
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 ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΘΗΝΩΝ

RESEARCH PROJECT:

APPRAISAL OF EXISTING POTENTIAL

FOR IMPROVING THE WATER SUPPLY OF GREATER ATHENS

ΤΕΥΧΟΣ 18:

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

VOLUME 18:

FINAL REPORT

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΘΕΜ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ
SCIENTIFIC DIRECTOR: THEM. XANTHOPOULOS

ΣΥΝΤΑΞΗ: Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ - Θ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ - Ε. ΑΦΤΙΑΣ
AUTHOR: D. KOUTSOYIANNIS - T. XANTHOPOULOS - E. AFTIAS

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 1990 - ATHENS JUNE 1990

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Επιστημονικός υπεύθυνος και συντονιστής του Ερευνητικού Έργου ήταν ο καθηγητής Θ. Ξανθόπουλος. Τη διεύθυνση των εργασιών της ερευνητικής ομάδας είχε ο Δ. Κουτσογιάννης, δρ. Πολιτικός Μηχανικός, που ανέπτυξε επίσης και το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης και τμήμα του μοντέλου διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος.

Στο επιστημονικό προσωπικό της ερευνητικής ομάδας (Β' μέρος του ερευνητικού έργου) συμμετείχαν ακόμη:

- Η Χ. Ανυφαντή, Πολιτικός Μηχανικός στη συλλογή και αρχειοθέτηση των υδρομετεωρολογικών δεδομένων.
- Ο Ε. Αφτιάς, δρ Πολιτικός Μηχανικός στην εκτίμηση των υδατικών καταναλώσεων και σε διάφορα τεχνολογικά θέματα.
- Ο Ν. Μαμάσης, Αγρ. Τοπογράφος Μηχανικός, στην αρχειοθέτηση και επεξεργασία υδρομετρικών δεδομένων και στη στατιστική ανάλυση των υδρολογικών μεταβλητών.
- Ο Ι. Ναλμπάντης, δρ Πολιτικός Μηχανικός στην ανάπτυξη των μοντέλων προσομοίωσης και διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος, τη μελέτη των δυνατοτήτων του σημερινού και μελλοντικού υδροδοτικού σχήματος της Αθήνας και τη διαστασιολόγηση των εναλλακτικών ταμειευτήρων Ευήνου.
- Η Σ. Ρώτη, Πολιτικός Μηχανικός M.Sc., στην επεξεργασία των βροχομετρικών και μετεωρολογικών δεδομένων, στην επιμέλεια των χαρτών και στη μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου στις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου.
- Ο Ν. Σταυρίδης, Πολιτικός Μηχανικός M.Sc., στη μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου στις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου.
- Ο Ι. Τζεράνης, Πολιτικός Μηχανικός, στην κριτική επισκόπηση παλιότερων μελετών σχετικών με το υδατικό δυναμικό της Υλίκης.
- Ο Κ. Τσολακίδης, Πολιτικός Μηχανικός M.S.E., στην κριτική επισκόπηση παλιότερων μελετών σχετικών με το υδατικό δυναμικό της Υλίκης, στην ανάλυση των υπόγειων διαφυγών της Υλίκης και τμήματος του μοντέλου διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος.

Στην εκπόνηση της έρευνας συνέβαλαν και οι τελειόφοιτοι σπουδαστές Κ. Κουριδάκης (μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου στις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου) και Δ. Μπώκου (μελέτη των καταναλώσεων της περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ).

Τη γραμματειακή επιμέλεια του Ερευνητικού Έργου είχαν οι Θ. Στρατάκου και Ν. Γαρίνη, ενώ τις σχεδιαστικές εργασίες έκανε η Ζ. Σωτηρίου.

Η ερευνητική ομάδα αισθάνεται την υποχρέωση να ευχαριστήσει,

- τους Υπουργούς και πρώην Υπουργούς ΠΕΧΩΔΕ,
- τον τ. Διευθυντή Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης κ. Τσαρμακλή,
- τον Διευθυντή Εγγειοβελτιωτικών Έργων κ. Λεονταρίτη και
- τον Τμηματάρχη της Διεύθυνσης Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης κ. Ζαχαρία,

για την εμπιστοσύνη με την οποία μας περιέβαλαν, αναθέτοντάς μας το ερευνητικό αυτό έργο.

Επίσης ευχαριστεί τους κ.κ. Τζούκα και Μητρόπουλο της υπηρεσίας υδρολογικών στοιχείων του ΥΠΕΧΩΔΕ και τον κ. Παπαγιαννούλη της Διεύθυνσης Α2 του ΥΠΕΧΩΔΕ για τα στοιχεία που μας έδωσαν.

Ιδιαίτερα ευχαριστεί,

- τον Πρόεδρο της ΕΥΔΑΠ καθηγητή κ. Χριστούλα, για την πολύτιμη συνεργασία του, και
- τα στελέχη της ΕΥΔΑΠ κ.κ. Κυριαζή, Παντελίδη, Ναζλόπουλο, Ξανθάκη, Δαμιανόγλου, Κωνσταντινίδου, Κουνιάκη, Αλεξανδρόπουλο και Καρόπουλο για τη συνεργασία τους και τις πληροφορίες που μας έδωσαν.

Ευχαριστεί επίσης τους κ.κ. Γαρδίκη, Μάρκου Καραγεωργόπουλο και Δρίβα του Τομέα Φράγματος Μόρνου της ΕΥΔΑΠ, τους κ.κ. Ντούλη και Θεολογόπουλο του Τμήματος Στατιστικής και Υδρολογίας της ΕΥΔΑΠ, τον κ. Αποστολάκη της Οικονομικής Υπηρεσίας της ΕΥΔΑΠ, τους κ.κ. Κακαλή και Τέντη της Διεύθυνσης Μελετών ΕΥΔΑΠ, τον κ. Γκίνη της Διεύθυνσης Καταναλώσεων ΕΥΔΑΠ, καθώς και το διευθυντή και το προσωπικό της Υπηρεσίας Μαραθώνα της ΕΥΔΑΠ.

Ευχαριστίες εκφράζονται και στο Τμήμα Συλλογής Μετεωρολογικών Στοιχείων της ΔΕΗ (κ.κ. Κ. Νικολαΐδης, Ι. Μαραγκού, Γ. Σιούλης, Σ. Σιλιγάρδου) καθώς και στο Τμήμα Ελέγχου και Ασφάλειας Φραγμάτων της ΔΕΗ (κ. Β. Σταυροπούλου).

Τέλος ευχαριστίες εκφράζονται και στον Οργανισμό Κωπαΐδας (κ.κ. Κολοβός, Μπελεσάκος, Αντωνόπουλος), στην ΕΜΥ (κ. Λαλιώτης) καθώς και στο ΙΓΜΕ (κ.κ. Ανδρονόπουλος και Παγούνης).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Ιστορικό	1
1.2	Συμβατικό αντικείμενο του Α' Μέρους του Ερευνητικού έργου	2
1.3	Συμβατικό αντικείμενο του Β' μέρους του Ερευνητικού έργου	4
1.4	Αντικείμενο του παρόντος τεύχους	8
1.5	Περιεχόμενα του Α' μέρους του ερευνητικού έργου	9
1.6	Περιεχόμενα του Β' μέρους του ερευνητικού έργου	12
2.	ΣΗΜΕΡΙΝΟ ΣΧΗΜΑ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ	17
2.1	Υδατικοί πόροι	17
2.2	Ταμιευτήρας Μόρνου	18
2.3	Υδαταγωγός Μόρνου	29
2.4	Λίμνη Υλίκη	35
2.5	Το υδραγωγείο Υλίκης	37
2.6	Η λίμνη του Μαραθώνα	37
2.7	Εγκαταστάσεις διύλισης	38
2.8	Υπόλοιποι κλάδοι του εξωτερικού δικτύου μεταφοράς	39
2.9	Αντλιοστάσια εξωτερικού δικτύου	40
3.	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ	42
3.1	Γενικά	42
3.2	Η λύση Ευήνου	42
3.2.1	Γενική περιγραφή	42
3.2.2	Θέσεις φραγμάτων	43
3.2.3	Τελικές παρατηρήσεις	47
3.3	Η λύση Αχελώου	48
3.4	Η λύση βελτίωσης του συστήματος Βοιωτικού Κηφισού - Υλίκης - Παραλίμνης	49
3.5	Η λύση άντλησης υπόγειων νερών της βόρειας ακτής Κορινθιακού	51
3.6	Άλλες λύσεις	52
3.7	Συμπεράσματα	52

4.	ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΜΟΡΝΟΥ ΚΑΙ ΥΛΙΚΗΣ	54
4.1	Γενικά	54
4.2	Τα προγράμματα Η/Υ και τα χαρακτηριστικά τους	55
4.3	Βάσεις δεδομένων	57
5.	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΟΡΝΟΥ	61
5.1	Γενικά	61
5.2	Βροχομετρική πληροφορία	61
5.2.1	Βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα	61
5.2.2	Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση	62
5.2.3	Επιφανειακά ύψη βροχής	64
5.2.4	Προτάσεις βελτίωσης βροχομετρικών σταθμών	64
5.3	Μετεωρολογική πληροφορία	66
5.3.1	Γενικά	66
5.3.2	Θερμοκρασία	68
5.3.3	Σχετική υγρασία	68
5.3.4	Ηλιοφάνεια	69
5.3.5	Ταχύτητα ανέμου	69
5.3.6	Υπολογισμός εξάτμισης κατά Penman	69
5.3.7	Μετρήσεις εξάτμισης - Συγκρίσεις	70
5.3.8	Επέκταση του δείγματος εξατμίσεων	70
5.3.9	Προτάσεις βελτίωσης μετεωρολογικών σταθμών	71
5.4	Υδρομετρική πληροφορία	72
5.4.1	Υδρομετρικοί σταθμοί	72
5.4.2	Καμπύλες στάθμης - παροχής	73
5.4.3	Τελικές παροχές υδρομετρικών σταθμών	74
5.4.4	Παροχές στη θέση φράγματος Μόρνου	76
5.4.5	Προτάσεις ίδρυσης υδρομετρικών σταθμών	80
5.5	Υπόγειες διαφυγές	80
6.	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΕΥΗΝΟΥ	81
6.1	Γενικά	81
6.2	Βροχομετρική πληροφορία	81
6.2.1	Βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα	81
6.2.2	Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση	82
6.2.3	Επιφανειακά ύψη βροχής	82
6.2.4	Προτάσεις βελτίωσης βροχομετρικών σταθμών	88
6.3	Μετεωρολογική πληροφορία	88
6.3.1	Γενικά	88
6.3.2	Θερμοκρασία	88

6.3.3	Σχετική υγρασία	90
6.3.4	Ηλιοφάνεια	90
6.3.5	Ταχύτητα ανέμου	90
6.3.6	Υπολογισμός εξάτμισης κατά Penman - Επεκτάσεις και αναγωγές δειγμάτων	91
6.3.7	Μετρήσεις εξάτμισης - συγκρίσεις	92
6.3.8	Προτάσεις βελτίωσης μετεωρολογικών σταθμών	96
6.4	Υδρομετρική πληροφορία	96
6.4.1	Υδρομετρικοί σταθμοί	96
6.4.2	Καμπύλες στάθμης - παροχής	97
6.4.3	Τελικές παροχές υδρομετρικών σταθμών	97
6.4.4	Ελεγχος αξιοπιστίας των παροχών Ευήνου	99
6.4.5	Τελικές παροχές στις θέσεις φραγμάτων	100
6.4.6	Προτάσεις βελτίωσης του υδρομετρικού δικτύου	104
7.	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΥΛΙΚΗΣ	105
7.1	Γενικά	105
7.2	Βροχομετρική πληροφορία	105
7.2.1	Βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα	105
7.2.2	Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση	106
7.2.3	Επιφανειακά ύψη βροχής	106
7.3	Μετεωρολογική πληροφορία	110
7.3.1	Γενικά	110
7.3.2	Θερμοκρασία	110
7.3.3	Σχετική υγρασία - ηλιοφάνεια - ταχύτητα ανέμου	111
7.3.4	Υπολογισμός εξάτμισης κατά Penman - Επέκταση δείγματος	111
7.3.5	Μετρήσεις εξάτμισης - συγκρίσεις	112
7.4	Υδρομετρική πληροφορία	113
7.4.1	Γενικά	113
7.4.2	Σταθμοί και δεδομένα	113
7.4.3	Προτάσεις βελτίωσης της λειτουργίας των σταθμών	114
7.4.4	Καμπύλη στάθμης - παροχής	115
7.4.5	Τελικές παροχές εισροής στην Υλίκη	116
7.4.6	Διερεύνηση χρονοσειρών απορροής και βροχόπτωσης Βοιωτικού Κηφισού και εξάτμισης Υλίκης	122
7.5	Ισοζύγιο Υλίκης - Υπόγειες διαφυγές	129
8.	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΙΣΡΟΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	138
8.1	Τοποθέτηση του προβλήματος	138

8.2	Κύρια χαρακτηριστικά στοχαστικής δομής εισροής	141
8.3	Γενικές αρχές μοντελοποίησης υδρολογικών μεταβλητών συστήματος ταμιευτήρων ύδρευσης Αθηνών	144
8.3.1	Βασικές παρατηρήσεις και παραδοχές	144
8.3.2	Γενικό σχήμα προσομοίωσης της απορροής- βροχής	146
8.4	Εισαγωγή στη μέθοδο παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών	149
8.4.1	Το Μαρκοβιανό μοντέλο παραγωγής ετήσιων χρονοσειρών	149
8.4.2	Γενική περιγραφή του μοντέλου επιμερισμού	150
8.5	Τελικές στατιστικές εκτιμήσεις υδρολογικών μεταβλητών	151
9.	ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΟΥΣ	154
9.1	Γενικά	154
9.2	Ιστορικό των καταναλώσεων	154
9.3	Σενάρια εξέλιξης της κατανάλωσης	156
10.	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	159
10.1	Διάρθρωση του συστήματος	159
10.2	Ταμιευτήρας Μόρνου	160
10.3	Λίμνη Υλίκη	161
10.4	Εναλλακτικοί ταμιευτήρες Ευήνου	163
10.5	Ταμιευτήρας αναρρύθμισης	165
10.6	Κύρια υδραγωγεία του συστήματος	166
10.7	Στόχοι της προσομοίωσης του συστήματος	168
10.8	Επίπεδο αξιοπιστίας	169
10.9	Ασφάλεια έναντι ατυχημάτων	172
10.10	Κανόνες λειτουργίας	174
10.10.1	Κανόνες λειτουργίας υπάρχοντος υδροδοτικού συστήματος	174
10.10.2	Κανόνες λειτουργίας μελλοντικού υδροδοτικού συστήματος	176
10.10.2.1	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου	176
10.10.2.2	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου ταμιευτήρα αναρρύθμισης	178
10.10.2.3	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης	180
10.10.2.4	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης ταμιευτήρα αναρρύθμισης	182

10.11	Εξισώσεις προσομοίωσης	185
11.	ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥΣ	190
11.1	Γενικά - Προγράμματα Ηλεκτρονικού Υπολογιστή	190
11.2	Λειτουργικά σενάρια	191
11.3	Αποτελέσματα και συμπεράσματα	191
12.	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΕΥΗΝΟΥ	195
12.1	Γενικά	195
12.2	Εκτίμηση νεκρών όγκων	195
12.3	Ωφέλιμες χωρητικότητες - Παροχευευστικότητες	196
13.	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	198
14.	ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	201
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	205

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ιστορικό

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Εργων με την από 25-2-1988 απόφασή του, ανέθεσε στον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Εργων, με επιστημονικό υπεύθυνο τον καθηγητή θεμ. Ξανθόπουλο, το ερευνητικό έργο με τίτλο "Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών".

Το ερευνητικό αυτό έργο περιλαμβάνει δύο μέρη. Το πρώτο μέρος που εκπονήθηκε κυρίως το 1988 και παραδόθηκε στις αρχές του 1989, αφορούσε κυρίως στη συγκέντρωση και αξιολόγηση των προγενέστερων υδρολογικών μελετών των λεκανών Μόρνου και Ευήνου, και τη συλλογή, συστηματοποίηση, αξιολόγηση, αρχειοθέτηση και επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων των λεκανών αυτών.

Το δεύτερο μέρος αποσκοπούσε κατ' αρχήν στις τελικές εκτιμήσεις του υδατικού δυναμικού των δύο λεκανών, και των εναλλακτικών δυνατοτήτων αξιοποίησης του για την ύδρευση της Αθήνας. Μετά από πρόταση της ερευνητικής ομάδας, το αντικείμενο αυτό διευρύνθηκε με την προσθήκη και της διερεύνησης του υδατικού δυναμικού της Υλίκης. Η ανάθεση του διευρυμένου αντικειμένου του δεύτερου μέρους έγινε με την από 31 Μαΐου 1989 απόφαση του υπουργού ΠΕΧΩΔΕ.

Η εκπόνηση του ερευνητικού έργου συνάντησε πολλές δυσκολίες, λόγω της προφανούς αναξιοπιστίας πολλών σειρών υδρομετεωρολογικών δεδομένων και της έλλειψης πληροφοριών για τα αίτια που υποβάθμιζαν την ποιότητα της πρωτογενούς υδρολογικής πληροφορίας. Χρησιμοποιώντας όλες τις σύγχρονες τεχνικές αξιολόγησης, η ερευνητική ομάδα πέτυχε παρόλα αυτά να ξεκαθαρίσει όλη την πληροφοριακή υποδομή, δίνοντας μία σύγχρονη βάση εκκίνησης όλων των περαιτέρω υδρολογικών ερευνών.

Η συναγωγή συμπερασμάτων για το υδατικό δυναμικό βασίστηκε σε κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης (υδρολογικής προσομοίωσης και προσομοίωσης της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος) που αναπτύχθηκαν από την ερευνητική ομάδα στα πλαίσια

του ερευνητικού έργου.

Πέρα από τα ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα του ερευνητικού έργου, στα πλαίσια του αναπτύχθηκαν και δύο ομάδες προγραμμάτων Η/Υ, τα οποία δόθηκαν στο ΥΠΕΧΩΔΕ και την ΕΥΔΑΠ. Η πρώτη ομάδα αφορά στη δημιουργία και τη διαχείριση βάσης δεδομένων για τις υδρομετεωρολογικές μετρήσεις και η δεύτερη αποσκοπεί στην υποστήριξη των αποφάσεων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων που τροφοδοτούν την Αθήνα.

1.2. Συμβατικό αντικείμενο του Α' Μέρους του Ερευνητικού Έργου

Το συμβατικό αντικείμενο του Α' μέρους του ερευνητικού έργου καθορίζεται λεπτομερώς στο παράρτημα της απόφασης ανάθεσης του ΥΠΕΧΩΔΕ (ΒΥ4/40534/25-2-88). Συγκεκριμένα η περιγραφή των εργασιών είναι η ακόλουθη:

1. Διάρθρωση και στόχοι

- α. Οι κύριοι στόχοι του ερευνητικού προγράμματος είναι η εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης του Μόρνου με βάση τα παλαιότερα και πρόσφατα υδρολογικά δεδομένα, μετά τη λειτουργία του φράγματος Μόρνου, καθώς και η διερεύνηση από υδρολογική άποψη της εναλλακτικής δυνατότητας ενίσχυσης της ύδρευσης της πρωτεύουσας από την υδρολογική λεκάνη Εύηνου.
- β. Στους στόχους του προγράμματος συμπεριλαμβάνεται, ως εργασία υποδομής, η συστηματική οργάνωση, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (με παράδοση των δισκετών στο ΥΠ.ΠΕΧΩΔΕ), όλων των υδρολογικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εκπόνηση του προγράμματος. Με τον τρόπο αυτό θα είναι εύκολη η μελλοντική πρόσβαση-συμπλήρωση-ενημέρωση των δεδομένων, ώστε να μπορούν να παίρνονται, όποτε χρειαστεί, τεκμηριωμένες αποφάσεις για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των απαιτούμενων έργων.
- γ. Στο αντικείμενο του προγράμματος περιλαμβάνεται και η

εκπαίδευση προσωπικού του ΥΠ.ΠΕΧΩΔΕ (δύο διπλωματούχων μηχανικών) στη χρήση των προγραμμάτων αρχειοθέτησης και επεξεργασίας υδρολογικών δεδομένων.

2. Αντικείμενο του πρώτου μέρους της έρευνας

2.1. Λεκάνη Φράγματος Μόρνου

- α. Συλλογή και συστηματοποίηση μελετών και πληροφοριών σχετικών με το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα Μόρνου (υδρολογικές μελέτες, στοιχεία ΕΥΔΑΠ κλπ.).
- β. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ, (μετά την ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση), της πληροφορίας "ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα" (βροχομετρικά, βροχογραφικά και χιονομετρικά δεδομένα).
- γ. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ μετεωρολογικών δεδομένων (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιοφάνεια, ταχύτητα ανέμου, εξάτμιση).
- δ. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ της πληροφορίας "παροχές" (υδρομετρικά, σταθμημετρικά και σταθμηγραφικά δεδομένα).
- ε. Συλλογή και αξιολόγηση μελετών και πληροφοριών σχετικών με τις διαφυγές του ταμιευτήρα Μόρνου και του Υδραγωγείου Μόρνου.
- στ. Σύνταξη τεύχους συστηματικής παρουσίασης των παραπάνω δεδομένων.

2.2. Λεκάνη Εύηνου

- α. Συλλογή και συστηματοποίηση μελετών και πληροφοριών σχετικών με την υδρολογία του Εύηνου.

- β. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ της πληροφορίας "ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα" (βροχομετρικά, βροχογραφικά και χιονομετρικά δεδομένα).
- γ. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ μετεωρολογικών δεδομένων (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιοφάνεια, ταχύτητα ανέμου, εξάτμιση).
- δ. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ της πληροφορίας "παροχές" (υδρομετρικά, σταθμημετρικά και σταθμηγραφικά δεδομένα).
- ε. Σύνταξη τεύχους συστηματικής παρουσίασης των παραπάνω δεδομένων.

2.3. Τελικές εργασίες πρώτου μέρους

- α. Εξαγωγή συμπερασμάτων και σύνταξη συνολικής πρότασης για την εκπόνηση του δεύτερου μέρους του προγράμματος.
- β. Εκπαίδευση του προσωπικού του ΥΠ.ΠΕΧΩΔΕ (δύο διπλωματούχων μηχανικών) στη χρήση των προγραμμάτων αρχειοθέτησης και επεξεργασίας των δεδομένων.

1.3. Συμβατικό αντικείμενο του Β' μέρους του Ερευνητικού Έργου

Το συμβατικό αντικείμενο του Β' μέρους του ερευνητικού έργου καθορίζεται λεπτομερώς στο παράρτημα της απόφασης ανάθεσης του ΥΠΕΧΩΔΕ. Συγκεκριμένα η περιγραφή των εργασιών είναι η ακόλουθη:

1. Διάρθρωση και στόχοι

Οι κύριοι στόχοι του συνολικού ερευνητικού προγράμματος είναι η εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης Μόρνου, με βάση τα παλιότερα και τα πρόσφατα δεδομένα, μετά τη λειτουργία του φράγματος Μόρνου, καθώς και η διερεύνηση από υδρολογική άποψη της εναλλακτικής δυνατότητας ενίσχυσης της ύδρευσης της πρωτεύουσας από την υδρολογική λεκάνη Ευήνου.

Το δεύτερο μέρος της έρευνας περιλαμβάνει:

- α. Την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των διαθέσιμων υδρομετεωρολογικών δεδομένων, με στόχο την ασφαλέστερη δυνατή εκτίμηση του υδατικού δυναμικού των δύο λεκανών.
- β. Τη μελέτη υδρολογικού σχεδιασμού των εναλλακτικών ταμιευτήρων Ευήνου, σε συνδυασμό με τη λειτουργία του ταμιευτήρα Μόρνου.
- γ. Τη μελέτη βελτίωσης του δικτύου μέτρησης της υδρολογικής πληροφορίας των δύο λεκανών.
- δ. Την εκτίμηση του αξιοποιήσιμου υδατικού δυναμικού της Υλίκης και των εναλλακτικών τρόπων διαχείρισης του, υπό τις τωρινές συνθήκες, σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση του υδατικού δυναμικού του Μόρνου, καθώς και τις μελλοντικές, σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση του υδατικού δυναμικού του Ευήνου.
- ε. Την κατάρτιση πινάκων - νομογραφημάτων ή/και προγραμμάτων Η/Υ, που θα υποστηρίζουν τον ορθολογικό χρονικό προγραμματισμό των απολήψεων από την Υλίκη.

Επίσης στους στόχους περιλαμβάνεται, ως εργασία υποδομής, η συστηματική οργάνωση, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή των υδρολογικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εκπόνηση του ερευνητικού έργου.

Τέλος στο αντικείμενο του προγράμματος περιλαμβάνεται και η εκπαίδευση προσωπικού του ΥΠΕΧΩΔΕ ή/και της ΕΥΔΑΠ (δύο διπλωματούχων μηχανικών) στη χρήση των προγραμμάτων και μεθοδολογιών του ερευνητικού έργου.

2. Κωδικοποίηση του αντικειμένου του Β' μέρους

2.1. Τελική εκτίμηση υδατικού δυναμικού λεκανών Μόρνου και Ευήνου

- α. Τελική εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης Μόρνου (στατιστική κατανομή της ετήσιας εισροής, εκτίμηση της μέσης υπερετήσιας εισροής, αξιοπιστία της εκτίμησης, τελικά συμπεράσματα).
- β. Εκτίμηση των κύριων απωλειών ταμιευτήρα Μόρνου (απώλειες εξάτμισης, διαφυγές Πύρνου και σήραγγας Γκιώνας).
- γ. Τελική εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης Ευήνου, στις θέσεις των 3 πιθανών θέσεων φραγμάτων (στατιστική κατανομή της ετήσιας απορροής, εκτίμηση της μέσης υπερετήσιας απορροής, αξιοπιστία της εκτίμησης, τελικά συμπεράσματα).
- δ. Εκτίμηση των κύριων απωλειών των υπό μελέτη ταμιευτήρων Ευήνου (απώλειες εξάτμισης).
- ε. Επισκόπηση και συγκριτική εξέταση στοχαστικών μοντέλων εισροής και ισοζυγίου ταμιευτήρα, που έχουν χρησιμοποιηθεί σε παλιότερες μελέτες των λεκανών Μόρνου και Ευήνου.
- στ. Διερεύνηση εναλλακτικών στοχαστικών μοντέλων εισροής σε κάθε μεμονωμένο ταμιευτήρα, σε σχέση με την επίδραση τους στο ισοζύγιο του ταμιευτήρα.
- ζ. Τελική επιλογή στοχαστικών μοντέλων εισροής για κάθε μεμονωμένο ταμιευτήρα και για το σύνολο των ταμιευτήρων, σε συνδυασμό.
- η. Κατάρτιση πιθανών σεναρίων υδρευτικών αναγκών της μείζονος περιοχής Αθηνών και κατανομής τους στο χρόνο.

- θ. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας μεμονωμένου ταμιευτήρα Μόρνου - Τελικά συμπεράσματα για τις δυνατότητες του ταμιευτήρα.
- ι. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας των διάφορων εναλλακτικών λύσεων συνδυασμένων ταμιευτήρων - Τελικά συμπεράσματα για τις δυνατότητες κάθε εναλλακτικής λύσης.
- ια. Τεχνικοοικονομική μελέτη (σε στάδιο μελέτης εφαρμογής) βελτίωσης του δικτύου μέτρησης υδρολογικών μεταβλητών στις λεκάνες Μόρνου και Εύηνου.
- ιβ. Σύνταξη τελικής έκθεσης.

2.2. Διερεύνηση και συνδυασμένη διαχείριση υδατικού δυναμικού λίμνης Υλίκης

- α. Συλλογή και συστηματοποίηση μελετών και πληροφοριών σχετικών με το υδατικό ισοζύγιο των λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης.
- β. Συλλογή και συστηματοποίηση μελετών και πληροφοριών σχετικών με την διαχείριση των νερών της Υλίκης.
- γ. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ των βροχομετρικών δεδομένων των λεκανών Υλίκης και Παραλίμνης.
- δ. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ των μετεωρολογικών δεδομένων των λεκανών Υλίκης και Παραλίμνης.
- ε. Συλλογή, κατάταξη, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε Η/Υ των υδρομετρικών και σταθμημετρικών δεδομένων των λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης καθώς και της σήραγγας Καρδίτσας.

- στ. Μελέτη του ισοζυγίου της λίμνης, και εκτίμηση των απωλειών (εξάτμισης, διαφυγές) από τα υπάρχοντα στοιχεία.
- ζ. Επιλογή στοχαστικού μοντέλου εισροής και απωλειών της λίμνης Υλίκης, μεμονωμένα και σε συνδυασμό με τους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου.
- η. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας συστήματος Μόρνου-Υλίκης και συμπεράσματα.
- θ. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας συστήματος Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης.
- ι. Καταγραφή και παρουσίαση οικονομικών δεδομένων μεταφοράς νερού από Υλίκη και Μόρνο.
- ια. Στατιστική οικονομοτεχνική θεώρηση των ετήσιων αποθεμάτων των ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης στις σημερινές και τις βραχυπρόθεσμες συνθήκες.
- ιβ. Σύνταξη πινάκων-νομογραφημάτων ή και προγράμματος Η/Υ, με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω διερευνήσεων, που θα υποστηρίζουν τον ορθολογικό χρονικό προγραμματισμό των απολήψεων από την Υλίκη.
- ιγ. Σύνταξη τελικής έκθεσης

1.4. Αντικείμενο του παρόντος τεύχους

Αντικείμενο του τεύχους αυτού, που αποτελεί την τελική έκθεση των εργασιών του Β' μέρους του ερευνητικού έργου, είναι η επισκόπηση των εργασιών και των συμπερασμάτων του Α' και κυρίως του Β' μέρους του ερευνητικού έργου. Η ανάλυση των εργασιών περιέχεται στα επιμέρους τεύχη, παραρτήματα, σχέδια και χάρτες που συνυποβάλλονται με την έκθεση αυτή ή έχουν υποβληθεί σε προηγούμενες φάσεις του ερευνητικού έργου.

1.5. Περιεχόμενα του Α' μέρους του Ερευνητικού Έργου

Τα τεύχη, παραρτήματα, σχέδια και χάρτες που υποβλήθηκαν με την ολοκλήρωση του Α' μέρους του ερευνητικού έργου είναι τα ακόλουθα¹

Α. Τ Ε Υ Χ Η

Τεύχος 1: Επισκόπηση υδρολογικών μελετών λεκάνης Μόρνου

Επισκόπηση και κωδικοποίηση των υδρολογικών μελετών και αναλύσεων που έγιναν στα πλαίσια παλιότερων μελετών και αφορούν στη λεκάνη Μόρνου και τον ταμιευτήρα Μόρνου.

Τεύχος 2: Επισκόπηση υδρολογικών μελετών λεκάνης Ευήνου

Ανάλογη επισκόπηση των υδρολογικών μελετών που αφορούν στη λεκάνη Ευήνου και εντοπίζονται κυρίως στις πιθανές θέσεις φραγμάτων στον Εύηνο.

Τεύχος 3: Επισκόπηση δεδομένων διαφυγών και ισοζυγίου ταμιευτήρα Μόρνου

Συλλογή, αξιολόγηση και τελική παρουσίαση των δεδομένων και πληροφοριών που σχετίζονται με τις απώλειες διαφυγών του ταμιευτήρα Μόρνου, καθώς και με το ισοζύγιο του ταμιευτήρα για την περίοδο που έχει λειτουργήσει.

Τεύχος 4: Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί

Συστηματική καταγραφή και αξιολόγηση των μετεωρολογικών βροχομετρικών και υδρομετρικών σταθμών των λεκανών Μόρνου και Ευήνου, στα δεδομένα των οποίων στηρίχτηκε το Α' μέρος του ερευνητικού έργου.

1. Στα πλαίσια του ερευνητικού έργου είχαν συνταχθεί και δύο αναγνωριστικές εκθέσεις που υποβλήθηκαν χωριστά στο παρελθόν (πριν την τυπική ανάθεση του ερευνητικού έργου). Η πρώτη με τίτλο "Διαφυγές από τον ταμιευτήρα και τον υδαταγωγό Μόρνου" υποβλήθηκε τον Οκτώβριο 1987 και η δεύτερη με τίτλο "Προσεγγιστικό υδρολογικό ισοζύγιο λεκάνης Μόρνου" υποβλήθηκε τον Απρίλιο 1988.

Τεύχος 5: Προγράμματα αρχειοθέτησης και επεξεργασίας υδρολογικών δεδομένων

Οδηγίες χρήσης και τεχνικές πληροφορίες για τα προγράμματα αρχειοθέτησης και επεξεργασίας υδρολογικών δεδομένων που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού έργου, καθώς και περιγραφή των βάσεων δεδομένων που δημιουργήθηκαν για τα υδρομετεωρολογικά δεδομένα των λεκανών.

Το τεύχος αυτό συνοδεύεται από δισκέτες ηλεκτρονικού υπολογιστή, σε ειδικό τόμο, που περιέχουν τα προγράμματα, σε εκτελέσιμη μορφή και τις βάσεις δεδομένων των δύο λεκανών.

Τεύχος 6: Επεξεργασία υδρομετεωρολογικών δεδομένων σε μηνιαία βάση

Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση των δεδομένων σημειακής βροχόπτωσης των λεκανών Μόρνου και Ευήνου σε μηνιαία και ετήσια βάση. Εξαγωγή επιφανειακών βροχοπτώσεων. Αξιολόγηση και μεγιστοποίηση μετεωρολογικών δεδομένων. Εκτίμηση εξάτμισης από τις επιφάνειες των ταμιευτήρων. Εξαγωγή μηνιαίων παροχών και μεγιστοποίηση δειγμάτων. Συσχέτιση βροχής απορροής σε μηνιαία και ετήσια βάση.

Τεύχος 7: Τελική έκθεση Α' μέρους

Επισκόπηση των εργασιών του Α' μέρους

Β. Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α Τ Α

Παράρτημα Α: Βροχομετρικά δεδομένα Λεκάνης Μόρνου

Συστηματική παρουσίαση των ημερήσιων υψών βροχής των σταθμών της Λεκάνης Μόρνου.

Παράρτημα Β: Βροχομετρικά δεδομένα Λεκάνης Ευήνου

Συστηματική παρουσίαση των ημερήσιων υψών βροχής των σταθμών της Λεκάνης Ευήνου.

Παράρτημα Γ: Μετεωρολογικά δεδομένα Λεκανών Μόρνου και Ευήνου

Συστηματική παρουσίαση, σε μηνιαία βάση, των μετεωρολογικών δεδομένων των δύο λεκανών (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιοφάνεια, εξάτμιση).

**Παράρτημα Δ: Μετρήσεις παροχής και καμπύλες στάθμης - παροχής
Λεκανών Μόρνου και Ευήνου**

Συστηματική καταγραφή των υδρομετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στους διάφορους υδρομετρικούς σταθμούς και παρουσίαση των καμπυλών στάθμης - παροχής που προέκυψαν από την επεξεργασία των υδρομετρήσεων.

Παράρτημα Ε: Λεδομένα στάθμης και παροχής Λεκάνης Μόρνου

Συστηματική παρουσίαση των μετρήσεων στάθμης και των εξαγόμενων παροχών, σε ωριαία, ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση, των υδρομετρικών σταθμών της Λεκάνης Μόρνου.

Παράρτημα ΣΤ: Λεδομένα στάθμης και παροχής Λεκάνης Ευήνου

Συστηματική παρουσίαση των μετρήσεων στάθμης και των εξαγόμενων παροχών, σε ωριαία, ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση, των υδρομετρικών σταθμών της Λεκάνης Ευήνου.

Γ. Χ Α Ρ Τ Ε Σ Κ Α Ι Σ Χ Ε Δ Ι Α

1. Υδρολογικός χάρτης

Οριζοντιογραφία (έγχρωμη) των περιοχών Μόρνου και Ευήνου κλίμακας 1:250.000

2. Γεωλογικός χάρτης

Οριζοντιογραφία κλίμακας 1:250.000 των περιοχών Μόρνου και Ευήνου που συντάχθηκε με βάση το γεωλογικό χάρτη 1:500.000 του ΙΓΜΕ.

3. Μηκοτομή Μόρνου και παραποτάμων

Κλίμακα 1:50.000/1:10.000

4. Μηκοτομή Ευήνου

Κλίμακα 1:50.000/1:10.000

5. Μηκοτομή παραποτάμων Ευήνου

Κλίμακα 1:50.000/1:10.000

6. Διαγράμματα πολυγώνων Thiessen

Οριζοντιογραφία κλίμακας 1:250.000

Ορισμένα πρόσθετα σχέδια που αφορούν στο φράγμα Μόρνου (οριζοντιογραφία, τομές, κλπ.) υπάρχουν μέσα στο τεύχος της Τελικής Έκθεσης του Α' μέρους.

1.6. Περιεχόμενα του Β' μέρους του Ερευνητικού Έργου

Με την παρούσα τελική έκθεση του Β' μέρους του ερευνητικού έργου ολοκληρώνονται οι εργασίες που αναλυτικά περιγράφονται στα ακόλουθα τεύχη, παραρτήματα, σχέδια και χάρτες.

A. ΤΕΥΧΗ

Τεύχος 8: Εκτίμηση δυνατοτήτων του σημερινού υδροδοτικού συστήματος Μόρνου-Υλίκης

Εκτίμηση των ετήσιων δυνατοτήτων απόληψης από τον ταμιευτήρα Μόρνου και τη λίμνη Υλίκη, μεμονωμένα και σε συνδυασμό. Επιπτώσεις από τη σχεδιαζόμενη αύξηση της παροχετευτικότητας του υδραγωγείου Υλίκης. Ποσοτικοποίηση των κινδύνων ανεπάρκειας του υδροδοτικού συστήματος.

Το τεύχος αυτό υποβλήθηκε τον Οκτώβριο 1989 και δεν προβλέπονταν στις συμβατικές υποχρεώσεις της ερευνητικής ομάδας, αλλά εκπονήθηκε μετά από σχετικό αίτημα της ΕΥΔΑΠ και τη σύμφωνη γνώμη του ΥΠΕΧΩΔΕ, προκειμένου να διευκολύνει την ΕΥΔΑΠ στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον σχεδιασμό νέων έργων και τον προγραμματισμό της λειτουργίας των υδραγωγείων.

Τεύχος 9: Επισκόπηση υδρολογικών μελετών της ευρύτερης περιοχής Υλίκης

Επισκόπηση και κωδικοποίηση των υδρολογικών μελετών και αναλύσεων που εκπονήθηκαν στα πλαίσια προγενέστερων μελετών και αφορούν στις υδρολογικές λεκάνες Υλίκης, Παραλίμνης, Ασωπού και Β. Κηφισού.

Τεύχος 10: Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί ευρύτερης περιοχής Υλίκης
 Συστηματική καταγραφή και αξιολόγηση των μετεωρολογικών, βροχομετρικών και υδρομετρικών σταθμών της λεκάνης Υλίκης και των γειτονικών περιοχών.

Τεύχος 11: Επεξεργασία υδρομετεωρολογικών δεδομένων λεκάνης Υλίκης
 Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση των δεδομένων σημειακής βροχόπτωσης της λεκάνης Υλίκης σε μηνιαία και ετήσια βάση. Εξαγωγή επιφανειακών βροχοπτώσεων. Αξιολόγηση και μεγιστοποίηση μετεωρολογικών δεδομένων. Εκτίμηση της εξάτμισης από την επιφάνεια της Υλίκης. Υπολογισμός μηνιαίων εισροών στη λίμνη. Εκτίμηση υπόγειων διαφυγών της λίμνης. Κατάρτιση υδατικού ισοζυγίου της λίμνης.

Τεύχος 12: Υδατικές καταναλώσεις μείζονος περιοχής Αθηνών
 Συστηματική καταγραφή και ανάλυση ιστορικών δεδομένων κατανάλωσης της ευρύτερης περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ. Κατάρτιση πιθανών σεναρίων υδρευτικών αναγκών και κατανομής τους στο χρόνο. Καταγραφή οικονομικών δεδομένων μεταφοράς νερού από Υλίκη.

Τεύχος 13: Στοχαστική προσομοίωση υδρολογικών μεταβλητών
 Γενικές αρχές της μοντελοποίησης των υδρολογικών μεταβλητών που αναφέρονται στο σύστημα λεκανών απορροής και ταμιευτήρων που τροφοδοτούν την ύδρευση της Αθήνας. Διερεύνηση εναλλακτικών μοντέλων. Ανάπτυξη τελικού σχήματος υδρολογικής προσομοίωσης. Τελική εκτίμηση των κύριων στατιστικών παραμέτρων των υδρολογικών μεταβλητών από τα ιστορικά δείγματα. Εφαρμογή και έλεγχος του μοντέλου προσομοίωσης.

Τεύχος 14: Μοντελοποίηση υδροδοτικού συστήματος
 Ανάπτυξη γενικού μοντέλου προσομοίωσης του σημερινού και μελλοντικού υδροδοτικού συστήματος με τους ταμιευτήρες Υλίκης, Μόρνου και Ευήνου και ένα υπό μελέτη ταμιευτήρα αναρρύθμισης. Εφαρμογή του μοντέλου προσομοίωσης. Εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων για τις δυνατότητες του σημερινού υδροδοτικού σχήματος καθώς και διαφόρων εναλλακτικών μελλοντικών σχημάτων.

Τεύχος 15: Υδρολογικός σχεδιασμός ταμιευτήρων Ευήνου
 Καθορισμός των βασικών παραμέτρων σχεδιασμού των εναλλακτικών

ταμειυτήρων Ευήνου (Περίστας - Αγίου Δημητρίου - Δενδροχωρίου) και των αντίστοιχων σηράγγων σύνδεσης με τον ταμειυτήρα Μόρνου, με τη χρήση του μοντέλου προσομοίωσης του συστήματος (βλ. τεύχος 14).

Τεύχος 16: Προγραμματισμός λειτουργίας του σημερινού υδροδοτικού συστήματος

Οδηγίες χρήσης και τεχνικές πληροφορίες για τα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή που υποστηρίζουν τον ορθολογικό χρονικό προγραμματισμό των απολήψεων από την Υλίκη και το Μόρνο.

Τεύχος 17: Μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου στις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου

Συστηματική ανάλυση της κατάστασης των σημερινών υδρομετεωρολογικών σταθμών των λεκανών Μόρνου και Ευήνου. Προτάσεις για συμπληρωματικό εξοπλισμό και βελτίωση της λειτουργίας των σταθμών. Προτάσεις για μεταφορά σταθμών σε νέες θέσεις. Προτάσεις για ίδρυση νέων σταθμών. Αναλυτικός προϋπολογισμός του προγράμματος βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου.

Τεύχος 18: Τελική έκθεση (Η παρούσα έκθεση)

Τεύχος 19: Συνοπτική έκθεση

Περίληψη των εργασιών και συμπεράσματα του ερευνητικού έργου.

B. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ζ: Βροχομετρικά δεδομένα λεκάνης Υλίκης

Συστηματική παρουσίαση των ημερήσιων υψών βροχής των σταθμών της ευρύτερης περιοχής Υλίκης.

Παράρτημα Η: Μετεωρολογικά δεδομένα λεκάνης Υλίκης

Συστηματική παρουσίαση των μετεωρολογικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής Υλίκης σε μηνιαία βάση (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιοφάνεια, εξάτμιση).

Παράρτημα Θ: Λεδομένα στάθμης και παροχής λεκάνης Β. Κηφισού

Συστηματική παρουσίαση των μετρήσεων στάθμης και των εξαγόμενων

παροχών του σταθμού Διώρυγας Καρδίτσας του Βοιωτικού Κηφισού, σε ωριαία, ημερήσια, μηνιαία, και ετήσια βάση.

Παράρτημα Ι: Λεδομένα στάθμης λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης

Συστηματική παρουσίαση των μετρήσεων στάθμης των λιμνών σε ημερήσια βάση.

Γ. ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ

7. Γενική οριζοντιογραφία

Χάρτης 1:500.000 των λεκανών απορροής Μαραθώνα - Υλίκης - Παραλίμνης - Ασωπού - Β. Κηφισού - Μόρνου - Ευήνου - Σπερχειού - Ανατολικού Αχελώου. Στο χάρτη φαίνεται και το εξωτερικό δίκτυο μεταφοράς της ΕΥΔΑΠ.

8. Υδρολογικός χάρτης Υλίκης - Ασωπού - Μαραθώνα

Οριζοντιογραφία (έγχρωμη) κλίμακας 1:250.000

9. Γεωλογικός χάρτης Υλίκης - Ασωπού - Μαραθώνα

Οριζοντιογραφία κλίμακας 1:250.000 που συντάχθηκε με βάση το γεωλογικό χάρτη 1:500.000 του ΙΓΜΕ.

10. Οριζοντιογραφία υδραγωγείων Μόρνου και Υλίκης

(Κλίμακα 1:200.000)

11. Μηκοτομή υδραγωγείου Μόρνου

(Κλίμακα 1:100.000/1:1000)

12. Μηκοτομή υδραγωγείου Υλίκης

(Κλίμακα 1:100.000/1:1000)

13. Λεκάνες κατάκλυσης εναλλακτικών ταμιευτήρων Ευήνου

Οριζοντιογραφία κλίμακας 1:20.000 που συντάχθηκε με βάση το χάρτη 1:50.000 της ΓΥΣ.

Δ. ΔΙΣΚΕΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Με το Β' μέρος του προγράμματος παραδίνεται και μια σειρά δισκετών Η/Υ που περιλαμβάνει:

- Βελτιωμένες εκδόσεις των προγραμμάτων αρχειοθέτησης και επεξεργασίας υδρομετεωρολογικών δεδομένων
- Ενημερωμένα αρχεία των βάσεων δεδομένων των λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης
- Προγράμματα για την υποστήριξη της διαχείρισης του σημερινού υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας.

2. ΣΗΜΕΡΙΝΟ ΣΧΗΜΑ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΥΟΥΣΑΣ

2.1. Υδατικοί πόροι

Η ύδρευση των Αθηνών στηρίζεται σήμερα, κύρια, σε δύο επιφανειακούς υδατικούς πόρους: τον ποταμό Μόρνο και τη λίμνη Υλίκη, κατάληξη του Βοιωτικού Κηφισού.

Τα νερά του Μόρνου αποθηκεύονται σε ταμιευτήρα φράγματος υπερετήσιας εξίσωσης ωφέλιμης χωρητικότητας $640 * 10^6 \text{ m}^3$ και μεταφέρονται με βαρύτητα προς την Αθήνα με υδραγωγείο μήκους 188 km.

Από την Υλίκη τα νερά του Β. Κηφισού με παρεμβολή αντλιοστασίων μεταφέρονται προς την Αθήνα με ανοικτό υδραγωγείο μήκους 60 km.

Το εξωτερικό δίκτυο μεταφοράς περιλαμβάνει και άλλους ακόμα αγωγούς που συνδέουν τα δύο κύρια υδραγωγεία μεταξύ τους, με τα τρία διύλιστήρια (νέα διύλιστήρια Μενιδίου, παλιά διύλιστήρια Γαλατσίου και διύλιστήρια Κιούρκων) καθώς και ως τη λίμνη Μαραθώνα χωρητικότητας $40.8 * 10^6 \text{ m}^3$, που χρησιμοποιείται πλέον ως αποθήκη ασφαλείας. Το εξωτερικό δίκτυο φαίνεται παραστατικά στο Σχ. 2.1.

Σημειώνεται ότι ο ταμιευτήρας Μόρνου εξυπηρετεί και άλλες χρήσεις, πέραν της ύδρευσης των Αθηνών, όπως τις υδρεύσεις Αμφισσας, Ερυθρών, Πλαταιών, Βιλίων, Οινόης, Λεύκτρων, Διστόμου, Στείρων, Ελλοπίας, Εηρονομής, Προφ. Ηλία, Κυριακίου, Θίσβης, Δομβραίνης, διαθέτοντας το 1988 $2.4 * 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Επίσης η Υλίκη εξυπηρετεί ακόμα και την άρδευση Κωπαΐδας, παρέχοντας για το σκοπό αυτό $50 * 10^6 \text{ m}^3$ νερού ετησίως.

Οι παραπάνω κύριοι υδατικοί πόροι, συμπληρώνονται με διάφορες άλλες πηγές νερού, δευτερεύουσας σημασίας, όπως:

- Η λεκάνη απορροής Μαραθώνα
- Οι πηγές Καλάμου,
- Ο ποταμός Ασωπός

ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί ή παραμένουν σε εφεδρεία και οι ακόλουθες επικουρικές πηγές,

- Υπόγεια νερά ασβεστολίθων Μαυροσουβάλας

- Υπόγεια νερά ασβεστολίθων Παραλίμνης
- Γεωτρήσεις Ρεβυθιάς Αγίων Αποστόλων
- Αγίου Μερκουρίου
- Πηγές Σουλίου (υφάλμυρες)
- Πηγές Καλάμου (υφάλμυρες)
- Πηγές Γερανείων
- Πηγές Βοιωτικού Κηφισού.

2.2. Ταμιευτήρας Μόρνου

Το φράγμα Μόρνου κατασκευάστηκε μεταξύ των ετών 1972 - 1979 και η πλήρωση του ταμιευτήρα άρχισε στις 20/12/78. Μετά από 15 μήνες στον ταμιευτήρα είχαν αποθηκευθεί $360 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού.

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Μόρνου περικλείεται από τις οροσειρές Γκιώνας, Οίτης και Βαρδουσίων. Γειτονεύει ανατολικά με τη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, βόρεια με τη λεκάνη Σπερχειού, δυτικά με τις λεκάνες Ευήνου και Αχελώου. Η έκταση της λεκάνης ανάντη του φράγματος φτάνει τα 557 km^2 , με μέσο υψόμετρο $+1062 \text{ m}$, και της συνολικής λεκάνης τα 935.8 km^2 . Ο ποταμός Μόρνος έχει τις πηγές του στις νότιες πλαγιές της Οίτης και εκβάλλει στον Κορινθιακό κόλπο. Η γεωλογική εικόνα της λεκάνης είναι αρκετά πολύπλοκη, αλλά δύο κύριοι σχηματισμοί συνθέτουν τη δομή της: Οι ασβεστόλιθοι και ο φλύσχης. Οι σχηματισμοί αυτοί καλύπτονται σε πολλές περιοχές από νεότερες τεταρτογενείς αποθέσεις.

Τα κύρια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του φράγματος και του ταμιευτήρα δίνονται στον πίνακα 2.1, ενώ στα σχήματα 2.2 έως 2.6 δίνεται η γενική άποψη του φράγματος και των συναφών έργων.

