372.00	385.50	398.80	412.00
425.90	439.20	453.00	467.10	480.00	496.00
510.80	526.00	541.90	557.50	573.10	589.00
595.00	621.80	638.50	654.80	671.20	688.10
708.00	725.50	743.80	762.00		

#

# Αριθμός σημείων καμπύλης στάθμης-όγκου λίμνης Υλίκης

41

#

# Τιμές στάθμης, καμπύλης στάθμης-όγκου λίμνης Υλίκης σε m .

40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51
52	53	54	55	56	57
58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69
70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	

#

# Τιμές όγκου, καμπύλης Στάθμης-όγκου λίμνης Υλίκης εκ. m<sup>3</sup> .

-1e-40	1.0	5.0	10.0	15.0	21.7
30.0	39.5	49.0	59.0	69.0	80.0
91.0	103.6	116.6	128.8	142.1	156.2
171.0	186.5	202.5	218.8	235.3	252.0
269.0	286.3	304.5	322.9	341.5	360.3
379.4	398.8	418.7	439.2	460.4	482.3
504.8	527.5	550.5	573.8	597.5	

#

# Αριθμός σημείων καμπύλης Στάθμης-επιφάνειας ταμειυτήρα Μόρνου

14

#

# Τιμές στάθμης, καμπύλης στάθμης-επιφάνειας ταμειυτήρα Μόρνου σε m .

320	330	340	350	360	370
380	390	400	410	420	430

440 450

#

# Τιμές επιφάνειας, καμπύλης στάθμης-επιφάνειας ταμειωτήρα Μάρνου σε km<sup>2</sup> .

-1e-40 0.13 0.58 1.53 2.36 3.74

5.57 7.63 9.76 12.19 14.66 17.89

22.18 24.42

#

# Αριθμός σημείων καμπύλης στάθμης-επιφάνειας λίμνης Υλίκης

41

#

# Τιμές στάθμης, καμπύλης στάθμης-επιφάνειας λίμνης Υλίκης σε m .

40 41 42 43 44 45 46 47 48 49

50 51 52 53 54 55 56 57 58 59

60 61 62 63 64 65 66 67 68 69

70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

#

# Τιμές επιφάνειας, καμπύλης στάθμης-επιφάνειας λίμνης Υλίκης σε km<sup>2</sup> .

-1e-40 1.0 3.6 5.8 7.4 8.3 8.8 9.3 9.7 10.2

10.7 11.3 11.9 12.5 13.1 13.6 14.1 14.5 15.0 15.4

15.8 16.2 16.6 16.9 17.3 17.7 18.0 18.4 18.8 19.2

19.6 20.0 20.4 20.8 21.2 21.7 22.2 22.8 23.3 24.1 24.91