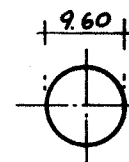
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

ΚΥΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ

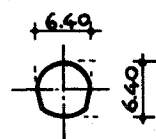
Τύπος φράγματος	Χωμάτινο με αδιαπέρατο πυρήνα
Κλίσεις πρηνών ανάντη	1 : 2.4 (με αναβαθμούς)
" " κατόντη	1 : 2.0 (με αναβαθμούς)
Υψόμετρο στέψης φράγματος	+ 446.50 m
Υψόμ. κατώτατης στάθμης θεμελίωσης	≈ +307.5 m
Μέγιστο ύψος	126 m
" " από τη θεμελίωση	139 m
Μήκος στέψης	825 m
Πλάτος στέψης	10 m
Μήκος στη βάση	250 m
Μέγιστο πλάτος στη βάση	595 m
Ακτίνα καμπυλότητας	1500 m
Ογκος φράγματος	17 * 10 ⁶ m ³
Τύπος υπερχειλιστή	Μετωπικός χωρίς θυροφράγματα με σήραγγα διαμέτρου 9.60 m, μήκους 495 m
Μήκος υπερχείλισης	36 m
Υψόμετρο στέψης υπερχειλιστή	+ 435 m
Ανώτατη στάθμη πλημμύρας	+ 443.65 m
Μέγιστη παροχή υπερχειλιστή	1135 m ³ /sec με ύψος ανασχέσεως 8.65m
" " εκκενωτή πυθμένα	400 m ³ /sec
Κατώτατη στάθμη υδροληψίας	+ 377 m
" " εκκένωσης	+ 374.6 m
Ολική χωρητικότητα ταμιευτήρα	780 * 10 ⁶ m ³
Ωφέλιμη " "	640 * 10 ⁶ m ³
Επιφάνεια ταμιευτήρα στη στάθμη +435:	18.2 km ²
" " " " +443.65:	25 km ²



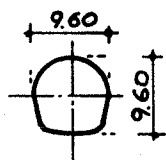
ΠΡΟΣ ΝΑΥΠΑΚΤΟ



ΤΟΜΗ Θ-Θ
1:1000



ΤΟΜΗ Η-Η
1:1000



ΤΟΜΗ Δ-Δ
1:1000

ΣΗΡΑΓΓΑ
ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ
Σδ

ΟΔΟΣ
ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ

ΛΕΚΑΝΗ
ΗΡΕΜΙΑΣ

ΑΓΟΓΟΣ
ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

ΣΗΡΑΓΓΑ
ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ
Σα

ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΣΗΡΑΓΓΑ
(ΑΔΙΤ) ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓ.
ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ

ΑΞΟΝΑΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ
ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ

ΘΡΕΑΡ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ
ΘΥΡΟΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

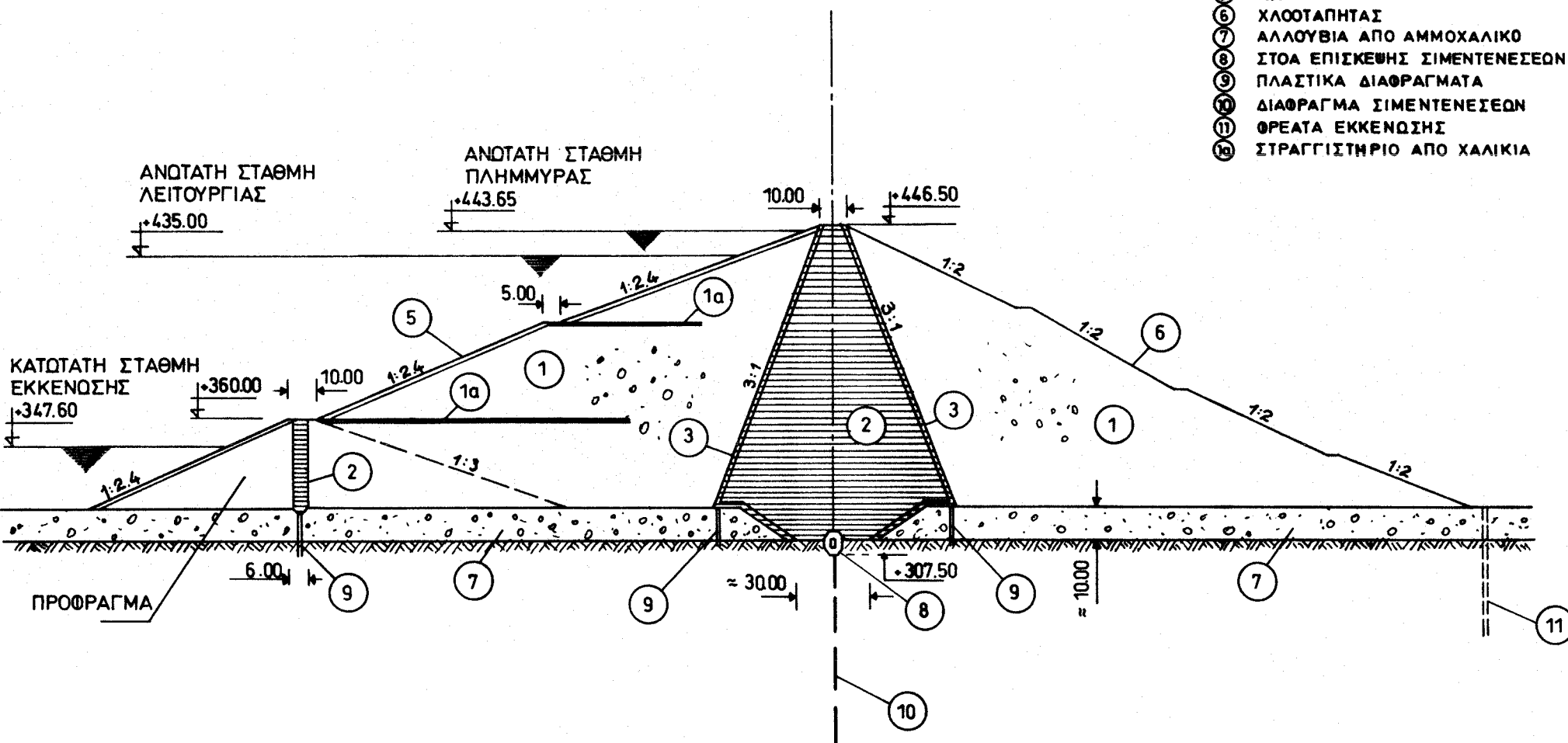
ΠΡΟΣ ΛΙΔΟΡΙΚΙ

ΡΟΗ

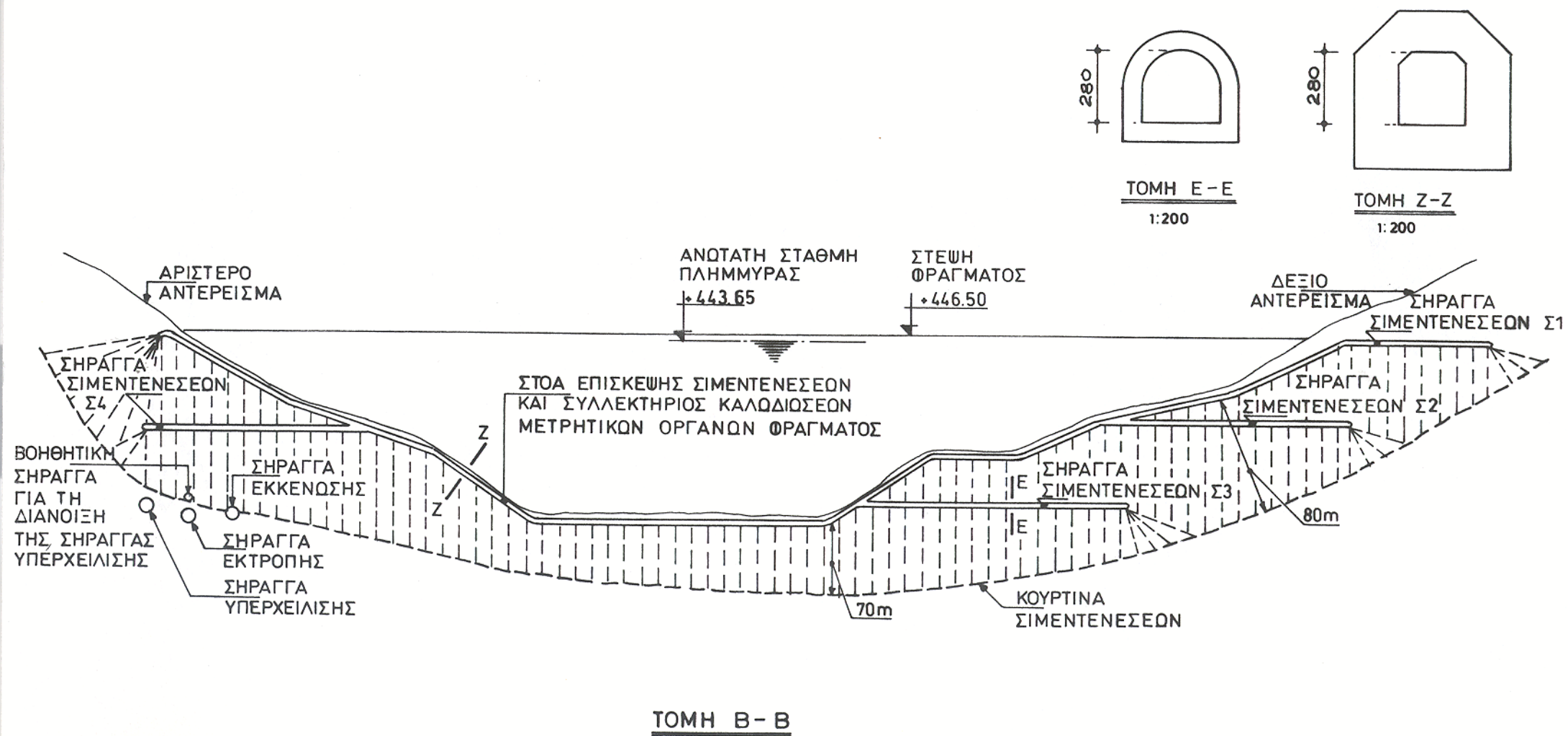
ΣΧ. 2.2 ΚΑΤΩΣΗ ΘΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ - ΚΛ. 1:5000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

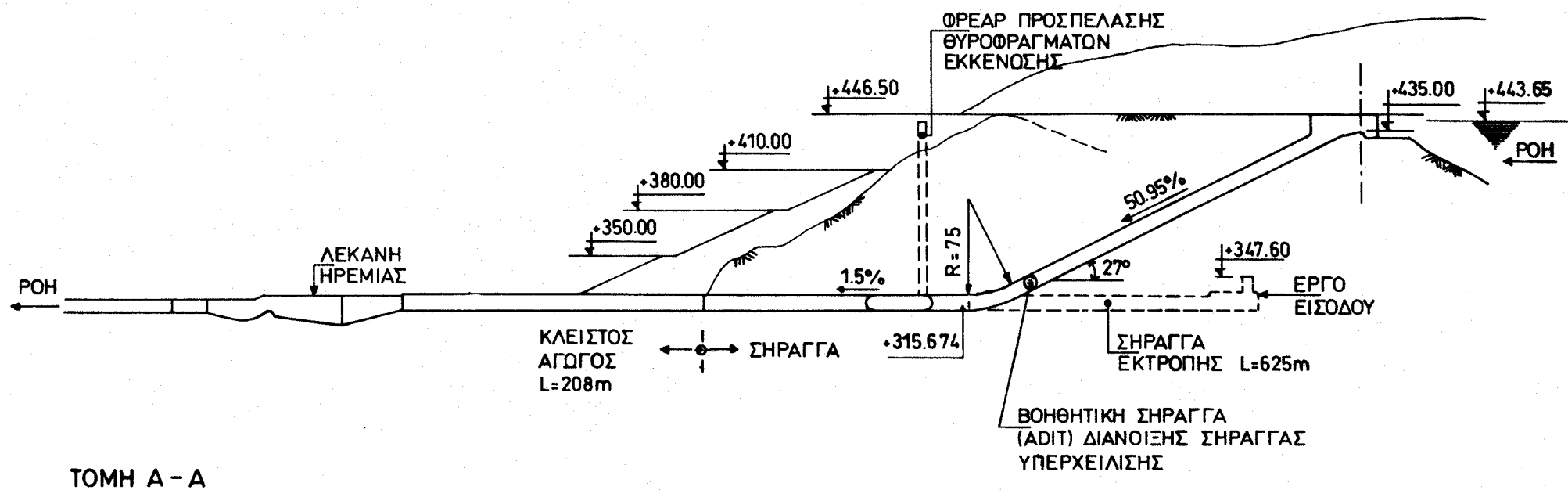
- ① ΣΩΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ
- ② ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ ΠΥΡΗΝΑΣ
- ③ ΦΙΛΤΡΟ
- ⑤ ΛΙΘΟΡΡΙΠΗ
- ⑥ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑΣ
- ⑦ ΑΛΛΟΥΒΙΑ ΑΠΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ
- ⑧ ΣΤΟΑ ΕΠΙΣΚΕΨΗΣ ΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ
- ⑨ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ
- ⑩ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ
- ⑪ ΘΡΕΑΤΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ
- ⑫ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΟ ΑΠΟ ΧΑΛΙΚΙΑ



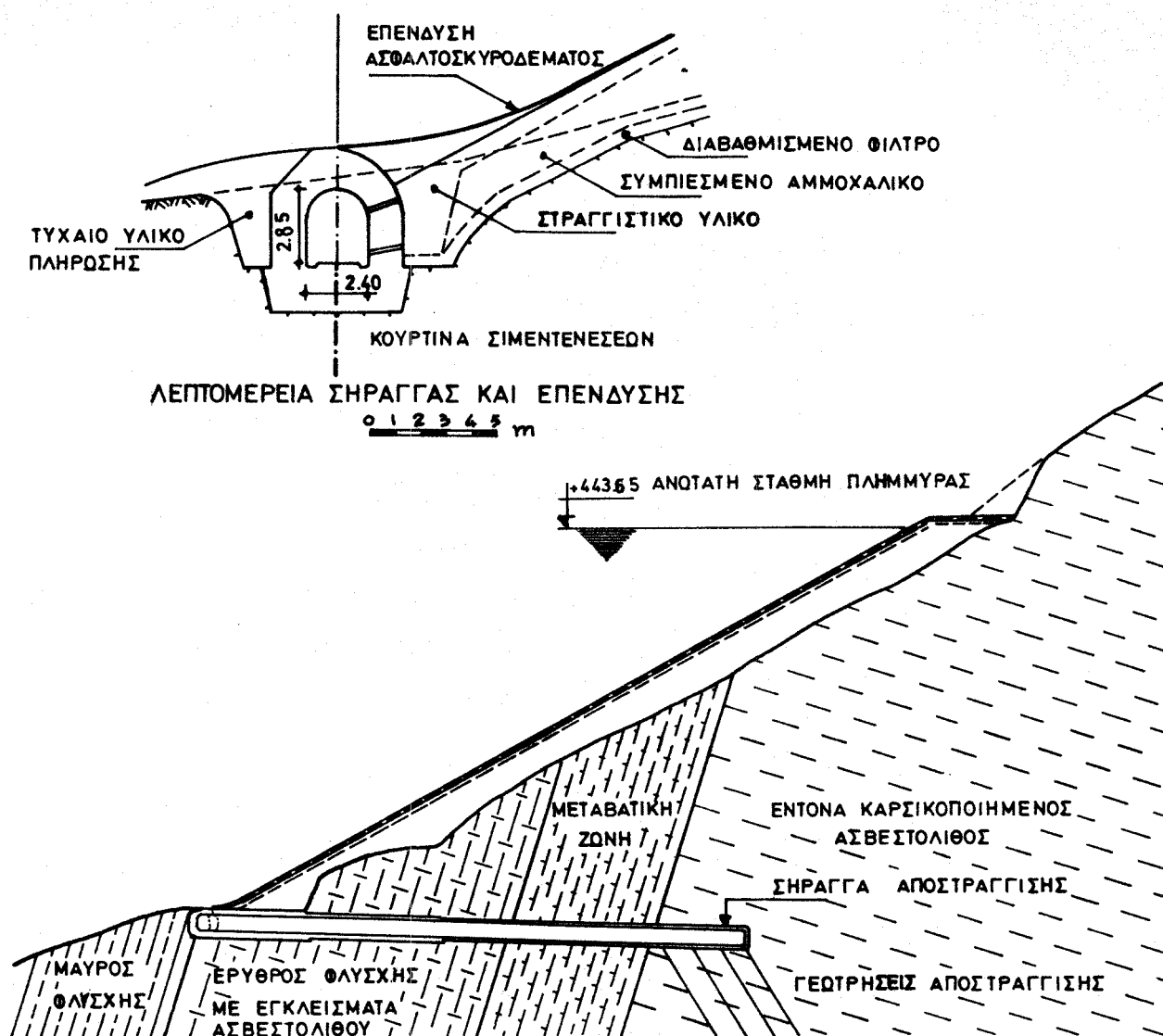
ΣΧ. 2.3 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΘΡΑΓΜΑΤΟΣ



ΣΧ. 2.4 ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΣΤΗ ΣΤΕΨΗ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ - ΚΛ. 1:4000

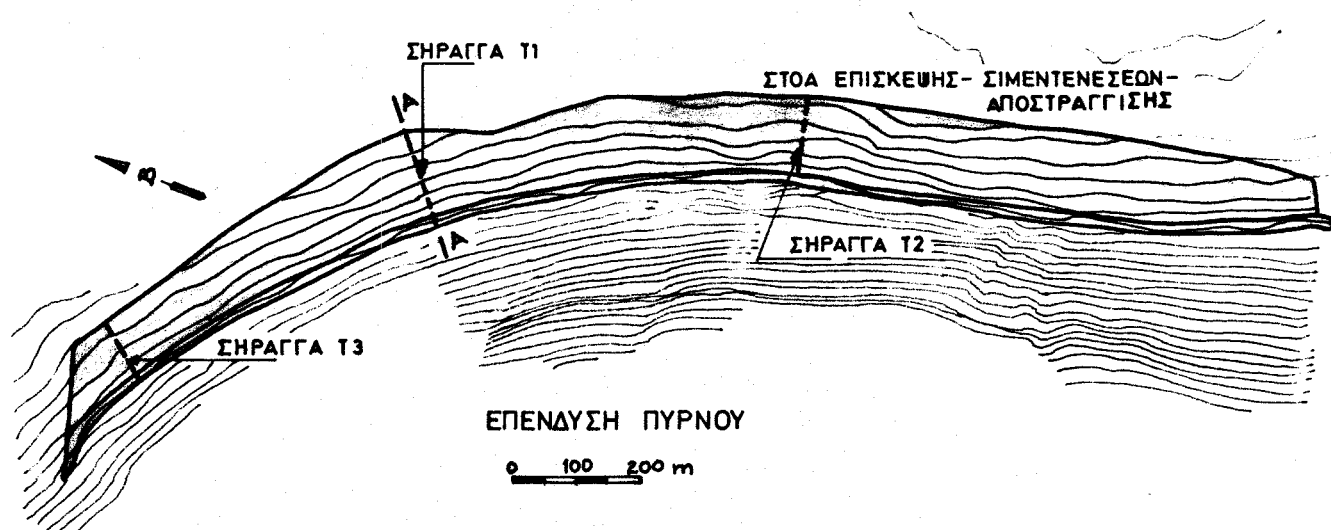


ΣΧ. 2.5 ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΣΗΡΑΓΓΟΕΙΔΟΥΣ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗ - ΚΛ 1:4000



ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΠΥΡΝΟΥ

0 5 10 15 20 25 m



ΣΧ. 2.6 ΕΡΓΟ ΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ ΠΥΡΝΟΥ

Η διατομή του φράγματος συντίθεται από κεντρικό αδιαπέρατο αργιλικό πυρήνα, με κλίσεις ανάντη και κατόντη 3:1, μεταβατικά φίλτρα πάχους 4.0 m, και αμμοχαλικώδη σώματα στήριξης. Το ανάντη πρανές είναι επενδυμένο με λιθορριπή ενώ για το κατόντη προβλέπονταν επένδυση με χλόη και θάμνους που τελικά δεν έγινε.

Η λύση του υπόγειου σπραγγοειδούς υπερχειλιστή προκρίθηκε λόγω των δυσμενών τοπογραφικών και γεωλογικών συνθηκών, που δεν επέτρεπαν την ευστάθεια ανοιχτού υπερχειλιστή.

Κατά μήκος του άξονα του φράγματος, κάτω από τη βάση του πυρήνα, έχει κατασκευαστεί στοά επίσκεψης - σιμεντενέσεων, που διακλαδίζεται σε οριζόντιες σήραγγες μέσα στα αντερείσματα. Το διάφραγμα σιμεντενέσεων έχει ολική επιφάνεια κατακόρυφης προβολής 60.000 m² και μήκος οπών γεωτρήσεων περί τα 95 km. Οι οπές διατάσσονται σε τρεις σειρές, με απόσταση μεταξύ των οπών κάθε σειράς 1.0 ÷ 3.0 m.

Έχει διαπιστωθεί ότι στο έργο σιμεντενέσεων υπάρχουν κατασκευαστικά προβλήματα, και πιο συγκεκριμένα υπάρχουν ανοιχτοί αρμοί στη στοά επίσκεψης - σιμεντενέσεων και ανοιχτές (ασφράγιστες) οπές σιμεντενέσεων. Για τα προβλήματα αυτά και τον τρόπο αντιμετώπισης τους έχει συντάξει σχετική έκθεση η ΔΕΗ (έγγραφο ΔΕΗ - Δ/ση εκμετάλ. - Παραγωγής - Τομέας Επιτήρησης Τεχν. Εργων Παραγ. 343/18-8-87).

Από γεωλογική άποψη το φράγμα εδράζεται σε αργιλική και ψαμμιτική φάση του φλύσχη. Στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης κατάκλυσης έχουμε επίσης εμφανίσεις φλύσχη, ο οποίος είναι στεγανός από κάποιο βάθος και κάτω. Υπάρχουν επίσης ασβεστολιθικές εμφανίσεις που σε μεγάλο μέρος είναι εγκιβωτισμένες σε στεγανό υπόβαθρο. Όμως στη θέση "Πύρνος", 6 km περίπου ανατολικά του φράγματος, εμφανίζονται διαπερατοί σχηματισμοί σε μια λουρίδα μήκους περίπου 2.5 km.

Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή αυτή εμφανίζονται έντονα διαρρηγμένοι καρστικοί ασβεστόλιθοι, μεταβατική ζώνη από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, με ρήγματα και διακλάσεις, ερυθρός αργιλικός φλύσχης με εγκλείσματα από διαπερατά στρώματα ασβεστολίθου και

κροκαλοπαγή, και τέλος μελανός φλύσχης, στεγανός σε μεγάλα βάθη, που όμως σε ορισμένες θέσεις εμφανίζει ρωγμές και είναι διαπερατός. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν παράταξη περίπου παράλληλη προς τις υψομετρικές καμπύλες και κλίση $60^{\circ} - 80^{\circ}$, ομόρροπη προς αυτή του φυσικού εδάφους. Κατά τις εκσκαφές διαπιστώθηκε επίσης η ύπαρξη καρστικών σπηλαίων και ρωγμών μεγάλου ανοίγματος.

Η περιοχή αυτή των διαπερατών σχηματισμών στεγανώθηκε με επένδυση από ασφαλτοσκυρόδεμα, σε πολλαπλές στρώσεις, 0.25 m, πάνω σε συμπυκνωμένο διαπερατό επίχωμα και φίλτρο συνολικού πάχους 4.0 m. Με το επίχωμα διαμορφώθηκε ομαλή επιφάνεια με κλίση πρανούς 1:2. Το στραγγιστήριο φίλτρο, απάγει τις διηθήσεις προς τη στοά επίσκεψης - σιμεντενέσεων - αποστράγγισης, που κατασκευάστηκε στο πόδι της επένδυσης. Τα νερά που συλλέγονται στη σήραγγα οδηγούνται προς τους καρστικούς ασβεστολίθους, μέσω δύο εγκαρσίων σηράγγων και γεωτρήσεων αποχέτευσης. Κάτω από τη στοά κατασκευάστηκε διάφραγμα σιμεντενέσεων μικρού βάθους, για την αποτροπή των διηθήσεων από τη λίμνη προς το επίχωμα. Η ολική επιφάνεια της ασφαλικής επένδυσης έφτασε τα 330.000 m² και το μέγιστο μήκος του επενδυμένου πρανούς είναι 160 m.

Με την πλήρωση του ταμιευτήρα, οι διαρροές προς τη στοά Πύρνου έφτασαν τα 500 lt/s. Επιχειρήθηκαν διάφορες παρεμβάσεις στεγάνωσης που όμως δεν ετελεσφόρησαν και οι διαρροές συνεχίζονται. Μάλιστα έχει εγκατασταθεί και αντλητικό συγκρότημα που λειτουργεί όταν οι τρεις στοές απαγωγής των διηθήσεων προς τον ασβεστόλιθο δεν επαρκούν.

Στη στοά του Πύρνου και στις δύο από τις τρεις σήραγγες αποστράγγισης, έχουν κατασκευαστεί πρόσφατα (το 1984) πέντε διατάξεις υπερχειλιστών λεπτής στέψης για τη μέτρηση των διηθήσεων που συγκεντρώνονται. Οι διατάξεις αυτές περιλαμβάνουν σταθμήμετρα, που η ανάγνωση τους γίνεται μια φορά το μήνα. Παρόλο που η συχνότητα λήψης της ανάγνωσης στάθμης φαίνεται κατ'αρχήν μικρή, στην πραγματικότητα η ακρίβεια που επιτυγχάνεται είναι ικανοποιητική, δεδομένου ότι οι παροχές δεν έχουν μεγάλη διακύμανση και ακολουθούν την αντίστοιχη διακύμανση της στάθμης του ταμιευτήρα. Η επεξεργασία των μετρήσεων γίνεται στο κέντρο Αμφισσας της ΕΥΔΑΠ όπου και συντάσσεται σχετικό διάγραμμα

μεταβολής της παροχής διηθήσεων συναρτήσει του χρόνου. Συστηματικές μετρήσεις υπάρχουν από το 1985. Σποραδικές μετρήσεις είχαν πραγματοποιηθεί και νωρίτερα, κατά τα πρώτα έτη της λειτουργίας του ταμιευτήρα. Η μέγιστη παροχή που έχει μετρηθεί είναι 568 lt/sec (Ιούλιος 1981) και αντιστοιχεί περίπου στη μέγιστη στάθμη λειτουργίας του ταμιευτήρα (+ 435 m). Η μέση παροχή διηθήσεων κατά τα 4 τελευταία έτη συστηματικών μετρήσεων είναι περίπου 140 lt/sec για τις δύο από τις τρεις σήραγγες, ενώ η τρίτη έχει σταθερή παροχή γύρω στα 30 lt/sec. Κατά συνέπεια η μέση ολική παροχή είναι 170 lt/sec που αντιστοιχεί σε $5.36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.

Σε σχέση με τις διηθήσεις από το σώμα του φράγματος και τη θεμελίωση του (διάφραγμα σιμεντενέσεων) δε μπορούμε να έχουμε ακριβείς εκτιμήσεις. Τα μόνα σχετικά στοιχεία είναι (α) οι παροχές των διαρροών που συγκεντρώνονται μέσα στη στοά επίσκεψης - σιμεντενέσεων του φράγματος, που είναι της τάξης των 20 lt/sec ($0.63 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$), και (β) η παροχή μιας πηγής που υπάρχει 500 m κατόντη του φράγματος, και φτάνει τα 10 lt/sec, εκ των οποίων τα 6 lt/sec ($0.19 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$) εκτιμάται ότι προέρχονται από διαφυγές από τον ταμιευτήρα.

Εκτιμάται επίσης ότι οι διαρροές κάτω από το φράγμα (κουρτίνα σιμεντενέσεων) είναι αξιόλογες, δεδομένου ότι, όπως έχει επισημάνει η ΔΕΗ που μελέτησε το θέμα στηριζόμενη σε μετρήσεις πιεσομέτρων, η αποτελεσματικότητα της κουρτίνας είναι περιορισμένη. Η ΔΕΗ επισημαίνει επίσης ότι η κατάσταση αυτή δεν επιδέχεται βελτίωση και πρέπει να θεωρείται δεδομένη.

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και επειδή δεν είναι απαραίτητη μεγαλύτερη ακρίβεια για τις τελικές εκτιμήσεις υδατικού δυναμικού (άλλωστε η αβεβαιότητα στη μέτρηση των εισροών είναι μεγαλύτερης τάξης μεγέθους από τις διαφυγές), θεωρήσαμε ότι οι μη μετρούμενες απώλειες από υπόγειες διαφυγές είναι περίπου ίσες με αυτές των διηθήσεων που μετρούνται στη στοά Πύρνου. Στις μη μετρούμενες διαφυγές συμπεριλαμβάνονται (α) οι διαφυγές από το φράγμα και τη θεμελίωση του, (β) οι διαφυγές από την κουρτίνα σιμεντενέσεων του Πύρνου, (γ) οι άμεσες διαφυγές από την περιοχή Πύρνου που δεν διέρχονται μέσω της στοάς και των σηράγγων, και (δ) τυχόν άλλες διαφυγές σε άλλα σημεία της λεκάνης

κατάκλυσης.

2.3. Υδαταγωγός Μόρνου

Ο υδαταγωγός Μόρνου, από την υδροληψία στον ταμιευτήρα Μόρνου μέχρι τα νέα διύλιστήρια Μενιδίου, έχει μήκος 188 χιλιομέτρων. Στη διαδρομή του διασχίζει τους ορεινούς όγκους Γκιώνας, Παρνασσού, Κίρφης, Ελικώνα και Κιθαιρώνα, και την πεδιάδα Θηβών. Στο 146ο χιλιόμετρο της διαδρομής ο αγωγός διακλαδίζεται, και ο κύριος κλάδος συνεχίζει προς τα νέα διύλιστήρια Μενιδίου, μέσω της σήραγγας Κιθαιρώνα, ενώ ο δευτερεύων κλάδος οδεύει προς το παλιό υδραγωγείο Υλίκης - Μαραθώνα. Ο αγωγός από το Μόρνο μέχρι το σημείο διακλάδωσης (μεριστής Κιθαιρώνα) και τη σήραγγα Κιθαιρώνα έχει σχεδιαστεί με παροχетеυτικότητα $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ο κύριος κλάδος μετά τη σήραγγα Κιθαιρώνα κατασκευάστηκε με παροχетеυτικότητα $11.3 \text{ m}^3/\text{sec}$, και τέλος ο δευτερεύων κλάδος σχεδιάστηκε με παροχетеυτικότητα $4.2 \text{ m}^3/\text{sec}$. Όλοι οι κλάδοι του αγωγού λειτουργούν με βαρύτητα. Το μεγαλύτερο τμήμα αποτελείται από διώρυγες, ενώ περιλαμβάνει σίφωνες μήκους 7.1 km και σήραγγες υπό πίεση ή με ελεύθερη ροή, με μήκη 61.3 km και 8.8 km αντίστοιχα. Πιο αναλυτικά στοιχεία του αγωγού δίνονται στον πίνακα 2.2.

Ο αγωγός άρχισε να κατασκευάζεται από το 1969. Η πρόσφατη βλάβη του, που οφείλεται σε κατασκευαστικά σφάλματα και σφάλματα μελέτης, σε συνδυασμό με το ιστορικό του όλου έργου, δημιούργησε φόβους για ανεπαρκή ποιότητα κατασκευής και για πιθανότητες και άλλων παρόμοιων βλαβών στο μέλλον. Εν πάση περιπτώσει το θέμα αυτό δεν είναι στο αντικείμενο του ερευνητικού έργου. Πάντως αυτό που μας αφορά άμεσα είναι η εκτίμηση της πραγματικής παροχетеυτικής ικανότητας του υδαταγωγού, η οποία είναι δυνατό να διαφέρει από την τιμή σχεδιασμού. Από πληροφορίες που είχαμε από την ΕΥΔΑΠ προκύπτει ότι ο αγωγός δεν έχει γίνει δυνατό να λειτουργήσει με παροχή πάνω από $16 \text{ m}^3/\text{sec}$. Επισημαίνεται ότι αν η πραγματική παροχетеυτικότητα του αγωγού είναι μικρότερη από της παροχетеυτικότητας σχεδιασμού, αυτό θα δημιουργήσει πρόβλημα στην υπό μελέτη ενίσχυση του υδραγωγείου από τον Εύηνο. Ακόμη, από στοιχεία της ΕΥΔΑΠ επιβεβαιώνεται ότι η σημερινή παροχетеυτικότητα του κλάδου Κιθαιρώνα είναι $11 \text{ m}^3/\text{sec}$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΥΔΑΤΑΓΩΓΟΥ ΜΟΡΝΟΥ

Α. ΟΡΕΙΝΟ ΤΜΗΜΑ ΑΠΟ ΜΟΡΝΟ ΜΕΧΡΙ ΠΕΔΙΑΔΑ ΘΗΒΩΝ

Α.1. ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ	Μήκος (km)	Διάμετρος D (m)
Γκιώνας	14.774	3.60 - 3.80
Αμφισσας	2.418	4.00
Μοναστηρίου	5.411	4.00
Κίρφης	9.348	3.60
Αγίου Νικολάου	5.827	4.00
Κυριακίου	2.630	4.00
Ελικώνα Α	7.060	3.80
Θίσβης	2.760	4.00

Συνολικό μήκος 50.228

Α.2. ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΡΟΗΣ	Μήκος (km)	Διάμετρος D (m)
Δελφών	1.800	3.60
Κασταλίας	0.378	4.85
Διστόμου	0.868	3.80
Ελικώνα Β	4.175	3.60
Ταξιαρχών	0.161	4.00
Προδρόμου	1.413	4.00

Συνολικό μήκος 8.795

Α.3. ΣΙΦΩΝΕΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ (ΔΙΔΥΜΟΙ 2*2.55)	Μήκος (km)	Φορτία H(m)
Αμφισσας	2.407	240
Σίφωνα 36	0.144	74
Σίφωνα 38	0.305	36
Διστόμου	1.022	190
Καλογερικού	1.568	70
Ελικώνα	0.292	70

Συνολικό μήκος 5.738

Α.4. ΔΙΩΡΥΓΕΣ

Διώρυγα	Μήκος	Κλίση Πρανών	Εσωτ/κές Διαστάσεις			Ρυθμιστές	Παροχ/τητα (m ³ /s)	Τύπος
			Πλάτος βάσης	Υψος στέψης				
Αμφισσας	927	5:1	4.00	5.80	4.45	Λ1	23	Ορθογω
Χρυσού	3610	"	4.00	5.80	4.45	Λ2	23	νική
Δελφών Α	3225	"	5.00	6.80	4.45	-	23	αυτοευ
Δελφών Β	1905	"	5.00	6.80	4.45	-	23	σταθής
Κίρφως	103	"	4.00	5.80	4.45	-	23	"
Ασπρά								
Σπίτια	695	"	4.00	5.80	4.45	Λ2α	23	"
Κυριακίου	2100	"	4.00	5.80	4.45	-	23	"
Ελικώνα Α	1060	"	4.00	5.80	4.45	-	23	"
Ελικώνα Β	1560	"	4.00	5.80	4.45	Λ3	23	"
Ταξιαρ- χών Α	2000	"	5.00	6.80	4.45	-	23	"
Ταξιαρ- χών Β	1680	"	5.00	6.80	4.45	Λ3	23	"
Προδρόμου	1860	"	4.00	5.80	4.45	Λ4	23	"
Ελλοπίας	20550	5:1	6.00	7.35	3.40	Λ5,Λ6,Λ7	23	"
Σύνολο	41275							

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 - Συνέχεια

B. ΠΕΛΙΝΟ ΤΜΗΜΑ - ΔΙΩΡΥΓΑ ΘΗΒΩΝ

Διώρυγα	Μήκος	Κλίση Προσνών	Εσωτ/κές Διαστάσεις			Ρυθμιστές	Παροχ/τητα (m ³ /s)	Τύπος
			Πλάτος βάσης	Υψος στέψης	Υψος			
Θηβών Α	19550	2:3	4.00	13.30	3.10	Λ8,Λ9,Λ9α	23	Τραπεζο
Θηβών Β	5700	"	4.00	13.30	3.50	Λ10	23	ειδής
Θηβών Γ	15450	"	4.00	13.30	3.50	Λ11	23	"
Σύνολο	40700							

Γ. ΤΜΗΜΑ ΚΑΤΑΝΤΗ ΜΕΡΙΣΤΗ ΚΙΘΑΙΡΩΝΑ

Γ.1. ΣΗΡΑΓΓΕΣ Κιθαιρώνα ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ, Μήκος (km) Διάμετρος D(m)
11.009 3.60

Γ.2. ΣΙΦΩΝΕΣ (Παροχετευτικότητα 11.3 m³/s) Μήκος (km)
 Σίφωνας 163 (χαλύβδινος) 0.228
 Σίφωνας 168 (") 0.343
 Σίφωνας 174 (αγωγός πτώσης) 0.035
 Σίφωνας Χασιάς (χαλύβδινος) 0.446
 Σίφωνας 183 (από σκυρόδεμα) 0.225
 Σίφωνας 188 (" ") 0.102

Συνολικό μήκος 1.379

Γ.3. ΔΙΩΡΥΓΕΣ

Διώρυγα	Μήκος	Κλίση Προσνών	Εσωτ/κές Διαστάσεις			Ρυθμιστές	Παροχ/τητα (m ³ /s)	Τύπος
			Πλάτος βάσης	Υψος στέψης	Υψος			
Αθηνών	29700	5:1	4.00	5.20	3.45	Λ12,Λ13 Λ14,Λ15 Λ16	11.3	Τραπεζο ειδής βαρύτη- τος κατά τμήματα

Συνολικά μήκη

Σήραγγες 70125

Σίφωνες 7117

Διώρυγες 111675

Σύνολο 188937 m

Ο έλεγχος και η επιτήρηση της ροής στον υδαταγωγό γίνεται με αυτοματισμό, μέσω του κέντρου τηλεχειρισμών Αθηνών που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Μενιδιού. Υπάρχουν ακόμα τα περιφερειακά κέντρα Αμφισσας, Προδρόμου και Θηβών. Με το σύστημα αυτό η ΕΥΔΑΠ είναι σε θέση να γνωρίζει κάθε στιγμή τις στάθμες κατά μήκος του αγωγού και τις διοχετευόμενες παροχές και να τις μεταβάλλει ανάλογα με τη ζήτηση. Ακόμα είναι σε θέση να διαπιστώνει τις βλάβες κατά μήκος του αγωγού. Το σύστημα τηλεχειρισμού του υδαταγωγού λειτουργεί από τον Αύγουστο του 1984. Η ρύθμιση και η ασφάλεια του υδαταγωγού γίνεται κυρίως με 18 ρυθμιστές τύπου "Λ". Ο σκοπός των ρυθμιστών αυτών είναι η ρύθμιση της παροχής μέσω θυροφραγμάτων και η προσαρμογή της στην επιθυμητή ζήτηση. Οι ρυθμιστές αυτοί μπορούν ακόμα να διακόψουν, σε περίπτωση ατυχήματος, τη ροή στον υδαταγωγό, μετατρέποντας τον σε επάλληλες δεξαμενές. Κατά τον τρόπο αυτό μπορεί να αποθηκευτεί στη διώρυγα ένας όγκος νερού 1.15 εκατ. m^3 . Σε αυτά προστίθενται και 0.7 εκατ. m^3 που αποθηκεύονται στις σήραγγες, καθώς και 0.06 εκατ. m^3 μέσα στους σίφωνες που αθροιστικά δίδουν 1.910.000 m^3 , και κατά συνέπεια, σε περίπτωση βλάβης, υπερχειλίζει το υπόλοιπο από τα 2.700.000 m^3 που βρίσκονται στον αγωγό για την ονομαστική παροχή των 23 m^3/s , δηλαδή ποσοστό 29% του συνόλου.

Αξία λόγου είναι ακόμα τα έργα καταστροφής ενέργειας, που έχουν κατασκευαστεί κατάντη των σηράγγων Γκιώνας, Κίρφης, Ελικώνα και Κιθαιρώνα, καθώς και τα έργα αντιπληγματικής προστασίας με πύργους αναπάλσεως στην έξοδο των σηράγγων αυτών.

Διατομές ελέγχου παροχής υπάρχουν στην έξοδο της σήραγγας Γκιώνας, στο ενωτικό Κιθαιρώνα κατάντη του μεριστή και στην είσοδο των νέων διύλιστηρίων Μενιδίου. Επίσης υπάρχουν διατάξεις μέτρησης παροχής στις κεφαλές των ενδιαμέσων υδροληψιών για ύδρευση και άρδευση. Από αυτές ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το παρόν ερευνητικό έργο έχει η πλέον ανάντη θέση, δηλαδή της εξόδου της σήραγγας Γκιώνας. Η παροχή εκεί μετριέται με δύο διατάξεις: υπερχειλιστές και δικλείδες κοίλης φλέβας. Δυστυχώς οι αντίστοιχες δύο ομάδες μετρήσεων εμφανίζουν μεγάλες αποκλίσεις της τάξης του 25%. Πιο αξιόπιστες θεωρούνται γενικά οι μετρήσεις των υπερχειλιστών οι οποίες σύμφωνα με νεότερες μετρήσεις (Β' εξάμηνο 1988) έχουν αβεβαιότητα της τάξης του 10%.

Πάντως για τους σκοπούς του ερευνητικού έργου, που αφορούν κυρίως στο ισοζύγιο του ταμιευτήρα, έχουν προτιμηθεί οι μετρήσεις των υπερχειλιστών της σήραγγας Γκιώνας (εκτός από το έτος 1981, που δεν υπήρχαν μετρήσεις στους υπερχειλιστές, και κατ'ανάγκην χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις των δικλείδων με σχετική αναγωγή). Οι μετρήσεις σε κατάντη θέσεις (διύλιστήρια) δεν έχουν άμεσο ενδιαφέρον σε ότι αφορά στο ισοζύγιο του ταμιευτήρα, αλλά ενδιαφέρουν για την εκτίμηση των ενδιάμεσων απωλειών.

Για να προσδιοριστεί η πραγματική απόληψη από το Μόρνο, θα πρέπει στις μετρήσεις της εξόδου της σήραγγας Γκιώνας να προστεθούν και οι απώλειες που πραγματοποιούνται μέσα στη σήραγγα. Οι απώλειες αυτές ήταν σημαντικές μέχρι το Δεκέμβριο 1984. Στην αρχή της λειτουργίας του έργου είχαν εκτιμηθεί σε 200 lt/sec ενώ το 1983 προέκυψαν μετά από μέτρηση 1.5 m³/sec, που ισοδυναμεί με 47 εκατ. m³ ετησίως (για λειτουργία του υδραγωγείου χωρίς διακοπές).

Στις αρχές του 1984 έγινε επέμβαση στη σήραγγα (έμφραξη εγκοίλων) η οποία και ήταν πολύ αποτελεσματική. Πράγματι, τον Απρίλιο του '85 οι απώλειες βρέθηκαν να είναι πολύ μικρές, ενώ η τελευταία μέτρηση στις 3-2-89 έδωσε μόλις 1 lt/s.

Μετά τα παραπάνω, για τους υπολογισμούς του υδρολογικού ισοζυγίου θεωρήσαμε ότι μέχρι και το 1983 οι απώλειες στη σήραγγα Γκιώνας είναι ίσες με 1 m³/sec ενώ από το 1984 και μετά είναι αμελητέες. Οι υπόλοιπες απώλειες κατά μήκος του υδραγωγείου, από τη Γκιώνα μέχρι και την Αθήνα, δεν είναι δυστυχώς δυνατό να εκτιμηθούν με τις παρούσες συνθήκες μετρήσεων. Μια απόπειρα χονδρικής εκτίμησης αποτελεί ο πίνακας 2.5, όπου έχουν υπολογιστεί οι διαφορές των όγκων που μετρήθηκαν στη Γκιώνα μείον τους όγκους που έχουν μετρηθεί στα διύλιστήρια (στοιχεία ΕΥΔΑΠ).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΟΓΚΩΝ ΓΚΙΩΝΑΣ - ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ (σε 10^6 m^3)

ΕΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ	ΟΓΚΟΣ	ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ	ΔΙΑΦΟΡΑ
	ΣΤΗ ΓΚΙΩΝΑ	ΣΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ	ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ	
	(1)	(2)	(3)	(1)-(2)-(3)
1982	239.8	202.4	9.9	+ 27.5
1983	214.0	209.2	13.2	- 8.4
1984	253.2	226.5	14.5	+ 12.2
1985	363.1	311.4	18.4	+ 33.3
1986	358.2	312.5	12.6	+ 33.1
1987	334.7	310.0	1.9	+ 22.8
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	293.8	262.0	11.8	20.0

Κανονικά η διαφορά των τιμών του πίνακα θα έπρεπε να δίνει αθροιστικά τις απώλειες στον υδαταγωγό, που οφείλονται (α) σε εξάτμιση, (β) σε διήθηση, (γ) σε υπερχείλιση ή έκτακτα περιστατικά και (δ) σε παράνομες απολήψεις. Στους υπολογισμούς υπεισέρχονται όμως σημαντικές αβεβαιότητες, όπως, (i) στη μέτρηση της παροχής στη Γκιώνα, όπου η διαπιστωμένη αβεβαιότητα (10%) αντιστοιχεί σε 30 εκατ. m^3 κατά μέγιστο (ii) στη μέτρηση της παροχής στα διύλιστήρια, (έχουν διαπιστωθεί διαφορές στις μετρήσεις αφ' ενός του κέντρου τηλεχειρισμού και αφ' ετέρου της υπηρεσίας των διύλιστηρίων, για την ίδια ουσιαστικά θέση μέτρησης) και (iii) στον επιμερισμό των παροχών Υλίκης και Μόρνου στα διάφορα διύλιστήρια, όπου τα διαθέσιμα στοιχεία είναι ανεπαρκή. Δείγμα της αμφίβολης αξιοπιστίας των στοιχείων είναι η εμφάνιση αρνητικής διαφοράς ($- 8.4 * 10^6 \text{ m}^3$) το έτος 1983.

Συμπερασματικά, τα παραπάνω δεδομένα δικαιολογούν μια παραδοχή απωλειών στον υδαταγωγό της τάξης των 20 έως 30 εκατ. m^3 ετησίως. Πάντως η ΕΥΔΑΠ έχει ήδη αναθέσει στο ΕΜΠ τη διερεύνηση του όλου προβλήματος των μετρήσεων στο σύστημα Μόρνου-Υλίκης ώστε να εξασφαλιστεί ακριβής εκτίμηση των παροχών και της παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου.

2.4. Λίμνη Υλίκη

Μέχρι το 1981, οπότε τέθηκε σε λειτουργία το υδραγωγείο Μόρνου, την κύρια τροφοδοτική πηγή της ύδρευσης των Αθηνών αποτελούσε η λίμνη Υλίκη. Το υδραγωγείο της Υλίκης πρωτολειτούργησε το 1958.²

Η λίμνη Υλίκη, κατάληξη του Βοιωτικού Κηφισού, έχει συνολική λεκάνη απορροής 2432 km² (μαζί με την λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού και την κλειστή λεκάνη Βάγιας). Από αυτά 422 km² αντιστοιχούν αποκλειστικά στη λίμνη και 2010 km² στο Βοιωτικό Κηφισό που μετά την κατασκευή των αποξηραντικών έργων της πρώην λίμνης Κωπαΐδας, διοχετεύει τα νερά του, μέσω της σήραγγας Καρδίτσας, στην Υλίκη. Τα νερά του Βοιωτικού Κηφισού αποτελούν την κύρια τροφοδοσία της λίμνης, ενώ τα νερά της δικής της λεκάνης απορροής εκτιμώνται περίπου στο 6% του συνόλου.

Οι συνολικές εισροές στη λίμνη παλιότερα είχαν εκτιμηθεί σε 490 εκατ. m³ περίπου, οι πιο πρόσφατες όμως μετρήσεις της ΕΥΔΑΠ κατεβάζουν αυτή την ποσότητα στα 360 εκατ. m³ περίπου.

Λόγω της διαπερατότητας των πετρωμάτων του υποβάθρου της λίμνης (καρστικοί ασβεστόλιθοι) εμφανίζονται μεγάλες απώλειες, που κατά μέσο ετήσιο όρο, μαζί με τις απώλειες εξάτμισης, φτάνουν μέχρι και το 50% περίπου των εισροών.

Οι υπερχειλίσσεις της Υλίκης, που πραγματοποιούνται όταν η στάθμη υπερβαίνει τα + 77,7 m, οδηγούνται μέσω της διώρυγας Μουρικίου στην παρακείμενη Παραλίμνη. Όμως με έμφραξη της διώρυγας επιτυγχάνονται και μεγαλύτερες στάθμες μέχρι 80 m περίπου. Αντίστοιχα, οι υπερχειλίσσεις της Παραλίμνης, οδηγούνται για

2. Για την ιστορία αναφέρεται ότι μέχρι το 1931 η ύδρευση της Αθήνας γίνονταν από το Αδριάνειο υδραγωγείο και από διάφορες μικροπηγές και πηγάδια. Το 1926 άρχισε η μελέτη και κατασκευή του υδραγωγείου Μαραθώνα, της τροφοδοτικής σήραγγας Μπογιατίου και των διύλιστηρίων, (από την αμερικάνικη εταιρεία ULEN) που τέλειωσαν το 1931. Αυτά τα έργα ικανοποιούσαν τις υδρευτικές ανάγκες της πρωτεύουσας μέχρι το 1958.

στάθμες μεγαλύτερες των + 51.2 m στον Ευβοϊκό κόλπο μέσω της σήραγγας Ανθηδώνας.

Τα νερά της Υλίκης, εκτός από την ύδρευση της Αθήνας, συμμετέχουν και στην άρδευση της Κωπαΐδας. Έτσι ο Οργανισμός Κωπαΐδας διεκδικεί από τα νερά της Υλίκης απόθεμα $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ σε ετήσια βάση και για το σκοπό αυτό έχει κατασκευαστεί και αρδευτικό αντλιοστάσιο. Η αντίστοιχη πραγματικά αντλούμενη ποσότητα μέχρι και το 1980 ήταν πολύ μικρότερη, επειδή μέχρι τότε ήταν οριακή η επάρκεια των νερών της Υλίκης για την Αθήνα. Στα επόμενα χρόνια όμως, που η Αθήνα υδρεύονταν σχεδόν αποκλειστικά από το Μόρνο, η απόληψη έφθασε περίπου την παραπάνω ποσότητα αλλά τα τελευταία δύο χρόνια λόγω της λειψυδρίας περιορίστηκε και πάλι η απόληψη στα $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Εξ άλλου ένα έως δύο μήνες πριν από την έναρξη της αρδευτικής περιόδου, οι αγρότες του Οργανισμού κλείνουν με πρόχειρα χωμάτινα φράγματα τις διώρυγες που αποστραγγίζουν την περιοχή προς την Υλίκη για διάρκεια ίση με την αρδευτική περίοδο, δηλαδή μέχρι τέλος Σεπτεμβρίου.

Οι ποσότητες νερού που έχουν αντληθεί για την ύδρευση της Αθήνας από την Υλίκη από το 1960 μέχρι και το 1988 φαίνονται στον πίνακα 2.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4

ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΛΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

(σε εκατ. m^3) - (στοιχεία ΕΥΔΑΠ)

ΕΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΕΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
1960	55.1	1974	168.1
1961	57.2	1975	169.8
1962	61.9	1976	177.8
1963	72.9	1977	200.5
1964	90.7	1978	226.1
1965	85.2	1979	218.3
1966	90.6	1980	220.9
1967	104.1	1981	174.5
1968	108.7	1982	98.6
1969	100.4	1983	60.4
1970	118.1	1984	42.6
1971	132.6	1985	9.8
1972	162.0	1986	13.3
1973	159.0	1987	53.6
		1988	149.9

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 2.5, μετά το 1981 η εκμετάλλευση της Υλίκης μειώνεται συνέχεια και πρακτικά μηδενίζεται στα έτη 1985 και 1986. Το 1987 όμως (τον Αύγουστο) οπότε φάνηκαν τα αποτελέσματα της υπερεκμετάλλευσης του Μόρνου, η εκμετάλλευση της Υλίκης ξανάρχισε και συνεχίζεται έκτοτε.

2.5. Το υδραγωγείο Υλίκης

Το υδραγωγείο Υλίκης καταλήγει στη λίμνη Μαραθώνα και έχει ολικό μήκος περίπου 60 km. Δεδομένου ότι η κατώτατη στάθμη υδροληψίας στην Υλίκη είναι + 70.25 m, ενώ η ανώτατη στάθμη της λίμνης Μαραθώνα είναι + 223 m, η μεταφορά μπορεί να γίνει μόνο με άντληση. Υπάρχουν δύο κύρια αντλιοστάσια, του Μουρικίου (δίπλα στην Υλίκη) με μανομετρικό ύψος 120 m περίπου και παροχή 7,5 m³/sec, και της Βίλιζας με μανομετρικό ύψος 80 m περίπου και παροχή 5.5 m³/sec. Οι αντίστοιχοι καταθλιπτικοί αγωγοί έχουν μήκη 3.77 km και 1.15 km. Κατά το υπόλοιπο μέρος του το υδραγωγείο είναι ελεύθερης ροής με διώρυγα ή κλειστή διατομή, εκτός από ένα σείφωνα, ανάντη του αντλιοστασίου Βίλιζας, μήκους 6.32 km. Υπάρχουν ακόμα τρεις σήραγγες ελεύθερης ροής, της Τανάγρας, μήκους 2.445 km, του Σφενδάλη μήκους 1.500 m και των Κιούρκων (πρίν τη λίμνη Μαραθώνα) μήκους 7.150 m.

Η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου, φτάνει τα 7.5 + 8.1 m³/sec στο αρχικό του τμήμα, αλλά μειώνεται στη συνέχεια (βλέπε και παράγραφο 2.8.).

2.6. Η λίμνη του Μαραθώνα

Πρόκειται για τεχνητό ταμιευτήρα, ανάντη του φράγματος Μαραθώνα, αλλά έχει επικρατήσει ο όρος "λίμνη Μαραθώνα". Ο ταμιευτήρας έχει δική του λεκάνη απορροής με έκταση 119.7 km². Η μέση ετήσια εισροή από τη λεκάνη αυτή εκτιμάται σε 7 - 10 εκατ. m³. Τα κύρια χαρακτηριστικά του φράγματος Μαραθώνα φαίνονται στον πίνακα 2.5. Η χωρητικότητά του, (40.8 εκατ. m³) είναι σημαντικό πολλαπλάσιο της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης της Αθήνας (κατά προσέγγιση 1 εκατ. m³). Σήμερα ο ταμιευτήρας χρησιμοποιείται κύρια για

ταμείωση αποθεμάτων ασφαλείας.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του φράγματος Μαραθώνα φαίνονται στον Πίνακα 2.5

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5

ΚΥΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΑΡΑΘΩΝΑ

Τύπος φράγματος:	Βαρύτητας από σκυρόδεμα
Υψόμετρο στέψης φράγματος	+ 227 m
Υψόμετρο πυθμένα στον πόδα του φράγματος	+ 173 m
Υψος φράγματος	54 m
Ανώτατη στάθμη νερού	+ 223 m
Χωρητικότητα ταμειευτήρα	$40.8 * 10^6 \text{ m}^3$

2.7. Εγκαταστάσεις διύλισης

Υπάρχουν τρεις εγκαταστάσεις διύλισης του υδρευτικού νερού της Αθήνας:

- Τα παλιά διυλιστήρια στο Γαλάτσι που είναι σχεδιασμένα για $350.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και η μέγιστη δυνατότητα τους είναι $500.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$
- Τα νέα διυλιστήρια στο Μενίδι, σχεδιασμένα για $400.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, με μέγιστη δυνατότητα $600.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$
- Τα ακόμα νεότερα διυλιστήρια στα Κιούρκα, σχεδιασμένα για $150.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και μέγιστη δυνατότητα $200.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$.

Οι σημερινές ανάγκες καλύπτονται από τις εγκαταστάσεις αυτές, αλλά στο μέλλον θα απαιτηθούν επεκτάσεις (π.χ. στο Μενίδι) ή/και νέες εγκαταστάσεις (π.χ. Μάνδρα Αττικής).

Το εξωτερικό δίκτυο μεταφοράς έχει την κατάλληλη διάταξη ώστε να μπορεί να οδηγεί το νερό που προέρχεται από τα δύο υδραγωγεία Μόρνου και Υλίκης, σε οποιαδήποτε από τις τρεις εγκαταστάσεις διύλισης είναι επιθυμητό.

2.8. Υπόλοιποι κλάδοι του εξωτερικού δικτύου μεταφοράς

Εκτός από τον υδαταγωγό Μόρνου και το Υδραγωγείο Υλίκης, που περιγράφηκαν αναλυτικά σε προηγούμενες παραγράφους, το εξωτερικό δίκτυο μεταφοράς περιλαμβάνει και άλλους σημαντικούς κλάδους, που σχηματίζουν τους βρόχους του σχήματος 2.1. Ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των κλάδων αυτών.

α. Ενωτικό Κιθαιρώνα

Αποτελεί διακλάδωση του υδαταγωγού Μόρνου και εκτρέπει το νερό του υδαταγωγού προς το υδραγωγείο Υλίκης - Μαραθώνα. Ένα τμήμα του όμως εξυπηρετεί και την αντίθετη κατεύθυνση ροής, δηλαδή την εκτροπή του νερού του υδραγωγείου Υλίκης προς το μεριστή Κιθαιρώνα και από εκεί στα νέα διύλιστήρια. Έτσι το ενωτικό Κιθαιρώνα, μπορεί να διακριθεί σε δύο τμήματα: (i) στο παραπάνω τμήμα αμφίδρομης ροής, που αποτελείται από σήραγγες και αγωγούς υπό πίεση, και (ii) στο τμήμα μονόδρομης ροής, που καταλήγει στη δεξαμενή Βίλιζας, με διάταξη διωρύγων και σιφώνων. Στο δεύτερο τμήμα περιλαμβάνεται και το έργο καταστροφής ενέργειας στο Κλειδί. Το συνολικό μήκος και των δύο τμημάτων φτάνει τα 20 km.

β. Αγωγός αντλιοστασίου Ασωπού

Εξυπηρετεί την εκτροπή του νερού της Υλίκης προς τα νέα διύλιστήρια και συνεχίζει με το α' τμήμα του ενωτικού Κιθαιρώνα. Η παροχή του αντλιοστασίου Ασωπού φτάνει τα $2.8 \text{ m}^3/\text{sec}$. Η λειτουργία του ξεκίνησε τον Ιούνιο 1975.

γ. Αγωγός ενίσχυσης Βίλιζα - Μαλακάσα

Πρόκειται για αγωγό υπό πίεση, διαμέτρου 900 mm, παράλληλο προς το κύριο υδραγωγείο ελεύθερης ροής Υλίκης - Μαραθώνα (υδραγωγείο Κακοσάλεσι). Ξεκινά από τη δεξαμενή Βίλιζας και ενώνεται πάλι με το κύριο υδραγωγείο στη Μαλακάσα. Περιλαμβάνει δύο αντλιοστάσια, τα "Βίλιζα Νο 3" και "Βίλιζα Νο 4". Η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου ελεύθερης ροής Κακοσάλεσι είναι $3.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ και του παράλληλου αγωγού ενίσχυσης $1.7 \text{ m}^3/\text{sec}$. Κατά συνέπεια η συνολική παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης - Μαραθώνα στο εξετα-

ζόμενο τμήμα είναι $5.3 \text{ m}^3/\text{sec}$.

δ. Σήραγγα Μπογιατίου και αγωγός προς παλιά διύλιστήρια

Τροφοδοτεί τα παλιά διύλιστήρια Γαλατσίου, από τη λίνη Μαραθώνα. Η παροχетеυτικότητα του αγωγού είναι $6.0 \text{ m}^3/\text{sec}$.

ε. Αγωγός από νέα προς παλιά διύλιστήρια (μέσω Χελιδονούς)

Αποτελείται από δύο τμήματα, από τα οποία το πρώτο είναι αμφίδρομης ροής και το δεύτερο μονόδρομης. Το δεύτερο τμήμα περιλαμβάνει και το έργο καταστροφής ενέργειας Χελιδονούς. Εξυπηρετεί τη μεταφορά νερού από το υδραγωγείο Μόρνου προς τα παλιά διύλιστήρια (με άμεσο τρόπο, χωρίς τη διέλευση από το Μαραθώνα). Η παροχетеυτικότητα του αγωγού είναι $3 \text{ m}^3/\text{sec}$.

στ. Αγωγός αντλιοστασίου Κιούρκων

Ο αγωγός ξεκινά από τα διύλιστήρια Κιούρκων και συνεχίζει με το τμήμα αμφίδρομης ροής του παραπάνω αγωγού (ε). Εξυπηρετεί δύο σκοπιμότητες:

- (i) τη μεταφορά αδιύλιστου νερού από το υδραγωγείο Υλίκης - Μαραθώνα, προς τα νέα διύλιστήρια, (δέυτερη δυνατότητα εκτός από τη μεταφορά μέσω του αντλιοστασίου Ασωπού), είτε
- (ii) τη μεταφορά διύλισμένου νερού από τα διύλιστήρια Κιούρκων προς το εσωτερικό δίκτυο, οπότε με καταλληλη διάταξη η ροή παρακάμπει τα διύλιστήρια Μενιδίου.

Η παροχетеυτικότητα του αγωγού είναι $2.0 \text{ m}^3/\text{sec}$.

2.9. Αντλιοστάσια εξωτερικού δικτύου

Τα αντλιοστάσια του εξωτερικού δικτύου, που έχουν περιγραφεί και στις προηγούμενες παραγράφους, εξυπηρετούν όλο το υδραγωγείο Υλίκης - Μαραθώνα, ενώ ο υδαταγωγός Μόρνου λειτουργεί εξ ολοκλήρου με βαρύτητα. Αυτός βέβαια είναι και ο βασικός οικονομικός λόγος που προτιμάται η τροφοδότηση από το Μόρνο, έναντι της Υλίκης. Ορισμένα πρόσφατα στοιχεία της ΕΥΔΑΠ, που αναφέρονται

στην κατανάλωση ενέργειας των αντλιοστασίων δίνονται στον πίνακα 2.6. Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι η ολική ενέργεια για τη μεταφορά ενός m^3 νερού από την Υλίκη κυμαίνεται από 0.85 KWh μέχρι 1.51 KWh, ανάλογα με τη διαδρομή που ακολουθείται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΥΔΑΠ

Αντλιοστάσιο	Παροχετευτικότητα m^3/sec	Κατανάλωση Ενέργειας KWh/m^3
Υλίκης (Μουρικίου)	7.5	0.42
Ασωπού	2.8	0.43
Βίλιζας	5.5	0.27
Βίλιζας No 3	1.7	0.04
Βίλιζας No 4	1.7	0.06
Κιούρκων	2.9	0.51

3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

3.1. Γενικά

Η ενίσχυση του συστήματος Μόρνου - Υλίκης με τα υδατικά διαθέσιμα του Ευήνου αποτελεί συμβατικά υποχρεωτική εναλλακτική λύση που οφείλουμε να ερευνήσουμε υδρολογικά στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού έργου. Γι' αυτό και η έκταση που δίνεται στη μελέτη διευρυμένου συστήματος Ευήνου - Μόρνου - Υλίκης είναι ανάλογη. Για λόγους πληρότητας αναφέρονται με συντομία και άλλες σχετικές λύσεις που έχουν προταθεί οι οποίες αντιστοιχούν σε τεχνικά δυνατές εναλλακτικές δυνατότητες ενίσχυσης της ύδρευσης της Αθήνας. Διευκρινίζεται ότι ο στόχος της έρευνας δεν είναι η διατύπωση νέων τεχνικά ολοκληρωμένων προτάσεων, αλλά η εξέταση από υδρολογική άποψη λύσεων που έχουν ήδη διερευνηθεί τεχνικά.

3.2. Η λύση Ευήνου

3.2.1. Γενική περιγραφή

Η λεκάνη απορροής του Ευήνου περικλείεται από τους ορεινούς όγκους του Παναιτωλικού (βόρεια και βορειοδυτικά) των Βαρδουσίων (βορειοανατολικά) των ορέων Ναυπακτίας (νοτιοανατολικά) και του Αράκυνθου ή Παλιοβούνας (δυτικά). Η λεκάνη γειτονεύει ανατολικά με τη λεκάνη Μόρνου, βορειοανατολικά με τη λεκάνη Σπερχειού, βόρεια με την υπολεκάνη του Καρπενησιώτη (παραποτάμου του Αχελώου) και ανατολικά με άλλες υπολεκάνες του Αχελώου και με τη λεκάνη της λίμνης Τριχωνίδας. Η ολική έκταση της λεκάνης απορροής φθάνει τα 1128,5 km², ενώ οι εκτάσεις επιμέρους υπολεκανών του Ευήνου φαίνονται στον πίνακα 3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.ΕΜΒΑΔΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΕΥΗΝΟΥ (σε km²)

(μετά από εμβαδομέτρηση σε χάρτες 1:50.000)

Σύνολο λεκάνης	1129.0
Ανάντη σταθμού υδρομετρήσεων Πόρου Ρηγανίου	884.0
" " " Αχλαδόκαστρου	635.0
" θέσης φράγματος Περίστας	393.0
" σταθμού υδρομετρήσεων Νεοχωρίου και θέσης φράγματος Αγ. Δημητρίου	349.0
" θέσης φράγματος Δενδροχωρίου	255.2

Από γεωλογική άποψη, η λεκάνη Ευήνου εκτείνεται πάνω σε δύο διακεκριμένα γεωτεκτονικά συμπλέγματα. Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης (άνω και κεντρική περιοχή) βρίσκεται πάνω στη ζώνη της Πίνδου, ενώ το υπόλοιπο τμήμα βρίσκεται πάνω στη ζώνη Γαβρόβου.

Κατά βάση στη γεωλογική σύσταση της λεκάνης κυριαρχούν ο φλύσχης και ο ασβεστόλιθος. Ειδικά στο άνω τμήμα της λεκάνης, που ενδιαφέρει άμεσα την παρούσα έρευνα και ιδιαίτερα στο τμήμα ανάντη της θέσης φράγματος Αγίου Δημητρίου, επικρατεί σαφώς ο φλύσχης. Στην υπολεκάνη μεταξύ των θέσεων φραγμάτων Αγίου Δημητρίου και Περίστας έχουμε αποκλειστική εμφάνιση του ασβεστολίθου.

3.2.2. Θέσεις Φραγμάτων

Η δυνατότητα αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού του Ευήνου για την ύδρευση της Αθήνας, σε συνδυασμό με τον Ταμιευτήρα Μόρνου, είχε επισημανθεί από το 1964 από τους Αλτηγό - Κυριακό - Μαχαίρα (Υδρευσis Αθηνών - Προκαταρκτική Εκθεσις). Συστηματικότερα όμως διερευνήθηκε από την μελετητική ομάδα ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ -Κόμης το 1977. Προηγουμένως (1972) είχε εκπονηθεί μια διαφορετικού αντικειμένου μελέτη για τον Εύηνο, της Verbund Plan (Masterplan Evinos) με στόχο την υδροηλεκτρική αξιοποίηση του δυναμικού του Ευήνου. Περιλήψεις των παραπάνω μελετών δίνονται στο τεύχος 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΠΕΡΙΣΤΑ,
ΑΓΙΟ ΔΗΜΗΤΡΙΟ, ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙ ΤΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ

A. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

	<u>ΠΕΡΙΣΤΑ</u>	<u>ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ</u>	<u>ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙ</u>
Τύπος Φράγματος	τοξωτό	χωμάτινο	τοξωτό
Υψόμ.στέψης φράγμ.(m.a.s.l.)	+500		
Μέγιστο ύψος (m)	140	93	130
Μήκος στέψης (m)	470	400	
Ανώτατη στάθμη λειτουργίας	+496	+510	+670
Κατώτατη στάθμη υδροληψίας	+455	+455	+635
Ωφέλιμη χωρητικότητα (10^6 m^3)	146.5	106.0	98.5
Ολική χωρητικότητα (10^6 m^3)	206	161.0	151.0
Εργα μετ/ράς στον ταμ.Μόρνου	σήραγγα μεταφοράς 28 km	σήραγγα μεταφοράς 28 km	σήραγγα μεταφοράς 14.4 *

B. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Μέση ετήσια εισροή	(m^3/sec)	13	11.2	8.40
" " "	(10^6 m^3)	410	352	265

Ολική ρυθμισμένη παροχή σε
συνδυασμό με τον ταμιευτήρα
Μόρνου (συντελ. αξιοπιστ. 95%)
(m^3/sec) 21.1 19.35 17.15
(10^6 m^3) 664 610 540

Ολική ρυθμισμένη παροχή σε
συνδυασμό με τον ταμιευτήρα
Αγ.Γεωργίου (συντελ. αξιοπιστ. 95%)
(m^3/sec) 23.0 21.5 19.65
(10^6 m^3) 725 678 620

Γ. ΟΙΝΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Εκτίμηση ολικής δαπάνης (τιμές 1977) (10^6 δρχ.)	3.900	3.550	2.850**
---	-------	-------	---------

* Εξετάστηκε και δεύτερη χάραξη, μήκους 24.5 km με δυνατότητα παραγωγής ενέργειας.

** Η δαπάνη της δεύτερης χάραξης, μαζί με τον Η/Μ εξοπλισμό είναι 3.850 εκατ. δραχμές.

Στη μελέτη ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ - Κόμη εξετάστηκαν τρεις εναλλακτικές θέσεις φραγμάτων, στην Περίστα, Αγίο Δημήτριο και Δενδροχώρι. Τα κύρια χαρακτηριστικά των φραγμάτων αυτών φαίνονται στον πίνακα 3.2. Σημειώνεται ότι τα χαρακτηριστικά που προέκυψαν στα πλαίσια αυτής της έρευνας είναι διαφορετικά από αυτά της μελέτης ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ (βλ. κεφ. 12). Στη μελέτη της Verbund Plan είχαν επίσης εξεταστεί οι δύο από τις θέσεις αυτές (εκτός από τη θέση Αγίου Δημητρίου) καθώς και μια ακόμη θέση, της Φαμίλας, κοντά στον Πόρο Ρηγανίου, η οποία δεν συνδυάζεται άμεσα με τον ταμιευτήρα Μόρνου, επειδή βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο, αλλά προσφέρεται για υδροηλεκτρική αξιοποίηση.

Στη μελέτη ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ - Κόμη εξετάστηκε ακόμη και η δυνατότητα πρόσθετης ενίσχυσης, με εκμετάλλευση και του υδατικού δυναμικού του Ανατολικού Αχελώου (Τρικεριώτης) που μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή του φράγματος εκτροπής (προς τον Εύηνο) του Αγίου Γεωργίου. Η συμβολή του φράγματος αυτού στο συνολικό υδατικό δυναμικό σε συνδυασμό με κάθε μια από τις τρεις λύσεις φραγμάτων στον Εύηνο, φαίνεται στον πίνακα 3.2, και είναι περίπου 60 - 80 εκατομμύρια m^3 ετησίως.

Από τη γενική περιγραφή των φραγμάτων στην παραπάνω μελέτη, προκύπτουν τα ακόλουθα:

- α) Η θέση φράγματος Περίστας είναι η πλέον κατάντη θέση απ'όπου μπορεί να γίνει η μεταφορά νερού προς το Μόρνο με βαρύτητα. Αναφέρεται πάντως ως μειονέκτημα της λύσης το γεγονός ότι στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα η στάθμη υδροληψίας οφείλει να είναι στο +455 m (για να μπορεί να γίνει η μεταφορά με βαρύτητα), πράγμα που αχρηστεύει σημαντικό μέρος της ολικής χωρητικότητας του ταμιευτήρα που βρίσκεται κάτω από τη στάθμη αυτή³. Πάντως η λύση αυτή, αν και οικονομικά είναι η πιο βεβαρυμένη, εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του Ευήνου, και γι'αυτό αποτελεί και την τελική πρόταση των μελετητών.

3. Το μειονέκτημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με μέθοδο που προτείνεται στο παρόν ερευνητικό έργο.

Από άποψη αντοχής των πετρωμάτων η θέση Περίστας είναι ευνοϊκή για τη θεμελίωση τοξωτού φράγματος. Από άποψη στεγανότητας του ταμιευτήρα η θέση θεωρείται ικανοποιητική. Στη θέση του φράγματος θα απαιτηθεί στεγάνωση του υπεδάφους με σιμεντενέσεις. Από άποψη ευσταθείας των φυσικών κλιτύων του ταμιευτήρα, η θέση είναι εν γένει ικανοποιητική, υπάρχουν όμως περιοχές που παρουσιάζουν κινδύνους κατολισθήσεων.

- β) Η θέση του φράγματος Αγίου Δημητρίου βρίσκεται πολύ κοντά σε αυτήν της Περίστας (2,3 km ανάντη) και θεωρείται ευνοϊκότερη από άποψη στεγανότητας του υπεδάφους (φλύσχης). Η θέση αυτή θεωρείται ότι ευνοεί την κατασκευή χωμάτινου φράγματος, με υλικά (φλύσχης) που υπάρχουν σε αφθονία στην περιοχή. Πλεονέκτημα της λύσης Αγίου Δημητρίου είναι το γεγονός ότι δεν αφήνεται ανεκμετάλλευτος όγκος ταμιευτήρα (όπως στην Περίστα). Ακόμα, η λύση είναι οικονομικότερη από αυτήν της Περίστας. Τελικά οι μελετητές την αξιολογούν ως δεύτερη, μετά την Περίστα, λόγω μικρότερης ρυθμισμένης παροχής, κατά 54 εκατ. m³ ετησίως.
- γ) Η θέση φράγματος Δενδροχωρίου είναι η πλέον ανάντη από τις τρεις θέσεις και κατά συνέπεια έχει τις μικρότερες εισροές. Παράλληλα είναι και η οικονομικότερη από τις λύσεις. Οι μελετητές την κατατάσσουν ως τελευταία μεταξύ των τριών λύσεων, λόγω της μικρότερης ρυθμισμένης παροχής. Από άποψη γεωλογίας, ο ταμιευτήρας Δενδροχωρίου βρίσκεται πάνω σε σχηματισμούς φλύσχη που εξασφαλίζουν στεγανότητα, αλλά δημιουργούν προβλήματα ευστάθειας κλιτύων. Στη θέση του φράγματος απαιτείται στεγάνωση με σιμεντενέσεις και επί πλέον στο αριστερό αντέρεισμα απαιτείται ενίσχυση της αντοχής του βράχου. Κατά την Verbund Plan υπάρχει σοβαρός κίνδυνος κατολισθήσεων φλύσχη πολύ κοντά στο φράγμα και απαιτούνται σχετικές έρευνες.

3.2.3. Τελικές παρατηρήσεις

Η φιλοσοφία των επιλογών της μελέτης των ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ/Κόμη στηρίζεται στην κάλυψη της παροχетеυτικότητας σχεδιασμού του υδαταγωγού Μόρνου, των $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$. Πράγματι η λύση Περίστας προκρίθηκε τελικά γιατί μπορεί να καλύψει σε συνδυασμό με το Μόρνο και με την εκτροπή και του Τρικεριώτη αυτή την παροχетеυτικότητα του υδαταγωγού. Στο σημείο αυτό επισημαίνουμε τα ακόλουθα:

- 1) Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (παράγραφος 2.3) δεν έχει διαπιστωθεί ποιά είναι η πραγματική παροχетеυτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου, δεδομένου ότι δεν έχουν ποτέ διοχетеυτεί παροχές πάνω από $16.0 \text{ m}^3/\text{sec}$. Επί πλέον η παροχетеυτικότητα σχεδιασμού του τμήματος κατάντη της σήραγγας Κιθαιρώνα είναι μόλις $11.3 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ήδη η ΕΥΔΑΠ αποδέχτηκε πρόταση του τομέα ΥΠΥΘΕ του ΕΜΠ για την εκπόνηση ερευνητικού προγράμματος αναδιοργάνωσης του συστήματος μετρήσεων παροχής καθώς και διαπίστωσης της πραγματικής παροχетеυτικότητας του εξωτερικού δικτύου της. Η έρευνα αυτή θα επιτρέψει την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων σχετικά με τις μεταφερόμενες ποσότητες νερού, την πραγματική παροχетеυτικότητα του δικτύου και τις τυχόν ανάγκες επαύξησης της παροχетеυτικότητας κλάδων του.
- 2) Είναι βέβαιο ότι η παροχή του υδαταγωγού δε μπορεί να είναι σταθερή στη διάρκεια του έτους, επειδή πρέπει να προσαρμόζεται στις ανάγκες της κατανάλωσης. Τα στοιχεία κατανάλωσης της ΕΥΔΑΠ δείχνουν ότι ο συντελεστής διακύμανσης σε μηνιαία βάση (μεγίστη μηνιαία προς μέση μηνιαία κατανάλωση) είναι $\lambda = 1.21$. Αυτό σημαίνει ότι αν δεχτούμε ότι η παροχή του υδαταγωγού το μήνα της μέγιστης κατανάλωσης είναι ίση με την παροχетеυτικότητα του, έστω $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$, τότε σε μέση ετήσια βάση η παροχή θα είναι $Q_E = 23.0/1.21 = 19.00 \text{ m}^3/\text{sec}$ ή περίπου $600 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το έτος. Επισημαίνουμε ότι η λίμνη Μαραθώνα, χωρητικότητας 40.8 εκατ. m^3 δε μπορεί προφανώς να χρησιμοποιηθεί για ετήσια εξίσωση, δηλαδή για να αποθηκεύει νερό όταν η κατανάλωση είναι μικρότερη των $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$, το οποίο θα απέδιδε κατά τους μήνες αιχμής της ζήτησης. Η

ετήσια ρύθμιση θα απαιτούσε επομένως την κατασκευή άλλου ταμιευτήρα, σημαντικών διαστάσεων. Βεβαίως αν συνδυαστεί ο υδαταγωγός Μόρνου με το υδραγωγείο Υλίκης - Μαραθώνα, σε τρόπο ώστε η Υλίκη να καλύπτει τους μήνες αιχμής, θα μπορούσε να αυξηθεί το μέγεθος Q_E , χωρίς όμως να φτάνει ποτέ το $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$, γιατί τους μήνες μικρής κατανάλωσης ο υδαταγωγός θα λειτουργεί υποχρεωτικά με μικρότερες παροχές.

Οποσδήποτε, η επιλογή καθ' αυτής της λύσης προσφυγής στον Εύηνο και στην περίπτωση αυτή η επιλογή της επιμέρους θέσης κατασκευής του ταμιευτήρα δεν μπορεί παρά να ανήκει στο αντικείμενο ειδικής μελέτης σύγκρισης εναλλακτικών λύσεων ενίσχυσης του σημερινού υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας.

3.3. Η Λύση Αχελώου

Η λύση Αχελώου είναι μια παλιά πρόταση της πρώην εταιρείας υδάτων (Ε.Ε.Υ.), η οποία επικαιροποιήθηκε το 1983 από την ΕΥΔΑΠ, στην Προκαταρκτική Έκθεση της "Στρατηγική Αντιμετώπισης της Υδρευσης του Λεκανοπεδίου Αττικής και Συναφών Περιοχών". Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση εκτιμάται ότι από τον Αχελώο και κατόπιν του φράγματος Στράτου διατίθεται ένας ετήσιος όγκος νερού $3 - 3.5$ δισεκατομμυρίων m^3 , σε υψόμετρο $+25.60$. Βεβαίως η ποσότητα αυτή δεν ισοκατανέμεται χρονικά, αλλά αντίθετα συγκεντρώνεται στις ώρες αιχμής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (συνήθως 8.00 έως 14.00). Με την κατάλληλη αναρρύθμιση των παροχών και την κατασκευή ενός μείζονος υδαταγωγού με διαδοχικές αντλήσεις, θα μπορούσε να γίνει η μεταφορά των νερών του Αχελώου στην Αττική. Η χάραξη του αγωγού περνά στα ανατολικά της λίμνης Τριχωνίδας, διασταυρώνεται με τον Εύηνο (εξετάζεται εδώ η ενδεχόμενη συμβολή και των νερών του Ευήνου στον αγωγό), περνάει στη συνέχεια στην Πελοπόννησο μέσω του πορθμού Αντιρρίου - Ρίου, και τέλος ακολουθεί την πορεία της εθνικής οδού Πάτρας - Κορίνθου και Κορίνθου - Αθήνας. Με διάφορες ενδιάμεσες υδροληψίες θα μπορούσαν να υδρευθούν η Πάτρα, η Κόρινθος, το Αργος και οι παραθαλάσσιες πόλεις του Κορινθιακού κόλπου.

Κατα την ΕΥΔΑΠ η λύση Αχελώου πλεονεκτεί των άλλων λύσεων, γιατί

προσφέρει και ένα δεύτερο, ανεξάρτητο του υδαταγωγού Μόρνου, δρόμο προσαγωγής νερού στο λεκανοπέδιο Αττικής.

Αναγνωρίζοντας τα παραπάνω πλεονεκτήματα της λύσης Αχελώου, επισημαίνουμε και μερικά προφανή μειονεκτήματα:

- Το μεγάλο οικονομικό κόστος κατασκευής της λύσης
- Τη μεγάλη ενέργεια άντλησης για κάθε m^3 που προφανώς θα είναι πολλαπλάσια της παραγόμενης ενέργειας στο υδροηλεκτρικό έργο Στράτου. Από αυτή την άποψη δεν θα είχε βέβαια νόημα να γίνει η υδροληψία κατάντη του έργου Στράτου, αλλά θα μπορούσε να γίνει προς τα ανάντη (π.χ. στο Καστράκι) ώστε να μειωθούν οι αντλήσεις, τουλάχιστον στο τμήμα του αγωγού μέχρι το Αντίρριο.
- Τις αρνητικές επιπτώσεις στο σύστημα των υδροηλεκτρικών έργων του Αχελώου, δεδομένου ότι η λύση είναι πιθανό να απαιτήσει ένταξη ενός τμήματος της ρυθμισμένης παροχής στην ενέργεια βάσης, και όχι αιχμής, ώστε να μειωθούν άλλα δαπανηρά έργα ρύθμισης της παροχής ύδρευσης.
- Η προσφερόμενη τροφοδότηση του λεκανοπεδίου Αττικής με ανεξάρτητο υδαταγωγό έχει σαν αντίστοιχο μειονέκτημα την εξάρτηση της τροφοδότησης σειράς σημαντικών πόλεων από ένα και μοναδικό αγωγό.

3.4. Η λύση βελτίωσης του συστήματος Βοιωτικού Κηφισού - Υλίκης - Παραλίμνης

Η απορροή της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού, με έκταση 2010 km^2 , διοχετεύεται μέσω της σήραγγας Καρδίτσας στην Υλίκη, και οι υπερχειλίσσεις της τελευταίας στην Παραλίμνη (βλ. και παρ. 2.4.). Λόγω των μεγάλων υπόγειων διαφυγών της Υλίκης, μικρό μόνο μέρος του υδατικού δυναμικού είναι πραγματικά εκμεταλλεύσιμο υπό τις σημερινές συνθήκες.

Το σημερινό σύστημα ύδρευσης της Αθήνας στηρίζεται βέβαια στην εκμετάλλευση του συστήματος Βοιωτικού Κηφισού - Υλίκης. Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί προτάσεις βελτίωσης της αξιοποίησης του συστήματος, είτε με στεγάνωση της Υλίκης, (που κατά εκτιμήσεις θα μπορούσε να οδηγήσει σε αξιοποίηση 300 - 390 εκατ. m^3 ετησίως),

είτε με δημιουργία στεγανών ταμιευτήρων στη λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού, με παράλληλη κατασκευή ανεξάρτητων υδραγωγείων.

Υπό τις σημερινές συνθήκες του συστήματος ύδρευσης, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους, η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων της Υλίκης είναι απαραίτητη, λόγω ανεπάρκειας του Μόρνου, ως αποκλειστικής πηγής. Αλλά και για τις απώτερες μελλοντικές συνθήκες, φαίνεται ότι η ένταξη της Υλίκης στο σύστημα ίσως αποδειχθεί οριστική, λόγω του πλεονεκτήματος του ανεξάρτητου υδραγωγείου.

Σχετικά με τις προτεινόμενες βελτιώσεις, που περιγράφονται παραπάνω, παρατηρούμε ότι (α) η στεγάνωση της Υλίκης είναι ασφαλώς δαπανηρή, και (β) η δημιουργία ταμιευτήρων στη λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού υστερεί σε σχέση με τη λύση Ευήνου, και ως προς τη δαπάνη του υδραγωγείου (στη λύση Ευήνου θα είναι μικρότερη) αλλά και ως προς το εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό. Σημειώνεται ότι το ισοδύναμο ύψος απορροής στη λεκάνη Ευήνου είναι 900 mm ενώ στη λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού είναι μόνο 166 mm.

Αυτό που μπορεί εύκολα και χωρίς καμιά ουσιαστική δαπάνη να αυξήσει το εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό της Υλίκης είναι ο ορθολογικός προγραμματισμός των αντλήσεων, σε συνδυασμό με τα ακόλουθα έργα.

- 1) Τη βελτίωση του υδραγωγείου, με επαύξηση της παροχετευτικότητας του. Το έργο συνδυάζεται και με την παραπάνω ιδέα χρονικού προγραμματισμού της εκμετάλλευσης της Υλίκης και ταυτόχρονα με την ιδέα της χρησιμοποίησης της Υλίκης ως "λύσης ανάγκης" σε περίπτωση έκτακτης διακοπής του υδραγωγείου Μόρνου.
- 2) Την κατασκευή του ταμιευτήρα αναρρύθμισης, που έχει προταθεί από την ΕΥΔΑΠ (Προκαταρκτική Εκθεση: Στρατηγική Αντιμετώπισης της Υδρευσης του Λεκανοπεδίου Αττικής και Συναφών Περιοχών - 1983) με ωφέλιμη χωρητικότητα της τάξης των $100 \times 10^6 \text{ m}^3$. Στον ταμιευτήρα αυτό θα μπορούσε να αποθηκευτεί, υπό ευνοϊκούς όρους στεγανότητας, νερό που θα μεταφερόταν τους χειμερινούς μήνες από την Υλίκη. Παράλληλα

μεταφερόταν τους χειμερινούς μήνες από την Υλίκη. Παράλληλα το έργο αυτό θα είχε και άλλες σκοπιμότητες, όπως εξασφάλιση αναρρύθμισης του υδραγωγείου Μόρνου και κάλυψη έκτακτων αναγκών.

3.5. Η λύση άντλησης υπόγειων νερών της βόρειας ακτής Κορινθιακού

Η λύση αυτή έχει προταθεί από τη μελετητική ομάδα ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ - Κόμη (1977), και αφορά στην σύλληψη των καρστικών αναβλύσεων γλυκού νερού που εμφανίζονται κατά μήκος της βόρειας ακτής τους Κορινθιακού κόλπου, όπου καταλήγουν οι νότιες κλιτύες της Γκιώνας, του Παρνασσού και του Ελικώνα, και στην άντληση της μέχρι τον υδαταγωγό Μόρνου σε υψόμετρο +300 m περίπου.

Η συνολική ποσότητα των συγκροτημάτων αναβλύσεων εκτιμάται σε 250 εκατ. m^3 ετησίως. Η λύση προβλέπει διεσπαρμένα τοπικά αντλιοστάσια στις θέσεις αναβλύσεων, απ'όπου το νερό θα καταθλίβεται σε κεντρικές δεξαμενές. Από εκεί, μέσω κεντρικών αντλιοστασίων το νερό θα οδηγείται στο Μόρνο. Συνολικά προβλέπονται 17 αντλιοστάσια, συνολικής ισχύος 51 MW.

Όπως οι ίδιοι οι μελετητές παρατηρούν, η λύση αυτή εμφανίζει σοβαρά τεχνικά και οικονομικά προβλήματα. Συγκεκριμένα η επιτυχής σύλληψη των αναβλύσεων νερού από τις διεσπαρμένες αναβλύσεις περί την ίσαλο γραμμή και η εξασφάλιση συνεχούς παροχής από αυτές θεωρείται από γεωλογική και τεχνική άποψη δύσκολη. Παράλληλα, το μεγάλο υψόμετρο όπου πρέπει να διοχετευτεί το νερό με άντληση καθιστά τη λύση αυτή εξαιρετικά αντισυμβατική, αφού το κεφαλοποιημένο κόστος όλων των δαπανών (κατασκευής, λειτουργίας, συντήρησης) ανέρχεται σε 9.4 δισεκατομμύρια δραχμές, σε τιμές 1977, δηλαδή η λύση είναι 2.5 έως 3.3 φορές ακριβότερη από τη λύση Ευήνου.

Στα παραπάνω μειονεκτήματα θα πρέπει να προσθέσουμε και τη σχετικά μεγάλη αβεβαιότητα στην εκτίμηση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού.

3.6 Άλλες λύσεις

Υπό την πίεση της σημερινής λειψυδρίας έχουν ήδη έλθει στο προσκήνιο διάφορες προτάσεις μάλλον, παρά λύσεις, αφού στα διαθέσιμα χρονικά πλαίσια δεν είναι πράγματι δυνατή η λεπτομερής, τεχνικοοικονομική μελέτη τους ούτε και η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεών τους.

Στην κατηγορία αυτή ανήκει η πρόταση άντλησης από Τριχωνίδα (Αιτωλοακαρνανίας).

Ισως όμως να αποδειχτεί θετική η επιστροφή στην αξιοποίηση πηγών και υπόγειων υδάτων που ευρίσκονται μέσα στην Αττική και που εγκαταλήφθηκαν στο παρελθόν, σε εποχές υπεραισιοδοξίας για τα επιφανειακά υδατικά διαθέσιμα του Μόρνου και της Υλίκης.

Επίσης ασφαλώς θα πρέπει να αξιοποιηθεί κάθε δυνατότητα απόληψης υπόγειων νερών, από ζώνες γειτονικές στους αγωγούς Μόρνου και Υλίκης και προς την κατεύθυνση αυτή οι έρευνες του ΙΓΜΕ είναι σκόπιμο να ενταχθούν.

3.7. Συμπεράσματα

Μετά από την παραπάνω κριτική επισκόπηση των εναλλακτικών λύσεων ενίσχυσης της ύδρευσης της Αθήνας, προκύπτει ότι η λύση Ευήνου, που συνίσταται στην κατασκευή ενός από τους τρεις εναλλακτικούς ταμειευτήρες στον Εύηνο, και η σύνδεση του με τον ταμειευτήρα Μόρνου αποτελεί λύση τεχνικά εφικτή και οικονομικά ενδιαφέρουσα. Η αυξημένη παροχετευτικότητα με την οποία σχεδιάστηκε ο υδαταγωγός Μόρνου (εφόσον βέβαια επιβεβαιωθεί με αξιόπιστες μετρήσεις), συνηγορεί υπέρ αυτής της λύσης. Μειονέκτημα της λύσης είναι ότι μετά από τις λεκάνες του Β. Κηφισού και του Μόρνου οι υδρευτικές ανάγκες της πρωτεύουσας εξαντλούν και δεσμεύουν και ένα τμήμα του υδατικού δυναμικού της λεκάνης του Ευήνου (περίπου το 1/3). Πάντως οι επιπτώσεις από την ένταξη και του Ευήνου στο σύστημα Μόρνου Υλίκης πρέπει να εξετασθούν με την ανάλογη λεπτομερή ανάλυση και αναφορά σε όλες τις όψεις του προβλήματος

τόσο από πλευράς διαχείρισης και βέλτισης εξυπηρέτησης χρήσεων όσο και περιβαλλοντικών συνεπειών. Βεβαίως η ένταξη της Υλίκης στο σύστημα Μόρνου - Ευήνου πρέπει να θεωρηθεί οριστική με κύριο ρόλο την κάλυψη αιχμών κατανάλωσης και έκτακτων αναγκών. Με το παραπάνω σχήμα συνδυάζονται δύο ακόμη εναλλακτικά έργα, που είναι σκόπιμο να εξεταστούν σε λεπτομέρεια: Η βελτίωση του υδραγωγείου Υλίκης - Μαραθώνα, με επαύξηση της παροχетеυτικότητας του και η κατασκευή ενός αναρρυθμιστικού ταμιευτήρα.

Υπό τις τωρινές συνθήκες αναγκών και εκμετάλλευσης, και μέχρι την κατασκευή των έργων Ευήνου, είναι σαφές ότι ο ταμιευτήρας Μόρνου δεν επαρκεί για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Κατά συνέπεια είναι υποχρεωτική η εντατική εκμετάλλευση των νερών της Υλίκης καθώς και η αξιοποίηση κάθε διαθέσιμου όγκου από υπόγεια νερά αναμφίβολα συνδυαζόμενη με την ανάλογη τιμολογιακή πολιτική και επακριβή ενημέρωση των καταναλωτών ώστε να περιοριστεί κάθε περιττή σπατάλη νερού.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ, ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΜΟΡΝΟΥ ΕΥΗΝΟΥ ΚΑΙ ΥΛΙΚΗΣ

4.1. Γενικά

Σύμφωνα με την απόφαση ανάθεσης του ερευνητικού έργου, στο αντικείμενό του συμπεριλαμβάνεται ως εργασία υποδομής η συστηματική οργάνωση, αξιολόγηση και αρχειοθέτηση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή των υδρολογικών δεδομένων των λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης.

Η σχετική εργασία, κάλυψε ένα πολύ σημαντικό - το σημαντικότερο από άποψη όγκου εργασίας - τμήμα της έρευνας, και αυτό εξαιτίας της πρωτότυπης εργασίας υποδομής που απαιτήθηκε (σύνταξη κώδικα Η/Υ) αλλά και του μεγάλου πλήθους δεδομένων των τριών λεκανών απορροής. Η εργασία αυτή περιέλαβε:

- Την ανάπτυξη προγραμμάτων Η/Υ για αρχειοθέτηση και επεξεργασία των δεδομένων, και
- Την καθαυτό συλλογή, αρχειοθέτηση και επεξεργασία των δεδομένων.

Στο Α' μέρος του ερευνητικού έργου ολοκληρώθηκε η αρχειοθέτηση και επεξεργασία των δεδομένων των λεκανών Μόρνου και Ευήνου, ενώ στο Β' μέρος η σχετική εργασία επεκτάθηκε και στη λεκάνη Υλίκης.

Οι βάσεις δεδομένων και τα προγράμματα διαχείρισης τους παραδίνονται στο ΥΠΕΧΩΔΕ σε δισκέτες. Οι δισκέτες που παραδίνονται με το Β' μέρος του ερευνητικού έργου περιέχουν όλα τα δεδομένα όλων των λεκανών, δηλαδή αντικαθιστούν και τις δισκέτες που παραδόθηκαν με το Α' μέρος του ερευνητικού έργου (περιέχουν και νεότερα δεδομένα των λεκανών Μόρνου και Ευήνου). Οι δισκέτες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα από το ΥΠΕΧΩΔΕ για τη μελλοντική συμπλήρωση και πρόσθετη επεξεργασία των δεδομένων, με βάση τις οδηγίες που περιέχονται στο τεύχος 5. Παράλληλα στα παραρτήματα Α έως Ι περιέχονται συστηματικές εκτυπώσεις των αρχικών και επεξεργασμένων δεδομένων.

4.2. Τα προγράμματα Η/Υ και τα χαρακτηριστικά τους

Τα προγράμματα που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος και παραδίνονται μαζί με τα άλλα στοιχεία, είχαν συνταχθεί σε πρώτη μορφή στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος του ΥΠΕΧΩΔΕ με τίτλο "Υδρολογική διερεύνηση του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας" που εκπονήθηκε από την ίδια ερευνητική ομάδα. Η παρούσα εξελιγμένη μορφή (έκδοση 3) παρέχει περισσότερες δυνατότητες και ευκολίες χρήσης. Η σύνταξη των προγραμμάτων της προηγούμενης και της παρούσας έκδοσης έγινε σε γλώσσα προγραμματισμού Pascal. Όλα τα προγράμματα είναι προσανατολισμένα στις ελληνικές συνθήκες υδρομετεωρολογικών μετρήσεων και χρησιμοποιούν αποκλειστικά την ελληνική γλώσσα στην επικοινωνία υπολογιστή - χρήστη.

Τα προγράμματα τρέχουν σε οποιοδήποτε προσωπικό υπολογιστή συμβατό με IBM που χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα DOS (έκδοση 3.00 ή νεότερη). Ο υπολογιστής γενικά δεν απαραίτητο να έχει ειδικές δυνατότητες αφού οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι 256 KB μνήμης και 1 οδηγός δισκέτας (πάντως τα αρχεία των λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης επειδή είναι μεγάλα, απαιτούν για την αποθήκευση και την αξιοποίηση τους σκληρό δίσκο).

Τα προγράμματα διαιρούνται σε δύο κατηγορίες που αφορούν στην αρχειοθέτηση και επεξεργασία των βροχομετρικών και των σταθμημετρικών/σταθμηγραφικών δεδομένων αντίστοιχα. Οι τίτλοι των προγραμμάτων και οι εργασίες που εκτελούν φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.
ΤΙΤΛΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝ

A/A	ΤΙΤΛΟΣ	ΕΡΓΑΣΙΑ
<u>A. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</u> (ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ)		
1.	RGARCH	Αρχειοθέτηση/επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων
2.	RGTEST	Ελεγχος των αρχείων βροχομετρικών δεδομένων
<u>B. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</u> (ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΚΑΙ ΩΡΙΑΙΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΕΣ)		
3.	SDARCH	Αρχειοθέτηση και επεξεργασία σταθμημετρικών/σταθμηγραφικών δεδομένων
4.	SDDTEST	Ελεγχος των αρχείων ημερήσιας στάθμης
5.	SDHTEST	Ελεγχος των αρχείων ωριαίας στάθμης

Τα κύρια προγράμματα RGARCH και SDARCH είναι δομημένα με μορφή επάλληλων στοιχειωδών διαδικασιών. Οι διαδικασίες αυτές συναρτώνται μεταξύ τους υπό μορφή δέντρων, σχηματίζοντας πιο σύνθετες διαδικασίες. Η επιλογή της επιθυμητής, κάθε φορά, διαδικασίας από το χρήστη γίνεται βάσει των προσφερομένων καταλόγων επιλογών. Οι κυριότερες στοιχειώδεις διαδικασίες είναι οι ακόλουθες:

- **Π ρ ό σ θ ε σ η**
Είναι η διαδικασία με την οποία εισάγουμε νέα δεδομένα στα αρχεία. Η πληκτρολόγηση των δεδομένων διευκολύνεται με διάφορους τρόπους, ενώ υπάρχουν πολλαπλοί τρόποι για την διόρθωση λαθών στην πληκτρολόγηση.
- **Α ν α ζ ή τ η σ η**
Εντοπισμός μιας εγγραφής στο αρχείο δεδομένων
- **Τ ρ ο π ο ί η σ η**
Μεταβολή των δεδομένων μιας εγγραφής
- **Π α ρ ο υ σ ί α σ η**
Με το γενικό τίτλο αυτό, περιγράφεται ένα σύνολο στοιχειωδών διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για την τυποποιημένη εκτύπωση των δεδομένων των αρχείων.

- **Επεξεργασία / Μηνιαίες Τιμές**
Υπολογισμός μηνιαίων τιμών των μεταβλητών (π.χ. παροχών) βάσει των ημερησίων και ωριαίων τιμών.
- **Επεξεργασία / Ακρότατες Τιμές**
Υπολογισμός των μεγίστων και ελαχίστων ετησίων τιμών μιας μεταβλητής είτε σε σημειακή βάση (παροχή - βροχόπτωση) είτε σε επιφανειακή (βροχόπτωση).
- **Σχεδιασμός Γραφήματος**
Αυτόματη εκτύπωση, στην οθόνη ή τον εκτυπωτή, ενός γραφήματος (στην παρούσα μορφή μόνο πλημμυρογράφηματος).

4.3. Οι βάσεις δεδομένων

Μια βάση δεδομένων περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα αρχεία από κάθε μια από τις εξής κατηγορίες:

1. Αρχεία πληροφοριών (συνήθως με κατάληξη .INF), που περιέχουν ορισμένες τυπικές πληροφορίες απαραίτητες για την εκτέλεση του προγράμματος (π.χ. ονομασίες και εξοπλισμός σταθμών κλπ)
2. Αρχεία δεδομένων (με κατάληξη .??D), στα οποία περιέχονται όλα τα δεδομένα (βροχομετρικά, σταθμημετρικά ή σταθμηγραφικά).
3. Ευρετήρια (με κατάληξη .??I), που περιέχουν κλειδιά για την ταχύτατη πρόσβαση στα αρχεία δεδομένων.

Μια βάση βροχομετρικών δεδομένων περιλαμβάνει 3 αρχεία, ένα από κάθε κατηγορία. Μια βάση σταθμημετρικών/σταθμηγραφικών δεδομένων περιλαμβάνει 5 συνολικά αρχεία, ήτοι 1 αρχείο πληροφοριών και 2 ζεύγη αρχείων δεδομένων και ευρετηρίων. Το πρώτο αντιστοιχεί στις ημερήσιες εγγραφές και το δεύτερο στις ωριαίες.

Τα αρχεία πληροφοριών είναι αρχεία κειμένου (text) και γι' αυτό

είναι άμεσα αναγνώσιμα από το χρήστη (μπορούν να τυπωθούν στην οθόνη ή στον εκτυπωτή). Τα προγράμματα της βάσης δεδομένων στην αρχή της εκτέλεσής τους, διαβάζουν τα αρχεία αυτά, χωρίς να τα τροποποιούν.

Αντίθετα τα αρχεία των άλλων δύο κατηγοριών είναι γραμμένα σε συμβολική μορφή και επομένως δεν είναι άμεσα αναγνώσιμα από το χρήστη. Η ανάγνωση και τροποποίηση τους μπορεί να γίνει μόνο μέσα από τα προγράμματα της βάσης δεδομένων. Η συμβολική μορφή γραφής αυτών των αρχείων προτιμήθηκε από τη μορφή κειμένου λόγω του μικρότερου χώρου αποθήκευσης που απαιτείται και της πολύ μεγαλύτερης ταχύτητας πρόσβασης.

Στα αρχεία δεδομένων καταχωρούνται οι εγγραφές (records), που περιέχουν τα δεδομένα σε δομημένη μορφή, η μία μετά την άλλη. Η καταχώρηση γίνεται με τη σειρά εισαγωγής τους στον υπολογιστή.

Στα ευρετήρια καταχωρούνται τα "κλειδιά" με τα οποία είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι εγγραφές στο αρχείο δεδομένων. Τα κλειδιά αυτά σχηματίζονται από την ημερομηνία της εγγραφής και τον κωδικό αριθμό του υδρομετεωρολογικού σταθμού. Τα ευρετήρια λοιπόν, δεν περιέχουν καμιά ουσιαστική πληροφορία, αλλά μόνο την πληροφορία για τη διαχείριση των αρχείων δεδομένων.

Τα ευρετήρια είναι δομημένα με τη μορφή των Β δέντρων (B trees). Η δόμηση αυτή επιτρέπει τον ταχύτατο εντοπισμό κάθε εγγραφής. Για παράδειγμα, ο εντοπισμός ενός δεδομένου κλειδιού σε ένα ευρετήριο με 10.000 κλειδιά, απαιτεί κατά μέσο όρο 2,5 - 3 ψαξίματα, από τα οποία μόνο το 1 (κατά μέσο όρο) θά γίνει στο δίσκο.

Οι βάσεις σταθμημετρικών/σταθμηγραφικών δεδομένων περιέχουν τα πλήρη δεδομένα, σε ημερήσια και ωριαία βάση, 3 σταθμών της Λεκάνης Μόρνου, 3 σταθμών της Λεκάνης Ευήνου, 2 σταθμών της Λεκάνης Β. Κηφισού (παλιά και νέα Σήραγγα Καρδίτσας) και 2 σταθμών των λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης (βλ. πίνακα 4.2). Τα ωριαία δεδομένα προέκυψαν από αποκωδικοποίηση των ταινιών των σταθμηγράφων (για τις ημέρες με σημαντική διακύμανση της στάθμης).

Οι βάσεις βροχομετρικών δεδομένων περιλαμβάνουν τα ημερήσια ύψη βροχής του συνόλου των ανεκτά αξιόπιστων σταθμών των δύο λεκανών απορροής και συγκεκριμένα 10 σταθμών της λεκάνης Μόρνου, 8 σταθμών της λεκάνης Ευήνου και 4 σταθμών της ευρύτερης περιοχής Υλίκης (βλ. πίνακα 4.3). Τα δεδομένα γενικώς ελήφθησαν από τα ημερήσια φύλλα παρατηρήσεων, πολλές φορές όμως έγινε αναδρομή στις ταινίες των βροχογράφων για να υπολογιστούν ή να ελεγχθούν τα 24ωρα ύψη βροχής.

Περισσότερες πληροφορίες για τα προγράμματα και τις βάσεις δεδομένων υπάρχουν στο τεύχος 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2
ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΟΥ ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΘΗΚΑΝ

A/A	ΟΝΟΜΑ/ΘΕΣΗ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
<u>ΛΕΚΑΝΗ ΜΟΡΝΟΥ</u>				
1	ΓΕΦΥΡΑ ΣΤΕΝΟΥ	ΣΜ	ΥΠΕΧΩΔΕ	5
2	ΓΕΦΥΡΑ ΠΕΡΙΒΟΛΙΟΥ	ΣΜ	ΥΠΕΧΩΔΕ	5
4	ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	ΣΜ	ΥΠΕΧΩΔΕ	5
<u>ΛΕΚΑΝΗ ΕΥΗΝΟΥ</u>				
1	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Νο 0	ΣΜ	ΔΕΗ	6
11	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Νο 1	ΣΜ	ΔΕΗ	6
12	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Νο 2	ΣΜ	ΔΕΗ	6
13	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Νο 3	ΣΜ	ΔΕΗ	6
14	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Νο 4	ΣΜ	ΔΕΗ	6
3	ΑΧΛΑΔΟΚΑΣΤΡΟ	ΣΜ/ΣΓ	ΔΕΗ	6
4	ΠΟΡΟΣ ΡΗΓΑΝΙΟΥ	ΣΜ/ΣΓ	ΔΕΗ	6
41	ΠΟΡΟΣ ΡΗΓΑΝΙΟΥ ΚΑΤΑΝΤΗ	ΣΜ	ΔΕΗ	6
<u>ΛΕΚΑΝΗ Β. ΚΗΦΙΣΟΥ</u>				
1	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΣΜ	ΥΠΕΧΩΔΕ	9
2	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΣΜ	ΕΥΔΑΠ	9
4	ΠΑΛΑΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑ	ΣΜ	ΥΠΕΧΩΔΕ	9
<u>ΛΕΚΑΝΕΣ ΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΜΝΗΣ</u>				
1	ΥΛΙΚΗ	ΣΜ	ΕΥΔΑΠ	10
2	ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	ΣΜ	ΕΥΔΑΠ	10

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3
ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΟΥ ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΘΗΚΑΝ

A/A	ΟΝΟΜΑ/ΘΕΣΗ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
<u>ΛΕΚΑΝΗ ΜΟΡΝΟΥ</u>				
3	ΛΙΔΟΡΙΚΙ	BM/ΒΓ	ΥΠΕΧΩΔΕ	1
4	ΚΑΛΛΙΟ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	1
5	ΚΑΡΟΥΤΕΣ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	1
6	ΑΘΑΝ. ΔΙΑΚΟΣ	BM/ΒΓ	ΥΠΕΧΩΔΕ	2
7	ΔΑΦΝΟΣ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	1
8	ΚΟΝΙΑΚΟΣ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	2
9	ΜΑΛΑΝΔΡΙΝΟ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	1
10	ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	BM/ΒΓ	ΥΠΕΧΩΔΕ	1
11	ΠΥΡΑ	BM/ΒΓ	ΥΠΕΧΩΔΕ	2
12	ΣΥΚΕΑ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	2
<u>ΛΕΚΑΝΗ ΕΥΗΝΟΥ</u>				
1	ΑΝΑΛΗΨΗ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	4
2	ΑΡΑΧΩΒΑ	BM	ΔΕΗ	3
3	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΞΥΑ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	3
5	ΓΡΗΓΟΡΙΟ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	3
6	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	BM/ΒΓ	ΔΕΗ	3
7	ΠΑΡΑΔΕΙΣΙΟ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	4
9	ΠΛΑΤΑΝΟΣ	BM	ΥΠΕΧΩΔΕ	3
10	ΠΟΡΟΣ ΡΗΓΑΝΙΟΥ	BM/ΒΓ	ΥΠΕΧΩΔΕ	4
<u>ΛΕΚΑΝΗ ΥΛΙΚΗΣ</u>				
26	ΑΛΙΑΡΤΟΣ	BM/ΒΓ	Ε.Μ.Υ.	5
101	ΜΟΥΡΙΚΙ	BM/ΒΓ	ΥΠΕΧΩΔΕ	5
206	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	BM/ΒΓ	ΥΠΕΧΩΔΕ	5
207	ΤΑΝΑΓΡΑ	BM	Ε.Μ.Υ.	5

Σημείωση

Τα παλιότερα βροχομετρικά δεδομένα της Λεκάνης Μόρνου, τα οποία έχουν ληφθεί από τη "Μελέτη Εργων Υδρεύσεως Περιοχής Πρωτευούσης εκ Μόρνου" της Υδρομηχανικής (Φάκελλος 8 - Τεύχος Πινάκων - ΥΠΔΕ 1966), τα οποία δε βρέθηκαν σε πρωτογενή μορφή, αρχειοθετήθηκαν χωριστά στη βάση δεδομένων αριθμός 6. Στη βάση αυτή περιλαμβάνονται επί πλέον και ο παλιότερος σταθμός ΛΙΔΟΡΙΚΙ της ΕΑΑ (α/α 1 - 1904-1931) καθώς και ο σταθμός ΛΙΔΟΡΙΚΙ της ΕΜΥ (α/α 2 - 1931-1965).

5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΟΡΝΟΥ

5.1. Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας της υδρολογικής πληροφορίας της λεκάνης Μόρνου, και συγκεκριμένα των βροχομετρικών, μετεωρολογικών και υδρομετρικών δεδομένων. Το ενδιαφέρον μας εντοπίζεται στην υπολεκάνη ανάντη του φράγματος Μόρνου. Η χρονική κλίμακα εξέτασης των διάφορων υδρομετεωρολογικών μεταβλητών είναι η μηνιαία. Παρόλο που τα πρωτογενή δεδομένα έχουν αρχειοθετηθεί σε ωριαία έως ημερήσια κλίμακα, η μηνιαία κλίμακα επεξεργασίας είναι επαρκής για τους στόχους της έρευνας, που περιορίζονται στην εξέταση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης.

Η πρωτογενής υδρολογική πληροφορία, στην οποία έχουμε στηριχτεί, είναι καταχωρημένη στα παραρτήματα Α, Γ, Δ και Ε. Η περιγραφή των υδρομετεωρολογικών σταθμών της λεκάνης είναι κωδικοποιημένη στο τεύχος 4. Τέλος η αναλυτική πορεία της επεξεργασίας της πληροφορίας καθώς και πλήθος άλλων δεδομένων υπάρχουν στα τεύχη 6 και 13.

Πέρα από την κλασική υδρολογική πληροφορία που προκύπτει από τους μετεωρολογικούς σταθμούς έχουν επίσης αξιοποιηθεί και όσα δεδομένα υπάρχουν από τη λειτουργία του ταμιευτήρα Μόρνου μετά το 1981. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται εδώ, ενώ οι αναλυτικοί υπολογισμοί υπάρχουν στο τεύχη 3 και 13.

5.2. Βροχομετρική πληροφορία

5.2.1. Βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα

Οι 10 βροχομετρικοί σταθμοί της λεκάνης απορροής φαίνονται στον πίνακα 4.3. Σημειώνεται ότι στο Λιδορίκι είχαν λειτουργήσει παλιότερα και άλλοι δύο σταθμοί της ΕΜΥ (1931-35 και 1959-σήμερα) και της ΕΑΑ (1904-31) που όμως δεν τους πήραμε υπόψη, γιατί δε μπορούσε να ελεγχθεί η αξιοπιστία τους. Επίσης δε χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα των σταθμών Κάλλιο (που είχε πολύ λίγα χρόνια

μετρήσεων) και Δάφνος (που παρουσιάζει προφανή και συνεχή λάθη). Οι σταθμοί Λιδορίκι, Καρούτες, Αθ.Διάκος, Κονιακός και Μαλανδρίνο παρουσιάζουν συστηματικά σφάλματα, όπως έδειξε η διερεύνηση με την κλασική μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης. Συμπερασματικά η γενική εικόνα των μετρήσεων δεν είναι καθόλου καλή και είναι χαρακτηριστικό ότι εμφανίζονται και αρνητικές συσχετίσεις μεταξύ των ετήσιων υψών βροχής διαφόρων σταθμών. Πάντως η εικόνα εμφανίζεται σαφώς βελτιωμένη τα τελευταία χρόνια.

5.2.2. Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση

Η ομογενοποίηση των δειγμάτων, που ουσιαστικά αποσκοπεί στη διόρθωση των συστηματικών σφαλμάτων, έγινε με τη γνωστή μέθοδο αναγωγής βάσει συνελεστών που υπολογίστηκαν από τις αθροιστικές καμπύλες. Οι συντελεστές αναγωγής εφαρμόστηκαν στα μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής.

Η συμπλήρωση των ελλείψεων έγινε με γραμμική παλινδρόμηση, σε μηνιαία βάση, και χρησιμοποιήθηκε σε κάθε περίπτωση ως σταθμός βάσης, εκείνος ο σταθμός που εμφάνιζε την καλύτερη συσχέτιση με τον προς συμπλήρωση σταθμό. Κατ' εξαίρεση, σε ορισμένους μήνες που έλειπαν μόνο λίγα ημερήσια ύψη βροχής (μέχρι 5) η συμπλήρωση έγινε σε ημερήσια βάση. Στην τελευταία περίπτωση το ημερήσιο ύψος βροχής του προς συμπλήρωση σταθμού εκτιμήθηκε ως ο μέσος όρος των αντίστοιχων ημερήσιων υψών των γειτονικών του σταθμών.

Η τελική περίοδος την οποία καλύπτουν όλα τα μεγιστοποιημένα δείγματα, ξεκινά από το υδρολογικό έτος 1962-63 και φτάνει μέχρι το υδρολογικό έτος 1987-88. Η περαιτέρω επέκταση των δειγμάτων προς τα πίσω θεωρήσαμε ότι δε θα είχε επαρκή αξιοπιστία, γιατί θα στηρίζονταν αποκλειστικά στο σταθμό του Λιδορικού, του οποίου η αξιοπιστία δε μπορεί να ελεγχθεί σε περιόδους πριν το 1962.

Τα τελικά ετήσια ύψη βροχής των διάφορων σταθμών για την παραπάνω περίοδο φαίνονται στον πίνακα 5.1. Σημειώνουμε ότι ορισμένες από τις τιμές του πίνακα διαφέρουν από αντίστοιχες τιμές που εμφανίζονται σε παλιότερες μελέτες. Οι διαφορές οφείλονται στις εκτεταμένες εργασίες ομογενοποίησης (αναγωγής) και μεγιστοποίησης που έγιναν στα πλαίσια της παρούσας έρευνας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

ΤΕΛΙΚΑ ΕΗΜΕΙΑΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΟΡΝΟΥ (σε mm)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΛΙΑΟΡΙΚΙ	ΚΑΡΟΥΤΕΣ	ΑΘ.ΔΙΑΚΟΣ	ΚΟΝΙΑΚΟΣ	ΜΑΛΛΑΝ/ΝΟ	ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	ΠΥΡΑ	ΣΥΚΕΑ
1962-63	1331.4	1704.0	1809.7	1720.6	1283.7	2062.9	1816.2	2048.3
1963-64	873.0	1386.0	1363.6	1075.5	909.2	1135.3	1188.9	1379.1
1964-65	765.4	1198.9	1448.2	1358.0	817.0	1660.0	1209.4	1278.1
1965-66	997.1	1358.4	1829.2	1589.4	998.4	1911.1	1266.7	1559.4
1966-67	806.1	1082.6	1640.6	1363.1	727.2	1658.8	1300.6	1102.5
1967-68	837.2	1034.9	1402.6	1449.7	914.3	1463.1	1307.3	1092.2
1968-69	787.3	1186.7	1236.4	1092.5	683.0	1321.0	1497.6	1289.8
1969-70	864.1	1207.2	1638.5	1322.2	892.4	1897.2	1244.0	1279.7
1970-71	855.6	1355.4	1279.4	1187.1	765.3	1402.5	1323.6	1217.3
1971-72	785.3	1180.2	1370.5	1188.1	734.1	1351.7	1151.3	1088.2
1972-73	798.3	1246.7	1369.8	1165.4	853.7	1451.9	1204.9	1298.2
1973-74	854.0	1459.0	1578.2	1256.0	1074.6	1651.1	1387.9	1344.2
1974-75	691.7	1088.6	1236.0	981.8	794.0	1230.3	1395.2	1149.5
1975-76	636.9	1204.3	905.2	1198.9	771.9	1101.5	1416.0	1026.4
1976-77	722.3	1137.9	1365.3	939.1	810.6	1417.6	948.0	1010.3
1977-78	898.8	1326.4	1176.1	1167.4	933.3	1477.5	1760.6	1563.0
1978-79	948.5	1444.7	1894.2	1434.9	1022.8	1694.9	1408.4	1571.1
1979-80	1009.2	1632.1	1364.4	1281.1	1190.7	1461.9	1692.9	1884.1
1980-81	1209.1	1691.2	1770.6	1605.8	1151.7	1922.2	1859.1	2129.4
1981-82	1029.1	1637.0	1222.9	1501.2	1084.2	1731.3	1615.9	1821.7
1982-83	749.1	1082.3	895.5	1199.2	542.9	890.3	1396.4	1258.6
1983-84	950.9	998.7	628.4	1417.2	1109.4	1848.5	1688.8	1339.3
1984-85	681.5	988.5	506.7	1268.6	658.3	1310.6	1617.4	1108.5
1985-86	980.7	1460.1	1719.4	1860.5	1062.7	2192.2	1398.6	1760.3
1986-87	884.1	1708.9	1484.1	1100.6	907.4	1526.3	1671.0	1664.3
1987-88	821.3	1364.1	1621.2	1117.0	832.2	785.3	1179.8	1202.3
ΜΕΣΗ Τ.	875.7	1314.0	1375.3	1301.6	904.8	1521.4	1421.0	1402.5
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	156.2	225.8	350.6	223.9	180.4	342.7	232.3	317.3

5.2.3. Επιφανειακά ύψη βροχής

Τα επιφανειακά μηνιαία ύψη βροχής για τη λεκάνη ανάντη του φράγματος Μόρνου υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Thiessen, ενώ έγινε και υψομετρική διόρθωση. Το τελικό δείγμα επιφανειακής βροχόπτωσης φαίνεται στον πίνακα 5.2. Αντίστοιχοι υπολογισμοί έγιναν και για τις υπολεκάνες ανάντη των υδρομετρικών σταθμών Στενού και Περιβολίου (βλ. τεύχος 6).

Το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής τις λεκάνης Μόρνου φτάνει τα 1504 mm. Σημειώνεται πάντως ότι λόγω των διαπιστωμένων προβλημάτων του συνολικού βροχομετρικού δικτύου της λεκάνης Μόρνου, το τελικό δείγμα είναι μειωμένης αξιοπιστίας.

5.2.4. Προτάσεις βελτίωσης βροχομετρικών σταθμών

Στα πλαίσια του ερευνητικού έργου έχει συνταχθεί μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου των λεκανών Μόρνου και Ευήνου, όπου περιλαμβάνονται και προτάσεις για τη βελτίωση των βροχομετρικών σταθμών του Μόρνου. Πιο συγκεκριμένα προτείνεται η κατάργηση ή μεταφορά σε νέες θέσεις υφισταμένων σταθμών και η ίδρυση νέων σταθμών, καθώς και ο εμπλουτισμός υφισταμένων σταθμών με νέα όργανα. Παράλληλα θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην εκπαίδευση του προσωπικού, στη συντήρηση των οργάνων και να αυξηθεί η συχνότητα των επιθεωρήσεων ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των παρατηρήσεων.

Αναλυτικά οι προτάσεις βελτίωσης του δικτύου περιέχονται στο τεύχος 17.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ (σε mm)

ΔΕΚ. ΑΠΟΡΡΟΗΣ : ΑΝΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 1082 m
 ΣΤΑΘΜΟΙ: ΛΙΑΩΡΙΚΙ (0.185) ΚΑΡΟΥΤΕΣ (0.046) ΑΘ. ΔΙΑΚΟΣ (0.113) ΚΟΝΙΑΚΟΣ (0.133) ΜΑΛΑΝΑΡΙΝΟ (0.133)
 ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ (0.146) ΠΥΡΑ (0.135) ΣΥΚΕΑ (0.109)
 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ : 1.215

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1962-63	162.6	317.8	405.4	308.1	365.0	105.7	93.5	112.0	87.0	59.3	12.5	34.7	2063.5
1963-64	228.4	75.6	336.2	93.4	106.0	153.5	85.1	86.6	86.3	41.3	31.7	36.6	1360.7
1964-65	89.2	174.1	261.8	224.4	303.4	104.9	141.6	74.6	53.3	12.7	7.2	4.2	1451.5
1965-66	43.6	409.7	230.2	524.5	120.7	167.3	37.5	54.4	47.8	15.0	10.7	61.2	1722.6
1966-67	100.7	404.9	286.4	238.1	59.6	47.2	92.5	51.3	7.0	82.6	15.8	72.4	1458.3
1967-68	72.6	60.2	374.6	490.8	117.8	117.9	16.7	57.0	82.6	1.1	22.7	25.1	1439.2
1968-69	135.9	141.6	351.9	189.8	264.0	142.8	31.5	13.8	20.5	10.9	9.5	38.4	1350.8
1969-70	4.7	167.7	520.0	271.0	206.0	163.9	38.2	40.7	40.7	35.9	22.1	43.6	1554.6
1970-71	126.8	126.7	229.2	140.3	259.7	297.9	35.2	36.3	7.4	30.1	18.9	77.8	1386.3
1971-72	72.3	226.2	145.4	163.9	169.6	96.4	144.1	88.7	30.8	92.7	45.2	38.7	1314.0
1972-73	247.8	101.5	49.3	217.3	281.9	182.2	81.8	59.4	49.6	67.0	28.2	24.4	1390.6
1973-74	145.9	177.6	249.4	94.5	308.5	127.9	198.8	109.2	38.6	14.7	20.1	79.9	1565.3
1974-75	220.7	190.4	109.3	73.3	217.7	128.2	31.4	91.3	114.6	28.6	58.9	8.0	1272.3
1975-76	102.3	151.0	245.4	186.3	170.2	90.7	85.3	63.1	44.7	45.8	12.2	19.8	1216.8
1976-77	144.8	257.7	302.2	99.6	104.6	43.4	115.3	43.5	34.9	9.0	10.1	71.7	1236.9
1977-78	7.1	294.2	235.1	297.5	205.6	127.6	179.4	23.0	14.3	1.6	9.7	139.9	1535.0
1978-79	95.5	235.9	218.3	433.0	225.2	80.1	159.7	93.2	38.6	61.2	33.6	16.6	1690.9
1979-80	223.8	237.1	259.3	277.2	105.7	260.0	132.3	67.7	50.1	4.8	11.4	62.0	1691.3
1980-81	301.5	268.8	403.9	505.6	172.7	29.6	137.1	84.1	9.0	12.5	21.4	36.7	1982.9
1981-82	144.4	217.2	527.1	64.7	190.8	214.8	162.6	109.6	22.5	8.3	29.7	30.1	1721.9
1982-83	82.7	188.8	230.2	87.9	162.4	109.5	40.9	50.3	124.0	68.7	31.0	10.6	1187.0
1983-84	121.1	266.4	272.6	166.3	261.0	167.3	177.6	44.4	9.8	11.2	27.1	21.6	1546.4
1984-85	15.5	205.0	118.1	426.4	106.5	161.1	95.9	69.8	11.7	8.9	5.6	9.5	1234.0
1985-86	97.7	469.3	108.0	301.2	323.0	116.4	134.9	77.3	139.8	52.1	31.7	10.5	1861.9
1986-87	193.8	66.5	259.1	288.7	144.4	343.0	106.2	62.4	60.3	13.8	39.6	9.9	1587.7
1987-88	126.8	245.8	189.1	150.3	295.1	134.1	56.0	33.2	14.8	12.6	10.8	21.8	1290.5
ΜΕΣΗ Τ.	127.2	218.4	266.1	242.9	201.8	142.8	100.4	65.3	47.7	30.9	22.2	38.7	1504.3
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	75.2	103.3	117.3	138.9	82.1	73.0	53.6	26.5	37.4	27.0	13.1	31.0	236.2

5.3. Μετεωρολογική πληροφορία

5.3.1. Γενικά

Η ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων αποσκοπεί ουσιαστικά στην εκτίμηση των απωλειών εξάτμισης του ταμειευτήρα Μόρνου. Η ακριβέστερη προσέγγιση στο θέμα αυτό είναι η μέθοδος Penman η οποία και χρησιμοποιήθηκε. Κατά συνέπεια τα μετεωρολογικά δεδομένα που απαιτήθηκε να αναλυθούν είναι αυτά που παίρνονται υπόψη στη μέθοδο Penman, ήτοι:

- Θερμοκρασία αέρα
- Σχετική υγρασία
- Σχετική ηλιοφάνεια
- Ταχύτητα ανέμου

Οι άμεσες μετρήσεις εξάτμισης από εξατμισίμετρα κατά κανόνα στις ελληνικές συνθήκες δεν είναι αξιόπιστες και γι' αυτό θεωρούνται ως απλές ενδείξεις. Όλες οι παραπάνω μετεωρολογικές μεταβλητές εξετάζονται στα πλαίσια της παρούσας έρευνας σε μηνιαία βάση. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στο παράρτημα Γ και η αναλυτική επεξεργασία τους δίνεται στο τεύχη 6 και 13.

Σημειώνεται ότι η μέθοδος Penman υιοθετήθηκε στην παρούσα έρευνα για τον υπολογισμό των εξατμίσεων σε όλες τις θέσεις μελέτης. Στο σημείο αυτό υπάρχει σοβαρή ασυμφωνία με παλιότερες μελέτες, που στηρίζονταν στα δεδομένα του εξατμισίμετρου Μαραθώνα, με βάση τα οποία η εξάτμιση προκύπτει σαφώς μικρότερη ($\approx 40\%$) από αυτή που υπολογίζεται με τη μέθοδο Penman. Για το θέμα αυτό έχουμε να παρατηρήσουμε τα ακόλουθα:

1. Το εξατμισίμετρο Μαραθώνα δεν είναι πλωτό όπως πολλές φορές αναφέρεται εσφαλμένα, αλλά εξατμισίμετρο ξηράς.
2. Πλωτό εξατμισίμετρο υπήρχε στη λίμνη Μαραθώνα την περίοδο 1931-38, και με βάση αυτό υπολογίστηκαν συντελεστές αναγωγής του εξατμισίμετρου ξηράς, οι οποίοι χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα.

3. Δεν είναι δυνατό να ελεγχθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων του παλιού πλωτού εξατμισίμετρου, ούτε και των συντελεστών αναγωγής. Επισημαίνεται πάντως ότι τα πλωτά εξατμισίμετρα παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα αξιοπιστίας και γι' αυτό έχουν σχεδόν εγκαταλειφθεί. Τα προβλήματα αυτά σχετίζονται αφ' ενός με την επίδραση των στερεών ορίων στο μηχανισμό εξάτμισης, αλλά κυρίως στην εναλλαγή του νερού με αυτό της λίμνης, υπό μορφή σταγόνων (λόγω ανέμου και κυματισμών), πράγμα που καθιστά τη μέτρηση προβληματική.
4. Το σημερινό εξατμισίμετρο ξηράς, διαπιστώθηκε ότι έχει υποστεί κατά καιρούς σοβαρές μετατροπές (η πιο πρόσφατη αναφέρεται την τοποθέτηση πλέγματος, που εμποδίζει τη ροή της ηλιακής ακτινοβολίας). Εξ άλλου η λήψη των μετρήσεων παρουσιάζει προβλήματα, που εντοπίζονται κυρίως στην αφαίρεση του ύψους βροχής (βλέπε και τεύχος 11).
5. Ενδεικτική της αναξιοπιστίας του εξατμισίμετρου Μαραθώνα είναι και η σύγκριση του με το εξατμισίμετρο Αλιάρτου της ΕΜΥ, που θεωρείται ως ένα από τα πιο αξιόπιστα του ελληνικού χώρου. Έτσι η μέση τιμή της εξάτμισης που δίνει το εξατμισίμετρο Μαραθώνα για την περίοδο 1977-88 είναι 902.7 mm ενώ η αντίστοιχη τιμή του εξατμισίμετρου Αλιάρτου είναι 1839 mm (υπεδιπλάσια τιμή). Σημειώνεται πάντως ότι το πρώτο όργανο είναι τύπου Α ενώ το δεύτερο είναι τύπου Colorado, αλλά η πιο πάνω απόκλιση δε μπορεί να δικαιολογηθεί.
6. Η μέθοδος Penman που υιοθετήθηκε δε μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι απαλλαγμένη μειονεκτημάτων. Μειονεκτήματα υπάρχουν και στον τρόπο με τον οποίο εφαρμόστηκε (πολλές φορές δεν υπήρχαν μετεωρολογικά δεδομένα στην περιοχή εφαρμογής και έτσι χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα σταθμών αρκετά απομακρυσμένων) αλλά και στις θεωρητικές της προϋποθέσεις (δεν παίρνει υπόψη την αποθήκευση θερμότητας στο νερό του ταμιευτήρα). Παρ' όλα αυτά θεωρούμε ότι δίνει ακριβέστερη προσέγγιση της εξάτμισης από αυτή των παλιότερων μελετών που είχαν στηριχτεί στα δεδομένα του εξατμισίμετρου Μαραθώνα. Ενδεχομένως οι εξατμίσεις που προκύπτουν είναι ελαφρώς υπερεκτιμημένες για τους θερινούς μήνες όπου η αποθήκευση

θερμότητας δε μπορεί να αγνοηθεί, αλλά αυτό είναι προς την πλευρά της ασφάλειας, αναφορικά με την εκτίμηση του αξιοποιήσιμου υδατικού δυναμικού.

5.3.2. Θερμοκρασία

Στη λεκάνη Μόρνου υπάρχουν δύο θερμόμετρα, στο Λιδορίκι και στο φράγμα Μόρνου. Ο σταθμός φράγματος Μόρνου, όπως προέκυψε από την επί τόπου επίσκεψή μας, είναι τελείως αναξιόπιστος, και οι τιμές που σημειώνονται από τον παρατηρητή δεν είναι μετρήσεις αλλά χονδρικές εκτιμήσεις. Έτσι δεν πήραμε καθόλου υπόψη τα στοιχεία του σταθμού αυτού. Απέμεινε λοιπόν ο σταθμός Λιδορικού, ο οποίος λειτουργεί ικανοποιητικά και συστηματικά, και εμφανίζει ελάχιστες ελλείψεις. Οι ελλείψεις αυτές συμπληρώθηκαν με γραμμική συσχέτιση από το σταθμό Γραμμένης Οξυάς, της λεκάνης Ευήνου. Οι συντελεστές συσχέτισης σε μηνιαία βάση ήταν υψηλοί. Το τελικό συμπληρωματικό δείγμα καλύπτει την περίοδο 1970-71 έως 1986-87.

Η εκτίμηση των μηνιαίων θερμοκρασιών στη θέση του φράγματος έγινε με υψομετρική αναγωγή (στη μέση στάθμη ταμιευτήρα) και χρησιμοποιήθηκαν οι μηνιαίες τιμές της θερμομετρικής βαθμίδας του Giandotti, που έχουν υπολογιστεί εμπειρικά από μεσογειακές λεκάνες. Χαρακτηριστικές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες φαίνονται στον πίνακα 5.3.

5.3.3. Σχετική υγρασία

Υπάρχει ένα ψυχρόμετρο στο Λιδορίκι με συστηματικές και αξιόπιστες μετρήσεις που καλύπτουν την περίοδο 1960-61 έως 1987-88, με μερικές ελλείψεις. Θεωρήθηκε ότι οι μετρήσεις αυτές ισχύουν και για την περιοχή του φράγματος Μόρνου.

Η σχετική υγρασία στο Λιδορίκι σε μέση μηνιαία βάση φαίνεται στον πίνακα 5.3.

5.3.4. Ηλιοφάνεια

Δεν υπάρχει ηλιογράφος στη λεκάνη Μόρνου, ενώ ο πλησιέστερος, ο οποίος τελικά χρησιμοποιήθηκε, βρίσκεται στη Λαμία (ΕΜΥ). Το δείγμα που υπάρχει καλύπτει την περίοδο από 1976-77 μέχρι 1986-87 χωρίς ελλείψεις. Θεωρήθηκε ότι οι τιμές στη Λαμία καλύπτουν και την περιοχή του Μόρνου, αλλά πάντως η παραδοχή αυτή είναι δυσμενής, δηλαδή οδηγεί σε εξατμίσεις σχετικά μεγαλύτερες από τις πραγματικές. Η σχετική ηλιοφάνεια της Λαμίας σε μέση μηνιαία βάση, φαίνεται στον πίνακα 5.3.

5.3.5. Ταχύτητα ανέμου

Υπάρχουν δύο ανεμόμετρα μέσα στη λεκάνη Μόρνου, στο Λιδορίκι και στο φράγμα Μόρνου. Όπως προαναφέρθηκε στα δεδομένα στο φράγμα Μόρνου είναι χωρίς αξία. Δυστυχώς όμως και τα ανεμομετρικά δεδομένα στο Λιδορίκι εμφανίζουν μία γενική εικόνα αναξιόπιστη. Το ανεμόμετρο του σταθμού της Λαμίας εμφανίζει αξιόπιστη γενική εικόνα μετρήσεων, αλλά δυστυχώς έχει ελλείψεις δεδομένων που δε μπορούσαν να συμπληρωθούν. Τελικά καταφύγαμε στις μετρήσεις του ανεμομέτρου Αλιάρτου (ΕΜΥ) που είναι συνεχείς για την περίοδο 1966-67 έως 1987-88. Η ταχύτητα ανέμου στην Αλιάρτο, σε μέση μηνιαία βάση φαίνεται στον πίνακα 5.3.

5.3.6. Υπολογισμός εξατμίσης κατά Penman

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα έγινε δυνατή η εκτίμηση της εξατμίσης από την ελεύθερη επιφάνεια του ταμιευτήρα Μόρνου, με την ημιεμπειρική μέθοδο Penman, που αποτελεί την ακριβέστερη δυνατή προσέγγιση. Οι υπολογισμένες μηνιαίες τιμές της εξατμίσης κάλυψαν την περίοδο από τον Ιανουάριο 1977 μέχρι και τον Σεπτέμβριο 1988 και φαίνονται στον πίνακα 5.4. Η μέση ετήσια εξατμίση της περιόδου αυτής φτάνει τα 1317 mm. Η τιμή αυτή είναι σχετικά μεγάλη, πράγμα που οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή (όπως τουλάχιστον προκύπτουν από τα δεδομένα στο Λιδορίκι). Δεν πρέπει πάντως να συγχέεται η τιμή αυτή, που αναφέρεται σε εξατμίση από ελεύθερη επιφάνεια νερού, με

την ετήσια δυναμική εξατμισοδιαπνοή, που αναφέρεται σε εδαφική επιφάνεια, και είναι σαφώς μικρότερη (800 - 900 mm ετησίως).

5.3.7. Μετρήσεις εξατμίσσης - Συγκρίσεις

Εξατμισίμετρα υπάρχουν στο Λιδορίκι και στο φράγμα Μόρνου, αλλά σε κανέναν από τους δύο σταθμούς δεν έχουμε αξιόπιστα δεδομένα. Για λόγους σύγκρισης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του εξατμισίμετρου Λαμίας, που οι μέσες μηνιαίες τιμές τους φαίνονται στον πίνακα 5.3. Σε υπερετήσια βάση τα πηλίκια των εκτιμήσεων της μεθόδου Penman προς τις μετρημένες εξατμίσεις της Λαμίας συμφωνούν σε ικανοποιητικό επίπεδο (μέση ετήσια τιμή του πηλίκου = 0.87), αλλά στα επιμέρους έτη οι διαφορές είναι σημαντικές. Πιο σημαντικές είναι οι διαφορές στους επιμέρους μήνες. Από τη γενική εικόνα των δεδομένων προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου Penman είναι αρκετά αξιόπιστα, δεν συμβαίνει όμως το ίδιο με τα δεδομένα του εξατμισιμέτρου Λαμίας.

5.3.8. Επέκταση του δείγματος εξατμίσεων

Δεδομένου ότι το μέγεθος που επηρεάζει κατά κύριο λόγο την εξατμίσση είναι η θερμοκρασία (άλλωστε υπάρχουν εμπειρικές μέθοδοι εκτίμησης της εξατμίσσης με βάση μόνο τη θερμοκρασία) είναι δυνατόν να επεκτείνουμε το δείγμα των μηνιαίων εξατμίσεων σε όλη την περίοδο που υπάρχουν μετρήσεις θερμοκρασίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η απλή μέθοδος του βρόχου εξατμίσσης (διαγράμματος με άξονες μέση μηνιαία θερμοκρασία - μέση μηνιαία εξατμίσση). Ο βρόχος εξατμίσσης καταρτίστηκε με βάση τα αποτελέσματα της μεθόδου Penman και κατόπιν χρησιμοποιήθηκε για την αναγωγή της θερμοκρασίας σε εξατμίσση, για όλους τους επιπλέον μήνες που υπήρχαν μετρήσεις θερμοκρασίας. Το τελικό δείγμα, που φαίνεται στον πίνακα 5.4, καλύπτει την περίοδο από 1970-71 μέχρι 1987-88.

5.3.9. Προτάσεις βελτίωσης μετεωρολογικών σταθμών

Στην ειδική μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου των λεκανών Μόρνου και Ευήνου (τεύχος 17) περιλαμβάνονται προτάσεις για τη βελτίωση της καταγραφής της μετεωρολογικής πληροφορίας στη λεκάνη Μόρνου. Συγκεκριμένα προτείνεται η μετακίνηση των σταθμών Λιδορικού και Φράγματος Μόρνου και η μετατροπή των βροχομετρικών σταθμών Δάφνου και Πενταγίων σε πλήρεις μετεωρολογικούς σταθμούς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3

ΜΕΣΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΟΡΝΟΥ ή ΓΕΙΤΟΝΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

	Θερμοκρασία στο Λιδορικό	Θερμοκρασία στη θέση φράγματος	Εχ.Υγρασία στο Λιδο- ρικό	Εχ.Ηλιοφά- νεια στη Λαμία	Ταχ. ανέμου (στα 6.5 m) στην Αλίαρτο	Εξάτμιση (εξ/τρου) Λαμίας	Εξάτμιση κατά Penman ταμ. Μόρνου	Διευρυμένο δείγ. εξάτμ ταμ. Μόρνου
ΜΗΝΑΣ	1/1970 - - 9/1988)	Περίοδος 10/1970 - - 9/1988	Περίοδος 1/1961 - - 9/1988	Περίοδος 1/1977 - - 12/1987	Περίοδος 1/1967 - - 9/1988	Περίοδος 1/1977 - - 12/1986	Περίοδος 1/1977 - - 9/88	Περίοδος 10/1970 - - 9/1988
	(°C)	(°C)	(%)	(%)	(m/sec)	(mm)	(mm)	(mm)
ΟΚΤ.	14.5	15.6	63.7	47	2.2	113.5	68.1	66.1
ΝΟΕΜ.	9.5	10.5	71.3	41	1.9	68.1	35.9	35.7
ΔΕΚ.	6.7	7.3	73.3	39	2.4	65.7	24.0	25.2
ΙΑΝ.	5.2	5.8	68.8	40	2.6	68.5	30.0	29.8
ΦΕΒ.	5.9	6.7	69.1	37	2.8	59.4	42.8	39.4
ΜΑΡ.	8.8	10.0	66.0	42	2.7	87.8	75.4	76.0
ΑΠΡ.	12.3	13.7	62.2	52	2.8	138.9	115.3	113.1
ΜΑΙΟΣ	17.8	19.1	57.6	59	2.4	177.9	163.4	165.6
ΙΟΥΝ.	22.4	23.8	52.0	71	2.6	255.9	205.9	205.4
ΙΟΥΛ.	25.0	26.3	47.8	75	2.8	258.2	226.3	223.6
ΑΥΓ.	24.1	25.4	48.2	72	2.6	235.6	197.4	195.9
ΣΕΠΤ.	20.3	21.6	53.9	64	2.4	180.6	133.0	133.1
ΕΤΟΣ	14.4	15.5	61.2	53	2.5	1647.7	1317.4	1309.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΜΟΡΝΟΥ ΚΑΤΑ PENMAN (σε mm)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1970-71	62.0*	43.5*	24.8*	38.8*	31.6*	62.0*	79.5*	179.8*	210.0*	209.3*	227.9*	117.0*	1286.2
1971-72	55.9*	33.0*	24.2*	32.6*	32.5*	111.6*	129.0*	161.2*	213.0*	209.3*	165.9*	127.5*	1295.7
1972-73	54.3*	34.5*	27.9*	27.9*	42.0*	55.8*	109.5*	190.7*	209.4*	224.8*	193.8*	133.5*	1304.1
1973-74	66.7*	32.8*	29.5*	26.4*	41.5*	79.1*	88.5*	162.5*	211.4*	240.3*	227.9*	132.9*	1339.5
1974-75	72.9*	32.8*	29.5*	25.1*	22.4*	86.8*	126.0*	164.3*	192.0*	217.0*	175.2*	165.0*	1309.0
1975-76	61.8*	33.2*	29.6*	24.8*	26.1*	68.2*	120.0*	162.5*	190.5*	208.1*	167.4*	123.0*	1215.2
1976-77	68.5*	37.5*	24.8*	29.3	52.3	93.3	128.6	186.0	219.3	247.1	224.8	140.7	1452.2
1977-78	78.1	44.0	30.0	31.6	45.4	87.2	108.5	178.0	222.5	239.0	201.0	122.9	1388.1
1978-79	69.9	42.4	26.5	30.4	44.7	82.7	103.9	138.3	207.9	211.7	182.9	141.4	1282.8
1979-80	62.6	35.3	25.4	24.7	44.2	69.4	103.3	145.4	188.7	213.5	189.7	122.5	1224.9
1980-81	69.9	35.2	24.7	33.1	41.9	82.8	123.9	158.4	199.4	220.9	193.2	119.3	1302.6
1981-82	72.1	31.4	22.7	33.4	40.4	76.5	103.4	148.8	215.6	227.5	193.6	146.3	1311.8
1982-83	70.2	36.1	25.5	28.1	44.4	86.2	137.3	183.2	182.6	201.8	182.5	129.6	1307.4
1983-84	63.4	32.8	21.2	24.8	34.8	63.9	89.2	178.6	216.6	232.4	175.4	129.8	1262.7
1984-85	73.1	34.1	24.0	31.1	36.8	59.5	118.6	160.5	212.6	231.3	217.4	137.6	1336.4
1985-86	62.3	34.2	20.2	27.1	41.3	65.1	143.2	160.7	197.5	208.8	208.7	130.0	1298.9
1986-87	60.2	33.8	21.6	34.7	43.0	66.1	109.6	152.6	198.0	236.0	195.2	144.6	1295.4
1987-88	66.9	35.9	21.9	31.9	44.2	71.7	114.1	170.0	210.1	245.8	204.3	131.7	1348.6
ΜΕΣ.ΤΙΜ.	66.1	35.7	25.2	29.8	39.4	76.0	113.1	165.6	205.4	223.6	195.9	133.1	1309.0
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	6.3	3.8	3.1	4.0	7.4	14.1	17.1	14.6	11.6	14.4	19.7	11.6	54.1

* Τιμή που εκτιμήθηκε με βάση μόνο τη θερμοκρασία και με τη μέθοδο του βρόχου εξατμίσης

5.4. Υδρομετρική πληροφορία**5.4.1. Υδρομετρικοί σταθμοί**

Στον ποταμό Μόρνο είχαν λειτουργήσει κατά το παρελθόν δύο κύριοι υδρομετρικοί σταθμοί στο Στενό και στο Περιβόλι, του ΥΠΕΧΩΔΕ. Σήμερα ο σταθμός Στενό έχει καλυφθεί από τον ταμιευτήρα Μόρνου, αλλά και ο σταθμός Περιβόλι που βρίσκονταν αμέσως κατάντη του φράγματος σταμάτησε να λειτουργεί. Η περίοδος λειτουργίας για το

Στενό είναι από το Νοέμβριο 1950 μέχρι τον Ιανουάριο 1974, συστηματικές υδρομετρήσεις όμως έγιναν μόνο μετά το 1963 (σποραδικές είχαν γίνει και στο διάστημα 1950-56). Για το Περιβόλι η περίοδος λειτουργίας ξεκινά από τον Οκτώβριο 1963 και φτάνει μέχρι το Νοέμβριο 1976, ενώ συστηματικές υδρομετρήσεις έγιναν από το 1964 μέχρι το 1968 (στο υπόλοιπο διάστημα δεν έγιναν καθόλου).

Για τα πιο πρόσφατα χρόνια που λειτουργεί ο ταμιευτήρας Μόρνου δεν υπάρχει άμεση υδρολογική πληροφορία, δεδομένου ότι δε μετρούνται οι εισροές. Μπορεί όμως να εξαχθεί έμμεση υδρολογική πληροφορία με βάση το ισοζύγιο του, και αναλυτικότερα, με βάση:

- α) τις απολήψεις του ταμιευτήρα,
- β) τις απώλειες του ταμιευτήρα (εξάτμιση και υπόγειες διαφυγές),
- γ) τις υπερχειλίσεις του ταμιευτήρα, και
- δ) τη διακύμανση της στάθμης του ταμιευτήρα.

Ο υπερχειλιστής του ταμιευτήρα αντιμετωπίστηκε σαν υδρομετρικός σταθμός, μόνο που η καμπύλη στάθμης-παροχής του κατασκευάστηκε με υδραυλικούς υπολογισμούς. Οι απολήψεις και οι απώλειες του ταμιευτήρα εκτιμήθηκαν ξεχωριστά, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο τεύχος 3.

5.4.2. Καμπύλες στάθμης - παροχής

Και στους δύο υδρομετρικούς σταθμούς που εξετάστηκαν παρατηρείται έντονη μεταβλητότητα και ασαφής προσδιορισμός της σχέσης στάθμης-παροχής. Αλλα σημαντικά προβλήματα που διαπιστώνονται είναι:

- α) Η ύπαρξη μακρών (πολυετών) περιόδων χωρίς καθόλου υδρομετρήσεις. Για τις περιόδους αυτές δεν είναι δυνατό να αναχθούν οι στάθμες σε παροχές, λόγω της μεταβλητότητας που αναφέρθηκε παραπάνω.
- β) Η ύπαρξη περιόδων με πολύ αραιές υδρομετρήσεις (ιδιαίτερα στο Στενό την περίοδο 1950-56). Σε τέτοιες περιόδους η αξιοπιστία των παροχών που εξάγονται είναι πολύ περιορισμένη.

- γ) Υπάρχουν πολύ λίγες μετρήσεις σε περιόδους υψηλών παροχών, πράγμα που δημιουργεί αβεβαιότητα στο αντίστοιχο τμήμα της καμπύλης στάθμης-παροχής, που είναι και το σημαντικότερο.

Η εργασία κατάρτισης καμπυλών στάθμης-παροχής έγινε εξ αρχής για όλους τους σταθμούς (μόνο για το σταθμό Περιβόλι χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες καμπύλες της Υδρομηχανικής που κρίθηκαν αξιόπιστες). Οι καμπύλες που καταρτίστηκαν παρατίθενται στο παράρτημα Δ.

Για την επέκταση των καμπυλών στάθμης-παροχής στην περιοχή των υψηλών παροχών χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των υδραυλικών υπολογισμών της Υδρομηχανικής, τα οποία πάντως δεν υπήρχε τρόπος να ελεγχθούν, δεδομένου ότι και οι δύο σταθμοί έχουν καταργηθεί.

5.4.3. Τελικές παροχές υδρομετρικών σταθμών

Οι παροχές που υπολογίστηκαν βάσει των μετρήσεων στάθμης και των καμπυλών στάθμης-παροχής εμφανίζουν την ακόλουθη εικόνα.

- α) Για το σταθμό Στενό υπάρχουν δύο διακεκριμένες περίοδοι, στις οποίες έγινε δυνατό να υπολογιστούν οι παροχές: (i) Φεβρουάριος 1951 έως Σεπτέμβριος 1956 και (ii) Σεπτέμβριος 1963 έως Σεπτέμβριος 1968. Στην ενδιάμεση περίοδο (Οκτώβριος 1956 έως Αύγουστος 1963) δεν υπάρχουν υδρομετρήσεις και κατά συνέπεια δεν είναι δυνατό να υπολογιστούν οι παροχές. Σημειώνεται ότι σε παλιότερες μελέτες είχαν δοθεί εκτιμήσεις των παροχών για αυτή την ενδιάμεση περίοδο, οι οποίες όμως δε χρησιμοποιούνται στο παρόν ερευνητικό έργο, επειδή κρίνονται τελείως αναξιόπιστες.

Στην παραπάνω περίοδο (i) εμφανίζεται μια υποπερίοδος, (1/7/54 - 31/11/54) όπου η καμπύλη στάθμης-παροχής δε μπορούσε να εφαρμοστεί λόγω της κατασκευής ενός πρόχειρου φράγματος που είχε αποτέλεσμα την υπερύψωση της στάθμης στον ποταμό. Για την περίοδο αυτή ο υπολογισμός των παροχών στηρίχτηκε μόνο στα δεδομένα των υδρομετρήσεων, όπως αναλυτικά φαίνεται στην παράγραφο 7.13.β του τεύχους 13.

Στην παραπάνω περίοδο (ii) εμφανίζεται μία υποπερίοδος από τον Απρίλιο έως το Σεπτέμβριο 1966, όπου επίσης δεν ήταν δυνατό να εξαχθούν παροχές με τη συνήθη μεθοδολογία, δεδομένου ότι υπήρξε αστοχία του σταθμημέτρου ως προς την υφιστάμενη κοίτη, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις στάθμης να εμφανίζουν μηδενική τιμή, για οποιαδήποτε τιμή της παροχής. Για την εν λόγω υποπερίοδο, που σημειωτέον είναι θερινή, και έτσι μπορούμε να δεχτούμε ότι δεν υπήρξαν σημαντικά πλημμυρικά γεγονότα, εκτιμήσαμε τις μηνιαίες παροχές ως μέσους όρους των άμεσων μετρήσεων παροχής που πραγματοποιήθηκαν τους αντίστοιχους μήνες.

- β) Για το σταθμό Περιβόλι οι παροχές υπολογίστηκαν με τη συνήθη μεθοδολογία για την περίοδο από το Φεβρουάριο 1964 μέχρι το Σεπτέμβριο 1968. Ελλείψεις μετρήσεων στάθμης εμφανίζονται τους μήνες από το Δεκέμβριο 1966 έως το Φεβρουάριο 1967. Οι παροχές για τους μήνες αυτούς, καθώς και για τους μήνες από τον Οκτώβριο 1963 μέχρι τον Ιανουάριο 1964 (για τη συμπλήρωση του υδρολογικού έτους 1963-64) εκτιμήθηκαν με αναγωγή των μηνιαίων παροχών του Στενού. Συγκεκριμένα καταρτίστηκε ένα διάγραμμα με άξονες παροχή στο Στενό (Q_{Σ}) - παροχή στο Περιβόλι (Q_{Π}), με βάση τις ταυτόχρονες (ίδιες ημερομηνίας) μετρήσεις παροχής στο Στενό και Περιβόλι. Από το διάγραμμα αυτό προέκυψε ότι υπάρχει σαφής αναλογία των παροχών των δύο σταθμών, που εκφράζεται με τη σχέση

$$Q_{\Pi} = 1.56 Q_{\Sigma}$$

Ο συντελεστής συσχέτισης για την παραπάνω σχέση είναι εντυπωσιακά μεγάλος ($r = 0.97$ για 353 σημεία). Η σχέση αυτή λοιπόν χρησιμοποιήθηκε για τη συμπλήρωση του δείγματος των μηνιαίων παροχών στο Περιβόλι, από τις αντίστοιχες παροχές στο Στενό.

- γ) Ο υπερχειλιστής του φράγματος έχει λειτουργήσει την περίοδο από το Μάιο 1981 μέχρι το Μάιο 1984, για την οποία υπάρχουν και οι μετρήσεις στάθμης στον ταμιευτήρα. Για την περίοδο αυτή οι παροχές υπολογίστηκαν με τη συνήθη μεθοδολογία.

5.4.4. Παροχές στη θέση φράγματος Μόρνου

Υπάρχουν τρεις διακεκριμένες περιόδους, για τις οποίες έχουν εκτιμηθεί παροχές στη θέση του φράγματος Μόρνου. Η εκτίμηση των παροχών αυτών γίνεται με διαφορετική μεθοδολογία για κάθε περίοδο, και έχουν διαφορετική αξιοπιστία, όπως αναλυτικά περιγράφεται παρακάτω.

α) Περίοδος μεταξύ των υδρολογικών ετών 1951-52 μέχρι 1955-56

Την περίοδο αυτή διατίθενται οι παροχές μόνο στο Στενό, και αυτές είναι μειωμένης αξιοπιστίας, λόγω των πολύ αραιών μετρήσεων παροχής που είχαν πραγματοποιηθεί. Η αναγωγή των παροχών αυτών στη θέση του φράγματος έγινε με πολλαπλασιασμό επί το συντελεστή

$$\lambda = 1.56 * 0.98 = 1.53$$

Αναλυτικότερα ο συντελεστής 1.56 εφαρμόζεται για την αναγωγή στη θέση του υδρομετρικού σταθμού Περιβολίου, (βλέπε παρ. 5.4.3.β), ο οποίος βρίσκεται πολύ κοντά στη θέση του φράγματος, ενώ ο συντελεστής 0.98 είναι ίσος με το λόγο του εμβαδού της λεκάνης απορροής στη θέση του φράγματος προς το αντίστοιχο εμβαδό στο Περιβόλι. Σημειώνεται ότι η άμεση αναγωγή από το Στενό στο φράγμα βάσει των εμβαδών θα έδινε ένα συντελεστή $\lambda' = 1.40$. Η εμφανιζόμενη διαφορά εξηγείται από την ευνοϊκότερη ως προς την απορροή γεωλογική σύσταση της ενδιάμεσης λεκάνης απορροής, μεταξύ Στενού και θέσης φράγματος.

β) Περίοδος μεταξύ των υδρολογικών ετών 1963-64 και 1967-68

Την περίοδο αυτή διατίθενται μετρήσεις παροχής και στο Στενό και στο Περιβόλι. Δυστυχώς μεταξύ των δύο ομάδων μετρήσεων εμφανίζονται ορισμένες ασυμβατότητες. Για παράδειγμα στο υδρολογικό έτος 1965-66 π.χ., οι όγκοι απορροής στο Στενό και Περιβόλι είναι αντίστοιχα 207.8 και 446.8 εκατομμύρια m^3 , με αντίστοιχους συντελεστές απορροής 0.33 και 0.54. Η διαφορά των 239 εκατομ. m^3 δε μπορεί να εξηγηθεί, δεδομένου ότι ο συνολικός όγκος κατακρημνίσεων της ενδιάμεσης λεκάνης είναι περίπου 280 εκατομ. m^3 . Θα έπρεπε λοιπόν να είχαμε

συντελεστή απορροής της ενδιάμεσης λεκάνης ίσο με $239/280 = 0.85$ έναντι 0.33 της λεκάνης Στενού. Η αναντιστοιχία των τιμών αυτών είναι εμφανής. Από τις δύο ομάδες μετρήσεων επιλέξαμε τελικά τις μετρήσεις στο Περιβόλι που εμφανίζουν ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως:

- (i) καλύτερη συσχέτιση με τη βροχόπτωση σε ετήσια βάση,
- (ii) ο σταθμός Περιβόλι βρίσκεται σχεδόν στη θέση του φράγματος και επομένως είναι πιο αντιπροσωπευτικός,
- (iii) η θέση του υδρομετρικού σταθμού ήταν πιο πρόσφορη από υδραυλική άποψη, όπως είχαν παρατηρήσει οι μελετητές του φράγματος.

Η αναγωγή των παροχών στη θέση του φράγματος έγινε με βάση το λόγο των εμβαδών των αντίστοιχων λεκανών ($\lambda = 0.98$).

γ) Περίοδος μεταξύ των υδρολογικών ετών 1979-80 και 1987-88

Τα δεδομένα για την περίοδο αυτή προκύπτουν από το ισοζύγιο του ταμιευτήρα Μόρνου. Δυστυχώς και εδώ υπάρχουν αβεβαιότητες που αφορούν στις απώλειες από τον ταμιευτήρα και τη σήραγγα Γκιώνας, καθώς και στις μετρήσεις παροχής στους υπερχειλιστές της σήραγγας Γκιώνας. Οι παροχές εισροής προσδιορίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη:

- (i) τη διακύμανση της στάθμης ταμιευτήρα,
- (ii) τις εκροές της σήραγγας Γκιώνας,
- (iii) τις παροχές του υπερχειλιστή,
- (iv) τη βροχόπτωση στον ταμιευτήρα
- (v) τις απώλειες εξάτμισης από τον ταμιευτήρα, και
- (v) τις εκτιμήσεις των υπόγειων διαφυγών από τον ταμιευτήρα.

Οι σχετικοί υπολογισμοί ισοζυγίου έχουν γίνει αναλυτικά στο τεύχος 3.

Συμπερασματικά οι δύο τελευταίες από τις παραπάνω περιόδους έχουν δεδομένα σχετικά μεγαλύτερης αξιοπιστίας από αυτά της πρώτης περιόδου. Τα δεδομένα των περιόδων αυτών φαίνονται στον πίνακα 5.4. Οι μέσες ετήσιες τιμές που προκύπτουν είναι $312.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, $351.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και $305.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για τις περιόδους (α),

(β) και (γ) αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές δε διαφέρουν σημαντικά από στατιστική άποψη. Με ενοποίηση των περιόδων αυξημένης αξιοπιστίας (β) και (γ), παράγεται το δείγμα Α, μεγέθους 14 ετών με μέση ετήσια απορροή $322.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και τυπική απόκλιση $71.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Με ενοποίηση και των τριών περιόδων (α), (β) και (γ) παράγεται το δείγμα Β, μεγέθους 19 ετών, με μέση ετήσια απορροή $319.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και τυπική απόκλιση $77.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα δύο δείγματα Α και Β είναι στατιστικά ισοδύναμα.

Για την περίοδο (γ), κατά την οποία υπάρχουν και πλήρη βροχομετρικά δεδομένα στη λεκάνη Μόρνου, προκύπτει ότι υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση βροχής-απορροής, που μπορεί να αποδοθεί από τη γραμμική σχέση

$$\text{ΑΠΟΡΡΟΗ (mm)} = 0.36 (\text{ΒΡΟΧΗ}) (\text{mm}) + 3.7, \quad (5.1)$$

ο δε συντελεστής συσχέτισης είναι 0.84

Ο συντελεστής απορροής για την εν λόγω περίοδο είναι 0.35. Τέλος αν θεωρήσουμε ως τελική εκτίμηση της απορροής τα $319.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ($= 573.0 \text{ mm}$) και ως τελική εκτίμηση της επιφανειακής βροχής στη λεκάνη τα 1504.3 mm (υπολογισμένη από το δείγμα 1962-87), ο αντίστοιχος συντελεστής απορροής προκύπτει ίσος με 0.38.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5
ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΜΟΡΝΟΥ (m³ * 10⁶)

ΥΔ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ.	ΕΤΟΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ α ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΤΕΝΟ (ΣΥΝΤΕΛ. 1.56*0.98)													
1951-52	57.2	51.4	37.7	89.6	95.5	21.3	23.1	11.4	6.1	3.7	4.1	3.5	404.6
1952-53	6.7	41.8	37.8	36.6	32.1	10.2	15.1	14.0	26.9	7.3	6.4	6.5	241.6
1953-54	9.6	49.8	5.9	21.5	54.3	44.9	47.4	40.5	16.9	4.5	1.6	0.4	297.4
1954-55	2.0	5.9	55.9	22.1	19.5	29.9	26.0	9.2	4.4	5.2	5.3	4.6	190.0
1955-56	34.7	60.4	12.7	24.9	121.4	62.2	48.7	30.6	12.0	7.7	6.7	5.9	427.9
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	22.1	41.9	30.0	38.9	64.5	33.7	32.1	21.1	13.3	5.7	4.8	4.2	312.3
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ	23.4	21.1	20.4	29.0	42.9	20.3	15.1	13.7	9.1	1.8	2.1	2.4	102.6
ΠΕΡΙΟΔΟΣ β ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΟΛΙ (ΣΥΝΤΕΛ. 0.98)													
1963-64	20.6	8.6	71.2	22.4	23.8	42.6	26.3	14.8	11.4	3.9	2.1	3.5	251.3
1964-65	3.7	11.6	43.4	62.9	39.1	44.2	48.5	42.6	18.0	3.9	2.2	2.1	322.2
1965-66	2.6	51.2	86.2	124.9	54.7	45.9	27.9	21.2	11.5	3.6	2.5	5.7	437.9
1966-67	6.6	88.9	75.4	68.3	48.1	18.9	25.5	22.3	6.3	15.7	3.2	5.0	384.1
1967-68	4.6	4.5	58.0	117.8	63.0	45.8	34.8	14.3	12.7	1.4	3.5	2.6	363.1
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	7.6	33.0	66.8	79.3	45.7	39.5	32.6	23.0	12.0	5.7	2.7	3.8	351.7
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ	7.4	36.5	16.6	42.4	15.1	11.6	9.6	11.5	4.2	5.7	0.6	1.5	70.0
ΠΕΡΙΟΔΟΣ γ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ													
1979-80	0.0	27.8	56.0	51.8	33.7	67.5	40.1	36.5	21.1	7.5	4.7	3.7	350.2
1980-81	25.3	46.6	82.7	68.8	57.0	50.0	37.5	21.8	14.5	9.9	12.9	11.3	438.2
1981-82	13.9	15.2	106.8	33.6	24.3	36.2	39.1	32.8	9.6	4.0	11.8	11.2	338.5
1982-83	11.0	21.5	58.4	19.7	20.1	24.1	20.5	13.4	11.8	10.4	7.0	1.1	219.0
1983-84	8.3	23.3	57.7	36.8	55.2	36.1	33.5	40.4	23.1	1.8	6.6	7.6	330.2
1984-85	6.0	13.5	11.5	72.7	38.5	42.8	38.2	26.5	13.1	5.1	5.0	6.0	279.0
1985-86	4.0	42.1	26.6	53.6	63.4	39.8	34.2	23.4	12.8	13.0	7.2	2.6	322.8
1986-87	8.4	11.2	14.3	41.2	35.3	47.3	41.2	24.1	16.6	10.4	2.8	4.8	257.6
1987-88	6.9	14.0	29.4	16.5	34.4	49.4	26.4	17.9	7.6	3.1	4.5	4.1	214.3
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	9.3	23.9	49.3	43.9	40.2	43.7	34.5	26.3	14.5	7.2	6.9	5.8	305.5
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ	7.1	12.7	31.8	19.6	14.9	12.0	6.9	8.7	5.0	3.9	3.3	3.6	70.6
ΔΕΙΓΜΑ Α (ΠΕΡΙΟΔΟΙ β ΚΑΙ γ)													
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	8.7	27.1	55.5	56.5	42.2	42.2	33.8	25.1	13.6	6.7	5.4	5.1	322.0
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ	7.0	23.0	28.1	33.2	14.7	11.6	7.7	9.5	4.8	4.5	3.4	3.1	71.7
ΔΕΙΓΜΑ Β (ΠΕΡΙΟΔΟΙ α,β,γ)													
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	12.2	31.0	48.8	51.9	48.1	39.9	33.4	24.1	13.5	6.4	5.3	4.8	319.5
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ	13.9	22.9	28.2	32.3	25.9	14.3	9.7	10.5	5.9	3.9	3.1	2.9	77.9

5.4.5. Προτάσεις ίδρυσης υδρομετρικών σταθμών

Θεωρείται σκόπιμο οι εισροές στον ταμιευτήρα Μόρνου να μπορούν να εκτιμηθούν από άμεσες μετρήσεις, ώστε να μπορούν να καταρτιστούν πιο αξιόπιστοι υπολογισμοί του ισοζυγίου του ταμιευτήρα. Με αυτή την αρχή αναγνωρίστηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού έργου κατάλληλες θέσεις για εγκατάσταση υδρομετρικών σταθμών στη λεκάνη Μόρνου, ανάντη του φράγματος. Συγκεκριμένα οι θέσεις αυτές εντοπίζονται στη Γέφυρα Μουσούνιτσας και την Παλιά Γέφυρα Λευκαδιτίου. Αναλυτικά οι προτάσεις για τις θέσεις των σταθμών και τα όργανα με τα οποία θα πρέπει να εξοπλιστούν περιέχονται στο τεύχος 17, (Μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου στις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου).

5.5. Υπόγειες διαφυγές

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, οι ολικές υπόγειες διαφυγές από τον ταμιευτήρα Μόρνου εκτιμώνται στο διπλάσιο των διαφυγών του Πύρνου. Με αυτή την παραδοχή από τα διαθέσιμα στοιχεία της λειτουργίας του ταμιευτήρα προέκυψε η ακόλουθη γραμμική σχέση που συσχετίζει τις ολικές υπόγειες διαφυγές από τον ταμιευτήρα με τη στάθμη του νερού σε αυτόν.

$$L = 0.022865 (Z - 390) + 0.132710 \quad (5.2)$$

οπου L = οι ολικές υπόγειες διαφυγές σε $m^3 \cdot 10^6$ ανά μήνα και
 Z = η απόλυτη στάθμη νερού στον ταμιευτήρα σε m.

6. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΕΥΗΝΟΥ

6.1. Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας της υδρολογικής πληροφορίας της λεκάνης Ευήνου. Το ενδιαφέρον μας εντοπίζεται στις τρεις υπολεκάνες που ορίζονται από τις υπό μελέτη θέσεις φραγμάτων Περίστας, Αγίου Δημητρίου και Δενδροχωρίου. Η ανάλυσή μας περιλαμβάνει τα βροχομετρικά, τα μετεωρολογικά και τα υδρομετρικά δεδομένα, σε μηνιαία κλίμακα.

Η πρωτογενής υδρολογική πληροφορία, στην οποία έχουμε στηριχθεί είναι καταχωρημένη (σε ωριαία, ημερήσια ή μηνιαία κλίμακα) στα παραρτήματα Β,Γ,Δ και ΣΤ. Η περιγραφή των υδρομετεωρολογικών σταθμών της λεκάνης είναι κωδικοποιημένη στο τεύχος 4. Τέλος η αναλυτική πορεία της επεξεργασίας της πληροφορίας καθώς και πλήθος άλλων δεδομένων υπάρχουν στα τεύχη 6 και 13.

6.2. Βροχομετρική πληροφορία

6.2.1. Βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα

Οι 8 βροχομετρικοί σταθμοί της λεκάνης Ευήνου φαίνονται στον πίνακα 4.3. Δε χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του σταθμού Παραδείσιο, ο οποίος σταμάτησε να λειτουργεί το 1966, και έτσι δεν καλύπτει την περίοδο που ενδιαφέρει το ερευνητικό έργο.

Η γενική εικόνα των δεδομένων των σταθμών της λεκάνης Ευήνου είναι μέτρια, παρόμοια με αυτή των σταθμών του Μόρνου. Και εδώ έχουμε εμφάνιση αρνητικής συσχέτισης μεταξύ των ετησίων υψών βροχής δύο σταθμών. Βελτιωμένη πάντως είναι η εικόνα των σταθμών από άποψη ανιχνεύσιμων συστηματικών σφαλμάτων, αφού μόνο στο σταθμό Γρηγόριο παρατηρήθηκε θλάση της διπλής αθροιστικής καμπύλης.

6.2.2. Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση

Η ομογενοποίηση του δείγματος του σταθμού Γρηγόριο έγινε με τη γνωστή μέθοδο αναγωγής βάσει συντελεστή που υπολογίστηκε από τις αθροιστικές καμπύλες. Ο συντελεστής αυτός εφαρμόστηκε στα μηνιαία και στα ετήσια ύψη βροχής.

Η συμπλήρωση των ελλείψεων και η επέκταση των δειγμάτων σε όλα τα υδρολογικά έτη της περιόδου 1962-63 μέχρι 1987-88 έγινε με γραμμική παλινδρόμηση. Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιήθηκε ως σταθμός βάσης εκείνος που εμφάνιζε την καλύτερη συσχέτιση με τον προς συμπλήρωση σταθμό. Κατ' εξαίρεση σε ορισμένους μήνες που έλειπαν μόνο λίγα ημερήσια δεδομένα (μέχρι 5) η συμπλήρωση έγινε σε ημερήσια βάση. Σε αυτή την περίπτωση το ημερήσιο ύψος βροχής του προς συμπλήρωση σταθμού εκτιμήθηκε ως ο μέσος όρος των αντίστοιχων ημερήσιων υψών βροχής των γειτονικών του σταθμών.

Τα τελικά ετήσια ύψη βροχής των διάφορων σταθμών της λεκάνης φαίνονται στον πίνακα 6.1.

6.2.3. Επιφανειακά ύψη βροχής

Τα επιφανειακά μηνιαία ύψη βροχής για τις υπολεκάνες ανάντη των θέσεων φραγμάτων Περίστας, Αγίου Δημητρίου και Δενδροχωρίου υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Thiessen, ενώ έγινε και υψομετρική διόρθωση. Τα αντίστοιχα δείγματα φαίνονται στους πίνακες 6.2. έως 6.4. Παρόμοιοι υπολογισμοί έγιναν και για τις υπολεκάνες ανάντη των θέσεων υδρομετρικών σταθμών Πόρου Ρηγανίου και Αχλαδόκαστρου (βλ. τεύχος 6).

Το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής στη λεκάνη ανάντη του Δενδροχωρίου είναι 1509.5 mm, δηλαδή περίπου ίδιο με το αντίστοιχο ύψος της λεκάνης Μόρνου (1504.3 mm). Τα ύψη των λεκανών Αγίου Δημητρίου και Περίστας είναι 1471.5 mm και 1463.3 mm αντίστοιχα, δηλαδή είναι λίγο μικρότερα από το ύψος βροχής της λεκάνης Μόρνου.

Δεδομένου ότι και οι τρεις παραπάνω λεκάνες απορροής του Ευήνου έχουν μεγαλύτερο μέσο υψόμετρο από τη λεκάνη ανάντη του φράγματος

Μόρνου, και παράλληλα βρίσκονται στα δυτικά της λεκάνης Μόρνου, θα περίμενε κανείς ότι θα είχαν σαφώς μεγαλύτερο ύψος βροχής, πράγμα που δε συμβαίνει.

Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό και τη διαπιστωμένη μέτρια εικόνα των δεδομένων, δημιουργεί ερωτηματικά για την αξιοπιστία των μετρήσεων του βροχομετρικού δικτύου και των δύο λεκανών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

ΤΕΛΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΕΥΗΝΟΥ (σε mm)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΑΝΑΛΗΨΗ	ΠΛΑΤΑΝΟΣ	ΓΡ.ΘΕΥΑ	ΓΡΗΓΟΡΙΟ	ΑΡΑΧΩΒΑ	ΠΟΡΟΣ	ΡΗΓ.	ΔΡΥΜΩΝΑΣ
1962-63	2139.8	2416.5	2303.1	2519.8	2137.7	2137.8	2135.3	
1963-64	948.6	1243.9	1089.7	1608.1	984.6	694.2	1092.7	
1964-65	1555.9	1337.9	1301.6	1849.1	1608.0	1342.1	1704.1	
1965-66	1452.5	2144.0	1541.4	2198.0	1486.0	1665.6	1564.2	
1966-67	1455.0	1760.9	1230.3	1685.1	1609.2	1558.9	1679.1	
1967-68	1068.4	1500.1	1078.9	1783.2	1079.4	1247.7	1137.5	
1968-69	1470.4	1519.1	1627.2	1905.6	1576.3	1321.7	1677.2	
1969-70	1439.0	1852.5	1593.9	2161.3	1650.4	1305.1	1723.7	
1970-71	1255.1	1676.5	1358.2	1509.9	1265.3	1264.2	1444.3	
1971-72	1039.5	1794.4	1008.9	1667.9	1154.6	1287.2	1603.7	
1972-73	1387.5	1900.0	1275.3	1414.5	1213.3	1220.2	1310.7	
1973-74	1272.4	1673.8	1145.7	2083.3	1361.2	1442.1	1154.8	
1974-75	1182.9	1520.9	1156.5	1429.2	1105.1	1077.7	1103.0	
1975-76	931.5	1337.8	1161.3	1506.6	1162.0	1043.3	1091.2	
1976-77	1098.0	1647.5	1048.8	1538.3	1245.5	1242.6	1381.7	
1977-78	1227.3	1487.7	1320.5	1538.6	1445.2	1288.6	1356.4	
1978-79	1335.8	1893.7	1335.4	1474.3	1509.1	1367.7	1696.0	
1979-80	1521.4	1621.1	1326.2	1800.3	1524.4	1453.7	1581.7	
1980-81	1477.3	1421.3	1468.0	2013.8	1619.8	1506.1	1591.4	
1981-82	1416.2	1482.9	1366.2	1909.7	1351.5	1684.2	1611.0	
1982-83	1156.5	1310.2	999.9	2007.7	1215.3	1204.3	1327.7	
1983-84	1205.6	1433.7	1216.6	1929.9	1245.3	1543.2	1451.9	
1984-85	869.2	1161.6	916.8	1382.5	909.5	942.0	897.3	
1985-86	1338.0	1818.0	1329.5	1858.4	1338.8	1455.0	1604.8	
1986-87	1140.4	1276.7	1124.1	1590.4	1074.9	1104.1	1167.2	
1987-88	914.7	1109.0	1148.2	1535.3	1066.1	944.4	1183.7	
ΜΕΣΗ Τ.	1280.7	1590.1	1287.4	1765.4	1343.8	1320.9	1433.6	
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	267.8	304.6	275.7	286.1	268.9	283.8	279.7	

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2

ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΝΑΝΘ ΘΕΣΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΣ (σε mm)

ΛΕΚ. ΑΠΟΡΡΟΗΣ : ΑΝΑΝΘ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΣ ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 1175 m

ΣΤΑΘΜΟΙ: ΠΛΑΤΑΝΟΣ (0.016) ΓΡΑΜ. ΟΕΥΑ (0.383) ΓΡΗΓΟΡΙΟ (0.208) ΑΡΑΧΩΒΑ (0.393)

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ : 1.035

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1962-63	261.0	403.7	470.7	327.6	357.9	117.4	109.1	158.3	35.9	62.4	38.4	22.4	2365.0
1963-64	169.3	91.2	265.2	81.5	125.8	175.4	67.6	68.0	77.9	27.1	17.9	32.3	1199.2
1964-65	98.2	232.5	312.8	240.5	239.5	118.7	206.7	77.8	45.1	2.0	14.3	2.0	1590.2
1965-66	41.6	474.7	267.1	441.4	80.2	169.4	57.9	60.9	41.1	17.6	35.8	36.4	1724.1
1966-67	181.4	370.2	312.4	197.7	54.2	43.2	119.9	60.9	12.8	87.6	13.0	80.9	1534.2
1967-68	53.6	50.5	280.8	402.9	104.9	103.3	29.5	63.5	106.1	2.0	54.9	23.4	1275.5
1968-69	117.1	197.3	462.0	228.3	319.8	183.7	54.0	27.6	36.3	23.7	10.5	61.4	1721.6
1969-70	1.2	155.7	759.4	282.3	184.9	164.5	60.0	71.5	49.4	27.9	23.2	19.0	1799.1
1970-71	110.0	152.4	217.6	120.2	244.7	300.3	59.8	36.2	22.8	51.4	12.4	78.1	1405.9
1971-72	59.9	242.5	138.5	125.0	205.8	94.1	131.9	72.7	18.7	91.2	46.4	31.7	1258.3
1972-73	353.0	74.3	36.6	115.1	257.2	173.9	97.6	30.4	54.8	73.2	27.8	41.3	1335.0
1973-74	127.0	164.4	240.3	78.4	251.1	131.9	218.9	104.2	24.1	9.3	16.3	118.0	1484.0
1974-75	319.2	148.0	91.8	36.7	165.1	123.3	35.9	113.0	78.2	36.6	83.8	9.3	1240.8
1975-76	156.8	177.7	210.3	127.8	141.7	74.2	138.3	65.0	99.6	67.8	11.6	8.5	1279.5
1976-77	208.1	316.3	293.5	99.4	79.9	43.7	86.5	46.0	28.3	0.2	38.6	40.3	1280.8
1977-78	5.3	303.1	219.4	253.7	187.5	67.5	207.2	47.0	18.3	1.3	8.4	148.5	1467.2
1978-79	67.5	113.0	269.7	335.0	210.0	72.0	210.5	100.7	37.0	21.0	26.1	29.4	1491.9
1979-80	261.5	259.5	204.5	201.9	71.6	179.5	137.3	92.9	46.3	17.8	18.3	69.1	1560.2
1980-81	219.8	305.2	360.7	254.8	167.1	54.6	99.6	99.8	12.1	54.0	24.4	45.7	1697.9
1981-82	167.6	155.1	545.6	79.6	113.7	149.6	146.4	79.3	31.8	10.0	28.2	20.0	1527.0
1982-83	120.1	299.4	249.5	80.7	164.9	86.6	32.5	47.0	105.2	105.1	32.5	21.1	1344.6
1983-84	97.6	257.1	206.5	158.1	201.2	158.0	176.6	50.3	7.9	9.4	58.8	46.7	1428.0
1984-85	26.9	203.2	114.5	278.3	83.4	161.8	77.8	56.9	20.5	13.3	2.9	10.8	1050.2
1985-86	72.7	394.5	64.4	287.9	215.9	86.7	118.3	100.3	59.6	87.8	8.6	5.1	1501.8
1986-87	79.7	56.4	194.1	226.5	110.0	265.1	134.9	52.8	52.9	21.4	41.4	11.0	1246.3
1987-88	148.9	265.4	180.8	101.6	237.3	142.8	77.1	22.7	18.7	0.6	14.6	27.0	1237.7
ΜΕΣΗ Τ.	135.6	225.5	268.0	198.6	176.0	132.4	111.2	69.5	43.9	35.5	27.3	40.0	1463.3
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	92.5	112.2	155.9	108.4	78.2	62.8	57.6	30.8	28.8	32.8	18.7	35.1	262.3

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3

ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΔΕΚΑΝΗΣ ΑΝΑΝΤΗ ΘΕΣΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (σε mm)

ΔΕΚ. ΑΠΟΡΡΟΗΣ : ΑΝΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 1194 m

ΣΤΑΘΜΟΙ: ΓΡΑΜ. ΟΞΥΑ (0.444) ΓΡΗΓΟΡΙΟ (0.241) ΑΡΑΧΩΒΑ (0.315)

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ : 1.036

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1962-63	270.2	405.9	466.8	329.2	363.8	120.9	109.4	164.4	35.7	64.6	33.8	21.5	2386.1
1963-64	171.3	93.6	273.2	84.6	125.1	182.1	68.4	66.8	82.2	25.7	18.5	32.7	1224.1
1964-65	103.7	230.0	304.4	239.3	234.1	124.4	207.2	79.6	47.5	1.6	11.6	1.6	1585.1
1965-66	42.2	483.2	266.6	436.0	82.4	173.3	63.9	62.1	40.8	16.8	36.7	38.8	1742.7
1966-67	186.1	356.5	306.4	194.1	50.5	41.3	119.0	59.1	11.6	90.1	13.3	83.7	1511.8
1967-68	54.1	53.2	288.8	409.3	103.3	108.1	26.6	64.4	112.1	1.6	51.0	21.3	1293.8
1968-69	123.9	202.6	449.3	234.0	329.7	192.0	53.3	24.8	38.2	21.8	10.3	58.8	1738.7
1969-70	1.4	162.0	743.8	295.7	189.5	165.0	56.2	73.0	52.7	29.3	25.1	17.8	1811.4
1970-71	113.9	150.8	225.2	121.2	247.2	301.2	62.4	34.3	22.9	49.1	10.5	76.0	1414.7
1971-72	62.7	245.7	139.6	128.5	208.1	93.3	131.8	73.6	17.6	79.6	44.9	31.8	1257.3
1972-73	358.2	69.6	34.2	121.3	255.3	173.9	94.8	31.9	55.1	73.7	28.0	39.7	1335.7
1973-74	131.6	167.6	242.1	79.3	252.7	132.4	216.6	104.2	24.0	9.0	17.7	114.0	1491.4
1974-75	324.0	145.9	89.1	37.4	170.5	123.4	35.9	117.2	80.9	35.7	81.8	7.8	1249.4
1975-76	159.0	177.9	212.6	131.1	146.6	75.5	134.7	65.7	98.2	68.6	11.4	8.1	1289.5
1976-77	212.4	312.3	283.3	102.2	77.2	43.3	86.5	47.0	29.9	0.2	37.3	41.5	1273.0
1977-78	5.5	301.7	221.0	255.3	187.9	64.2	204.4	46.8	15.8	1.0	9.7	149.8	1463.2
1978-79	67.0	102.0	280.3	321.2	200.2	71.7	211.1	103.2	40.0	23.5	26.8	28.0	1474.8
1979-80	263.3	258.3	206.1	203.5	68.8	172.4	133.4	96.8	46.1	18.6	16.8	72.8	1557.0
1980-81	226.2	305.9	355.4	268.8	162.5	51.2	100.0	99.3	11.5	53.1	25.1	47.5	1706.7
1981-82	172.4	163.9	541.6	81.2	107.5	153.3	147.3	85.8	33.6	11.5	27.9	20.4	1546.3
1982-83	117.9	310.0	232.9	84.0	170.8	84.3	34.6	45.1	106.1	113.5	37.3	21.2	1357.8
1983-84	98.4	261.1	206.2	160.7	204.9	165.7	174.7	49.6	9.0	10.2	62.3	45.0	1447.9
1984-85	28.6	204.5	116.4	278.9	83.2	166.7	80.5	54.3	22.1	15.3	3.3	9.9	1063.7
1985-86	76.8	389.6	67.6	278.9	221.5	90.9	120.3	98.8	62.8	91.5	8.6	5.1	1512.5
1986-87	80.8	62.2	191.8	224.3	111.7	266.9	142.7	51.9	54.9	24.2	41.6	12.0	1264.9
1987-88	149.7	268.1	178.9	101.0	248.3	149.8	75.7	25.0	18.5	0.0	15.8	28.6	1259.4
ΜΕΣΗ Τ.	138.1	224.6	269.8	204.0	174.2	133.5	112.6	72.0	46.1	37.2	27.6	40.3	1471.5
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	94.0	112.1	152.5	107.4	80.4	64.0	57.2	32.2	29.8	33.2	18.5	35.2	263.2

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4

ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΔΕΚΑΝΗΣ ΑΝΑΝΤΗ ΘΕΣΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙΟΥ (σε mm)

ΔΕΚ. ΑΠΟΡΡΟΗΣ : ΑΝΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙΟΥ ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 1259 m

ΕΤΑΘΜΟΙ: ΓΡΑΜ. ΘΕΥΑ (0.570) ΓΡΗΓΟΡΙΟ (0.289) ΑΡΑΧΩΒΑ (0.141)

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ : 1.053

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1962-63	293.9	417.5	465.4	338.6	386.2	127.6	109.8	179.0	34.3	69.4	23.8	21.1	2466.5
1963-64	176.7	105.4	292.3	90.7	124.6	194.6	71.1	66.7	92.2	22.2	20.1	32.9	1289.6
1964-65	117.5	223.1	287.2	243.4	223.0	136.6	207.7	84.4	52.6	0.7	5.9	0.7	1582.7
1965-66	44.2	508.6	270.8	440.5	88.3	181.1	75.7	65.0	41.8	14.9	38.8	45.0	1814.7
1966-67	198.6	337.5	297.0	194.3	43.3	37.9	116.5	56.7	9.1	94.9	13.9	90.5	1490.2
1967-68	56.8	58.3	309.1	431.0	101.1	118.9	20.4	67.7	126.9	0.7	42.6	16.9	1350.5
1968-69	138.5	214.1	425.1	250.6	356.6	210.9	50.7	19.9	42.1	18.0	9.4	54.6	1790.6
1969-70	1.8	178.4	717.5	326.0	203.8	169.8	47.0	77.7	60.1	32.3	28.6	16.5	1859.4
1970-71	126.7	148.2	243.2	127.3	257.4	311.1	68.1	31.8	23.2	44.3	7.8	73.6	1462.6
1971-72	70.5	258.4	145.4	137.6	216.2	94.1	136.5	76.2	16.3	56.8	43.3	33.2	1284.5
1972-73	376.6	61.1	31.0	141.8	258.6	178.6	91.3	35.8	56.3	76.7	30.3	38.0	1376.0
1973-74	141.3	174.1	249.4	81.5	260.0	134.5	213.9	106.2	24.7	9.0	20.9	108.3	1523.7
1974-75	338.4	147.4	87.3	40.1	183.7	125.8	36.9	126.4	89.7	35.4	77.0	5.0	1293.2
1975-76	164.7	183.0	220.4	139.6	158.1	78.9	128.5	68.0	95.4	71.4	12.2	7.9	1328.0
1976-77	226.0	311.9	267.3	110.0	72.1	43.4	87.2	49.4	34.5	0.3	35.6	45.0	1282.6
1977-78	6.3	302.8	225.0	264.4	193.5	59.1	201.0	47.7	11.0	0.5	12.4	151.6	1475.4
1978-79	67.9	83.9	305.0	300.3	187.9	73.7	214.3	111.5	46.7	28.8	29.0	25.3	1474.2
1979-80	267.8	258.6	213.5	209.9	64.4	159.8	128.0	106.4	47.1	21.3	13.7	79.7	1570.2
1980-81	241.6	308.3	345.3	297.5	155.5	45.4	101.3	100.3	10.1	52.1	25.5	51.6	1734.4
1981-82	184.3	183.8	534.7	85.2	96.5	161.6	151.1	101.4	39.2	15.0	27.2	21.8	1601.8
1982-83	114.7	328.7	200.6	93.4	185.7	78.7	39.5	42.4	109.3	129.0	47.8	21.9	1391.6
1983-84	100.6	270.9	207.4	169.7	215.1	182.9	170.7	49.1	11.6	12.0	69.1	43.2	1502.4
1984-85	32.5	211.2	119.8	287.1	83.9	178.6	86.1	49.2	25.2	19.5	4.1	8.9	1106.0
1985-86	87.1	383.9	76.6	268.0	239.5	100.2	125.7	97.2	70.5	98.5	8.5	6.6	1562.3
1986-87	85.1	74.2	188.0	222.6	118.7	274.0	156.8	51.4	59.3	30.8	43.4	14.2	1318.3
1987-88	153.1	275.1	177.7	100.8	271.3	164.1	72.4	29.9	19.8	0.0	18.1	32.2	1314.7
ΜΕΣΗ Τ.	146.4	229.3	269.0	211.6	178.9	138.3	113.4	74.7	49.2	38.2	27.6	40.6	1509.5
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	98.5	114.0	147.1	109.0	87.6	68.0	57.2	35.8	32.5	34.9	18.6	35.7	269.2

6.2.4. Προτάσεις βελτίωσης βροχομετρικών σταθμών

Στην ειδική μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου των λεκανών Μόρνου και Ευήνου (τεύχος 17) περιλαμβάνονται και προτάσεις για τη βελτίωση της καταγραφής της βροχομετρικής πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα προτείνεται η κατάργηση ή μεταφορά σε νέες θέσεις ή ο εμπλουτισμός με νέα όργανα υφισταμένων σταθμών και η ίδρυση νέων σταθμών.

6.3. Μετεωρολογική πληροφορία

6.3.1. Γενικά

Όπως και στη λεκάνη Μόρνου, και εδώ η επεξεργασία της μετεωρολογικής πληροφορίας αποσκοπεί στην εκτίμηση των απωλειών εξάτμισης των υπό μελέτη ταμιευτήρων. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που απαιτήθηκε να αναλυθούν είναι:

- Θερμοκρασία αέρα
- Σχετική υγρασία
- Σχετική ηλιοφάνεια
- Ταχύτητα ανέμου

και με βάση αυτά έγινε η εκτίμηση της εξάτμισης με την ημιεμπειρική μέθοδο Penman. Οι άμεσες μετρήσεις εξάτμισης χρησιμοποιήθηκαν μόνο για λόγους σύγκρισης. Όλες οι παραπάνω μεταβλητές εξετάζονται σε μηνιαία βάση. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στο παράρτημα Γ και η αναλυτική επεξεργασία τους δίνεται στο τεύχος 6.

6.3.2. Θερμοκρασία

Στη λεκάνη Ευήνου είναι εγκατεστημένα πέντε θερμόμετρα αέρα, στις θέσεις Πλάτανος, Αράχωβα, Πόρος Ρηγανίου, Γραμμένη Οξυά και Δρυμόνας. Κατά βάση στην επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των σταθμών Γραμμένη Οξυά και Δρυμόνας, οι οποίοι βρίσκονται μέσα στην υπολεκάνη ανάντη του φράγματος Περίστας, και έχουν πλήρεις μετρήσεις για την περίοδο 1976-77 έως 1987-88. Κενά που

εμφανίζονται στη λειτουργία των σταθμών για παλιότερα υδρολογικά έτη συμπληρώθηκαν είτε με γραμμικές συσχετίσεις (με βάση τα δεδομένα του σταθμού Λιδορικού) είτε με υψομετρικές αναγωγές. Τα τελικά δείγματα καλύπτουν την περίοδο 1970-71 έως 1987-88 και οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αυτής της περιόδου φαίνονται στον πίνακα 6.5.

Η εκτίμηση των μηνιαίων θερμοκρασιών στις θέσεις των ταμιευτήρων έγινε με υψομετρική αναγωγή (στις μέσες στάθμες ταμιευτήρων), με βάση τους ίδιους συντελεστές θερμομετρικής βαθμίδας που χρησιμοποιήθηκαν για τη λεκάνη Μόρνου. Συγκεκριμένα έγιναν δύο διαφορετικοί υπολογισμοί των θερμοκρασιών στις θέσεις φραγμάτων, ένας για κάθε σταθμό εκκίνησης (Γραμμένη Οξυά - Δρυμώνας) και οι τελικές τιμές λήφθηκαν ως οι μέσοι όροι των δύο ομάδων. Οι τελικές μέσες μηνιαίες τιμές φαίνονται στον πίνακα 6.5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΞΥΑ
ΚΑΙ ΔΡΥΜΩΝΑΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

ΜΗΝΑΣ	Σταθμός Γραμμένη Οξυά Περίοδος 10/1970 - - 9/1988 (°C)	Σταθμός Δρυμώνας Περίοδος 1/1974 - - 9/1988 (°C)	Θέσεις Φραγμάτων Περίστας & Αγ. Δημητρίου Περίοδος 10/1970 - - 9/1988 (°C)	Θέση Φράγματος Δενδροχωρίου Περίοδος 10/1970 - - 9/1988 (°C)
ΟΚΤ.	12.9	12.4	16.1	15.1
ΝΟΕΜ.	7.9	8.0	10.7	10.0
ΔΕΚ.	4.7	5.6	7.2	6.5
ΙΑΝ.	2.8	4.4	5.5	4.9
ΦΕΒ.	3.1	4.5	6.1	5.4
ΜΑΡ.	5.3	6.8	9.5	8.4
ΑΠΡ.	9.1	9.3	13.2	11.9
ΜΑΙΟΣ	13.9	13.0	17.7	16.5
ΙΟΥΝ.	17.7	18.7	22.2	21.0
ΙΟΥΛ.	20.1	22.8	25.0	23.9
ΑΥΓ.	20.2	20.9	24.2	23.1
ΣΕΠΤ.	17.5	17.5	21.2	20.3
ΕΤΟΣ	11.3	12.0	14.9	13.9

6.3.3. Σχετική υγρασία

Στη λεκάνη Ευήνου υπάρχουν δύο ψυχρόμετρα, στον Πλάτανο και στη Γραμμένη Οξυά. Προτιμήθηκαν τα δεδομένα της Γραμμένης Οξυάς που ήταν πλήρη για την περίοδο 1976-77 μέχρι 1987-88, σε αντίθεση με αυτά του Πλατάνου. Οι μέσες μηνιαίες τιμές τις παραπάνω περιόδου φαίνονται στον πίνακα 6.6.

6.3.4. Ηλιοφάνεια

Δεν υπάρχει ηλιογράφος στη λεκάνη Ευήνου, ενώ ο πλησιέστερος, που τελικά χρησιμοποιήθηκε, βρίσκεται στο Αγρίνιο (ΕΜΥ). Το δείγμα που υπάρχει καλύπτει την περίοδο 1978-79 έως 1986-87, η οποία επεκτάθηκε, με γραμμική συσχέτιση, ώστε να καλύπτει την περίοδο 1976-77 έως 1987-88. Χρησιμοποιήθηκε ως βάση ο σταθμός της Λαμίας και οι συντελεστές συσχέτισης που προέκυψαν είναι γενικά ικανοποιητικοί (εκτός από το μήνα Δεκέμβριο).

Οι μέσες μηνιαίες σχετικές ηλιοφάνειες της τελικής περιόδου φαίνονται στον πίνακα 6.6.

6.3.5. Ταχύτητα ανέμου

Δεν υπάρχει ανεμόμετρο στη λεκάνη Ευήνου και έτσι χρησιμοποιήθηκαν τελικά τα δεδομένα του ανεμομέτρου Αλιάρτου, όπως έγινε και για τη λεκάνη Μόρνου. Ανεμόμετρο υπάρχει επίσης και στο Αγρίνιο, όμως τα δεδομένα του δε φάνηκαν αξιόπιστα και γιαυτό δε χρησιμοποιήθηκαν. Η ταχύτητα ανέμων στην Αλιάρτο σε μέση μηνιαία βάση φαίνεται στον πίνακα 6.6.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6
ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ, ΣΧΕΤΙΚΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ
ΣΤΑΘΜΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΕΥΗΝΟΥ ή ΓΕΙΤΟΝΙΚΩΝ

ΜΗΝΑΣ	Σχετική υγρασία στη Γραμμένη Οξυά (%) Περίοδος 1/1977 - 9/1988	Σχετική ηλιοφάνεια στο Αγρίνιο (%) Περίοδος 1/1977 - 12/1987	Ταχύτητα ανέμου (στα 6.5 m) στην Αλιάρτο (m/sec) Περίοδος 1/1967 - 12/1988
ΟΚΤ.	71.6	57	2.2
ΝΟΕΜ.	75.3	48	1.9
ΔΕΚ.	78.3	41	2.4
ΙΑΝ.	78.1	37	2.6
ΦΕΒ.	79.1	40	2.8
ΜΑΡ.	75.2	47	2.7
ΑΠΡ.	70.7	51	2.8
ΜΑΙΟΣ	65.0	58	2.4
ΙΟΥΝ.	58.9	73	2.6
ΙΟΥΛ.	56.8	80	2.8
ΑΥΓ.	59.8	78	2.6
ΣΕΠΤ.	65.0	70	2.4
ΕΤΟΣ	69.5	57	2.5

6.3.6. Υπολογισμός εξατμίσης κατά Penman - Επεκτάσεις και αναγωγές δειγμάτων

Ως βασική θέση ταμιευτήρα, για την οποία έγινε ο πλήρης υπολογισμός της εξατμίσης, θεωρήθηκε η θέση Περίστας, που είναι η πιο κατάντη και η επικρατέστερη. Τα μεγέθη που υπολογίστηκαν ισχύουν ως έχουν και για τον ταμιευτήρα Αγίου Δημητρίου ο οποίος τοποθετείται περίπου στο ίδιο υψόμετρο με αυτόν της Περίστας. Τέλος τα μεγέθη για τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου, που τοποθετείται σε μεγαλύτερο υψόμετρο κατά 180 m περίπου από αυτόν της Περίστας, εκτιμήθηκαν από τα αντίστοιχα μεγέθη της Περίστας με υψομετρική αναγωγή.

Ο υπολογισμός της εξατμίσης από τον ταμιευτήρα Περίστας έγινε με την ημιεμπειρική μέθοδο Penman, για την περίοδο από τον Ιανουάριο 1977 μέχρι το Σεπτέμβριο 1988, που υπήρχαν όλες οι ομάδες των απαιτούμενων μετρήσεων μετεωρολογικών μεταβλητών. Το δείγμα αυτής της περιόδου επεκτάθηκε για την περίοδο των υδρολογικών ετών 1970-71 έως 1987-88, για την οποία υπήρχαν μετρήσεις θερμοκρασίας. Η επέκταση έγινε με τη βοήθεια του διαγράμματος

θερμοκρασίας - εξάτμισης (βρόχος εξάτμισης - βλ. παρ. 5.3.8.).

Οι τιμές της εξάτμισης για τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου εκτιμήθηκαν με αναγωγή των αντίστοιχων τιμών του ταμιευτήρα Περίστας. Συγκεκριμένα, από τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στις δύο θέσεις και με τη χρήση του διαγράμματος θερμοκρασίας - εξάτμισης υπολογίστηκαν οι λόγοι της εξάτμισης στις δύο θέσεις για κάθε μήνα, οι οποίοι στη συνέχεια εφαρμόστηκαν για την εκτίμηση της εξάτμισης στο Δενδροχώρι.

Οι μέσες μηνιαίες τιμές της εξάτμισης που υπολογίστηκαν φαίνονται στον πίνακα 6.7, ενώ τα συνολικά δείγματα φαίνονται στους πίνακες 6.8 και 6.9.

6.3.7. Μετρήσεις εξάτμισης - συγκρίσεις

Δεν υπάρχει εξατμισίμετρο στη λεκάνη Ευήνου, ενώ το πλησιέστερο βρίσκεται στο Αγρίνιο (ΕΜΥ). Το δείγμα που υπάρχει καλύπτει την περίοδο 1981-82 μέχρι 1986-87 με μερικές ελλείψεις. Η μέση υπερετήσια τιμή του πηλίκου της μηνιαίας εξάτμισης του ταμιευτήρα που υπολογίστηκε με τη μέθοδο Penman, προς τη μετρημένη τιμή του εξατμισίμετρου Αγρινίου προκύπτει υπερβολικά μεγάλη (0.97 ενώ θα αναμένονταν της τάξης του 0.80), ενώ τα αντίστοιχα πηλίκια για τα επιμέρους έτη και μήνες παρουσιάζουν σημαντικές και αδικαιολόγητες αποκλίσεις. Τελικά θεωρούμε ότι οι τιμές της μεθόδου Penman είναι πιο αξιόπιστες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΙΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΕΥΗΝΟΥ ΚΑΤΑ PENMAN
ΚΑΙ ΑΠΟ ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ (σε mm)

ΜΗΝΑΣ	Εξάτμιση εξατ/τρου Αγρινίου Περίοδος 4/1982 - - 12/1987	Εξάτμιση κατά Penman ταμ.Περίστας & Αγ.Δημητρ. Περίοδος 1/1977 - - 9/1988	Διευρυμένο δείγμα εξατμ. ταμ.Περίστας & Αγ.Δημητρ. Περίοδος 10/1970 - - 9/1988	Ανηγμένο δείγμα εξατμ. ταμ.Περίστας Δενδροχωρίου Περίοδος 10/1970 - - 9/1988
ΟΚΤ.	99.7	68.4	69.9	64.8
ΝΟΕΜ.	63.0	35.2	36.7	32.7
ΔΕΚ.	54.0	21.5	23.3	21.4
ΙΑΝ.	55.2	26.4	28.5	24.5
ΦΕΒ.	60.3	37.6	39.3	33.4
ΜΑΡ.	85.6	71.3	72.7	66.4
ΑΠΡ.	108.0	106.8	108.0	98.3
ΜΑΙΟΣ	143.6	152.7	156.6	145.3
ΙΟΥΝ.	170.0	199.1	196.9	188.4
ΙΟΥΛ.	178.3	223.3	221.9	209.9
ΑΥΓ.	170.0	193.2	197.6	174.9
ΣΕΠΤ.	153.6	131.2	134.3	118.5
ΕΤΟΣ	1341.3	1266.6	1285.7	1178.5

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΣ
ΚΑΙ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΚΑΤΑ ΡΕΝΩΜΑ (σε mm)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1970-71	72.8*	46.5*	24.8*	38.8*	29.4*	58.9*	76.5*	178.3*	207.0*	221.7*	240.3*	135.6*	1330.6
1971-72	71.9*	44.7*	32.6*	37.2*	63.8*	111.6*	169.5*	206.2*	226.8*	231.0*	227.9*	186.0*	1609.2
1972-73	108.5*	38.4*	22.3*	23.3*	40.6*	52.7*	109.5*	179.5*	202.5*	222.0*	186.0*	150.0*	1335.3
1973-74	72.8*	35.7*	27.9*	34.1*	51.8*	79.1*	90.0*	134.9*	187.5*	227.9*	237.2*	135.6*	1314.5
1974-75	58.9*	37.5*	26.4*	35.7*	40.6*	88.4*	111.2*	137.9*	163.5*	209.3*	192.2*	131.7*	1233.3
1975-76	59.2*	35.7*	24.2*	27.3*	29.9*	63.6*	106.5*	148.8*	168.0*	201.5*	155.0*	103.5*	1123.2
1976-77	62.0*	35.7*	23.7*	23.9	43.9	86.5	114.3	182.8	211.0	232.9	208.3	135.3	1360.3
1977-78	86.2	45.5	18.3	25.3	41.0	75.4	95.7	162.1	221.0	236.8	196.1	125.9	1329.5
1978-79	68.5	41.9	25.1	28.4	39.1	77.8	103.0	141.2	212.2	223.3	183.6	146.2	1290.2
1979-80	68.4	34.6	20.7	24.1	40.6	67.1	96.7	127.7	189.5	216.5	195.9	125.9	1207.5
1980-81	63.3	37.3	26.0	29.8	38.2	81.0	122.7	155.3	210.3	238.9	195.8	123.1	1321.6
1981-82	68.2	31.8	25.4	34.8	37.1	70.1	98.2	143.8	208.5	231.0	189.8	142.9	1281.5
1982-83	69.5	41.7	27.9	29.8	40.3	85.7	128.1	174.9	167.1	204.4	188.4	137.9	1295.7
1983-84	68.5	30.8	19.5	25.0	35.7	66.2	88.7	170.2	215.6	233.4	175.2	123.7	1252.6
1984-85	73.4	31.3	18.5	22.9	32.6	63.7	111.9	148.4	198.7	223.7	202.9	132.3	1260.3
1985-86	62.2	29.0	18.4	18.7	27.8	59.3	119.5	142.8	169.9	198.5	195.1	127.0	1168.3
1986-87	60.3	32.6	19.5	27.2	39.6	57.8	99.8	133.4	184.8	205.6	191.2	135.0	1186.9
1987-88	64.1	30.3	17.8	26.3	34.7	64.5	103.0	149.8	200.3	235.0	196.2	119.5	1241.6
ΜΕΣ.ΤΙΜ.	69.9	36.7	23.3	28.5	39.3	72.7	108.0	156.6	196.9	221.9	197.6	134.3	1285.7
ΤΥΠ.ΑΠ.	11.7	5.5	4.2	5.6	8.4	14.5	20.0	21.2	19.7	13.0	20.8	16.7	103.3

* Τιμή που εκτιμήθηκε με βάση μόνο τη θερμοκρασία και με τη μέθοδο του βρόχου εξάτμισης

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙΟΥ
ΜΕ ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΠΕΡΙΣΤΑΣ (σε mm)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1970-71	67.5	41.3	22.8	33.4	25.0	53.8	69.6	165.5	198.1	209.7	212.7	119.6	1219.0
1971-72	66.7	39.7	30.0	32.0	54.3	101.9	154.2	191.4	217.0	218.5	201.7	164.1	1471.5
1972-73	100.6	34.1	20.5	20.1	34.6	48.1	99.6	166.6	193.8	210.0	164.6	132.3	1224.9
1973-74	67.5	31.7	25.7	29.4	44.1	72.2	81.9	125.2	179.4	215.6	209.9	119.6	1202.2
1974-75	54.6	33.3	24.3	30.7	34.6	80.7	101.2	128.0	156.5	198.0	170.1	116.2	1128.1
1975-76	54.9	31.7	22.3	23.5	25.4	58.1	96.9	138.1	160.8	190.6	137.2	91.3	1030.8
1976-77	57.5	31.7	21.8	20.6	37.4	79.0	104.0	169.7	201.9	220.3	184.4	119.3	1247.5
1977-78	79.9	40.5	16.9	21.8	34.9	68.9	87.1	150.4	211.5	224.0	173.5	111.1	1220.5
1978-79	63.5	37.2	23.0	24.4	33.3	71.0	93.7	131.0	203.1	211.2	162.5	128.9	1183.0
1979-80	63.4	30.8	19.0	20.8	34.5	61.3	88.0	118.5	181.3	204.8	173.3	111.0	1106.7
1980-81	58.6	33.2	23.9	25.6	32.5	73.9	111.7	144.1	201.3	226.0	173.3	108.6	1212.6
1981-82	63.2	28.3	23.4	29.9	31.6	64.0	89.3	133.4	199.6	218.5	168.0	126.0	1175.2
1982-83	64.4	37.0	25.7	25.7	34.3	78.2	116.6	162.3	159.9	193.4	166.7	121.6	1185.9
1983-84	63.5	27.4	17.9	21.5	30.4	60.4	80.8	158.0	206.3	220.8	155.0	109.1	1151.2
1984-85	68.0	27.8	17.0	19.8	27.7	58.1	101.8	137.7	190.2	211.7	179.5	116.7	1156.1
1985-86	57.6	25.8	16.9	16.1	23.7	54.1	108.8	132.5	162.6	187.8	172.7	112.0	1070.7
1986-87	55.9	29.0	17.9	23.4	33.7	52.8	90.8	123.8	176.8	194.5	169.2	119.1	1087.0
1987-88	59.4	26.9	16.4	22.7	29.5	58.9	93.7	139.0	191.7	222.3	173.7	105.4	1139.6
ΜΕΣ.ΤΙΜ.	64.8	32.7	21.4	24.5	33.4	66.4	98.3	145.3	188.4	209.9	174.9	118.54	1178.5
ΤΥΠ.ΑΠ.	10.8	4.8	3.8	4.8	7.1	13.2	18.2	19.7	18.8	12.3	18.4	14.8	94.0

6.3.8. Προτάσεις βελτίωσης μετεωρολογικών σταθμών

Στην ειδική μελέτη βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου των Λεκανών Μόρνου και Ευήνου (τεύχος 17) περιλαμβάνονται προτάσεις για τη βελτίωση της καταγραφής της μετεωρολογικής πληροφορίας στη λεκάνη του Ευήνου. Συγκεκριμένα προτείνεται ο εμπλουτισμός με νέα όργανα του σταθμού Γραμμένης Οξυάς, η προσθήκη μετεωρολογικών οργάνων στο σταθμό Πλατάνου και η ίδρυση νέου πλήρους Μετεωρολογικών Σταθμ·ν στην Αρτοτίνα.

6.4. Υδρομετρική πληροφορία

6.4.1. Υδρομετρικοί σταθμοί

Στον ποταμό Εύηνο ο πιο αξιόλογος σταθμός για την παρούσα μελέτη είναι ο σταθμός Αγίου Δημητρίου (Νεοχώριο - ΔΕΗ), δεδομένου ότι βρίσκεται στην περιοχή των υπό μελέτη εναλλακτικών ταμιευτήρων (συμπίπτει με τη θέση φράγματος Αγίου Δημητρίου). Ο σταθμός αυτός λειτουργεί από το 1970 μέχρι σήμερα με συνεχείς υδρομετρήσεις. Έχουν λειτουργήσει όμως κατά περιόδους πέντε διαφορετικά σταθμήμετρα, τα οποία έχουν καταχωρηθεί ως ξεχωριστοί υδρομετρικοί σταθμοί, για αποφυγή σύγχυσης.

Σε μεγάλη απόσταση κατάντη του Αγίου Δημητρίου βρίσκεται ο σταθμός Αχλαδόκαστρο (ΔΕΗ) που λειτούργησε από το 1970 μέχρι το 1980, με υδρομετρήσεις από το 1970 μέχρι το 1978. Σε απόσταση 17 km ανάντη είχε λειτουργήσει πιο παλιά (1961-72) και ο σταθμός Αρτοτίβα, του οποίου τα στοιχεία δεν αρχειοθετήθηκαν ούτε επεξεργάστηκαν στην παρούσα έρευνα, γιατί οι παλιότεροι μελετητές (Verbund Plan) είχαν παρατηρήσει ότι είναι μειωμένης αξιοπιστίας.

Ακόμη, στα πλαίσια της έρευνας εξετάστηκε και ο σταθμός Πόρου Ρηγανίου, ο οποίος βρίσκεται προς τα κατάντη του Αχλαδόκαστρου. Ο σταθμός αυτός έχει μεγάλη περίοδο λειτουργίας (1960 - σήμερα, με υδρομετρήσεις από το 1961-63 και 1970 - σήμερα) και περιλαμβάνει σταθμηγράφο και 3 σταθμήμετρα, από τα οποία εξετάστηκαν τα 2 πιο αξιόπιστα, που αρχειοθετήθηκαν ως ξεχωριστοί σταθμοί.

6.4.2. Καμπύλες στάθμης - παροχής

Όπως και στους υδρομετρικούς σταθμούς του Μόρνου, έτσι σε αυτούς του Ευήνου εμφανίζεται έντονη μεταβλητότητα και ασαφής προσδιορισμός της σχέσης στάθμης - παροχής στις διατομές μετρήσεων. Αλλα σημαντικά προβλήματα που διαπιστώνονται είναι:

- α) Η ύπαρξη μακρών (πολυετών) περιόδων χωρίς καθόλου υδρομετρήσεις. Για τις περιόδους αυτές δεν είναι δυνατό να αναχθούν οι στάθμες σε παροχές, λόγω της μεταβλητότητας που αναφέρθηκε παραπάνω.
- β) Η ύπαρξη περιόδων με πολύ αραιές υδρομετρήσεις. Τέτοιες περίοδοι εμφανίζονται, δυστυχώς, συστηματικά τους χειμερινούς μήνες που παρουσιάζουν και το μεγαλύτερο υδρολογικό ενδιαφέρον. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μεγάλη αβεβαιότητα των παροχών που εξάγονται.
- γ) Ο ανεπαρκής αριθμός μετρήσεων σε περιόδους υψηλών παροχών, που δημιουργεί αβεβαιότητα στο αντίστοιχο τμήμα της καμπύλης στάθμης - παροχής, που είναι και το σημαντικότερο.
- δ) Το γεγονός ότι σε ορισμένους σταθμούς και ορισμένες περιόδους, (Αχλαδόκαστρο 1972-74, Άγιος Δημήτριος 1975-76, 1977-79, 1982-83) εμφανίζεται έντονη μεταβολή της παροχής με σχεδόν μηδενική μεταβολή της στάθμης, πράγμα που οδηγεί σε μεγάλη αβεβαιότητα στην εξαγωγή της παροχής.

Σε όλες τις περιπτώσεις έγινε επέκταση των καμπυλών στάθμης - παροχής, στην περιοχή των υψηλών παροχών βάσει υδραυλικών υπολογισμών. Χρησιμοποιήθηκε γενικά ο τύπος του Chezy που δίνει πιο συντηρητικά αποτελέσματα από τον τύπο του Manning. Πρόχειρα γεωμετρικά στοιχεία διατομής λήφθηκαν σε επί τόπου επίσκεψή μας.

6.4.3. Τελικές παροχές υδρομετρικών σταθμών

Οι παροχές που υπολογίστηκαν βάσει των μετρήσεων στάθμης και των καμπυλών στάθμης-παροχής παρουσιάζουν την ακόλουθη εικόνα:

- α) Στο σταθμό Αγίου Δημητρίου (σταθμήμετρο) όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν 5 διαφορετικά σταθμήμετρα, που εναλλάσσονται διαδοχικά στο χρόνο με ελάχιστες επικαλύψεις. Με συνένωση των διαφόρων περιόδων λειτουργίας όλων των σταθμημέτρων προκύπτει ένα τελικό δείγμα παροχών που καλύπτει την περίοδο μεταξύ των υδρολογικών ετών 1970-71 έως 1986-87. Ελλείψεις εμφανίζονται μόνο στην περίοδο 12/1973 - 6/1974, που οφείλονται σε έλλειψη καμπύλης στάθμης παροχής (οι υδρομετρήσεις της περιόδου αυτής ήταν ελάχιστες και εμφάνιζαν πολύ μεγάλη διασπορά, ώστε να μην είναι δυνατό να δώσουν μονοσήμαντη σχέση στάθμης-παροχής). Οι μηνιαίες παροχές αυτής της περιόδου συμπληρώθηκαν με γραμμική συσχέτιση σε μηνιαία βάση από τις αντίστοιχες παροχές του σταθμού Πόρου Ρηγανίου.
- β) Για το σταθμό Αχλαδόκαστρου (σταθμήμετρο και σταθμηγράφος) οι παροχές υπολογίστηκαν για την περίοδο από τον Ιούλιο 1970 (αρχή λειτουργίας) μέχρι το Νοέμβριο 1978 (τέλος περιόδου υδρομετρήσεων). Ο σταθμός αυτός σταμάτησε να λειτουργεί το 1980 και κατά συνέπεια δεν έχει ιδιαίτερη αξία για τη μελέτη μας.
- γ) Για το σταθμό Πόρου Ρηγανίου (σταθμήμετρο και σταθμηγράφος) όπως προαναφέρθηκε λειτούργησαν ταυτόχρονα 3 σταθμήμετρα, αλλά ένα μόνο συνδύαζε αξιοπιστία μετρήσεων, συνέχεια λειτουργίας και αντιστοιχία με τις μετρήσεις του σταθμηγράφου, και αυτό τελικά χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των τελικών παροχών. Παροχές υπολογίστηκαν για δύο ξεχωριστές περιόδους, ήτοι από το Μάιο 1961 μέχρι το Μάιο 1963 και από το Μάρτιο 1970 μέχρι το Σεπτέμβριο 1987. Οι παροχές της πρώτης περιόδου είναι λιγότερο αξιόπιστες, λόγω αραιών υδρομετρήσεων. Οι παροχές της δεύτερης περιόδου (17 ετών) είναι αυξημένης αξιοπιστίας, πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των άλλων σταθμημέτρων που λειτούργησαν ταυτόχρονα.

6.4.4. Έλεγχος αξιοπιστίας των παροχών του Ευήνου

Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας των μηνιαίων παροχών των διαφόρων σταθμών του Ευήνου εξετάστηκαν:

- α) Η συσχέτιση των παροχών κάθε θέσης μέτρησης με τις επιφανειακές βροχοπτώσεις της αντίστοιχης υπολεκάνης, σε ετήσια βάση.

Παρατηρήθηκε ότι γενικά εμφανίζονται υψηλοί συντελεστές γραμμικής συσχέτισης, (Άγιος Δημήτριος 0.77, Αχλαδόκαστρο 0.77, Πόρος 0.84).

Εξετάστηκαν ακόμη οι συντελεστές απορροής σε ετήσια βάση. Στον Άγιο Δημήτριο ο συντελεστής απορροής κυμαίνεται από 0.43 μέχρι 0.96 με μέση τιμή 0.63. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή 0.96 είναι υπερβολικά μεγάλη, και προφανώς πρέπει να αποδοθεί σε σφάλματα μέτρησης είτε της παροχής είτε της βροχής. Στο Αχλαδόκαστρο ο συντελεστής απορροής κυμαίνεται από 0.53 μέχρι 0.69 με μέση τιμή 0.60. Τέλος στον Πόρο Ρηγανίου ο συντελεστής απορροής κυμαίνεται από 0.41 μέχρι 0.75 με μέση τιμή 0.62. Παρατηρούμε ότι στους δύο τελευταίους σταθμούς η διακύμανση του συντελεστή απορροής είναι λογική. Σημειώνεται ότι στη μελέτη της Verbund Plan (Masterplan Ερίνος - βλέπε τεύχος 2) ο μέσος συντελεστής απορροής στον Πόρο Ρηγανίου βρέθηκε ίσος με 0.82, που πρέπει να θεωρηθεί υπερβολικός. Αντίθετα, στη μεταγενέστερη μελέτη της ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ (Ενίσχυσις του Υδατικού Δυναμικού του Ταμιευτήρος Μόρνου - βλ. τεύχος 2) είχε δοθεί αντίστοιχη τιμή ίση με 0.63, που συμφωνεί με την τιμή της παρούσας μελέτης.

- β) Η συσχέτιση των παροχών των διαφόρων σταθμών μεταξύ τους. Παρατηρήθηκε ότι οι ετήσιες παροχές των σταθμών Αγίου Δημητρίου και Πόρου Ρηγανίου (που έχουν κοινή περίοδο 17 ετών) εμφανίζουν υψηλή γραμμική συσχέτιση μεταξύ τους (συντελ. συσχ. = 0.73). Αντίθετα οι παροχές στο Αχλαδόκαστρο (μόνο 8 πλήρη υδρολογικά έτη) εμφανίζουν μέτρια συσχέτιση με τους άλλους σταθμούς (0.48 με Άγιο Δημήτριο και 0.55 με Πόρο

Ρηγανίου). Ειδικότερα οι ετήσιες παροχές στον Αγιο Δημήτριο και τον Πόρο Ρηγανίου, εμφανίζουν ταυτόσημη εικόνα ως προς τη μεταβολή τους στο χρόνο. Επί πλέον οι μέσες απορροές στις δύο αντίστοιχες λεκάνες, ανηγμένες σε ισοδύναμο ύψος είναι 885.3 mm για τον Αγιο Δημήτριο και 883.5 mm για τον Πόρο Ρηγανίου (για την κοινή περίοδο, μέχρι και το υδρολογικό έτος 1987-88), δηλαδή σχεδόν ταυτίζονται.

6.4.5. Τελικές παροχές στις θέσεις φραγμάτων

Για την αναγωγή των παροχών στις θέσεις φραγμάτων φαίνεται κατ' αρχήν ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως βάση ο σταθμός Αγίου Δημητρίου, που είναι ο πλησιέστερος και στις τρεις υπό μελέτη θέσεις φραγμάτων. Παρ' όλα αυτά προτιμήθηκε η επιλογή του σταθμού Πόρου Ρηγανίου ως σταθμού βάσης, για τους ακόλουθους λόγους, που προκύπτουν από την ανάλυση της παραγράφου 6.4.4.

- Στον Αγιο Δημήτριο εμφανίζονται αδικαιολόγητα υψηλοί συντελεστές απορροής, σε ορισμένα έτη, πράγμα που δημιουργεί αμφιβολίες για την αξιοπιστία του σταθμού.
- Ο σταθμός Πόρου Ρηγανίου εμφανίζει πολύ καλύτερη εικόνα διακύμανσης των ετήσιων συντελεστών απορροής και μάλιστα ως προς τη μέση τιμή δε διαφέρει από αυτήν του Αγίου Δημητρίου.
- Οι παροχές του Πόρου Ρηγανίου που αφορούν στις περιόδους πλημμυρών έχουν υπολογιστεί από ωριαίες στάθμες, (ενώ του Αγίου Δημητρίου από ημερήσιες, δεδομένου ότι δε διαθέτει σταθμηγράφο), και κατά συνέπεια είναι σαφώς πιο αξιόπιστες.
- Επί πλέον στον Πόρο Ρηγανίου δεν εμφανίζονται ελλείψεις, ενώ παράλληλα υπάρχουν κατά περιόδους και μετρήσεις σε άλλα σταθμήμετρα, που μειώνουν την αβεβαιότητα στις τελικές εκτιμήσεις των παροχών.
- Τέλος τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων των δύο σταθμών σε υπερετήσια βάση είναι ίδια, και έτσι δεν υπάρχουν επιφυλάξεις για την εφαρμοσιμότητα των παροχών του Πόρου

Ρηγανίου στις λεκάνες των υπό μελέτη φραγμάτων.

Μετά τα παραπάνω, οι παροχές στις θέσεις των φραγμάτων Δενδροχωρίου, Αγίου Δημητρίου και Περίστας εκτιμήθηκαν με αναγωγή των παροχών του Πόρου Ρηγανίου βάσει του λόγου των επιφανειών των αντίστοιχων λεκανών απορροής. Τα τελικά δείγματα συνολικού μεγέθους 20 ετών καλύπτουν την περίοδο μεταξύ των υδρολογικών ετών 1970-71 μέχρι 1987-88 και περιλαμβάνουν και δύο ακόμα υδρολογικά έτη, τα 1961-62 και 1962-63. Τα δείγματα αυτά φαίνονται στους πίνακες 6.10 έως 6.12.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.10
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙΟΥ ($\text{m}^3 \cdot 10^6$)
ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΡΟΥ ΡΗΓΑΝΙΟΥ (ΣΥΝΤΕΛ. 0.2887)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ α													
1961-62	1.8	11.4	29.5	12.9	31.5	89.7	25.4	9.1	3.3	2.3	1.6	2.4	221.0
1962-63	9.4	71.3	106.7	101.3	114.1	29.5	25.1	23.2	12.0	6.2	2.9	2.9	504.6
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	5.6	41.4	68.1	57.1	72.8	59.6	25.2	16.2	7.7	4.3	2.3	2.6	362.8
ΠΕΡΙΟΔΟΣ β													
1970-71	2.5	6.5	27.7	29.5	34.2	78.0	31.7	10.8	4.6	2.7	1.7	3.2	233.1
1971-72	3.0	17.3	34.7	21.4	37.3	34.6	23.2	15.5	4.5	3.8	2.9	2.3	200.5
1972-73	15.7	12.9	7.0	22.4	56.5	48.8	33.1	16.2	6.3	3.8	2.3	2.6	227.6
1973-74	4.1	9.0	35.3	13.9	44.0	28.8	40.3	16.7	4.8	2.1	1.7	2.8	203.5
1974-75	18.0	26.6	16.8	8.8	14.0	17.7	10.8	9.3	4.6	2.6	3.1	1.1	133.5
1975-76	5.2	13.5	45.4	13.7	21.8	17.4	25.1	12.0	6.1	3.7	1.9	1.5	167.4
1976-77	1.8	56.7	85.5	32.9	24.4	11.7	7.8	4.9	2.6	1.6	1.4	1.7	232.9
1977-78	1.7	11.1	23.9	34.8	51.7	19.3	36.7	14.3	5.5	2.5	1.8	3.1	206.4
1978-79	3.0	10.5	41.2	91.4	71.5	17.8	39.2	15.7	7.9	3.8	3.0	2.3	307.2
1979-80	5.3	28.3	26.4	61.4	28.5	52.4	30.0	19.7	10.8	4.6	2.6	2.0	271.9
1980-81	11.2	31.3	79.3	32.0	51.5	37.9	23.9	19.9	6.2	3.6	2.1	2.1	300.9
1981-82	7.1	12.1	131.4	23.7	27.3	35.8	26.1	19.5	7.4	3.9	2.9	2.1	299.3
1982-83	4.1	22.8	71.6	17.5	22.9	21.5	12.8	5.7	5.9	4.8	2.7	2.3	194.5
1983-84	2.8	28.6	53.6	38.5	48.4	30.9	26.4	18.7	6.0	3.1	2.6	2.1	261.7
1984-85	1.8	14.4	6.2	51.3	24.3	30.9	20.6	9.7	5.0	3.7	1.3	0.4	169.6
1985-86	1.6	38.8	17.1	53.3	67.3	28.7	19.6	10.0	6.7	5.0	2.4	1.7	252.5
1986-87	2.3	3.6	8.9	29.2	28.2	37.9	24.4	12.1	6.4	3.1	1.9	1.5	159.5
1987-88	2.9	17.7	29.2	16.6	25.5	29.0	14.7	7.9	3.1	2.3	2.0	1.8	152.7
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	5.2	20.1	41.2	32.9	37.7	32.2	24.8	13.3	5.8	3.4	2.2	2.0	220.8
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	4.8	13.2	32.7	20.6	16.7	15.8	9.4	4.8	1.8	0.9	0.6	0.7	53.6
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ (ΠΕΡΙΟΔΟΙ α ΚΑΙ β)													
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	5.3	22.2	43.9	35.3	41.2	34.9	24.8	13.5	6.0	3.5	2.2	2.1	235.0
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	4.7	17.1	34.4	25.3	23.4	19.8	8.9	5.2	2.3	1.1	0.6	0.7	81.2

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.11
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (m³ * 10⁴)
ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΡΟΥ ΡΗΓΑΝΙΟΥ (ΣΥΝΤΕΛ. 0.3948)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ α													
1961-62	2.5	15.6	40.4	17.6	43.0	122.7	34.7	12.5	4.6	3.2	2.2	3.2	302.3
1962-63	12.8	97.5	146.0	138.5	156.0	40.3	34.3	31.7	16.4	8.5	3.9	4.0	690.1
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	7.7	56.6	93.2	78.1	99.5	81.5	34.5	22.1	10.5	5.8	3.1	3.6	496.2
ΠΕΡΙΟΔΟΣ β													
1970-71	3.4	8.9	37.9	40.4	46.7	106.7	43.3	14.8	6.3	3.7	2.4	4.4	318.8
1971-72	4.1	23.6	47.4	29.3	51.1	47.3	31.7	21.2	6.2	5.2	3.9	3.2	274.3
1972-73	21.4	17.6	9.6	30.7	77.3	66.7	45.2	22.1	8.6	5.2	3.2	3.5	311.2
1973-74	5.6	12.4	48.3	19.0	60.2	39.3	55.1	22.8	6.5	2.9	2.3	3.8	278.3
1974-75	24.6	36.4	23.0	12.1	19.1	24.3	14.8	12.7	6.3	3.6	4.2	1.5	182.5
1975-76	7.1	18.4	62.1	18.8	29.8	23.8	34.3	16.5	8.4	5.1	2.7	2.1	228.9
1976-77	2.4	77.6	116.9	45.0	33.3	16.1	10.7	6.7	3.6	2.1	1.9	2.3	318.5
1977-78	2.3	15.2	32.6	47.6	70.6	26.4	50.2	19.6	7.6	3.4	2.5	4.2	282.3
1978-79	4.2	14.3	56.4	125.0	97.8	24.3	53.6	21.4	10.8	5.2	4.0	3.2	420.2
1979-80	7.2	38.7	36.0	83.9	39.0	71.7	41.0	27.0	14.7	6.2	3.6	2.7	371.8
1980-81	15.3	42.8	108.4	43.7	70.4	51.8	32.7	27.2	8.5	4.9	2.9	2.9	411.5
1981-82	9.7	16.5	179.8	32.3	37.3	49.0	35.7	26.7	10.2	5.3	4.0	2.9	409.3
1982-83	5.6	31.2	97.9	24.0	31.3	29.4	17.5	7.7	8.0	6.6	3.6	3.1	266.0
1983-84	3.9	39.1	73.3	52.6	66.2	42.2	36.1	25.5	8.2	4.3	3.6	2.9	357.9
1984-85	2.5	19.7	8.5	70.1	33.2	42.2	28.1	13.3	6.8	5.0	1.8	0.6	231.9
1985-86	2.2	53.1	23.4	72.9	92.1	39.2	26.8	13.7	9.1	6.9	3.3	2.4	345.2
1986-87	3.1	4.9	12.1	40.0	38.6	51.8	33.4	16.5	8.8	4.2	2.7	2.0	218.1
1987-88	3.9	24.2	39.9	22.7	34.8	39.7	20.2	10.7	4.2	3.2	2.8	2.5	208.8
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	7.1	27.5	56.3	45.0	51.6	44.0	33.9	18.1	7.9	4.6	3.1	2.8	302.0
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	6.6	18.1	44.7	28.1	22.9	21.6	12.9	6.5	2.5	1.3	0.8	0.9	73.3
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ (ΠΕΡΙΟΔΟΙ α ΚΑΙ β)													
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	7.2	30.4	60.0	48.3	56.4	47.8	34.0	18.5	8.2	4.7	3.1	2.9	321.4
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	6.5	23.4	47.0	34.6	32.0	27.0	12.2	7.0	3.2	1.6	0.8	0.9	111.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.12
 ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΣ (■ * 10⁶)
 ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΡΟΥ ΡΗΓΑΝΙΟΥ (ΣΥΝΤΕΛ. 0.445)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ α													
1961-62	2.8	17.6	45.4	19.9	48.5	138.2	39.1	14.1	5.2	3.5	2.5	3.6	340.4
1962-63	14.5	109.8	164.4	156.0	175.7	45.4	38.6	35.7	18.4	9.6	4.4	4.5	777.1
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	8.6	63.7	104.9	87.9	112.1	91.8	38.9	24.9	11.8	6.6	3.5	4.1	558.7
ΠΕΡΙΟΔΟΣ β													
1970-71	3.8	10.0	42.7	45.4	52.6	120.1	48.8	16.6	7.1	4.1	2.7	4.9	359.0
1971-72	4.6	26.6	53.4	33.0	57.5	53.3	35.7	23.9	7.0	5.8	4.4	3.6	308.8
1972-73	24.1	19.8	10.8	34.6	87.1	75.1	50.9	24.9	9.6	5.9	3.6	3.9	350.5
1973-74	6.3	13.9	54.4	21.4	67.8	44.3	62.0	25.7	7.3	3.3	2.6	4.3	313.4
1974-75	27.7	40.9	25.9	13.6	21.5	27.3	16.6	14.3	7.1	4.0	4.8	1.7	205.5
1975-76	8.0	20.7	69.9	21.2	33.5	26.8	38.6	18.5	9.4	5.7	3.0	2.4	257.8
1976-77	2.7	87.4	131.6	50.6	37.5	18.1	12.0	7.6	4.0	2.4	2.1	2.5	358.7
1977-78	2.6	17.1	36.7	53.6	79.6	29.7	56.6	22.1	8.5	3.8	2.8	4.7	317.8
1978-79	4.7	16.1	63.5	140.7	110.2	27.3	60.4	24.1	12.2	5.9	4.5	3.6	473.1
1979-80	8.1	43.6	40.6	94.5	43.9	80.7	46.2	30.4	16.6	7.0	4.1	3.0	418.7
1980-81	17.2	48.2	122.1	49.2	79.3	58.4	36.8	30.6	9.6	5.5	3.3	3.2	463.3
1981-82	10.9	18.6	202.4	36.4	42.0	55.2	40.1	30.0	11.5	5.9	4.5	3.2	460.9
1982-83	6.3	35.1	110.2	27.0	35.2	33.1	19.8	8.7	9.0	7.4	4.1	3.5	299.5
1983-84	4.4	44.0	82.6	59.2	74.6	47.5	40.6	28.7	9.2	4.8	4.0	3.2	403.0
1984-85	2.8	22.2	9.6	79.0	37.4	47.6	31.7	15.0	7.6	5.7	2.1	0.6	261.2
1985-86	2.5	59.8	26.4	82.1	103.7	44.2	30.2	15.4	10.3	7.8	3.8	2.7	388.8
1986-87	3.5	5.5	13.7	45.0	43.4	58.3	37.6	18.6	9.9	4.8	3.0	2.3	245.6
1987-88	4.4	27.2	44.9	25.5	39.2	44.7	22.7	12.1	4.8	3.6	3.1	2.8	235.1
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	8.0	30.9	63.4	50.7	58.1	49.5	38.2	20.4	8.9	5.2	3.5	3.1	340.0
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	7.5	20.4	50.4	31.7	25.8	24.3	14.5	7.4	2.8	1.5	0.8	1.1	82.5
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ (ΠΕΡΙΟΔΟΙ α ΚΑΙ β)													
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	8.1	34.2	67.6	54.4	63.5	53.8	38.3	20.9	9.2	5.3	3.5	3.2	361.9
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	7.3	26.4	53.0	38.9	36.0	30.4	13.7	7.9	3.5	1.7	0.9	1.0	125.1

6.4.6. Προτάσεις βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου

Στα πλαίσια της ειδικής μελέτης βελτίωσης του υδρομετεωρολογικού δικτύου των λεκανών Μόρνου και Ευήνου εξετάστηκε η δυνατότητα βελτίωσης του σταθμού Αγ. Δημητρίου (Νεοχωρίου) η οποία όμως δε φάνηκε να είναι εφικτή. Παράλληλα διερευνήθηκαν οι δυνατότητες ίδρυσης νέων σταθμών, ανάντη των πιθανών θέσεων φραγμάτων, οι οποίοι θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν κατά το στάδιο της οριστικής μελέτης του φράγματος, και επίσης θα εξακολουθούν να λειτουργούν μετά την κατασκευή του φράγματος ώστε να είναι δυνατή η καλύτερη παρακολούθηση και επαλήθευση του ισοζυγίου του μελλοντικού ταμιευτήρα. Συγκεκριμένα εντοπίστηκε μόνο μία τέτοια θέση κατάντη της γέφυρας προς Περδικόβρυση.

Τέλος θεωρείται απαραίτητο, σε όλους τους σταθμούς του Ευήνου, να ξεκινήσουν άμεσα ή να επαναληφθούν συστηματικές μετρήσεις στερεοπαροχής, ώστε μπορεί να εκτιμηθεί με τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία ο νεκρός όγκος του μελλοντικού ταμιευτήρα.

7. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΥΛΙΚΗΣ

7.1. Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας της υδρολογικής πληροφορίας της λεκάνης και της λίμνης Υλίκης. Η ανάλυση περιλαμβάνει τα βροχομετρικά, τα μετεωρολογικά και τα υδρομετρικά δεδομένα σε μηνιαία κλίμακα, καθώς και τα δεδομένα του ισοζυγίου της λίμνης.

Η πρωτογενής υδρολογική πληροφορία στην οποία έχουμε στηριχτεί είναι καταχωρημένη (σε ωριαία, ημερήσια ή μηνιαία κλίμακα) στα παραρτήματα Ζ, Η, Θ και Ι. Η περιγραφή των υδρομετεωρολογικών σταθμών της λεκάνης είναι κωδικοποιημένη στο τεύχος 10. Τέλος η αναλυτική πορεία της επεξεργασίας της πληροφορίας δίνεται στα τεύχη 11 και 13.

7.2. Βροχομετρική πληροφορία

7.2.1. Βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα

Στη λεκάνη της Υλίκης λειτουργεί σήμερα μόνο ένας βροχομετρικός σταθμός (Μουρίκι) ενώ για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν και τα δεδομένα των γειτονικών σταθμών Αλιάρτου (λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού), Καλλιθέας και Τανάγρας (λεκάνη Ασωπού).

Ο σταθμός της Αλιάρτου διαθέτει στοιχεία από το υδρολογικό έτος 1906-07, αλλά τα στοιχεία του που χρησιμοποιήθηκαν εδώ αναφέρονται στην περίοδο μετά το υδρολογικό έτος 1954-55, κατά την οποία υπήρχαν και δεδομένα άλλων σταθμών που καθιστούσαν εφικτό τον έλεγχο της αξιοπιστίας των δεδομένων. Μόνο για τον έλεγχο των τάσεων των χρονοσειρών βροχής και απορροής χρησιμοποιήθηκε η πλήρης χρονοσειρά βροχομετρικών δεδομένων της Αλιάρτου από το 1906-07.

Δυστυχώς και εδώ η γενική εικόνα των δεδομένων είναι μέτρια, ελαφρώς καλύτερη από αυτή των λεκανών Ευήνου και Μόρνου.

7.2.2. Ομογενοποίηση και μεγιστοποίηση

Για τους σταθμούς Μουρίκι, Καλλιθέα και Τανάγρα που ο έλεγχος της αξιοπιστίας με τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης έδειξε την ύπαρξη ανομογενειών, έγινε κατάλληλη αναγωγή των δεδομένων ορισμένων περιόδων με βάση συντελεστές που υπολογίστηκαν από τις αθροιστικές καμπύλες.

Η συμπλήρωση των ελλείψεων και η επέκταση των δειγμάτων σε όλα τα υδρολογικά έτη της περιόδου 1954-55 έως 1987-88 έγινε με τη γραμμική παλινδρόμηση, σε μηνιαία βάση. Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιήθηκε ως σταθμός βάσης εκείνος που εμφάνιζε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τον προς συμπλήρωση σταθμό. Κατ' εξαίρεση σε ορισμένους μήνες που έλειπαν μόνο λίγα (μέχρι 5) ημερήσια ύψη βροχής η συμπλήρωση έγινε σε ημερήσια βάση.

Τα τελικά ετήσια ύψη βροχής των τεσσάρων σταθμών φαίνονται στον πίνακα 7.1.

7.2.3. Επιφανειακά ύψη βροχής

Τα επιφανειακά ύψη βροχής της λεκάνης και της λίμνης Υλίκης, υπολογισμένα με τη μέθοδο Thiessen φαίνονται στους πίνακες 7.2 και 7.3. Στον υπολογισμό δεν έγινε υψομετρική διόρθωση, γιατί τα μέσα υψόμετρα των σταθμών δε διέφεραν από τα αντίστοιχα μέσα υψόμετρα της λίμνης και της λεκάνης.

Όπως προκύπτει από τους πίνακες αυτούς τα μέσα ύψη βροχής για τη λεκάνη και τη λίμνη Υλίκη είναι 509,6 mm και 427.5 mm αντίστοιχα (περίοδος 1954-55 μέχρι 1987-88). Τα ύψη αυτά είναι πολύ χαμηλότερα (ίσα περίπου με το 1/3) σε σχέση με αυτά των λεκανών Μόρνου και Ευήνου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1
 ΤΕΛΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ
 ΛΕΚΑΝΗΣ ΥΛΙΚΗΣ

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΑΛΙΑΡΤΟΣ	ΜΟΥΡΙΚΙ	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ
1954-55	798.6	507.8	573.5	598.9
1955-56	850.2	571.7	574.3	589.4
1956-57	455.2	318.3	358.9	363.7
1957-58	724.1	457.4	442.5	410.7
1958-59	575.0	281.7	447.7	440.0
1959-60	521.8	268.7	408.3	341.2
1960-61	405.6	350.8	451.9	436.1
1961-62	708.0	372.0	447.6	527.8
1962-63	832.3	638.8	701.7	603.8
1963-64	725.4	499.6	522.7	509.3
1964-65	576.5	324.7	478.4	313.2
1965-66	544.1	404.5	421.0	377.0
1966-67	598.9	264.8	826.5	470.9
1967-68	695.0	344.2	529.4	513.8
1968-69	731.1	382.7	828.4	663.0
1969-70	566.0	435.8	555.1	514.6
1970-71	550.3	488.1	498.8	577.4
1971-72	739.5	610.4	851.3	640.7
1972-73	514.3	392.1	805.8	430.1
1973-74	583.8	244.4	679.7	494.7
1974-75	549.0	351.6	560.5	382.6
1975-76	669.6	413.0	518.7	508.2
1976-77	333.6	229.6	373.3	361.4
1977-78	661.1	424.9	548.9	633.5
1978-79	573.1	337.1	470.8	394.5
1979-80	855.5	579.1	561.2	563.4
1980-81	670.7	618.6	469.5	488.2
1981-82	714.7	525.2	540.0	506.5
1982-83	498.8	385.3	406.2	359.9
1983-84	693.2	585.4	546.4	472.1
1984-85	485.2	417.4	454.7	388.2
1985-86	440.8	319.9	451.8	340.9
1986-87	519.4	460.1	615.8	334.0
1987-88	455.1	438.6	614.6	476.7
ΜΕΣ.ΤΙΜ.	612.2	419.0	545.2	471.4
ΤΥΠ.ΑΠ.	131.5	113.3	131.2	98.8

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΘΑΛΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΔΕΚΑΝΗΣ ΥΑΙΚΗΣ
(ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΑΣΗΣ)

ΔΕΚ. ΑΠΟΡΡΟΗΣ : ΥΑΙΚΗΣ			ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 201.4 μ										
ΣΤΑΘΜΟΙ: ΑΔΙΑΡΤΟΣ (0.308) ΜΟΥΡΙΚΙ (0.423) ΚΑΛΑΙΘΕΑ (0.231) ΤΑΝΑΓΡΑ (0.038)													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1954-55	54.6	106.1	109.6	70.1	17.3	55.4	102.5	4.2	16.3	3.7	14.6	61.7	616.0
1955-56	165.3	114.1	53.0	56.9	141.2	71.0	23.7	11.6	5.7	0.6	0.9	14.7	658.8
1956-57	12.8	57.0	33.2	88.6	21.3	42.6	24.0	31.1	12.1	1.4	12.3	35.3	371.6
1957-58	131.3	52.1	69.0	76.5	2.2	67.6	19.2	12.2	31.0	0.4	0.0	72.8	534.3
1958-59	42.7	86.6	14.8	72.8	30.7	42.6	48.4	9.7	15.4	12.0	2.1	38.6	416.4
1959-60	58.8	61.1	28.5	68.2	41.7	33.3	25.2	28.1	6.6	1.1	7.1	22.0	381.7
1960-61	17.5	36.1	66.0	73.6	46.0	104.4	22.2	9.0	12.1	3.3	1.2	2.7	394.3
1961-62	52.5	40.6	104.1	39.0	83.9	59.0	8.7	16.4	2.4	2.2	0.0	90.3	498.9
1962-63	175.5	106.9	170.9	58.4	33.3	66.7	19.9	56.8	13.6	8.1	0.6	0.9	711.6
1963-64	168.6	55.6	31.9	124.6	41.5	48.5	9.3	13.7	41.5	2.1	2.0	35.6	574.8
1964-65	10.1	11.4	61.4	67.3	102.9	76.2	35.1	34.1	30.6	1.6	6.5	0.0	437.3
1965-66	21.8	20.4	36.3	105.8	13.1	102.1	24.0	50.5	34.6	0.0	4.6	37.0	450.3
1966-67	38.4	128.5	70.5	37.2	58.4	42.7	43.9	25.2	7.9	1.7	19.7	31.2	505.3
1967-68	89.1	46.6	79.0	73.2	74.5	57.6	10.2	30.5	16.3	0.0	1.8	22.6	501.5
1968-69	91.5	91.5	174.1	96.5	41.3	74.4	17.6	2.0	0.4	0.3	0.1	13.9	603.6
1969-70	0.5	44.0	165.8	57.9	41.3	59.0	1.4	55.2	31.3	15.5	2.2	32.4	506.5
1970-71	84.3	11.0	64.4	58.1	69.2	97.1	39.8	15.0	5.7	17.3	33.1	18.1	513.1
1971-72	74.4	76.9	63.6	165.1	79.2	17.3	98.3	22.5	13.1	34.6	39.3	22.6	707.0
1972-73	132.0	36.2	47.1	83.7	67.0	43.1	17.9	5.1	23.3	20.7	7.3	43.5	526.8
1973-74	48.5	45.4	50.9	65.8	91.5	64.2	31.3	30.5	10.9	0.0	8.4	11.5	459.0
1974-75	13.4	68.4	40.7	64.3	112.8	20.7	19.6	26.0	51.3	14.1	12.0	18.5	461.8
1975-76	21.1	45.5	134.1	58.2	127.5	44.1	42.6	15.7	7.1	7.1	10.2	6.9	520.1
1976-77	81.5	56.9	47.2	21.5	3.6	32.5	14.8	1.4	24.4	0.0	0.4	15.5	299.8
1977-78	13.8	37.3	173.5	120.7	51.4	28.6	28.1	9.3	3.6	0.0	6.1	61.9	534.2
1978-79	53.9	32.6	140.7	29.5	45.6	17.7	18.9	42.1	2.1	23.2	23.5	13.1	442.9
1979-80	204.8	100.0	38.9	46.2	65.4	83.8	49.0	40.0	17.0	0.0	3.4	11.0	659.5
1980-81	110.5	25.7	140.1	214.4	39.6	8.7	28.0	12.7	0.0	0.4	6.3	8.8	595.2
1981-82	29.5	63.6	65.9	58.9	124.8	92.6	100.1	34.6	8.2	1.3	5.6	1.2	586.3
1982-83	36.8	118.0	41.9	27.9	69.7	47.4	1.3	9.6	55.5	8.7	7.4	0.0	424.1
1983-84	13.6	67.3	127.0	68.8	80.6	89.0	107.3	3.5	1.0	4.4	40.4	2.3	605.3
1984-85	1.3	101.8	92.4	126.2	25.8	63.2	27.2	3.0	0.4	0.4	0.0	4.2	445.8
1985-86	56.8	81.4	64.3	28.7	58.4	26.0	7.7	38.2	22.1	4.7	0.0	0.1	388.4
1986-87	81.0	16.9	67.8	38.1	36.7	172.7	69.5	4.7	6.3	5.1	10.8	0.0	509.5
1987-88	63.8	60.8	63.1	64.6	83.6	82.8	26.5	15.7	9.4	0.8	0.0	14.5	485.8
ΜΕΣ.ΤΙΜ.	66.2	61.9	80.3	73.7	59.5	59.8	34.2	21.2	15.9	5.8	8.5	22.5	509.6
ΤΥΠ.ΑΠ.	54.4	32.2	46.4	40.0	35.2	32.4	28.9	15.8	14.4	8.2	10.9	22.5	98.3

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΥΑΙΚΗΣ (σε mm)
(ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΑΣΗΣ)

ΛΙΜΝΗ ΥΑΙΚΗ ΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ : 70 m
 ΣΤΑΘΜΟΙ: ΑΛΙΑΡΤΟΣ (0.044) ΜΟΥΡΙΚΙ (0.956)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1954-55	49.7	89.3	106.0	57.1	13.8	46.1	83.3	7.8	8.9	4.5	9.8	44.2	520.6
1955-56	154.0	96.0	43.7	48.8	119.4	62.3	25.6	13.7	6.4	1.0	1.7	11.4	584.0
1956-57	12.5	45.6	34.0	90.0	16.0	36.6	19.2	24.8	10.8	2.1	11.4	21.2	324.4
1957-58	134.5	51.9	70.9	59.9	3.1	49.9	7.1	10.1	28.4	0.1	0.0	53.4	469.1
1958-59	35.1	68.9	11.3	60.1	22.1	24.6	33.3	6.3	10.4	7.8	1.5	13.3	294.6
1959-60	41.1	42.1	21.5	37.9	36.8	30.9	21.6	27.8	6.7	0.1	0.5	12.8	279.9
1960-61	11.7	36.4	89.1	52.1	34.9	72.5	25.9	11.8	11.6	4.2	0.2	3.0	353.2
1961-62	58.4	32.8	95.1	22.2	70.2	18.6	9.0	16.1	4.6	3.4	0.0	56.4	386.8
1962-63	232.4	74.9	168.0	42.2	17.2	45.3	22.4	32.7	3.9	6.9	0.1	1.3	647.3
1963-64	165.2	56.2	32.6	93.7	18.1	46.2	8.2	20.2	45.2	4.0	2.6	17.2	509.5
1964-65	5.7	10.7	51.4	44.5	84.4	64.0	18.1	25.8	22.3	0.2	8.5	0.0	335.8
1965-66	17.1	12.9	24.8	78.4	8.7	86.9	18.3	66.2	35.8	0.0	3.1	58.5	410.6
1966-67	29.9	97.0	31.9	15.6	15.0	13.3	28.8	23.6	3.9	1.2	3.9	15.4	279.5
1967-68	59.8	17.5	63.9	48.5	79.2	30.0	1.8	39.4	7.3	0.0	0.5	11.7	359.6
1968-69	41.0	45.6	124.8	74.4	10.1	61.4	14.5	4.4	0.4	0.6	0.2	20.6	398.0
1969-70	0.1	45.9	137.1	34.0	36.5	49.4	1.7	52.7	37.0	14.5	3.1	29.5	441.5
1970-71	87.8	7.6	76.5	50.4	53.3	90.0	35.4	15.2	7.9	26.0	29.0	11.6	490.8
1971-72	57.9	88.5	53.3	182.6	69.7	10.0	74.7	10.8	9.6	27.3	16.3	15.5	616.1
1972-73	126.3	22.5	32.9	46.8	61.9	22.8	20.6	3.4	16.7	8.4	1.3	34.0	397.5
1973-74	29.0	23.4	27.9	30.7	63.4	34.1	21.2	19.0	1.1	0.0	4.1	5.6	259.4
1974-75	5.3	54.2	29.2	36.9	92.2	17.0	14.9	26.3	47.8	8.3	2.0	26.3	360.3
1975-76	14.3	38.9	103.2	43.5	118.7	35.9	40.7	13.1	3.3	5.7	2.9	4.1	424.3
1976-77	92.0	49.7	31.9	9.2	3.2	17.1	1.7	0.9	12.6	0.0	0.1	15.7	234.1
1977-78	11.1	31.5	181.8	73.2	31.6	14.8	19.4	7.0	5.3	0.0	8.5	51.1	435.3
1978-79	47.5	21.6	121.5	21.3	26.5	14.4	16.1	33.4	2.2	19.4	13.3	10.2	347.5
1979-80	188.8	81.7	43.2	34.8	61.0	59.8	36.0	48.1	23.0	0.0	4.0	11.1	591.3
1980-81	107.5	27.3	142.9	268.5	35.8	6.0	10.0	19.0	0.0	0.0	2.6	1.3	620.9
1981-82	25.3	49.9	57.8	51.1	118.7	95.8	81.8	34.2	8.1	2.0	7.7	0.2	533.5
1982-83	36.3	117.6	40.0	18.1	52.2	52.0	0.1	6.7	52.4	5.7	9.1	0.0	390.3
1983-84	12.1	82.7	117.8	61.7	77.3	78.8	91.1	1.4	1.9	5.5	55.9	3.9	590.1
1984-85	1.9	109.2	76.9	136.0	21.3	46.1	26.1	0.4	0.0	0.1	0.0	2.4	420.4
1985-86	54.4	71.4	61.1	26.0	47.0	25.1	6.2	24.3	5.2	4.5	0.0	0.0	325.2
1986-87	65.1	11.7	51.3	30.3	32.9	166.5	78.1	3.7	6.9	7.8	8.4	0.0	462.7
1987-88	65.0	49.4	67.2	51.2	79.7	58.0	24.2	26.0	10.3	1.9	0.0	6.3	439.3
ΜΕΣ.ΤΙΜ.	61.1	51.8	71.3	59.8	48.0	46.5	27.6	19.9	13.5	5.1	6.2	16.7	427.5
ΤΥΠ.ΑΠ.	58.1	30.1	44.4	50.2	33.9	32.2	25.1	15.7	14.5	7.0	10.7	17.6	112.3

7.3. Μετεωρολογική πληροφορία

7.3.1. Γενικά

Όπως και στις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου, και εδώ η αξιοποίηση της μετεωρολογικής πληροφορίας αποσκοπεί στην εκτίμηση της εξάτμισης της λίμνης Υλίκης. Η μέθοδος Penman έχει υιοθετηθεί για τους λόγους που εξηγούνται στην παράγραφο 5.3.1. ως η πληρέστερη και ακριβέστερη δυνατή προσέγγιση.

7.3.2. Θερμοκρασία

Μετεωρολογικοί σταθμοί μέτρησης θερμοκρασίας υπάρχουν στην Αλιάρτο και την Τανάγρα (λεκάνες Β. Κηφισού και Ασωπού). Τα δεδομένα των δύο σταθμών είναι συμβατά και καλά συσχετισμένα. Ως βάση για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της Αλιάρτου, ενώ τα στοιχεία της Τανάγρας χρησιμοποιήθηκαν για συμπληρώσεις του δείγματος Αλιάρτου.

Η εκτίμηση της θερμοκρασίας στη λίμνη Υλίκη έγινε με υψομετρική αναγωγή στη στάθμη +70, με βάση τους ίδιους συντελεστές θερμομετρικής βαθμίδας που χρησιμοποιήθηκαν και για τη λεκάνη Μόρνου.

Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα στη στάθμη της λίμνης, της περιόδου 1956-57 μέχρι 1987-88 φαίνονται στον πίνακα 7.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4
ΜΕΣΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΥΛΙΚΗΣ

ΜΗΝΑΣ	Θερμοκρασία αέρα (°C) στη στάθμη +70 m (λίμ. Υλίκη) με αναγωγή των δεδομένων της Αλιάρτου Περίοδος 10/56-9/88	Σχετική υγρασία σταθμού Αλιάρτου (%) Περίοδος 1/77-9/88	Σχετική Ηλιοφάνεια σταθμού Αλιάρτου (%) Περίοδος 1/77-12/87	Ταχύτητα ανέμου στα 2 m σταθμού Αλιάρτου (m/sec) Περίοδος 1/77-12/87	Εξάτμιση εξατμισί- μετρου Αλιάρτου (mm) Περίοδος 1/77-1/87	Εξάτμιση κατά PENMAN λίμνης Υλίκης (mm) Περίοδος 1/77-9/88	Διευρυμένο δείγμα εξάτμισης λίμνης Υλίκης (mm) Περίοδος 10/56-9/88
ΟΚΤ	17.1	68.7	48	1.7	123.7	74.8	76.1
ΝΟΕΜ	12.9	75.0	37	1.7	72.3	38.1	42.5
ΔΕΚ	9.2	74.9	36	1.9	68.5	27.3	29.6
ΙΑΝ	7.2	73.6	36	2.2	61.7	32.8	31.8
ΦΕΒ	8.3	72.1	34	2.3	65.6	44.9	45.6
ΜΑΡ	10.6	69.0	40	2.3	96.4	77.4	73.2
ΑΠΡ	15.2	61.4	53	2.4	143.1	122.7	122.2
ΜΑΙΟΣ	20.9	57.0	61	2.1	186.0	174.7	178.9
ΙΟΥΝ	26.0	47.2	75	2.3	267.3	224.1	222.0
ΙΟΥΛ	28.1	46.3	78	2.3	286.1	236.2	242.2
ΑΥΓ	27.1	50.4	77	2.2	267.5	205.4	222.7
ΣΕΠΤ	22.7	56.0	69	2.1	200.7	138.8	146.2
ΕΤΟΣ	17.1	62.6	54	2.1	1839.0	1397.1	1433.0

7.3.3. Σχετική υγρασία - Ηλιοφάνεια - Ταχύτητα ανέμου

Γενικώς χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του πλησιέστερου στην Υλίκη σταθμού της Αλιάρτου, που θεωρούνται ως τα πλέον αξιόπιστα. Τέτοια δεδομένα υπάρχουν επίσης και στο σταθμό της Τανάγρας. Τα μέσα μηνιαία κλιματικά μεγέθη φαίνονται στον πίνακα 7.4.

7.3.4. Υπολογισμός εξάτμισης κατά Penmann - Επέκταση δείγματος

Ο υπολογισμός της εξάτμισης της λίμνης Υλίκης έγινε με την ημιεμπειρική μέθοδο Penman για την περίοδο από τον Ιανουάριο 1977 μέχρι το Σεπτέμβριο 1988, για την οποία ήταν διαθέσιμες όλες οι ομάδες μετεωρολογικών μετρήσεων που απαιτούνται. Στη συνέχεια έγινε επέκταση του δείγματος προς τα πίσω, μέχρι το υδρολογικό έτος 1956-57. Η επέκταση έγινε με τη βοήθεια του διαγράμματος θερμοκρασίας-εξάτμισης (βρόχος εξάτμισης, βλ. παρ. 5.3.8). Το τελικό δείγμα που καταρτίστηκε φαίνεται στον πίνακα 7.5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5
ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΟ ΔΕΙΓΜΑ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ ΑΙΩΝΗΣ ΥΑΓΚΗΣ ΚΑΤΑ ΡΕΝΜΑΝ σε mm
(ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΑΣΗΣ)

ΥΑΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1956-57	71.3*	45.0*	31.0*	29.5*	67.2*	62.0*	115.5*	164.3*	213.0*	238.7*	241.8*	144.0*	1423.3
1957-58	89.9*	42.0*	29.5*	40.3*	79.8*	79.1*	132.0*	206.1*	222.0*	248.0*	244.9*	123.0*	1536.6
1958-59	64.5*	42.0*	32.6*	27.9*	16.8*	74.4*	114.0*	182.9*	222.0*	257.3*	254.2*	129.5*	1418.1
1959-60	51.2*	37.2*	35.7*	38.8*	55.1*	58.9*	114.0*	186.0*	226.5*	260.4*	268.5*	145.8*	1478.1
1960-61	116.3*	55.5*	40.3*	30.9*	25.2*	76.5*	141.0*	192.2*	228.0*	260.4*	252.7*	144.0*	1563.0
1961-62	70.1*	60.0*	26.4*	34.4*	23.0*	86.8*	126.0*	201.5*	228.0*	268.5*	269.5*	184.5*	1578.7
1962-63	71.3*	58.5*	29.5*	29.5*	61.6*	57.9*	109.5*	165.9*	228.5*	268.2*	273.5*	186.0*	1539.9
1963-64	71.9*	54.0*	32.9*	14.0*	24.7*	66.0*	114.0*	171.0*	225.0*	244.9*	241.8*	139.5*	1399.7
1964-65	92.1*	48.0*	29.5*	34.4*	21.0*	67.9*	105.0*	166.2*	225.5*	272.8*	232.5*	184.5*	1479.4
1965-66	62.0*	52.5*	34.1*	28.2*	78.4*	68.2*	133.5*	175.2*	224.0*	272.8*	270.2*	160.5*	1559.6
1966-67	126.5*	54.0*	27.9*	29.1*	25.5*	71.3*	117.6*	176.7*	210.0*	223.2*	237.2*	154.5*	1453.5
1967-68	80.6*	38.1*	27.9*	24.8*	62.4*	66.7*	135.0*	202.0*	210.1*	241.8*	226.3*	157.0*	1472.7
1968-69	65.1*	43.5*	28.0*	29.1*	67.2*	68.8*	107.0*	200.0*	224.6*	221.7*	226.3*	156.1*	1437.4
1969-70	65.1*	51.0*	31.0*	43.7*	70.0*	86.5*	144.0*	164.8*	219.8*	235.6*	232.0*	129.5*	1473.0
1970-71	66.7*	37.8*	29.5*	40.3*	39.2*	71.3*	112.5*	186.2*	224.8*	226.3*	217.0*	128.5*	1380.1
1971-72	57.4*	38.1*	31.0*	33.5*	43.5*	71.9*	130.5*	175.0*	225.3*	231.0*	204.6*	146.1*	1387.9
1972-73	57.0*	37.5*	31.0*	29.3*	53.5*	47.2*	125.5*	192.0*	213.0*	240.1*	190.7*	154.5*	1371.3
1973-74	76.5*	34.5*	29.6*	28.2*	53.2*	68.2*	104.5*	170.5*	219.5*	235.6*	204.6*	145.5*	1370.4
1974-75	105.4*	38.1*	31.0*	27.6*	24.9*	99.2*	131.0*	184.5*	214.5*	238.7*	195.3*	162.0*	1452.2
1975-76	74.0*	37.2*	31.3*	31.0*	27.6*	65.1*	125.0*	167.4*	210.1*	229.4*	176.7*	138.0*	1312.8
1976-77	77.5*	38.7*	28.2*	31.8	57.3	89.3	131.1	199.9	231.6	253.6	230.9	148.9	1518.9
1977-78	82.1	48.5	28.3	28.2	53.0	88.2	119.3	191.0	245.7	246.9	208.3	133.0	1472.6
1978-79	74.8	43.5	30.8	36.4	47.2	84.1	119.6	144.1	230.3	219.8	175.6	124.5	1330.6
1979-80	64.8	39.2	24.7	28.5	38.9	73.2	109.4	156.0	200.9	222.1	196.0	121.8	1276.9
1980-81	76.5	38.4	32.3	33.3	43.5	88.4	127.6	178.8	219.7	236.1	207.4	129.0	1410.9
1981-82	86.5	35.0	41.8	35.3	39.4	77.7	104.3	152.9	228.7	234.1	204.4	151.2	1391.3
1982-83	82.6	36.5	31.3	27.7	43.4	85.6	145.1	199.9	204.6	219.8	200.3	144.3	1421.1
1983-84	71.0	32.5	21.2	27.1	37.9	66.9	95.3	187.9	231.7	238.0	184.1	143.1	1337.0
1984-85	82.9	33.8	22.9	38.4	36.5	62.3	127.7	172.9	228.6	240.6	227.1	140.5	1414.2
1985-86	65.5	38.4	21.9	34.5	46.6	68.4	151.7	171.7	225.9	226.5	223.6	139.5	1414.1
1986-87	68.1	34.3	22.6	41.3	46.2	64.5	121.4	165.7	213.2	246.9	195.5	146.3	1364.9
1987-88	67.7	38.9	22.7	31.0	47.7	80.8	120.2	175.1	228.5	249.5	211.9	143.4	1417.3
ΜΕΣ.ΤΙΜ.	76.1	42.5	29.6	31.8	45.6	73.2	122.2	178.9	222.0	242.2	222.7	146.2	1433.0

* Τιμή που εκτιμήθηκε με βάση μόνο τη θερμοκρασία και με τη μέθοδο του βρόχου εξάτμισης.

7.3.5. Μετρήσεις εξάτμισης - Συγκρίσεις

Στον πίνακα 7.4 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές και η αντίστοιχη μέση ετήσια τιμή των μετρήσεων εξάτμισης του εξατμισομέτρου Αλιάρτου, της περιόδου 1977-1987. Η ετήσια τιμή (1839.0 mm) βρίσκεται σε αναμενόμενη συμφωνία με την τιμή της μεθόδου Penman (1397.1 mm, ήτοι συντελεστής εξατμισομέτρου 0.74). Αρκετά καλή συμφωνία παρατηρείται ακόμα και στις μέσες μηνιαίες τιμές. Συμπερασματικά, τόσο τα δεδομένα του εξατμισομέτρου

Αλιάρτου όσο και αυτά της μεθόδου Penman φαίνονται ικανοποιητικώς αξιόπιστα.

7.4. Υδρομετρική πληροφορία

7.4.1. Γενικά

Η κύρια συνιστώσα της εισροής στην Υλίκη προέρχεται από τη λεκάνη του Β. Κηφισού έκτασης 2010 km² (σύμφωνα με την οριστική μελέτη αντιπλημμυρικών έργων Β. Κηφισού, Κωνσταντινίδης 1984). Μετά την κατασκευή των έργων αποξήρανσης της πρώην λίμνης Κωπαΐδας, η απορροή του Β. Κηφισού οδηγείται μέσω της Σήραγγας Καρδίτσας στην Υλίκη. Η απορροή του Β. Κηφισού μετριέται στη Συγκεντρωτική Διώρυγα ενώ αντίθετα η άμεση απορροή της λεκάνης της Υλίκης, έκτασης 421.9 km² (στην οποία περιλαμβάνονται και 82.9 km² της κλειστής υπολεκάνης Βάγιας) δε μετριέται. Στο παρόν ερευνητικό έργο η άμεση απορροή της Υλίκης εκτιμήθηκε ως ένα ποσοστό 6% της απορροής του Β. Κηφισού.

7.4.2. Σταθμοί και δεδομένα

Στην παλιά Συγκεντρωτική Διώρυγα που λειτούργησε από το 1895, υπήρχε υδρομετρικός σταθμός με συστηματικές μετρήσεις που ξεκινούν από το 1907. Υπάρχουν ορισμένα κενά στις μετρήσεις που αναφέρονται στα υδρολογικά έτη 1942-43 και 1964-65 μέχρι 1967-68. Την ευθύνη για τις μετρήσεις είχε μέχρι το 1967 η εταιρία Κωπαΐδας, και στη συνέχεια το ΥΠΕΧΩΔΕ. Η λειτουργία της παλιάς διώρυγας σταμάτησε στο τέλος του 1976, οπότε πρωτολειτούργησε η νέα Συγκεντρωτική Διώρυγα και η νέα Σήραγγα Καρδίτσας, με μεγαλύτερες διατομές και παροχετευτικότητες. Μετρήσεις στη νέα Διώρυγα γίνονται από τον Οκτώβριο 1977, σε δύο σταθμήμετρα, το ένα από τα οποία ανήκει στην ΕΥΔΑΠ και το άλλο στο ΥΠΕΧΩΔΕ.

Σε σχέση με την αξιοπιστία των μετρήσεων έχουμε να παρηγήσουμε τα ακόλουθα:

1. Για τα προ του 1977 δεδομένα ο έλεγχος μπορεί να γίνει

έμμεσα, δεδομένου ότι ο παλιός υδρομετρικός σταθμός έχει καταργηθεί.

2. Τα δεδομένα των δύο σημερινών σταθμημετρικών σταθμών εμφανίζουν μεγάλες διαφορές και ασυμφωνίες. Θεωρήσαμε ως πιο αξιόπιστα τα δεδομένα της ΕΥΔΑΠ και με βάση αυτά υπολογίσαμε τις παροχές.
3. Οι μετρήσεις και στα δύο σταθμήμετρα έχουν μειωμένη αξιοπιστία, αφού τα σταθμήμετρα έχουν υποδιαιρέσεις ανά 25 cm.
4. Η καμπύλη στάθμης-παροχής έχει καταρτιστεί με υδραυλική μέθοδο, γιατί δεν υπάρχουν συστηματικές υδρομετρήσεις. Μόνο μια υδρομέτρηση έχει πραγματοποιηθεί από την ΕΥΔΑΠ (Απρίλιος 1978), η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του συντελεστή τραχύτητας του Manning ($1/n = 55$).
5. Απαράδεκτη κατάσταση για τις μετρήσεις δημιουργούν τα πρόχειρα χωμάτινα φράγματα που κατασκευάζουν οι αγρότες της Κωπαΐδας το καλοκαίρι στη Συγκεντρωτική Διώρυγα, για να ταμιεύσουν τις θερινές απορροές. Οι επιπτώσεις στην τραχύτητα, στη μεταβολή της διατομής και στη γεωμετρία της ροής από τυχόν παραμένοντα τμήματα των φραγμάτων αυτών δεν είναι δυνατό να ελεγχθούν.

7.4.3. Προτάσεις βελτίωσης της λειτουργίας των σταθμών

Από τις παρατηρήσεις της προηγούμενης παραγράφου, συνάγονται οι ακόλουθες προτάσεις άμεσης εφαρμογής για τη βελτίωση των μετρήσεων της παροχής στη Συγκεντρωτική Διώρυγα.

1. Κατάργηση του ενός σταθμημέτρου (του ΥΠΕΧΩΔΕ) και ανακατασκευή του άλλου με ισοδιάσταση 1.0 cm.
2. Οργάνωση και εκτέλεση προγράμματος υδρομετρήσεων σε ένα ευρύ φάσμα παροχών της Συγκεντρωτικής Διώρυγας.
3. Εγκατάσταση σταθμηγράφου

4. Μελέτη και κατασκευή θυροφραγμάτων για τη διακοπή της ροής τους θερινούς μήνες, με σκοπό την αποφυγή της κατασκευής των πρόχειρων χωμάτινων φραγμάτων.

7.4.4. Καμπύλη στάθμης - παροχής

Όπως αναφέρθηκε ήδη (παρ. 7.4.2) η καμπύλη στάθμης-παροχής έχει στηριχτεί σε μία μόνο υδρομέτρηση, και καταρτίστηκε με εφαρμογή του τύπου του Manning (βλ. και τεύχος 11). Για την κατάρτιση της καμπύλης έγινε η παραδοχή ότι η ροή είναι ομοιόμορφη στην περιοχή του σταθμημέτρου της ΕΥΔΑΠ (700 m ανάντι της Σήραγγας Καρδίτσας). Σημειώνεται πάντως ότι η παραδοχή αυτή δεν είναι ακριβής. Πράγματι, λίγο ανάντι της εισόδου της Σήραγγας υπάρχει απότομη αύξηση της κλίσης της Διώρυγας και δεδομένου ότι η ροή στη διώρυγα είναι υποκρίσιμη αναμένεται ότι εμφανίζεται διατομή κρισίμου βάθους στη θέση αλλαγής της κλίσης. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη καμπύλης M_2 , η οποία δεν ολοκληρώνεται στο μήκος των 700 m. Η σχετική διερεύνηση έδειξε ότι η παραδοχή ομοιόμορφης ροής δίνει μειωμένη παροχή με απόκλιση από 0 μέχρι -12% σε σχέση με την πραγματική παροχή.

Πράγματι, κατά τη μέτρηση που έγινε βρέθηκε ότι η παροχή ήταν $11.65 \text{ m}^3/\text{sec}$ και το βάθος ροής 1.05 m. Με παραδοχή ομοιόμορφης ροής από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι ο συντελεστής Manning είναι $n = 1/55$, ενώ με παραδοχή βαθμιαία μεταβαλλόμενης ροής προκύπτει $n = 1/53$. Στον πίνακα 7.6 έχουν υπολογιστεί για διάφορα χαρακτηριστικά ροής

- α) Το πραγματικό βάθος y που αντιστοιχεί στη διατομή του σταθμημέτρου για διάφορες τιμές της παροχής, για συνθήκες βαθμιαία μεταβαλλόμενης ροής και για $n = 1/53$,
- β) Η παροχή που αντιστοιχεί στο βάθος y , αν αυτό θεωρηθεί ομοιόμορφο, με τραχύτητα $n = 1/55$, και
- γ) Η απόκλιση της πιο πάνω παροχής από την πραγματική.

Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι για βάθη πάνω από 2.00 m η παροχή που υπολογίζεται με την παραδοχή ομοιόμορφης ροής είναι μικρότερη έως και 12% από την πραγματική, ενώ για πιο μικρά βάθη (κάτω του 1.5 m) δεν παρατηρείται ουσιαστική απόκλιση. Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η παραδοχή ομοιόμορφης ροής οδήγησε σε κάποια υπεκτίμηση των πλημμυρών παροχών του Βοιωτικού Κηφισού, όχι όμως και των παροχών της συνήθους δίκαιτας. Η ανακρίβεια αυτή πάντως θεωρείται ασήμαντη, σε σχέση με άλλες αβεβαιότητες που προκύπτουν από τα προβλήματα που αναφέρθηκαν στην παρ. 7.4.2. και κυρίως από το γεγονός ότι η καμπύλη στάθμης-παροχής βασίζεται σε μία μοναδική υδρομέτρηση.

Συμπερασματικά, η καμπύλη στάθμης-παροχής της Συγκεντρωτικής Διώρυγας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα παρουσιάζει αβεβαιότητες και θα πρέπει στο μέλλον να επανεκτιμηθεί, με βάση μια πλήρη σειρά υδρομετρήσεων που θα πρέπει να εκτελεστούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6
ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ
ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΡΟΗΣ

Κρίσιμο βάθος y_k (m)	Ομοιόμορφο βάθος για $n=1/53$ y_o (m)	Πραγματικό βάθος στη θέση του σταθμημέτρου ΕΥΔΑΠ για για $n = 1/53$ y (m)	Πραγματική παροχή Q (m^3/sec)	Παροχή με παραδοχή ομοιόμορφης ροής, βάθος y , και $n =$ 1/55 Q_o (m^3/sec)	Σχετικό σφάλμα $\frac{Q_o - Q}{Q} * 100$
0.5	0.88	0.86	8.2	8.2	0.0
1.0	1.64	1.58	24.5	23.9	- 2.4
1.5	2.36	2.23	47.7	44.6	- 6.5
2.0	3.05	2.86	77.7	71.2	- 8.4
2.5	3.73	3.47	114.6	103.3	- 9.9
3.0	4.39	4.05	158.7	140.1	-11.7

7.4.5. Τελικές παροχές εισροής στην Υλίκη

Οι εισροές στην Υλίκη προσδιορίζονται από τις παροχές του Βοιωτικού Κηφισού στη Συγκεντρωτική Διώρυγα προσαυξημένες κατά 6% για να συμπεριληφθεί και η άμεση απορροή της λεκάνης Υλίκης. Από τα διαθέσιμα στοιχεία σχηματίστηκαν τα ακόλουθα δύο δείγματα:

- α) Το συνολικό δείγμα που ξεκινάει από το υδρολογικό έτος 1907-08 και περιλαμβάνει 63 υδρολογικά έτη (μετά την αφαίρεση των ελλείψεων). Στο δείγμα αυτό δεν είναι διαθέσιμες πάντα ημερήσιες τιμές της παροχής, γιατί δε βρέθηκαν όλα τα πρωτογενή δεδομένα, π.χ. τα μηνιαία δεδομένα της περιόδου 1946-47 μέχρι 1959-60 προέρχονται από παλιότερες μελέτες. Το δείγμα αυτό φαίνεται στον πίνακα 7.7 και χρησιμοποιήθηκε μόνο για τον έλεγχο τάσεων της χρονοσειράς των απορροών σε ετήσια βάση.
- β) Το πιο πρόσφατο (περιορισμένο) δείγμα που ξεκινάει από το υδρολογικό έτος 1960-61 και περιλαμβάνει 23 υδρολογικά έτη (μετά την αφαίρεση των ελλείψεων). Το δείγμα αυτό είναι πλήρες με την έννοια ότι υπάρχουν τα πρωτογενή δεδομένα σε ημερήσια βάση. Όπως θα εξηγηθεί και στην επόμενη παράγραφο, κρίθηκε σκόπιμο να βασιστεί η στατιστική επεξεργασία και η εκτίμηση του υδατικού δυναμικού σε αυτό το πρόσφατο δείγμα και όχι στο συνολικό. Το δείγμα αυτό φαίνεται στον πίνακα 7.8 και περιλαμβάνει τις εξής περιόδους:
- Περίοδος α - 1960-61 έως 1963-64 (Μέση τιμή $406.5 * 10^6 \text{ m}^3$). Προκύπτει από τα στοιχεία της Παλιάς Συγκεντρωτικής Διώρυγας.
 - Περίοδος β - 1968-69 έως 1975-76 (Μέση τιμή $423.3 * 10^6 \text{ m}^3$). Προκύπτει επίσης από τα στοιχεία της Παλιάς Συγκεντρωτικής Διώρυγας.
 - Περίοδος γ - 1977-78 έως 1987-88 (Μέση τιμή $325.7 * 10^6 \text{ m}^3$). Προκύπτει από τα στοιχεία της Νέας Συγκεντρωτικής Διώρυγας.

Η τελική μέση τιμή του πρόσφατου δείγματος είναι $373.7 * 10^6 \text{ m}^3$ και αντιστοιχεί σε ισοδύναμο ύψος απορροής 185.9 mm. Η μέση βροχόπτωση της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού εκτιμάται ίση με 748.5 mm (μελέτη αντιπλημμυρικών έργων Β. Κηφισού Δ. Κωνσταντινίδη). Κατά συνέπεια ο συντελεστής απορροής της λεκάνης Β. Κηφισού προκύπτει ίσος με 0.25.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7

ΕΥΧΟΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΘΙΣΟΥ ΕΤΗ ΕΥΓΕΝΤΡΟΤΙΚΗ ΔΙΟΡΥΓΑ (m³ * 10⁶)

(ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΤΑΞΗΣ)

ΥΔ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1906-07	-	-	-	90.6	152.4	123.3	121.3	67.1	33.5	15.2	15.1	22.9	-
1907-08	29.0	30.6	33.0	40.0	32.5	33.9	24.0	10.5	5.6	2.5	4.1	8.6	254.2
1908-09	27.7	25.4	86.4	114.2	72.6	60.5	65.7	27.4	23.5	5.0	2.7	12.0	523.1
1909-10	14.9	19.6	25.8	38.2	104.8	75.7	67.5	37.9	31.6	1.1	4.8	13.8	435.7
1910-11	20.8	25.4	31.7	38.0	27.3	40.7	38.9	22.5	17.7	5.7	7.8	20.0	296.6
1911-12	18.2	54.9	42.5	71.4	68.0	49.5	38.3	32.6	15.1	10.7	5.1	13.0	419.3
1912-13	18.1	65.8	97.7	42.7	89.1	157.6	75.3	33.4	27.2	6.6	7.6	13.5	634.5
1913-14	48.4	27.4	36.5	84.9	43.7	45.2	26.6	9.5	10.2	7.0	6.5	17.9	363.7
1914-15	19.2	61.2	54.9	92.6	78.9	77.0	63.0	35.6	13.9	7.0	4.5	19.7	527.6
1915-16	29.1	24.2	25.3	25.7	36.3	31.1	9.0	16.0	3.6	1.1	1.5	6.5	209.3
1916-17	13.1	15.3	17.4	20.6	29.6	24.0	2.7	1.1	0.9	0.8	0.7	2.4	128.7
1917-18	11.2	16.3	20.7	25.5	38.1	56.1	42.1	9.6	5.7	2.6	4.2	8.8	240.8
1918-19	18.3	52.5	73.5	103.8	121.5	98.7	64.6	51.5	32.5	6.3	2.7	22.9	648.9
1919-20	23.7	32.7	42.5	39.6	38.8	75.8	37.6	25.3	24.1	0.4	2.5	11.7	354.6
1920-21	46.8	108.1	127.5	109.9	98.3	76.0	53.4	38.5	26.3	7.4	5.5	20.7	718.4
1921-22	43.1	72.5	159.5	158.9	111.0	79.1	46.5	28.7	16.9	2.6	1.3	11.6	731.6
1922-23	19.6	46.3	43.4	97.8	68.1	74.1	60.0	64.0	44.3	14.3	5.6	16.7	554.2
1923-24	20.8	23.8	33.5	66.7	86.2	66.0	39.8	16.4	12.9	0.6	0.0	10.9	377.6
1924-25	16.8	77.3	60.8	44.8	61.7	90.5	66.8	44.8	27.6	9.5	0.0	7.8	508.3
1925-26	20.4	20.9	31.5	53.7	47.0	68.8	29.2	2.9	6.1	0.0	0.0	4.6	285.1
1926-27	13.9	13.1	20.8	48.8	49.9	56.7	38.8	11.1	0.0	0.0	0.0	4.6	257.6
1927-28	38.8	32.1	58.5	111.0	124.3	146.2	112.9	43.4	21.9	2.4	0.0	6.8	698.4
1928-29	35.0	52.2	79.8	72.1	98.3	97.2	62.5	26.8	20.4	2.5	0.0	27.3	574.2
1929-30	27.3	55.1	41.5	46.9	101.9	105.8	67.7	39.0	21.5	20.0	0.0	11.3	538.1
1930-31	22.6	23.8	39.1	77.8	116.3	82.4	120.4	47.5	34.2	0.1	0.0	16.7	580.9
1931-32	22.5	20.9	64.4	62.1	57.3	138.0	78.6	25.8	7.5	1.1	1.0	17.4	496.3
1932-33	22.0	34.8	27.9	48.2	71.1	42.2	37.6	22.2	22.8	3.7	7.1	17.5	356.8
1933-34	15.4	15.0	50.1	73.4	108.4	109.9	55.9	18.6	25.4	6.7	1.6	9.4	489.7
1934-35	16.5	21.8	44.3	86.2	75.9	64.1	37.8	18.0	12.3	1.2	0.0	4.0	382.0
1935-36	11.6	22.7	66.9	51.5	60.5	26.9	17.1	37.8	14.0	10.1	0.1	7.9	327.0
1936-37	18.6	30.7	60.3	38.7	67.4	37.0	32.3	19.1	8.7	1.8	0.0	11.7	326.2
1937-38	37.8	36.7	79.2	91.7	153.2	91.4	167.1	76.2	24.9	7.1	3.1	24.7	793.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7 (Συνέχεια)

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΒΟΛΩΤΙΚΟΥ ΚΗΘΙΣΟΥ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΔΙΟΡΥΓΗ (m³ * 10⁶)

(ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ)

1938-39	30.5	27.0	79.5	82.8	51.3	168.9	90.1	33.6	43.1	16.1	0.0	19.0	642.1
1939-40	23.7	23.3	39.6	110.5	70.0	62.5	47.5	51.2	28.4	7.0	11.9	19.3	494.8
1940-41	20.1	18.5	65.9	81.8	76.3	53.6	29.2	66.5	57.6	48.5	29.6	18.6	566.3
1941-42	32.4	36.8	37.0	69.6	132.5	114.0	68.1	25.4	21.2	13.2	8.5	20.5	579.2
1942-43	-	-	-	31.0	27.7	36.8	25.8	31.0	8.8	7.4	7.4	22.2	-
1943-44	21.2	32.9	27.9	48.9	66.8	61.1	50.1	26.9	12.8	7.4	13.5	20.0	389.4
1944-45	20.9	22.1	40.6	76.1	53.9	62.0	49.1	21.1	6.6	2.6	2.6	22.3	379.9
1945-46	22.3	42.9	69.4	125.7	61.5	68.0	56.1	34.7	4.6	4.3	3.7	17.7	510.9
1946-47	25.0	28.8	95.6	138.8	130.3	66.9	33.2	25.4	22.7	7.0	9.0	24.1	606.7
1947-48	26.8	40.4	53.9	36.5	36.9	44.9	45.5	33.4	13.9	9.3	9.1	18.3	369.0
1948-49	21.1	23.0	36.7	48.2	59.9	64.2	47.5	25.0	22.4	0.0	14.0	22.7	384.8
1949-50	28.3	42.0	31.9	42.5	40.3	74.6	53.8	33.2	9.9	10.0	13.4	21.5	401.2
1950-51	23.0	23.7	32.3	52.4	45.8	48.8	31.8	13.0	13.1	13.7	6.7	13.3	317.8
1951-52	42.3	62.9	42.1	77.2	77.2	46.4	26.2	19.0	11.6	5.7	0.0	12.3	423.0
1952-53	14.7	15.1	34.1	56.2	35.8	36.3	28.4	17.5	15.2	0.0	0.0	13.1	266.2
1953-54	21.9	57.3	30.5	61.0	86.9	72.2	52.0	27.3	10.7	7.5	9.7	15.0	452.0
1954-55	19.2	25.6	64.5	56.6	26.7	39.2	54.1	27.4	8.1	0.0	11.9	18.7	352.0
1955-56	37.4	42.0	33.1	47.4	160.9	128.3	64.6	26.5	16.2	0.0	0.0	18.8	575.2
1956-57	19.2	19.0	23.3	31.7	25.0	32.1	12.9	12.2	12.2	38.0	0.0	14.8	240.4
1957-58	47.3	82.3	62.3	70.3	37.5	55.8	43.1	22.1	15.8	0.0	18.9	54.9	510.4
1958-59	24.8	42.1	47.7	50.6	38.8	59.8	43.8	32.8	15.6	0.0	15.5	20.3	391.7
1959-60	24.1	33.7	34.8	65.2	55.4	66.2	44.1	27.3	9.0	0.0	2.1	22.1	383.9
1960-61	22.4	22.1	36.3	37.7	39.1	95.2	35.5	19.4	2.0	0.0	0.0	7.0	316.7
1961-62	21.0	21.2	31.9	24.6	36.8	44.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	201.5
1962-63	26.0	48.4	178.4	96.0	130.9	88.7	54.6	41.7	13.5	0.0	0.0	13.5	691.8
1963-64	42.4	33.6	48.1	66.6	65.4	80.5	44.5	16.3	0.0	0.0	0.0	18.5	415.9
1964-65	19.6	19.2	30.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965-66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966-67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967-68	-	-	46.6	68.4	68.5	76.2	47.1	27.6	15.8	0.9	5.2	18.7	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7 (Συνέχεια)

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΘΙΣΟΥ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΔΙΟΡΥΓΑ (m³ * 10⁶)

(ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΤΑΞΗΣ)

1968-69	38.3	46.0	205.4	147.5	73.7	90.8	59.4	25.7	0.0	0.0	10.0	27.3	724.2
1969-70	32.0	30.2	51.7	54.7	39.2	62.1	20.9	25.2	0.0	0.0	0.0	17.9	333.9
1970-71	24.9	25.5	25.9	46.9	47.3	91.4	60.2	22.7	0.0	0.0	0.0	22.6	367.3
1971-72	27.0	38.3	36.3	95.8	84.5	82.4	67.5	52.9	0.0	0.0	8.1	22.2	515.0
1972-73	32.0	49.7	28.3	64.3	61.3	69.3	50.2	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	368.4
1973-74	0.0	29.1	43.8	50.1	68.3	105.4	57.3	25.1	0.0	0.0	0.0	23.1	402.2
1974-75	39.0	35.6	37.0	40.4	50.6	54.1	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	279.9
1975-76	26.9	29.4	58.1	50.4	89.0	64.7	56.1	14.2	0.0	0.0	0.0	6.7	395.5
1976-77	41.8	29.9	29.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977-78	4.75	7.36	28.20	66.83	75.45	46.70	30.74	9.62	0.23	0.05	0.00	5.96	275.9
1978-79	15.11	18.17	43.44	38.44	36.12	27.21	13.32	7.50	0.74	0.00	0.00	7.69	207.7
1979-80	28.31	45.65	38.38	63.40	51.19	93.77	50.49	34.10	9.33	0.03	0.00	10.05	424.7
1980-81	42.05	31.26	55.23	114.98	100.57	62.27	50.18	15.83	3.60	1.37	3.89	17.39	498.6
1981-82	19.07	21.67	30.99	26.49	54.79	95.27	88.31	54.99	22.55	4.18	6.32	12.67	437.3
1982-83	14.65	22.45	33.29	27.86	27.87	42.53	11.40	4.82	8.09	0.36	0.00	0.00	193.3
1983-84	7.53	12.70	52.93	43.95	68.05	77.00	80.14	35.86	4.30	3.75	3.53	12.00	401.8
1984-85	11.78	19.83	27.21	103.36	44.80	65.57	51.27	17.68	7.13	0.00	0.52	6.27	355.4
1985-86	18.08	26.54	31.04	27.67	40.30	42.05	19.00	10.12	2.17	0.00	0.00	1.89	218.9
1986-87	18.08	21.82	20.01	43.63	39.87	79.84	73.46	37.74	7.23	0.00	0.00	3.98	345.7
1987-88	12.64	18.82	19.45	22.63	41.99	66.72	29.76	10.04	0.97	0.00	0.00	0.74	223.8
1988-89	7.23	20.92	43.79	26.92	17.85	52.52	22.63	-	-	-	-	-	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.8
ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΣΦΑΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΟΧΩΝ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΔΙΩΡΥΓΑ (m³ * 10⁶)
(ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΑΣΗΣ)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ α - Παλιά Διώρυγα													
1960-61	22.4	22.1	36.3	37.7	39.1	95.2	35.5	19.4	2.0	0.0	0.0	7.0	316.7
1961-62	21.0	21.2	31.9	24.6	36.8	44.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	201.5
1962-63	26.0	48.4	178.4	96.0	130.9	88.7	54.6	41.7	13.5	0.0	0.0	13.5	691.8
1963-64	42.4	33.6	48.1	66.6	65.4	80.5	44.5	16.3	0.0	0.0	0.0	18.5	415.9
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	27.9	31.3	73.7	56.2	68.1	77.1	37.1	19.4	3.9	0.0	0.0	11.8	406.5
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	9.9	12.7	70.1	31.8	43.9	22.9	17.3	17.2	6.5	0.0	0.0	5.3	209.4
ΠΕΡΙΟΔΟΣ β - Παλιά Διώρυγα													
1968-69	38.3	46.0	205.4	147.5	73.7	90.8	59.4	25.7	0.0	0.0	10.0	27.3	724.2
1969-70	32.0	30.2	51.7	54.7	39.2	62.1	20.9	25.2	0.0	0.0	0.0	17.9	333.9
1970-71	24.9	25.5	25.9	46.9	47.3	91.4	60.2	22.7	0.0	0.0	0.0	22.6	367.3
1971-72	27.0	38.3	36.3	95.8	84.5	82.4	67.5	52.9	0.0	0.0	8.1	22.2	515.0
1972-73	32.0	49.7	28.3	64.3	61.3	69.3	50.2	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	368.4
1973-74	0.0	29.1	43.8	50.1	68.3	105.4	57.3	25.1	0.0	0.0	0.0	23.1	402.2
1974-75	39.0	35.6	37.0	40.4	50.6	54.1	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	279.9
1975-76	26.9	29.4	58.1	50.4	89.0	64.7	56.1	14.2	0.0	0.0	0.0	6.7	395.5
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	27.5	35.5	60.8	68.8	64.2	77.5	47.8	20.7	1.7	0.0	2.3	16.5	423.3
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	12.3	8.7	59.4	36.1	17.9	17.7	20.6	16.9	4.7	0.0	4.2	9.4	138.8
ΠΕΡΙΟΔΟΣ γ - Νέα Διώρυγα													
1977-78	4.75	7.36	28.20	66.83	75.45	46.70	30.74	9.62	0.23	0.05	0.00	5.96	275.9
1978-79	15.11	18.17	43.44	38.44	36.12	27.21	13.32	7.50	0.74	0.00	0.00	7.69	207.7
1979-80	28.31	45.65	38.38	63.40	51.19	93.77	50.49	34.10	9.33	0.03	0.00	10.05	424.7
1980-81	42.05	31.26	55.23	114.98	100.57	62.27	50.18	15.83	3.60	1.37	3.89	17.39	498.6
1981-82	19.07	21.67	30.99	26.49	54.79	95.27	88.31	54.99	22.55	4.18	6.32	12.67	437.3
1982-83	14.65	22.45	33.29	27.86	27.87	42.53	11.40	4.82	8.09	0.36	0.00	0.00	193.3
1983-84	7.53	12.70	52.93	43.95	68.05	77.00	80.14	35.86	4.30	3.75	3.53	12.00	401.8
1984-85	11.78	19.83	27.21	103.36	44.80	65.57	51.27	17.68	7.13	0.00	0.52	6.27	355.4
1985-86	18.08	26.54	31.04	27.67	40.30	42.05	19.00	10.12	2.17	0.00	0.00	1.89	218.9
1986-87	18.08	21.82	20.01	43.63	39.87	79.84	73.46	37.74	7.23	0.00	0.00	3.98	345.7
1987-88	12.64	18.82	19.45	22.63	41.99	66.72	29.76	10.04	0.97	0.00	0.00	0.74	223.8
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	17.5	22.4	34.6	52.7	52.8	63.5	45.3	21.7	6.0	0.9	1.3	7.2	325.7
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	10.3	10.0	11.9	31.6	21.1	22.1	26.9	16.3	6.3	1.6	2.2	5.5	107.2
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ (ΠΕΡΙΟΔΟΙ α+β+γ)													
ΜΕΣ.ΤΙΜΗ	22.8	28.5	50.5	58.9	59.4	70.8	44.7	20.9	4.1	0.4	1.4	11.2	373.7
ΤΥΠ.ΑΠΟΚ.	11.7	11.4	46.1	32.6	24.7	21.1	22.8	15.9	5.9	1.2	2.9	8.0	139.9

7.4.6.Διερεύνηση χρονοσειρών απορροής και βροχόπτωσης Βοιωτικού Κηφισού και εξάτμισης Υλίκης

Η ύπαρξη μεγάλου μεγέθους χρονοσειρών απορροής του Β. Κηφισού και βροχόπτωσης στην Αλίαρτο (από το 1907) αλλά και σχετικά μεγάλου μεγέθους χρονοσειράς εξάτμισης στην Υλίκη, επιτρέπει την αναλυτική διερεύνηση των χρονοσειρών αυτών σε βάθος, με στόχο τον εντοπισμό υπερετήσιων περιοδικοτήτων και τάσεων. Αναλυτικά η διερεύνηση αυτή έγινε στο τεύχος 13. Συμπερασματικά δε διαπιστώθηκαν σημαντικές υπερετήσιες περιοδικότητες, αλλά εξακριβώθηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών τάσεων, που μετά το υδρολογικό έτος 1920-21 είναι πτωτικές και για τα τρία μεγέθη. Οι τάσεις αυτές περιγράφονται από τις ακόλουθες γραμμικές εξισώσεις

α) για την απορροή

$$Q_{\mu} = 265.52 - 1.54 t \quad (7.1)$$

όπου, Q_{μ} η μέση ετήσια απορροή του Β. Κηφισού σε mm
t ο χρόνος σε έτη με αφετηρία (t=0) το υδρολογικό έτος 1919-20

β) για τη βροχόπτωση

$$P_{\mu} = 776.5 - 3.20 t \quad (7.2)$$

όπου, P_{μ} η μέση ετήσια βροχόπτωση στην Αλίαρτο σε mm
t ο χρόνος σε έτη με αφετηρία (t=0) το υδρολογικό έτος 1919-20

γ) για την εξάτμιση

$$E_{\mu} = 1506.84 - 4.47 t \quad (7.3)$$

όπου, E_{μ} η μέση ετήσια εξάτμιση της Υλίκης σε mm
t ο χρόνος σε έτη με αφετηρία (t=0) το υδρολογικό έτος 1955-56

Οι τάσεις αυτές διακρίνονται και στα σχήματα 7.1 έως 7.3. Στο σχήμα 7.1 φαίνονται οι ετήσιες χρονοσειρές μετά το 1920-21, ενώ στα σχήματα 7.2 και 7.3 φαίνονται οι αντίστοιχες σειρές των κινούμενων μέσων όρων (moving averages) 5 και 10 ετών αντίστοιχα.

Ενδεικτικός των αλλαγών που εμφανίζονται στα μέσα χαρακτηριστικά της απορροής από το 1907 μέχρι σήμερα είναι και ο πίνακας 7.9. Οι τιμές του πίνακα προκύπτουν είτε άμεσα από την ιστορική χρονοσειρά, είτε έμμεσα, από τη γραμμική σχέση (7.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.9
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Β. ΚΗΦΙΣΟΥ
ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΔΙΩΡΥΓΑ

a/a	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ	ΑΠΟΡΡΟΗ mm	ΑΠΟΡΡΟΗ m ³ * 10 ⁶
1	Ολόκληρο το ιστορικό δείγμα, από το 1907-08 μέχρι το 1987-88	211.3	424.8
2	Ιστορικό δείγμα της περιόδου πτωτικής τάσης, από το 1920-21 μέχρι το 1987-88	215.3	432.7
3	Ιστορικό δείγμα της εικοσαετίας με τη μέγιστη υδροφορία, από το 1920-21 μέχρι το 1939-40	252.0	506.6
4	Ιστορικό δείγμα της τελευταίας εικοσαετίας με την ελάχιστη υδροφορία, από το 1968-69 μέχρι το 1987-88 (με ελλείψεις)	182.5	366.8
5	Ετος 1920-21 με βάση τη γραμμική σχέση (7.1)	262.3	527.2
6	Ετος 1987-88 με βάση τη γραμμική σχέση (7.1)	160.8	323.2
7	Ετος 2008-09 με επέκταση της γραμμικής σχέσης (7.1)	128.4	258.2

Παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές του πίνακα 7.9 εμφανίζουν εντονότερες διακυμάνσεις. Έτσι ενώ το 1920-21 η απορροή έφθανε με μέσο ετήσιο ρυθμό $527.2 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, το 1987-88 έρχεται με ρυθμό $323.2 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, δηλαδή είναι μικρότερη κατά 39%. Αντίστοιχα η βροχόπτωση το 1920-21 έπεφτε με μέσο ρυθμό 773.3 mm ετησίως, ενώ το 1987-88 πέφτει με μέσο ρυθμό 558.9 mm ετησίως, δηλαδή είναι μειωμένη κατά 28%. Τέλος η εξάτμιση το 1956-57

πραγματοποιούνταν με μέσο ρυθμό 1502.4 mm ετησίως, ενώ το 1987-88 πραγματοποιείται με ρυθμό 1363.8 mm ετησίως, ήτοι μειωμένη κατά 9%.

Οι παραπάνω μεταβολές θα πρέπει να αποδοθούν σε μια βαθμιαία κλιματική αλλαγή που συμβαίνει στην ευρύτερη λεκάνη Β. Κηφισού - Υλίκης μετά το 1920-21. Τα φαινόμενα αυτά δε μπορούν να αποδοθούν σε αλλαγές στη διαχείριση του υδατικού δυναμικού, όπως στην αύξηση των αρδευομένων επιφανειών ή την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων στο Β. Κηφισό. Αντίστοιχη μελέτη για τις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου δεν ήταν δυνατή γιατί στις τελευταίες δε διατίθενται μεγάλες υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές.

Ας σημειωθεί ότι οι κλιματικές αλλαγές δεν είναι σπάνιο φαινόμενο στη φύση, αλλά μάλλον αποτελούν τον κανόνα. Λόγω της βαθμιαίας μορφής τους και της μακράς περιόδου τους (από το 1920) οι κλιματικές αλλαγές που διαπιστώθηκαν δε φαίνεται να σχετίζονται άμεσα με το "φαινόμενο θερμοκηπίου". Εξ άλλου οι τελευταίες ξηρασίες της πολύ πρόσφατης περιόδου, με αποκορύφωμα το τρέχον έτος 1989-90 δε μπορούν προς το παρόν να ενταχθούν με βεβαιότητα στα παραπάνω φαινόμενα. Τα ενδεχόμενα να αποτελούν ένα καθαρά συγκυριακό (τυχαίο) φαινόμενο ή να αποτελούν έκφραση μιας άλλου τύπου απότομης κλιματικής μεταβολής είναι εξ ίσου πιθανά.

Οι πιο πάνω διαπιστώσεις δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα στην πρόγνωση των εισροών της Υλίκης για τα επόμενα υδρολογικά έτη, αφού δεν είναι δυνατό να προβλεφτεί η εξέλιξη των κλιματικών τάσεων για τα επόμενα έτη. Τα ακόλουθα σενάρια αποτελούν δυνατές μελλοντικές καταστάσεις.

α. Μέσο σενάριο

Διατήρηση των μέσων υδροκλιματικών παραμέτρων στα επίπεδα του 1987-88.

β. Αισιόδοξο σενάριο

Ανάκαμψη της τάσης, με αποτέλεσμα την αύξηση της απορροής και βροχής σε προ του 1987-88 επίπεδα. Το ενδεχόμενο αυτό δε μπορεί να απορριφτεί, αφού και την περίοδο 1907-08 μέχρι 1919-20 υπήρξε έντονη αυξητική τάση της απορροής και βροχής.

γ. Απαισιόδοξο σενάριο

Συνέχιση της πτωτικής τάσης με ίδιους ρυθμούς και στα επόμενα υδρολογικά έτη.

δ. Πολύ απαισιόδοξο σενάριο

Δυσμενής απότομη κλιματική μεταβολή (άλμα) με συνέχιση των ξηρασιών της τελευταίας τριετίας, εφόσον αυτές δε θεωρηθούν ως συγκυριακό φαινόμενο.

Με κριτήριο κυρίως την ενιαία αντιμετώπιση όλων των λεκανών, και εν όψει της πλήρους αδυναμίας της επιστήμης της Υδρολογίας, με τη σημερινή της μορφή, για βάσιμες μακροπρόθεσμες κλιματολογικές προβλέψεις, από τα παραπάνω σενάρια επιλέξαμε για εξέταση το μέσο σενάριο.

Η επιλογή αυτή προϋποθέτει την αναγωγή των ιστορικών δειγμάτων στα επίπεδα του 1987-88. Η αναγωγή αυτή αναφέρεται συνήθως με τον όρο αφαίρεση τάσης. Ειδικότερα για την απορροή χρησιμοποιήσαμε το πιο πρόσφατο δείγμα (μετά το 1960-61 - βλέπε και παρ. 7.4.5) προκειμένου να αποφύγουμε την επίδραση των πολύ παλιότερων ετών, που είχαν σαφώς διαφορετικό καθεστώς απορροής. Παράλληλα, με τη μεθοδολογία αναγωγής που αναλυτικά περιγράφεται στο κεφάλαιο 7 του τεύχους 13, μειώσαμε κατάλληλα τις παροχές των ετών πριν το 1987-88. Αντίστοιχες αναγωγές έγιναν και στα δείγματα της βροχής και εξάτμισης. Τα ανηγμένα δείγματα φαίνονται στους πίνακες 7.10 έως 7.12.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.10

ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΔΕΚΑΝΗΣ ΥΛΙΚΗΣ ΜΕ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ (σε mm)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1954-55	45.9	89.2	92.0	58.9	14.5	46.6	86.1	3.6	13.7	3.1	12.2	51.9	517.6
1955-56	139.6	96.4	44.7	48.1	119.2	59.9	20.0	9.8	4.8	0.5	0.8	12.4	556.2
1956-57	10.9	48.3	28.1	75.2	18.1	36.2	20.3	26.4	10.3	1.2	10.4	30.0	315.3
1957-58	111.9	44.5	58.9	65.2	1.9	57.6	16.4	10.4	26.4	0.3	0.0	62.1	455.6
1958-59	36.6	74.2	12.7	62.4	26.3	36.5	41.5	8.3	13.2	10.3	1.8	33.0	356.8
1959-60	50.6	52.6	24.5	58.7	35.9	28.7	21.7	24.2	5.7	1.0	6.2	18.9	328.6
1960-61	15.1	31.3	57.1	63.7	39.8	90.4	19.2	7.8	10.5	2.9	1.1	2.4	341.2
1961-62	45.6	35.3	90.5	33.9	73.0	51.3	7.5	14.2	2.1	1.9	0.0	78.5	433.9
1962-63	153.4	93.5	149.4	51.1	29.1	58.3	17.4	49.7	11.9	7.0	0.5	0.8	622.0
1963-64	148.1	48.9	28.1	109.4	36.5	42.6	8.1	12.0	36.4	1.8	1.8	31.2	505.0
1964-65	8.9	10.1	54.2	59.5	90.9	67.3	31.0	30.1	27.0	1.4	5.8	0.0	386.1
1965-66	19.4	18.1	32.3	93.9	11.6	90.6	21.3	44.8	30.7	0.0	4.1	32.8	399.6
1966-67	34.2	114.6	62.9	33.2	52.1	38.1	39.2	22.5	7.1	1.5	17.6	27.9	450.7
1967-68	79.9	41.8	70.8	65.6	66.8	51.6	9.2	27.3	14.6	0.0	1.6	20.3	449.6
1968-69	82.5	82.5	156.9	86.9	37.3	67.1	15.9	1.8	0.4	0.3	0.1	12.5	544.0
1969-70	0.4	39.9	150.2	52.5	37.4	53.5	1.3	50.0	28.3	14.0	2.0	29.4	458.9
1970-71	76.8	10.0	58.7	52.9	63.0	88.5	36.2	13.7	5.2	15.8	30.2	16.4	467.3
1971-72	68.1	70.4	58.3	151.2	72.5	15.8	90.0	20.6	12.0	31.7	36.0	20.7	647.3
1972-73	121.5	33.3	43.3	77.0	61.6	39.6	16.5	4.7	21.5	19.0	6.8	40.0	484.9
1973-74	44.9	42.0	47.1	60.9	84.7	59.5	28.9	28.2	10.1	0.0	7.7	10.7	424.8
1974-75	12.5	63.6	37.9	59.8	105.0	19.3	18.2	24.2	47.7	13.1	11.2	17.2	429.6
1975-76	19.7	42.5	125.4	54.4	119.3	41.2	39.9	14.7	6.6	6.7	9.6	6.4	486.4
1976-77	76.6	53.5	44.4	20.2	3.4	30.6	13.9	1.3	23.0	0.0	0.4	14.6	281.9
1977-78	13.0	35.3	164.1	114.1	48.6	27.0	26.5	8.8	3.4	0.0	5.8	58.5	505.1
1978-79	51.2	31.0	133.8	28.1	43.3	16.8	18.0	40.0	2.0	22.0	22.3	12.5	421.0
1979-80	195.7	95.6	37.1	44.2	62.6	80.1	46.8	38.2	16.3	0.0	3.2	10.6	630.5
1980-81	106.2	24.7	134.7	206.1	38.1	8.3	26.9	12.2	0.0	0.4	6.1	8.5	572.2
1981-82	28.5	61.4	63.7	56.9	120.6	89.5	96.8	33.4	8.0	1.3	5.4	1.1	566.7
1982-83	35.8	114.7	40.7	27.1	67.7	46.1	1.3	9.3	53.9	8.5	7.2	0.0	412.2
1983-84	13.3	65.8	124.2	67.3	78.7	87.0	104.9	3.4	1.0	4.3	39.5	2.2	591.7
1984-85	1.2	100.1	90.9	124.0	25.3	62.1	26.7	2.9	0.3	0.4	0.0	4.2	438.2
1985-86	56.2	80.5	63.5	28.4	57.7	25.7	7.6	37.8	21.8	4.7	0.0	0.1	384.0
1986-87	80.6	16.8	67.4	37.9	36.5	171.7	69.1	4.7	6.3	5.1	10.8	0.0	506.6
1987-88	63.8	60.8	63.1	64.6	83.6	82.8	26.5	15.7	9.4	0.8	0.0	14.5	485.8
Μ. ΤΙΜΗ	60.3	56.6	73.9	67.4	54.8	54.9	31.5	19.3	14.5	5.3	7.9	20.1	466.4
ΤΥΠ.ΑΠ.	49.0	29.4	43.0	37.7	32.5	31.3	27.1	14.4	13.3	7.5	10.2	19.6	91.3

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.11
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΙΜΗΘΗΣ ΥΑΙΚΗΣ ΜΕ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ (σε mm)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΟΣ
1956-57	64.7	40.8	28.1	26.8	61.0	56.3	104.4	149.1	193.4	216.7	219.5	130.7	1291.6
1957-58	81.9	38.2	26.9	36.7	72.7	72.0	120.2	187.6	202.1	225.8	223.0	112.0	1399.0
1958-59	58.9	38.4	29.8	25.5	15.3	67.9	104.1	167.0	202.7	235.0	232.1	118.3	1295.0
1959-60	46.9	34.1	32.7	35.5	50.5	53.9	104.4	170.4	207.5	238.5	245.9	133.5	1353.9
1960-61	106.8	51.0	37.0	28.4	23.2	70.3	129.5	176.6	209.5	239.2	232.2	132.3	1435.9
1961-62	64.6	55.3	24.3	31.7	21.2	80.0	116.1	185.7	210.1	247.4	248.3	170.0	1454.7
1962-63	65.9	54.1	27.3	27.3	56.9	53.5	101.2	153.3	211.2	247.9	252.8	171.9	1423.3
1963-64	66.7	50.1	30.5	13.0	22.9	61.2	105.7	158.5	208.6	227.0	224.2	129.3	1297.6
1964-65	85.6	44.6	27.4	32.0	19.5	63.1	97.6	154.5	209.7	253.7	216.2	171.6	1375.7
1965-66	57.8	49.0	31.8	26.3	73.1	63.6	124.5	163.4	208.9	254.5	252.0	149.7	1454.7
1966-67	118.4	50.5	26.1	27.2	23.9	66.7	110.0	165.3	196.5	208.8	221.9	144.6	1359.9
1967-68	75.6	35.8	26.2	23.3	58.6	62.6	126.7	189.6	197.2	226.9	212.4	147.3	1382.1
1968-69	61.3	40.9	26.4	27.4	63.3	64.8	100.7	188.3	211.4	208.7	213.0	146.9	1353.1
1969-70	61.5	48.2	29.3	41.3	66.1	81.7	136.0	155.6	207.6	222.5	219.1	122.3	1390.9
1970-71	63.2	35.8	27.9	38.2	37.1	67.5	106.6	176.4	212.9	214.4	205.5	121.7	1307.3
1971-72	54.5	36.2	29.5	31.8	41.3	68.3	124.0	166.3	214.1	219.5	194.4	138.8	1318.7
1972-73	54.3	35.7	29.5	27.9	51.0	45.0	119.6	183.0	203.0	228.8	181.8	147.3	1307.0
1973-74	73.1	33.0	28.3	27.0	50.9	65.2	99.9	163.0	209.9	225.3	195.6	139.1	1310.3
1974-75	101.1	36.5	29.7	26.5	23.9	95.1	125.6	177.0	205.7	228.9	187.3	155.4	1392.9
1975-76	71.2	35.8	30.1	29.8	26.6	62.6	120.3	161.1	202.1	220.7	170.0	132.8	1263.1
1976-77	74.8	37.4	27.2	30.7	55.3	86.2	126.5	193.0	223.5	244.8	222.9	143.7	1466.0
1977-78	79.5	47.0	27.4	27.3	51.3	85.4	115.6	184.9	237.9	239.0	201.7	128.8	1425.9
1978-79	72.7	42.2	29.9	35.4	45.9	81.6	116.1	140.0	223.7	213.5	170.6	120.9	1292.5
1979-80	63.2	38.2	24.1	27.8	39.3	71.3	106.6	152.0	195.7	216.4	191.0	118.7	1244.3
1980-81	74.8	37.6	31.5	32.5	42.5	86.4	124.8	174.8	214.7	230.8	202.7	126.1	1379.2
1981-82	84.8	34.3	41.0	34.7	38.6	76.2	102.3	150.0	224.3	229.6	200.5	148.3	1364.5
1982-83	81.2	35.9	30.8	27.2	42.7	84.2	142.8	196.7	201.3	216.2	197.0	142.0	1398.2
1983-84	70.1	32.1	21.0	26.7	37.4	66.1	94.1	185.5	228.7	235.0	181.7	141.3	1319.7
1984-85	82.1	33.5	22.6	38.0	36.1	61.6	126.4	171.2	226.3	238.3	224.9	139.2	1400.4
1985-86	65.0	38.1	21.8	34.2	46.3	67.9	150.8	170.5	224.4	225.0	222.1	138.6	1404.9
1986-87	67.9	33.1	22.5	41.2	46.0	64.3	121.0	165.2	212.5	246.1	194.9	145.8	1360.5
1987-88	67.7	38.9	22.7	31.0	47.7	80.8	120.2	175.1	228.5	249.5	211.9	143.4	1417.3
Μ.ΤΙΜΗ	72.4	40.4	28.2	30.3	43.4	69.8	116.4	170.3	211.4	230.4	211.5	139.1	1363.8
ΤΥΠ.ΑΠ.	15.2	6.7	4.2	5.7	15.7	11.3	13.5	14.5	10.9	13.1	22.2	15.0	58.9

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.12
ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΣΦΑΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΟΧΩΝ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΘΙΣΟΥ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΔΙΩΡΥΓΑ (m³*10⁴)
(ΜΕ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ α - Παλιά Διώρυγα													
1960-61	17.8	17.5	28.9	30.0	31.1	75.6	28.2	15.4	1.6	0.0	0.0	5.6	251.7
1961-62	16.8	16.9	25.6	19.7	29.5	35.2	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	161.4
1962-63	20.9	39.1	143.9	77.5	105.6	71.6	44.1	33.7	10.9	0.0	0.0	10.9	558.2
1963-64	34.5	27.4	39.1	54.1	53.2	65.4	36.2	13.3	0.0	0.0	0.0	15.1	338.2
Μ.ΤΙΜΗ	22.5	25.2	59.4	45.3	54.9	62.0	29.9	15.6	3.1	0.0	0.0	9.5	327.4
ΤΥΠ.ΑΠ.	8.2	10.4	56.7	25.9	35.5	18.3	14.1	13.8	5.3	0.0	0.0	4.4	170.0
ΠΕΡΙΟΔΟΣ β - Παλιά Διώρυγα													
1968-69	32.4	38.9	173.8	124.8	62.3	76.8	50.3	21.8	0.0	0.0	8.4	23.1	612.7
1969-70	27.3	25.8	44.1	46.7	33.4	53.0	17.8	21.5	0.0	0.0	0.0	15.3	284.8
1970-71	21.4	21.9	22.3	40.4	40.7	78.6	51.7	19.5	0.0	0.0	0.0	19.4	315.9
1971-72	23.4	33.2	31.5	83.1	73.3	71.5	58.6	45.9	0.0	0.0	7.0	19.2	446.6
1972-73	28.0	43.5	24.7	56.2	53.6	60.6	43.9	0.0	11.6	0.0	0.0	0.0	322.2
1973-74	0.0	25.6	38.6	44.2	60.2	92.9	50.6	22.1	0.0	0.0	0.0	20.3	354.6
1974-75	34.7	31.7	32.9	35.9	45.0	48.1	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	248.9
1975-76	24.1	26.4	52.1	45.2	79.8	58.0	50.3	12.8	0.0	0.0	0.0	6.0	354.8
Μ.ΤΙΜΗ	23.9	30.9	52.5	59.6	56.1	67.5	41.6	17.9	1.5	0.0	1.9	14.3	367.6
ΤΥΠ.ΑΠ.	10.7	7.4	50.0	30.1	16.0	15.1	17.9	14.6	4.1	0.0	3.6	8.0	114.8
ΠΕΡΙΟΔΟΣ γ - Νέα Διώρυγα													
1977-78	4.3	6.7	25.7	61.0	68.9	42.6	28.1	8.8	0.2	0.0	0.0	5.4	251.8
1978-79	13.9	16.7	40.0	35.4	33.3	25.1	12.3	6.9	0.7	0.0	0.0	7.1	191.3
1979-80	26.3	42.4	35.7	58.9	47.5	87.1	46.9	31.7	8.7	0.0	0.0	9.3	394.5
1980-81	39.4	29.3	51.8	107.8	94.3	58.4	47.0	14.8	3.4	1.3	3.6	16.3	467.3
1981-82	18.0	20.5	29.3	25.1	51.8	90.1	83.5	52.0	21.3	4.0	6.0	12.0	413.6
1982-83	14.0	21.4	31.8	26.6	26.6	40.6	10.9	4.6	7.7	0.3	0.0	0.0	184.5
1983-84	7.2	12.2	51.0	42.3	65.5	74.2	77.2	34.5	4.1	3.6	3.4	11.6	386.9
1984-85	11.5	19.3	26.5	100.5	43.6	63.7	49.8	17.2	6.9	0.0	0.5	6.1	345.5
1985-86	17.7	26.0	30.5	27.1	39.5	41.3	18.6	9.9	2.1	0.0	0.0	1.9	214.8
1986-87	17.9	21.6	19.8	43.2	39.5	79.1	72.8	37.4	7.2	0.0	0.0	3.9	342.4
1987-88	12.6	18.8	19.4	22.6	42.0	66.7	29.8	10.0	1.0	0.0	0.0	0.7	223.8
Μ.ΤΙΜΗ	16.6	21.4	32.9	50.0	50.2	60.8	43.3	20.7	5.8	0.8	1.2	6.8	310.6
ΤΥΠ.ΑΠ.	9.6	9.3	11.0	29.7	19.3	21.2	26.0	15.6	6.0	1.5	2.1	5.1	100.3
ΤΕΛΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ (ΠΕΡΙΟΔΟΙ α+β+γ)													
Μ.ΤΙΜΗ	20.2	25.3	44.3	52.5	53.1	63.3	40.4	18.9	3.8	0.4	1.3	9.9	333.3
ΤΥΠ.ΑΠ.	10.0	9.5	37.7	28.5	20.8	18.3	21.4	14.5	5.4	1.1	2.6	6.9	115.8

7.5. Ισοζύγιο Υλίκης - Υπόγειες διαφυγές

Το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Υλίκης συνίσταται από τα ακόλουθα μεγέθη

(Α) ΕΙΣΡΟΕΣ

- (Α.1) Απορροή Βοιωτικού Κηφισού
- (Α.2) Άμεση απορροή λεκάνης Υλίκης
- (Α.3) Βροχόπτωση στη λίμνη Υλίκη

(Β) ΕΚΡΟΕΣ

- (Β.1) Απόληψη από το υδραγωγείο Μουρικίου
- (Β.2) Απόληψη για άρδευση Κωπαΐδας
- (Β.3) Εξάτμιση
- (Β.4) Υπόγειες διαφυγές

(Γ) ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Σε σχέση με την ακρίβεια προσδιορισμού των παραπάνω συνιστωσών του ισοζυγίου, παρατηρούμε ότι το μέγεθος (Α.2) εκτιμάται χονδροειδώς ενώ και στο (Α.1) έχουν διαπιστωθεί αβεβαιότητες (βλέπε παρ. 7.4.2 και 7.4.3). Τα μεγέθη (Β.1) και (Β.2) εκτιμώνται με βάση τους χρόνους λειτουργίας των αντλιών. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει επίσης αρκετή αβεβαιότητα. Το μέγεθος (Β.4) δε μπορεί να εκτιμηθεί άμεσα. Τέλος το μέγεθος (Γ) προκύπτει με την απαιτούμενη ακρίβεια από τις μετρήσεις της στάθμης της λίμνης και την καμπύλη στάθμης-όγκου.

Με την κατάστρωση του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης μπορούν να προσδιοριστούν έμμεσα οι υπόγειες διαφυγές της Υλίκης (μέγεθος Β.4). Η σχετική εκτίμηση είναι προφανώς ακριβέστερη κατά τους θερινούς μήνες (Ιούνιος-Σεπτέμβριος), οπότε μηδενίζονται οι εισροές από το Β. Κηφισό (λόγω έμφραξης της Συγκεντρωτικής Διώρυγας) αλλά και από τη λεκάνη απορροής της Υλίκης.

Η σχετική διερεύνηση (βλ. Τεύχος 11) έδειξε ότι υπάρχει σαφής συσχέτιση των διαφυγών με τη στάθμη της λίμνης, πράγμα άλλωστε αναμενόμενο. Σημειώνεται ότι για χαμηλή στάθμη της λίμνης (κάτω από τη στάθμη +55) εμφανίζονται και αρνητικές απώλειες, που

πρέπει να ερμηνευτούν ως εισροές από τον υπόγειο ορίζοντα προς τη λίμνη. Η ύπαρξη εισροών για χαμηλές στάθμες δε θα πρέπει να θεωρηθεί αδύνατη, αλλά πάντως δεν αποκλείεται οι αρνητικές τιμές να προέρχονται και από τις συνδυασμένες ανακρίβειες στις εκτιμήσεις των συνιστωσών του ισοζυγίου.

Η σχέση στάθμης-διαφυγών περιγράφεται ικανοποιητικά από τη δευτεροβάθμια εξίσωση

$$L = 17.461 - 0.999 z + 0.0124 z^2 \quad (7.4)$$

όπου, L οι διαφυγές σε $m^3 \cdot 10^6$ ανά μήνα, και

z το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης της Υλίκης σε m

Το τυπικό σφάλμα στην παραπάνω σχέση είναι $2.712 \cdot 10^6 m^3/\mu\eta\nu\alpha$ και ο συντελεστής συσχέτισης $r = 0.904$. Η παραπάνω εξίσωση φαίνεται στο σχήμα 7.4, απ' όπου προκύπτει ότι προσαρμόζεται ικανοποιητικά και στα δεδομένα του Απριλίου και Μαΐου.

Στο σχήμα 7.5 φαίνεται ότι η εξίσωση δεν προσαρμόζεται στα δεδομένα των χειμερινών μηνών (Οκτωβρίου-Μαρτίου). Για καλύτερη προσαρμογή μετατέθηκε κατά $4.7 \cdot 10^6 m^3/\mu\eta\nu\alpha$, οπότε προέκυψε η εξίσωση

$$L = 22.161 - 0.999 z + 0.0124 z^2 \quad (7.5)$$

Το τυπικό σφάλμα σε αυτή την περίπτωση είναι $6.049 \cdot 10^6 m^3/\mu\eta\nu\alpha$ και ο συντελεστής συσχέτισης $r = 0.675$.

Μια απόπειρα ερμηνείας της εμφανιζόμενης διαφοράς στη δίαιτα των διαφυγών τους χειμερινούς και θερινούς μήνες είναι η ακόλουθη. Τους χειμερινούς μήνες πραγματοποιείται ανύψωση της στάθμης της λίμνης, λόγω των εισροών από το Β. Κηφισό που πρέπει να γίνεται με μεγαλύτερο ρυθμό από την αντίστοιχη ανύψωση του υπόγειου ορίζοντα. Αντίθετα, το καλοκαίρι, λόγω των εντατικών αντλήσεων πραγματοποιείται ταπείνωση της στάθμης της λίμνης με ρυθμό εντονότερο του αντίστοιχου ρυθμού ταπείνωσης του υπόγειου ορίζοντα. Και εδώ πάντως δεν πρέπει να αποκλειστεί το ενδεχόμενο να οφείλεται (εν μέρει) η διαφορά στις συνδυασμένες ανακρίβειες

των συνιστώσων του υδατικού ισοζυγίου.

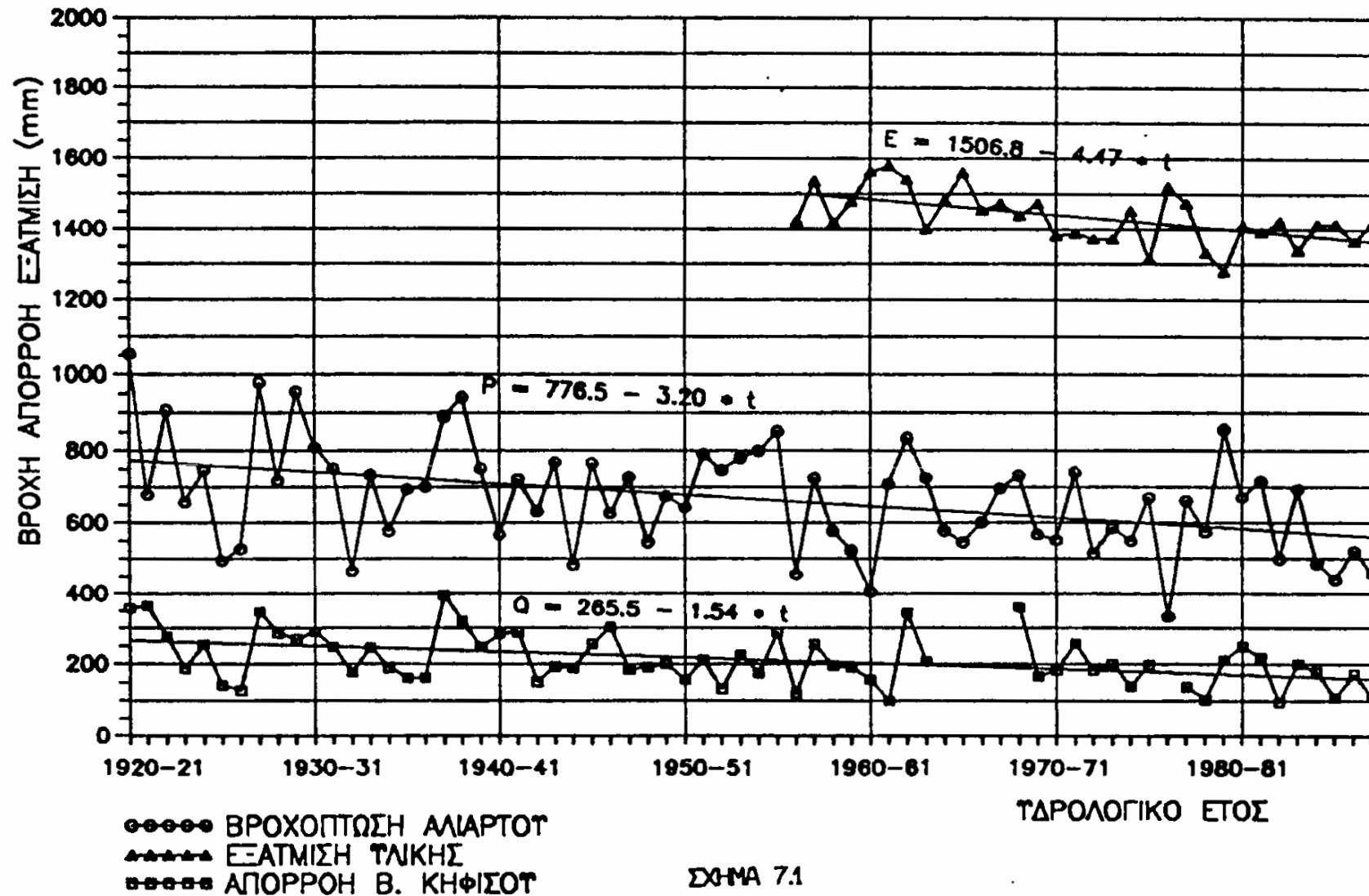
Στο σχήμα 7.6 έχουν χαραχτεί για λόγους σύγκρισης και διάφορες αντίστοιχες καμπύλες προηγούμενων μελετών. Μία από αυτές (Ξανθάκης, 1989) παρουσιάζεται να συμφωνεί με τη δική μας των θερινών μηνών, πράγμα που είναι αναμενόμενο, δεδομένου ότι στηρίχτηκαν στα ίδια δεδομένα.

Οι υπόλοιπες ταιριάζουν κάπως με τη δική μας καμπύλη των χειμερινών μηνών, ιδίως στις υψηλές στάθμες, αλλά αποκλίνουν αρκετά από την καμπύλη των θερινών μηνών. Θα πρέπει να σημειωθεί πάντως ότι όλες οι παλιότερες καμπύλες βασίστηκαν σε δεδομένα προ του 1966 οπότε η στάθμη της λίμνης ήταν πάντα σε υψηλά επίπεδα (δεν είχε κατεβεί κάτω από το +70) ενώ οι δικές μας καμπύλες βασίζονται σε δεδομένα από όλο το φάσμα μεταβολής της στάθμης.

Η παραπάνω αντιμετώπιση του θέματος μέσω της καμπύλης στάθμης-διαφυγών αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση του προσδιορισμού των διαφυγών, αλλά δεν εξαντλεί το ζήτημα. Πράγματι, όπως φαίνεται και στα σχήματα 7.4 και 7.5, αλλά και από τις τιμές των τυπικών σφαλμάτων που δόθηκαν παραπάνω, υπάρχει σημαντική διασπορά των σημείων γύρω από τις καμπύλες. Η διασπορά αυτή οφείλεται σε παραμέτρους που δεν πήραμε υπόψη, όπως η στάθμη του υπόγειου ορίζοντα, οι πλευρικές απολήψεις από τον υπόγειο ορίζοντα μέσω γεωτρήσεων των καλλιεργητών της περιοχής, κ.ά. Για μια πληρέστερη προσέγγιση θα έπρεπε να κατασρωθεί ένα υδρογεωλογικό μοντέλο της περιοχής Β. Κηφισού-Υλίκης-Παραλίμνης το οποίο θα έπαιρνε υπόψη και τις παραπάνω παραμέτρους. Το εγχείρημα αυτό θα ήταν αρκετά δύσκολο, λόγω του καρστικού τύπου των πετρωμάτων της περιοχής και τους πλήθους των καταβοθρών του πυθμένα της λίμνης.

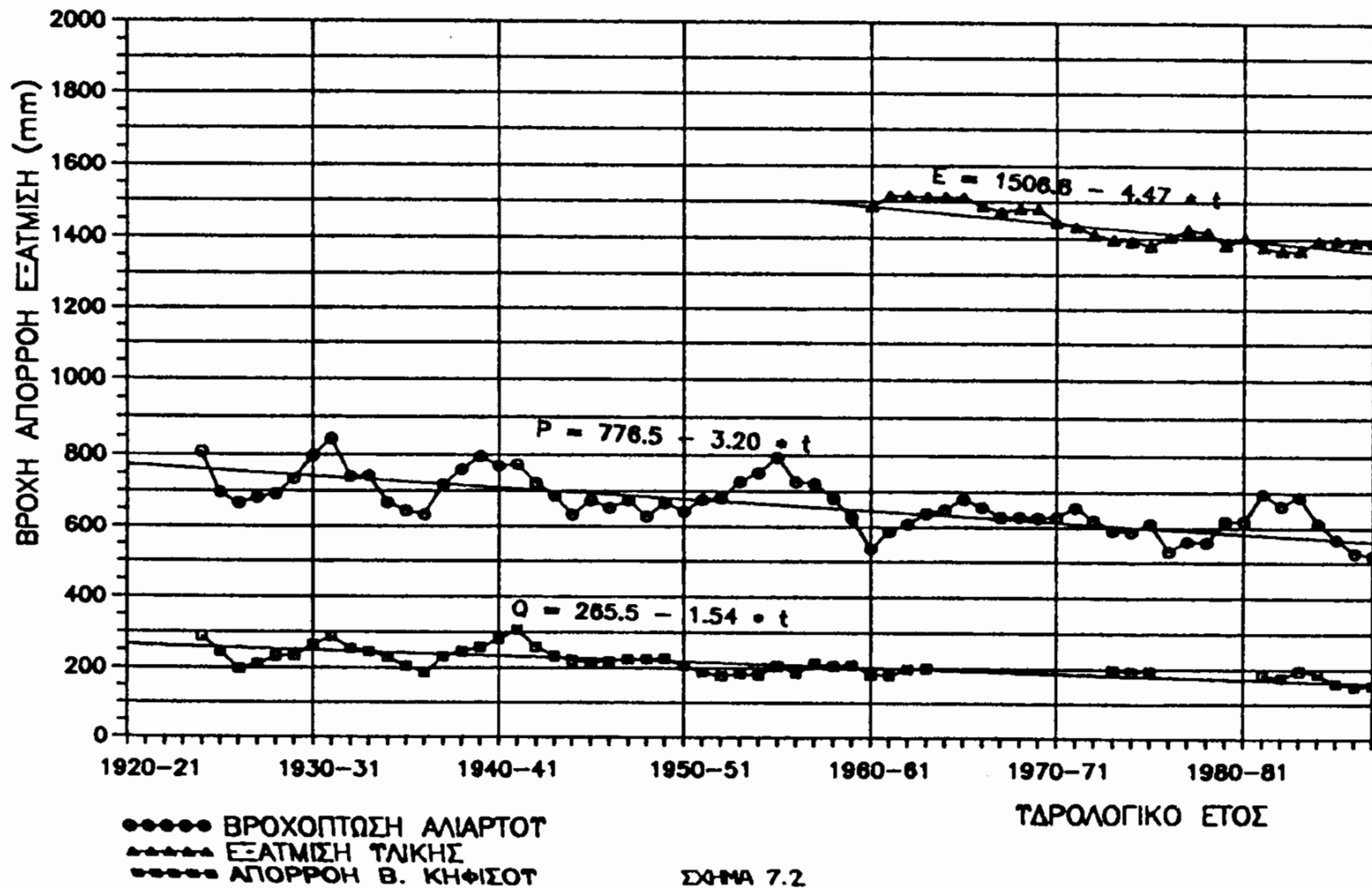
Πάντως η απλή προσέγγιση που έγινε εδώ είναι απόλυτα ικανοποιητική για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας. Μάλιστα για τις προσομοιώσεις του υδροδοτικού συστήματος που γίνονται εδώ (βλ. επόμενα κεφάλαια) η ύπαρξη διασποράς γύρω από τη μέση τιμή δεν αποτελεί πρόβλημα, αφού και αυτή μπορεί να προσομοιωθεί ως στοχαστική συνιστώσα του φαινομένου.

ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΟ 1920-21



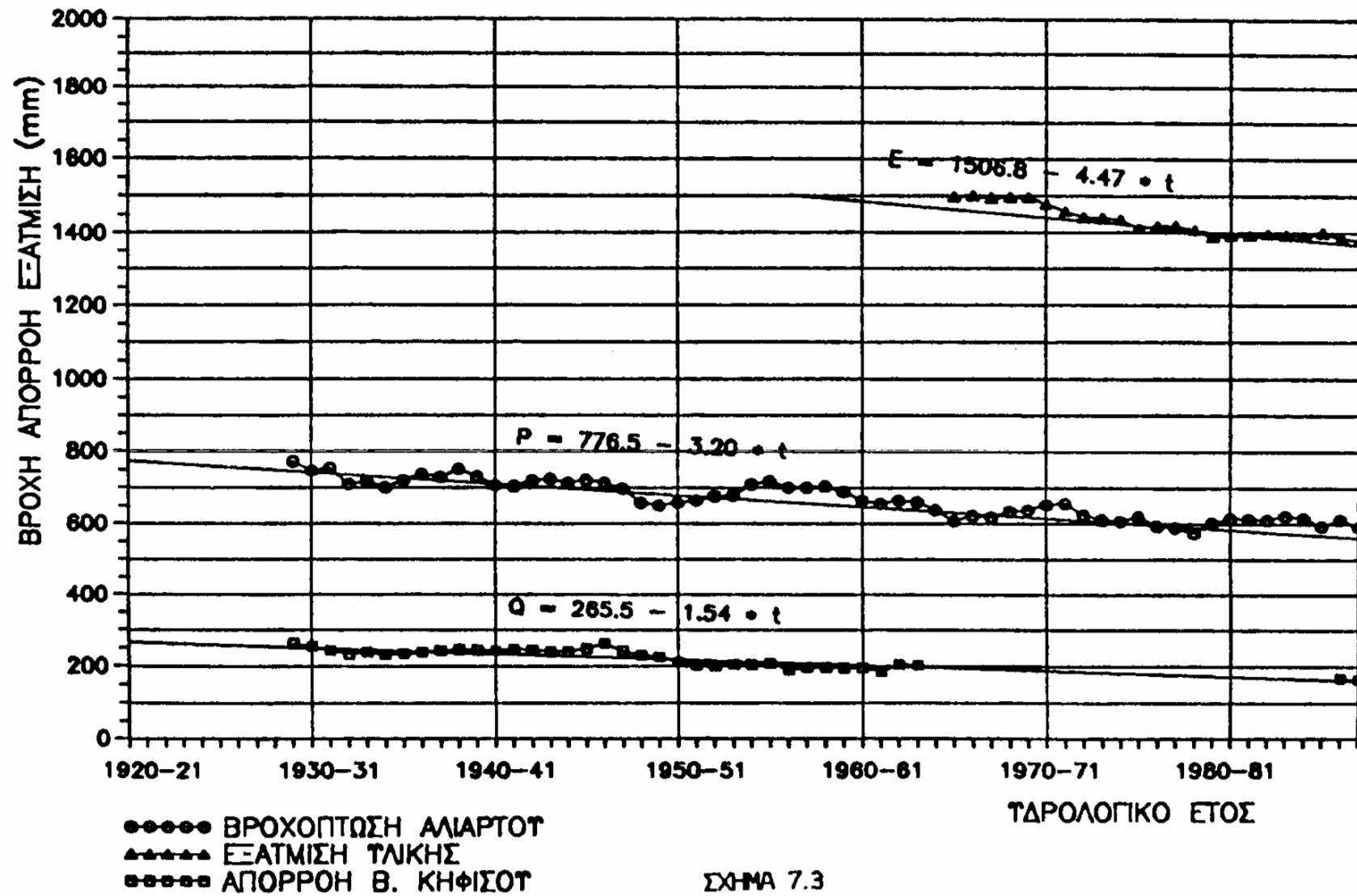
ΣΧΗΜΑ 7.1

ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΙ ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ 5ΕΤΙΑΣ
ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΡΟΧΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ
ΜΕΤΑ ΤΟ 1920-21

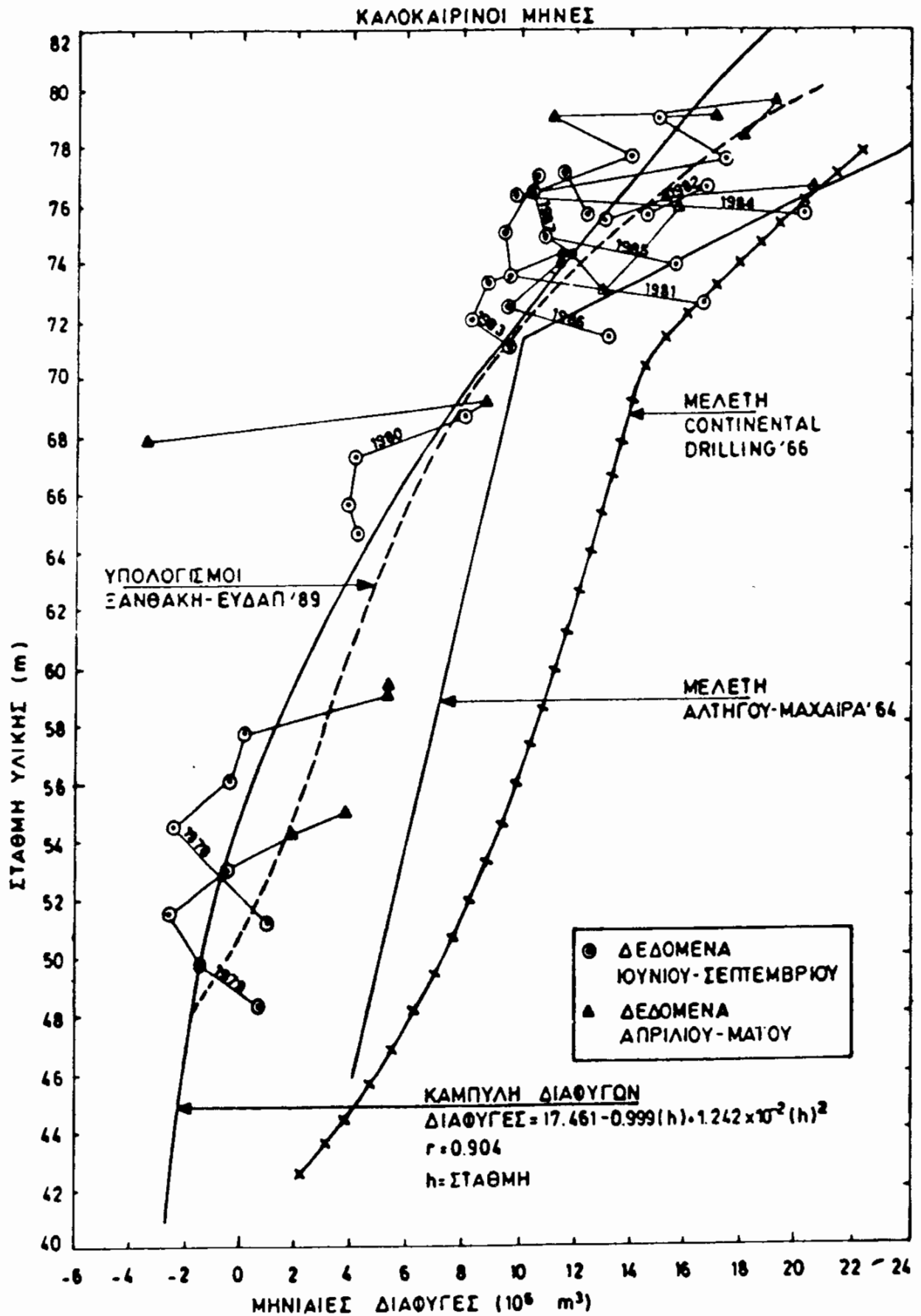


ΣΧΗΜΑ 7.2

ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΙ ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ 10ΕΤΙΑΣ
ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΒΡΟΧΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ
ΜΕΤΑ ΤΟ 1920-21

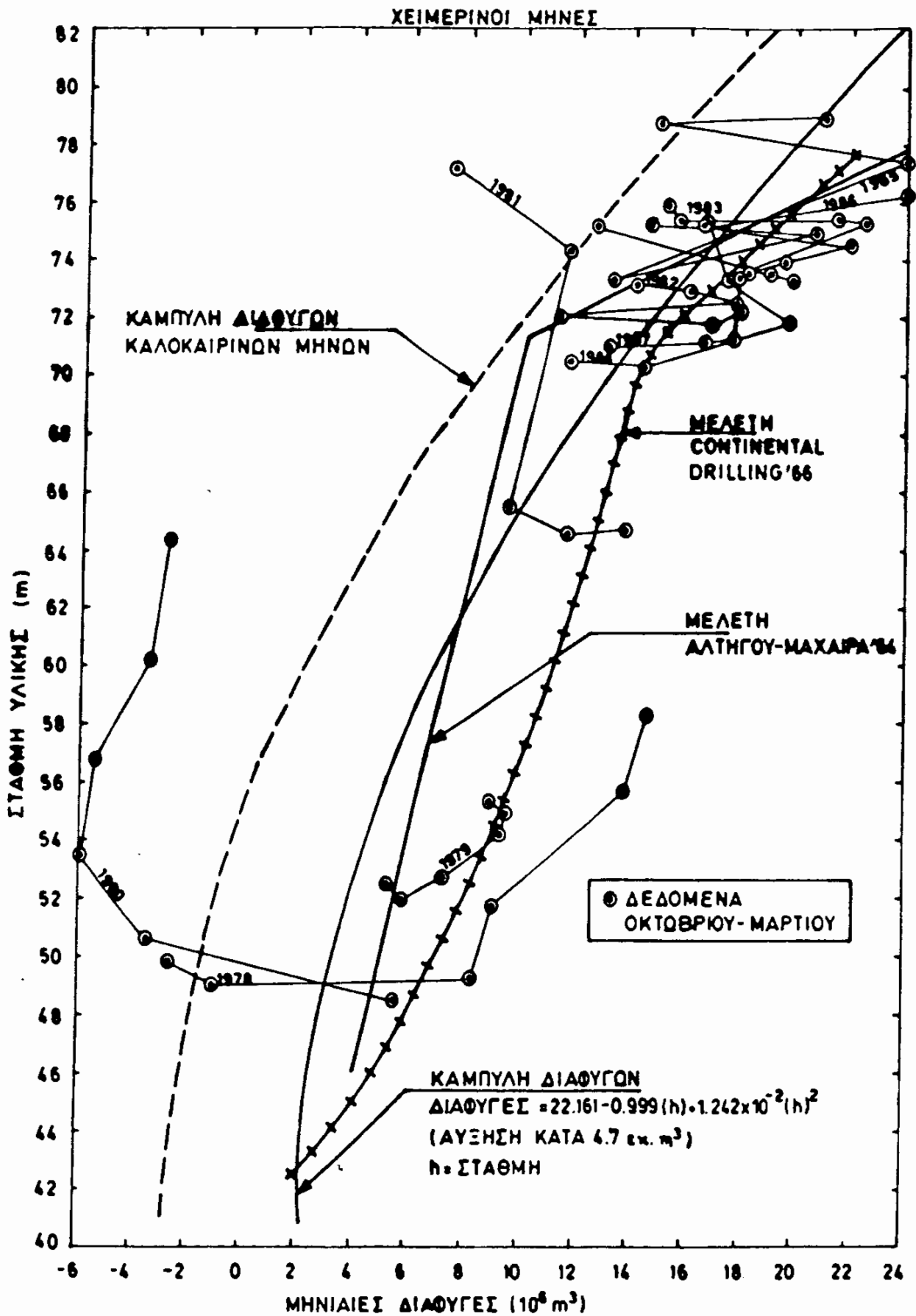


ΔΙΑΦΥΓΕΣ ΥΛΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



ΣΧΗΜΑ 7.4

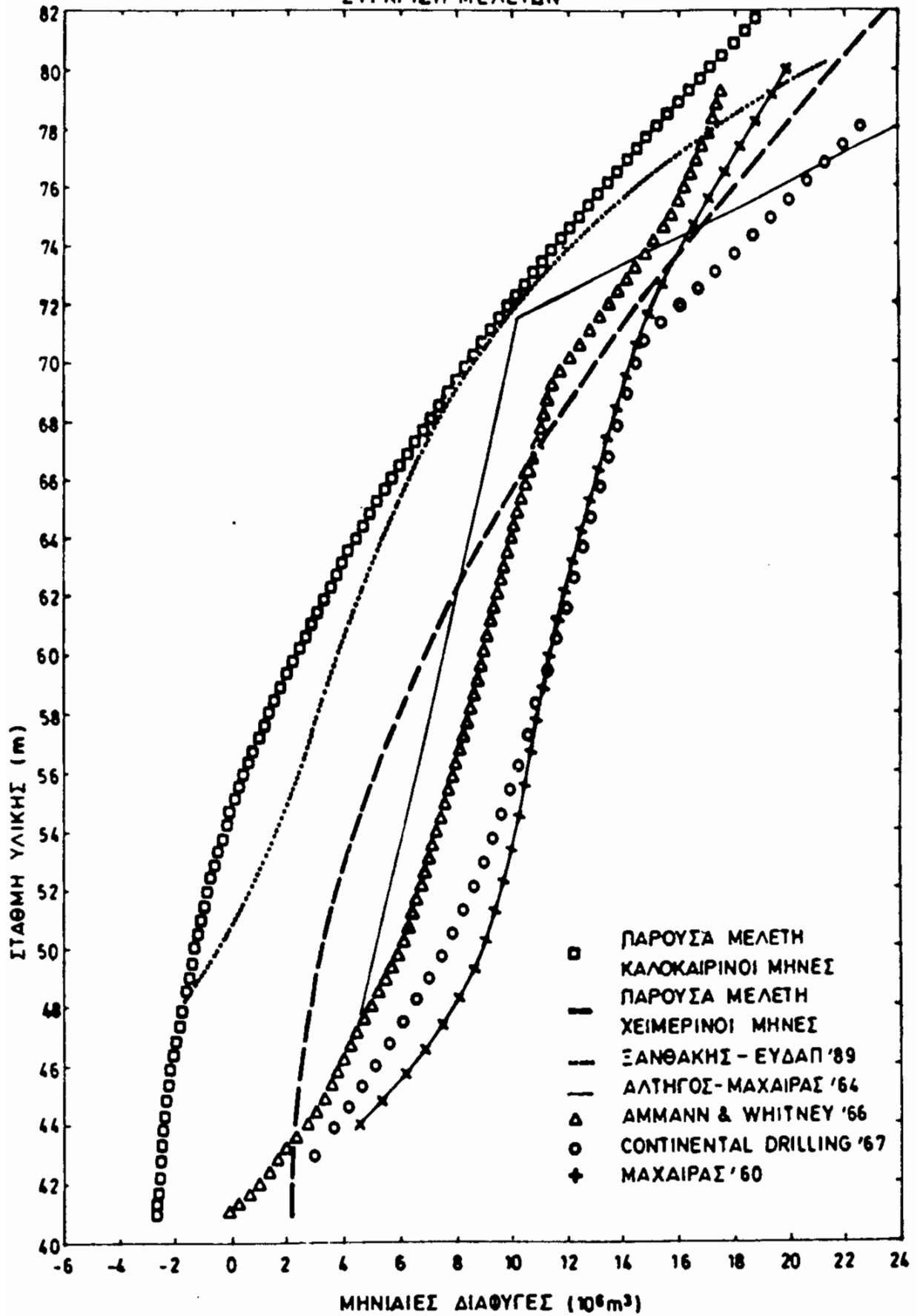
ΔΙΑΦΥΓΕΣ ΥΛΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



ΣΧΗΜΑ 7.5

ΔΙΑΦΥΓΕΣ ΥΛΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ



ΣΧΗΜΑ 7.6

8. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΙΣΡΟΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

8.1. Τοποθέτηση του προβλήματος

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 τρόπο¹

(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_i (demand, desired draft)²

(γ) Χαρακτηριστικά συστήματος

- (γ1) χωρητικότητα ταμιευτήρα,³ K_i (storage capacity)
- (γ2) παροχετευτικότητα 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 σ_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

μ_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.

Στην απλή περίπτωση ενός μεμονωμένου ταμιευτήρα μιας

σκοπιμότητας, με καθορισμένη ζήτηση D οι μαθηματικές σχέσεις που ενδιαφέρουν είναι:

- για την περίπτωση της διαστασιολόγησης

$$K = f(I, P, E, L, D, R) \quad (8.1)$$

- για την περίπτωση της λειτουργίας

$$D = g(I, P, E, L, K, R) \quad (8.2)$$

Οι λειτουργικές μεταβλητές, αποτελούν ενδιάμεσες μεταβλητές και δεν υπεισέρχονται στις (8.1) και (8.2).

Στην περίπτωση πολλαπλών ταμιευτήρων απλής ή πολλαπλής σκοπιμότητας δεν είναι γνωστή η ζήτηση D_i από κάθε ταμιευτήρα. Μπορεί όμως να είναι γνωστή η ολική ζήτηση $D = \sum D_i$, αλλά και αυτό δεν είναι γενικός κανόνας. Σε αυτή την περίπτωση, προϋπόθεση για τη μελέτη αποτελεί η κατάστρωση ενός κανόνα λειτουργίας (operation rule) που στη γενικότερη μορφή του, είναι ένα σύνολο από μαθηματικές σχέσεις της μορφής

$$h(D_i, I_i, P_i, E_i, L_i, K_i, C_i, S_i, Z_i, A_i, R_i, DF_i, SP_i) = 0 \quad (8.3)$$

Οι τελικές μαθηματικές σχέσεις που ενδιαφέρουν είναι πάλι παρόμοιες με τις (8.1) και (8.2), με τη διαφορά ότι οι μεταβλητές ικανοποιούν και τις δεσμεύσεις (8.3).

Ετσι έχουμε

- για την περίπτωση της διαστασιολόγησης

$$K_i = f_i(I_i, P_i, E_i, L_i, D_i, R_i) \quad (8.4)$$

- για την περίπτωση της λειτουργίας

$$D_i = g_i(I_i, P_i, E_i, L_i, K_i, R_i) \quad (8.5)$$

Γενικά έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για την κατάστρωση και επίλυση των εξισώσεων μεμονωμένου ταμιευτήρα (8.1) και (8.2) από εμπειρικές (γραφικές ή υπολογιστικές) μέχρι αναλυτικές, αλλά μόνο

για απλές συνθήκες υδρολογικών εισόδων (π.χ. ανεξάρτητες χρονοσειρές διακριτών εισροών χωρίς να παίρνονται υπόψη οι άλλες μεταβλητές). Ωστόσο η μόνη γενικευμένη, ορθολογιστική και μαθηματικά συνεπής μέθοδος είναι η μέθοδος της προσομοίωσης. Η μέθοδος αυτή μπορεί πολύ εύκολα να επεκταθεί και στην περίπτωση συστήματος ταμιευτήρων (εξισώσεις (8.4) και (8.5)).

Το πρώτο βήμα για την προσομοίωση του συστήματος ταμιευτήρων είναι η προσομοίωση των υδρολογικών μεταβλητών. Πρόκειται για την παραγωγή παράλληλων συνθετικών χρονοσειρών μεγάλου μήκους, η οποία γίνεται με τη χρήση τυχαίων αριθμών (μέθοδος Monte Carlo). Βασική απαίτηση για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών είναι η διατήρηση ορισμένων βασικών χαρακτηριστικών της στοχαστικής δομής των μεταβλητών (περιθώριες κατανομές, συσχετίσεις), όπως αυτή προκύπτει από τα υπάρχοντα δεδομένα.

8.2. Κύρια χαρακτηριστικά στοχαστικής δομής εισροής

Προκειμένου να εξετάσουμε τα κύρια χαρακτηριστικά της εισροής που επηρεάζουν την αξιοπιστία ενός ταμιευτήρα, θα θεωρήσουμε μια απλουστευμένη περίπτωση ταμιευτήρα υπερετήσιας εξίσωσης, κάνοντας τις ακόλουθες υποθέσεις

- α) Οι απώλειες εξάτμισης και οι υπόγειες διαφυγές θεωρούνται αμελητέες
- β) Θεωρείται ότι η εισροή και η απόληψη γίνονται στιγμιαία και άπαξ του έτους, σε τρόπο ώστε η απόληψη να προηγείται της αποθήκευσης.

Με την παραδοχή (β) ουσιαστικά αγνοούμε τη διακύμανση, κατά τη διάρκεια ενός έτους, της εισροής και της απόληψης. Στην πραγματικότητα η διακύμανση αυτή υπάρχει πάντοτε και οδηγεί σε επαύξηση της χωρητικότητας του ταμιευτήρα. Απλουστευτικά μπορεί να θεωρηθεί ότι η ολική χωρητικότητα ενός ταμιευτήρα υποδιαιρείται στη χωρητικότητα που διατίθεται για υπερετήσια εξίσωση και στη χωρητικότητα για την κάλυψη των διακυμάνσεων μέσα στο έτος. Εδώ, λοιπόν, η παραδοχή (β) ουσιαστικά σημαίνει ότι

παίρνουμε υπόψη μόνο τη χωρητικότητα υπερετήσιας εξίσωσης. Σημειώνεται ότι σε ταμειευτήρες υψηλού βαθμού ρύθμισης, όπως ο ταμειευτήρας Μόρνου η χωρητικότητα υπερετήσιας εξίσωσης αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής χωρητικότητας (στον ταμειευτήρα Μόρνου το ποσοστό αυτό είναι περίπου 80%).

Στην απλουστευμένη περίπτωση που εξετάζουμε ενδιαφέρουν μόνο τα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς των ετήσιων εισροών και μόνο. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να απομονώσουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς της εισροής:

- (1) Τη μέση τιμή μ_i και την τυπική απόκλιση σ_i
- (2) Τον τύπο της περιθώριας συνάρτησης κατανομής
- (3) Τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της χρονοσειράς.

Για δεδομένη χωρητικότητα ταμειευτήρα K , και ζήτηση D , η αξιοπιστία R αυξάνει προφανώς με την αύξηση της μέσης τιμής μ_i . Η αξιοπιστία a θα είναι περίπου σταθερή, αν τα μεγέθη D και μ_i μεταβάλλονται με τρόπο ώστε ο βαθμός ρύθμισης D/μ_i να παραμένει σταθερός.

Για δεδομένη χωρητικότητα ταμειευτήρα K και ζήτηση D η αξιοπιστία R προφανώς μειώνεται με την αύξηση της τυπικής απόκλισης σ_i . Η αξιοπιστία θα είναι περίπου σταθερή αν τα μεγέθη K και σ_i μεταβάλλονται με τρόπο ώστε η ανηγμένη χωρητικότητα K/σ_i να παραμένει σταθερή.

Για δεδομένα K και D φαίνεται κατ' αρχήν, χωρίς αυτό να αποτελεί γενικό κανόνα, ότι συναρτήσεις κατανομής με θετική ασυμμετρία δίνουν μικρότερη αξιοπιστία, σε σχέση με την κανονική κατανομή (μηδενική ασυμμετρία).

Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης των εισροών επηρεάζει καθοριστικά την αξιοπιστία του ταμειευτήρα. Η μελέτη της επίδρασης αυτής είναι αρκετά πολύπλοκη. Κατ' αρχήν υπάρχει το θέμα της επιλογής ορισμένων χαρακτηριστικών παραμέτρων που αντιπροσωπεύουν τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης. Η πλέον χαρακτηριστική παράμετρος είναι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης για βήμα 1, ρ_1 , ενώ ενδεχόμενα ενδιαφέρει και ένας πεπερασμένος αριθμός συντελεστών αυτοσυ-

σχέτισης για μεγαλύτερα βήματα ρ_i , $1 \leq i \leq k$. Ένα μοντέλο τύπου ARMA, κατάλληλου βαθμού, μπορεί να αναπαραστήσει τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης στην περιοχή $1 \leq i \leq k$. Το υπόλοιπο τμήμα της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης, για $i > k$, περιγράφεται από μια φθίνουσα εκθετική συνάρτηση, και αυτό ανεξάρτητα από την τάξη και τις παραμέτρους του μοντέλου ARMA. Κατά συνέπεια στα μοντέλα ARMA, το ολοκλήρωμα της συνάρτησης, από βήμα 0 μέχρι άπειρο, είναι πεπερασμένο. Το ολοκλήρωμα αυτό εκφράζει μαθηματικά την εμμονή (persistence) της στοχαστικής ανέλιξης. Το φυσικό νόημα της εμμονής είναι η παρατηρούμενη ιδιότητα των φυσικών χρονοσειρών, σύμφωνα με την οποία υψηλές τιμές ενός μεγέθους τείνουν να συσσωρεύονται και παράλληλα το ίδιο συμβαίνει και με τις χαμηλές τιμές, (φαινόμενο Ιωσήφ).

Στο θέμα της εμμονής, αξίζει να σημειωθεί η ανακάλυψη του Hurst, ότι τα μεγάλου μεγέθους δείγματα γεωφυσικών μεγεθών εμφανίζουν ορισμένα χαρακτηριστικά που δε μπορούν να περιγραφούν από τα μοντέλα ARMA (φαινόμενο Hurst). Τα χαρακτηριστικά αυτά αποδίδονται με μια παράμετρο, που ο ορισμός της είναι αρκετά πολύπλοκος και η εκτίμηση της αρκετά δύσκολη: Πρόκειται για την παράμετρο Hurst, h , που παίρνει τιμές στο διάστημα $0 \leq h \leq 1$. Ο Hurst εξέτασε περίπου 800 ιστορικές χρονοσειρές υδρολογικών και γεωφυσικών μεταβλητών, από διάφορα μέρη της γής, με μεγέθη από 40 μέχρι 2000 έτη, και βρήκε ότι η παράμετρος h γι' αυτές κυμαίνεται από 0.46 μέχρι 0.96 με μέση τιμή 0.73 και τυπική απόκλιση 0.09. Αντίθετα, όπως θεωρητικά αποδεικνύεται, τα μοντέλα ARMA δίνουν συντελεστές h που ασυμπτωτικά τείνουν στην τιμή $h = 0.5$ για μεγάλο μέγεθος δείγματος. Ο Hurst απέδωσε την αναντιστοιχία αυτή στο γεγονός ότι οι ιστορικές χρονοσειρές εμφανίζουν πολύ μεγάλη μνήμη. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην εισαγωγή και χρήση μιας άλλης κατηγορίας μοντέλων, που λέγονται μοντέλα κλασματικού γκαουσιανού θορύβου (fractional gaussian noise - FGN), με τα οποία αντί της διατήρησης (τμήματος) της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης, επιδιώκεται η διατήρηση του συντελεστή h . Οι συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης που προκύπτουν από τα μοντέλα FGN οδηγούν σε άπειρη εμμονή, ενώ δεν είναι δυνατή η παραγωγή χρονοσειράς με καθορισμένη εκ των προτέρων συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (πέρα από τη διατήρηση του συντελεστή ρ_1 , που είναι κατ' αρχήν δυνατή). Σημειώνεται ότι η προσομοίωση των εισροών με μοντέλα FGN είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα,

(οι υπολογιστικοί χρόνοι συγκρινόμενοι με τους αντίστοιχους χρόνους των μοντέλων ARMA μπορεί να είναι μεγαλύτεροι κατά 10^3 φορές ή και περισσότερο).

Δύο ακόμη κατηγορίες μοντέλων έχουν αποδειχτεί ότι μπορούν να διατηρήσουν το συντελεστή Hurst, εισάγοντας τα χαρακτηριστικά μεγάλης μνήμης στις παραγόμενες χρονοσειρές. Πρόκειται για τα μοντέλα ανελίξεων τεθλασμένης γραμμής (broken-line processes) και τα μοντέλα ARIMA, κάτω από ειδικές συνθήκες.

Επισημαίνεται τέλος ότι το βασικό συμπέρασμα του Hurst για την πολύ μεγάλη μνήμη των ιστορικών χρονοσειρών έχει αμφισβητηθεί (WMO, 1983) με το επιχείρημα ότι οι ανακαλύψεις του Hurst είναι δυνατό να αποδοθούν π.χ. σε μη μονιμότητα της μέσης τιμής της χρονοσειράς, η οποία μπορεί να είναι το αποτέλεσμα κλιματικών αλλαγών, ανθρωπίνων δραστηριοτήτων ή απλώς της ανομογένειας των δεδομένων.

8.3. Γενικές αρχές μοντελοποίησης υδρολογικών μεταβλητών συστήματος ταμιευτήρων ύδρευσης Αθηνών

8.3.1. Βασικές παρατηρήσεις και παραδοχές

1. Το τελικό υδροδοτικό σύστημα περιλαμβάνει τρεις θέσεις κύριων ταμιευτήρων (τους υφιστάμενους ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης, και το μελλοντικό ταμιευτήρα Ευήνου) και υπάρχει έντονη στοχαστική εξάρτηση κάθε υδρολογικής μεταβλητής στις διάφορες θέσεις. Κατά συνέπεια είναι επιβεβλημένη η χρήση πολυδιάστατων μοντέλων υδρολογικής προσομοίωσης.
2. Το κύριο μέγεθος που ενδιαφέρει είναι προφανώς η απορροή της κάθε λεκάνης, δηλαδή η εισροή σε κάθε ταμιευτήρα.
3. Οι όγκοι της βροχόπτωσης και της εξάτμισης εξαρτώνται από την επιφάνεια του ταμιευτήρα, και σε τελική ανάλυση από τη στάθμη του. Κατά συνέπεια οι όγκοι αυτοί μπορούν να προσδιοριστούν μόνο στη φάση της προσομοίωσης του συστήματος ταμιευτήρων. Στη φάση της προσομοίωσης των υδρολογικών

μεταβλητών παράγονται χρονοσειρές ύψους βροχής και ύψους εξάτμισης.

4. Οι απώλειες υπόγειων διαφυγών είναι σημαντικές για τον ταμιευτήρα Μόρνου και ακόμα πιο σημαντικές για τον ταμιευτήρα Υλίκης. Για τους εναλλακτικούς ταμιευτήρες Ευήνου δε μπορεί να γίνει από τώρα εκτίμηση των απωλειών, αλλά πάντως αναμένεται ότι θα είναι μικρές (μικρότερες από την αβεβαιότητα των υδρολογικών υπολογισμών) και γι' αυτό θα αγνοηθούν. Οι απώλειες του Μόρνου μπορούν να περιγραφούν ικανοποιητικά, χωρίς σημαντικό σφάλμα, με μια σχέση στάθμης-όγκου απωλειών. Αντίστοιχη σχέση έχει προκύψει και για την Υλίκη, με τη διαφορά ότι υπάρχει σημαντική διασπορά των σημείων γύρω από τη σχέση αυτή. Η διασπορά αυτή λαμβάνεται υπόψη για την προσομοίωση, και η απώλεια της Υλίκης θα θεωρηθεί ως τυχαία μεταβλητή, με μέση τιμή εξαρτώμενη από τη στάθμη και διασπορά σταθερή. Λόγω της εξάρτησης των απωλειών από τη στάθμη των ταμιευτήρων, η προσομοίωση τους έχει υπαχθεί στην επόμενη φάση της προσομοίωσης του συστήματος ταμιευτήρων.
5. Η απορροή και η βροχόπτωση εμφανίζουν (προφανώς) έντονη στοχαστική εξάρτηση μεταξύ τους, και γι' αυτό η προσομοίωσή τους δε μπορεί να γίνει ανεξάρτητα, αλλά συνδυασμένα.
6. Η εξάτμιση δεν είναι στοχαστικά εξαρτημένη με τη βροχόπτωση και την απορροή, και γι' αυτό η προσομοίωσή της μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από την προσομοίωση των άλλων δύο.
7. Η προσομοίωση γίνεται σε μηνιαία βάση. Η χρονική αυτή βάση είναι υπερεπάρκής για την παρακολούθηση και της ετήσιας και της υπερετήσιας ρύθμισης των ταμιευτήρων. Λόγω της σαφούς υπεροχής των χωρητικότητων για υπερετήσια ρύθμιση, σε σχέση με αυτές για ετήσια ρύθμιση, οι κρίσιμες χρονοσειρές είναι οι ετήσιες, ενώ οι μηνιαίες είναι δευτερεύουσες.
8. Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των ετήσιων χρονοσειρών που εξετάστηκαν δε διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν. Ειδικότερα οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των απορροών είναι πολύ

μικροί, (0 ± 0.17). Αυτό σημαίνει ότι οι απορροές δε χαρακτηρίζονται από σημαντική εμμονή. Εν πάση περιπτώσει, κατά την προσομοίωση των εισροών επιδιώκεται η διατήρηση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης των απορροών. Αντίθετα οι αντίστοιχοι συντελεστές των βροχών θεωρούνται ίσοι με μηδέν, πράγμα που δικαιολογείται θεωρητικά. Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης ρ_i των εξατμίσεων έχουν τιμές από -0.06 μέχρι 0.26 , και οι τιμές αυτές επιδιώκεται να διατηρηθούν.

9. Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των μηνιαίων εισροών είναι εν γένει σημαντικοί (τους θερινούς μήνες φθάνουν την τιμή 0.80) και επιδιώκεται η διατήρησή τους. Αντίθετα, οι αντίστοιχοι συντελεστές για τις βροχές είναι ασήμαντοι (όπως άλλωστε αναμενόταν) και γι' αυτό θεωρούνται ίσοι με μηδέν. Τέλος οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των εξατμίσεων είναι σε μερικές περιπτώσεις αρκετά υψηλοί (μέχρι 0.85).
10. Η κατανομή γάμα δύο παραμέτρων, με παραμέτρους που υπολογίζονται με τη μέθοδο των ροπών (από τη μέση τιμή και διασπορά) προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα δείγματα ετήσιων και μηνιαίων βροχών και απορροών. Επειδή τα μεγέθη των δειγμάτων είναι πολύ μικρά για ασφαλείς εκτιμήσεις της τρίτης ροπής, θεωρείται ότι ο συντελεστής ασυμμετρίας κάθε μεταβλητής είναι αυτός που προκύπτει θεωρητικά για την κατανομή γάμα 2 παραμέτρων. Αντίθετα για τις εξατμίσεις είναι γενικά δεκτή η κανονική κατανομή.

8.3.2. Γενικό σχήμα προσομοίωσης της απορροής-βροχής

Το γενικό σχήμα που υιοθετήθηκε για τη συνδυασμένη προσομοίωση απορροής-βροχής συνίσταται από

- Ένα Μαρκοβιανό μοντέλο ετήσιων απορροών 6 διαστάσεων (2 μεγέθη $\times 3$ θέσεις) το οποίο διατηρεί τους συντελεστές ετήσιας αυτοσυσχέτισης ρ_i , τους συντελεστές ετεροσυσχέτισης (βροχής-βροχής, απορροής-απορροής, απορροής-βροχής σε όλους τους συνδυασμούς θέσεων) καθώς και τις τρεις πρώτες ροπές των περιθωρίων κατανομών κάθε μεταβλητής (μέση τιμή -

διασπορά - ασυμμετρία).

- Ένα Μαρκοβιανό μοντέλο επιμερισμού ετήσιων σε μηνιαίες απορροές, 6 διαστάσεων και 12 τμηματικών μεταβλητών, ήτοι συνολικά 72 μεταβλητών. Το μοντέλο αυτό διατηρεί τις ίδιες ομάδες στατιστικών χαρακτηριστικών για κάθε μήνα, και επί πλέον διατηρεί τη λεγόμενη προσθετική ιδιότητα (το άθροισμα των μηνιαίων τιμών σε ένα έτος είναι ίσο με την ετήσια τιμή).

Η δομή αυτή του μοντέλου δύο φάσεων αν και είναι πολλαπλώς πολυπλοκότερη, προτιμήθηκε από την απευθείας παραγωγή μηνιαίων τιμών και στη συνέχεια την άθροισή τους για παραγωγή ετήσιων τιμών, γιατί η άμεση, σε πρώτη φάση, παραγωγή των ετήσιων χρονοσειρών υπερτερεί στα εξής:

- α) Αποφεύγονται τα σφάλματα που υπάρχουν στις εκτιμήσεις των μηνιαίων στατιστικών χαρακτηριστικών. Οι συνδυασμοί σφαλμάτων και αποκλίσεων θα μπορούσε να δώσουν πολλαπλασιαστικές αποκλίσεις για τις ετήσιες χρονοσειρές.
- β) Με τη χρησιμοποίηση πολυδιάστατου μοντέλου σε μηνιαία βάση και στη συνέχεια άθροιση των μηνιαίων τιμών για την εξαγωγή ετήσιων, είναι σχεδόν αδύνατο να διατηρηθούν οι πολύ σημαντικές ιδιότητες της εμμονής. Αυτή η μέθοδος θα οδηγούσε σε πρακτικά μηδενικούς συντελεστές αυτοσυσχέτισης των ετήσιων τιμών.
- γ) Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι ετήσιες χρονοσειρές, και όχι οι μηνιαίες, είναι κρίσιμες για τη μελέτη μας.

Το μαρκοβιανό μοντέλο ετήσιων εισροών θεωρείται επαρκές λόγω των χαμηλών συντελεστών αυτοσυσχέτισης που παρατηρήθηκαν (μικρή εμμονή). Η χρήση μοντέλων FGN κλπ. για τη διατήρηση συντελεστών Hurst (που άλλωστε δε θα ήταν εύκολο να εκτιμηθούν) δε θα είχε νόημα στην περίπτωση των μικρών συντελεστών αυτοσυσχέτισης. Εξ άλλου δεν είναι βέβαιο αν με τέτοια μοντέλα μακράς μνήμης είναι δυνατό να παράγουμε χρονοσειρές με τόσο μικρούς συντελεστές αυτοσυσχέτισης.

Οι όροι διατήρησης των χαρακτηριστικών των μηνιαίων χρονοσειρών που τέθηκαν είναι απόλυτα ικανοποιητικοί, δεδομένου μάλιστα ότι οι χρονοσειρές αυτές είναι δευτερεύουσας σημασίας (π.χ. δε θα επηρέαζε σε τίποτα ένας όρος για τη διατήρηση συντελεστών αυτοσυσχέτισης μεγαλύτερου βήματος).

Σε σχέση με τους λόγους που μας οδήγησαν στην υιοθέτηση ενός μοντέλου συνδυασμένης προσομοίωσης της απορροής και της βροχόπτωσης αντί ενός τυπικού μοντέλου βροχής-απορροής στο οποίο η βροχή θα ήταν η είσοδος και η απορροή η έξοδος, έχουμε να παρατηρήσουμε τα ακόλουθα:

- Όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων κατά το Α' μέρος του ερευνητικού έργου, τα βροχομετρικά δεδομένα είναι γενικά μειωμένης αξιοπιστίας, ενώ υπάρχουν και αναντιστοιχίες μεταξύ των δεδομένων βροχής και παροχής.
- Τα μεγέθη των δειγμάτων της βροχής δεν ήταν σημαντικά μεγαλύτερα αυτών της απορροής (26 έναντι 20 έτη για τις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου). Εξ άλλου η τυχόν στατιστική επέκταση των δειγμάτων απορροής με βάση τα μεγαλύτερα δείγματα βροχής θα οδηγούσε σε υποεκτιμήσεις των διασπορών των δειγμάτων απορροής, οι οποίες είναι απαραίτητο να εκτιμηθούν με τη μεγαλύτερη δυνατή αμεροληψία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση.
- Η χρήση ενός στοχαστικού μοντέλου βροχής-απορροής τύπου μαύρου κουτιού (black box) δε θα έδινε μεγαλύτερη αξιοπιστία στην προσομοίωση της απορροής. Ουσιαστικά το μοντέλο που υιοθετήθηκε υπερτερεί από ένα τέτοιο μοντέλο, γιατί αφ' ενός λαμβάνει υπόψη τις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ βροχής και απορροής και τις αυτοσυσχετίσεις της κάθε χρονοσειράς, ενώ παράλληλα θεωρεί τις χρονοσειρές της απορροής ως πρωτεύουσα πληροφορία και όχι ως παράγωγη της βροχομετρικής πληροφορίας
- Η χρήση ενός εννοιολογικού (conceptual) μοντέλου βροχής-απορροής, είναι πιθανό ότι θα έδινε ικανοποιητικές χρονοσειρές απορροής, υπό τις προϋποθέσεις ότι (α) θα εφαρμόζονταν σε ημερήσια χρονική κλίμακα και (β) τα

βροχομετρικά δεδομένα θα ήταν επαρκώς αξιόπιστα και σε πλήρη αντιστοιχία με τα δεδομένα απορροής, ώστε να μπορεί να γίνει σωστή ρύθμιση του μοντέλου. Ο δεύτερος όρος όμως δεν εκπληρώνεται, ενώ η ημερήσια χρονική κλίμακα δεν είναι απαραίτητη για την προσομοίωση του συστήματος ταμιευτήρων. Επίσης το όφελος από μια τέτοια αρκετά επίπονη προσπάθεια δεν θα ήταν σημαντικό, λόγω της μικρής διαφοράς των χρονικών μεγεθών των δειγμάτων βροχής και απορροής που προαναφέρθηκε. Για τους λόγους αυτούς εγκαταλείφθηκε και αυτή η προσέγγιση του θέματος.

- Ένας τελευταίος λόγος που συνηγορεί υπέρ της απόρριψης της προσέγγισης του τυπικού μοντέλου βροχής-απορροής, είναι το γεγονός ότι μια τέτοια προσπάθεια είχε γίνει παλιότερα για τον ταμιευτήρα Μόρνου από την Lahmeyer, με αποτελέσματα που δεν ανταποκρίνονταν στην πραγματικότητα.

Το ίδιο σχήμα προσομοίωσης που υιοθετήθηκε, εφαρμόζεται επίσης και για τις εξατμίσεις, και αυτό είναι ένα επιπλέον πλεονέκτημα του σχήματος. Στην περίπτωση αυτή το μοντέλο είναι τριών διαστάσεων (3 θέσεις ταμιευτήρων).

8.4. Εισαγωγή στη μέθοδο παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών

8.4.1. 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 περίπτωση που ενδιαφερόμαστε για την απορροή και βροχή στις τρεις λεκάνες (Ευήνου-Μόρνου-Υλίκης) το διάνυσμα $\underline{X}^t$ περιλαμβάνει 6 συνιστώσες ($n = 2$ μεγέθη * 3 λεκάνες) ενώ στην περίπτωση των εξατμίσεων περιλαμβάνει 3 συνιστώσες ($n = 1$ μέγεθος * 3 λεκάνες).

Η παραγωγή οσωνδήποτε συνθετικών τιμών των μεταβλητών $\underline{X}^t$ (έστω N), δηλαδή ο σχηματισμός παράλληλων συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών μιας περιόδου N ετών (εδώ $N=5000$), μπορεί να γίνει με αναδρομική εφαρμογή της ακόλουθης σχέσης που χαρακτηρίζει το Μαρκοβιανό μοντέλο.

$$\underline{X}^t = \underline{a}^t \underline{X}^{t-1} + \underline{b}^t \underline{V}^t \quad (8.6)$$

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_1^t

- Μέσες τιμές
- Διασπορές
- Συντελεστές ασυμμετρίας
- Συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης ρ_1^t (μεταξύ των μεταβλητών X_1^t και X_1^{t-1})
- Συντελεστές ετεροσυσχέτισης r_{11}^t (μεταξύ των μεταβλητών X_1^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.

8.4.2. Γενική περιγραφή του μοντέλου επιμερισμού

Με δεδομένες τις (συνθετικές) ετήσιες χρονοσειρές των υδρολογικών μεταβλητών, οι οποίες παράγονται με το μοντέλο της προηγούμενης παραγράφου στο επιθυμητό μήκος (εδώ 5.000 χρόνια), 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

$$\sum_{j=1}^k X_{ij}^t = Z_i^t, \quad i = 1 \dots n, \quad (8.7)$$

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 ρ_{ij}^t μεταξύ των μηνιαίων μεταβλητών X_{ij}^t και $X_{i,j-1}^t$
- Συντελεστές ετεροσυσχέτισης r_{1ij}^t μεταξύ των μεταβλητών X_{ij}^t και X_{1j}^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.

8.5. Τελικές στατιστικές εκτιμήσεις υδρολογικών μεταβλητών

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για την προσομοίωση των υδρολογικών μεταβλητών του συστήματος ενδιαφέρουν τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ακόλουθων μεγεθών:

- Των απορροών στις τρεις λεκάνες Ευήνου, Μόρνου και Υλίκης.
- Των άμεσων βροχοπτώσεων στις τρεις λεκάνες κατάκλυσης των ταμιευτήρων Ευήνου, Μόρνου και Υλίκης.
- Των εξατμίσεων από τους ταμιευτήρες Ευήνου, Μόρνου, Υλίκης.

Από τα διαθέσιμα ιστορικά δείγματα των μεγεθών αυτών στις τρεις λεκάνες απορροής (βλ. κεφ. 5, 6 και 7) υπολογίστηκαν με τις γνωστές μεθοδολογίες τα στατιστικά τους χαρακτηριστικά σε μηνιαία και ετήσια βάση. Στον πίνακα 8.1 συνοψίζονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά σε ετήσια βάση (σε mm), ενώ τα αντίστοιχα μηνιαία χαρακτηριστικά σε μηνιαία βάση φαίνονται στα Συμπληρώματα του

τεύχους 13.

Για την αναγωγή των χαρακτηριστικών αυτών σε όγκους χρησιμοποιούνται τα εμβαδά των αντίστοιχων λεκανών απορροής, που φαίνονται στον πίνακα 8.2. Η αναγωγή των βροχοπτώσεων και εξατμίσεων στις θέσεις των λεκανών κατάκλυσης, μπορεί να γίνει με βάση τους συντελεστές του πίνακα 8.3.

Τέλος στον πίνακα 8.1 φαίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης των μέσων τιμών των υδρολογικών μεταβλητών, όπως προέκυχαν από τα αντίστοιχα δείγματα.

Το θέμα των περιθωρίων συναρτήσεων κατανομής έχει εξεταστεί αναλυτικά στο τεύχος 13. Συμπερασματικά προέκυψε ότι η κατανομή γάμα 2 παραμέτρων είναι κατάλληλη για την περιγραφή των απορροών και βροχών σε όλες τις λεκάνες, σε μηνιαία και ετήσια βάση, ενώ οι εξατμίσεις περιγράφονται καλύτερα από την κανονική κατανομή σε μηνιαία και ετήσια βάση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1
ΤΕΛΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ (mm)

Λεκάνη απορροής	Εύηνος (Περίστα)			Μόρνος			Υλίκη		
	Απορροή	Βροχή	Εξάτμιση	Απορροή	Βροχή	Εξάτμιση	Απορροή	Βροχή	Εξάτμιση
Μέγεθος δείγματος	20	26	18	19	26	18	23	34	32
Μέση τιμή	920.9	1463.3	1285.7	573.0	1504.3	1309.0	165.8	466.4	1363.8
Τυπική απόκλιση	318.2	262.3	103.3	139.8	236.2	54.1	57.6	91.3	58.9
Ανω όριο εκτίμησης μέσης τιμής για $\alpha = 95\%$	1070.3	1569.3	1337.1	640.4	1599.7	1335.9	190.8	498.2	1385.0
Κάτω όριο εκτίμησης μέσης τιμής για $\alpha = 95\%$	771.5	1357.3	1234.3	505.6	1408.9	1282.1	140.8	434.4	1342.6
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης	0.17	0.00	0.26	0.03	0.00	- 0.06	0.00	0.00	0.01

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Τα εμβαδά των λεκανών απορροής, που χρειάζονται για την αναγωγή των υψών του πίνακα σε όγκους, δίνονται στον πίνακα 8.2.
2. Η απορροή που αναφέρεται στη στήλη "Υλίκη" είναι ουσιαστικά η απορροή του Β. Κηφισού. Για την αναγωγή σε όγκο εισροών στην Υλίκη οι τιμές θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με επιφάνεια 2130.6 km^2 ($=1.06 \cdot 2010$).
3. Οι εξατμίσεις του πίνακα αντιστοιχούν στις λεκάνες κατάκλυσης των ταμειωτήρων και όχι στις λεκάνες απορροής. Για την αναγωγή των εξατμίσεων στον ταμειωτήρα Δενδροχωρίου χρησιμοποιείται ο συντελεστής του πίνακα 8.3.
4. Οι βροχές του πίνακα αντιστοιχούν στις λεκάνες απορροής. Για την αναγωγή των τιμών στις λεκάνες κατάκλυσης χρησιμοποιούνται οι συντελεστές του πίνακα 8.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2
ΕΜΒΑΔΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΕ km²

ΛΕΚΑΝΗ	ΕΜΒΑΔΟ
Μαραθώνα, ανάντη Φράγματος	119.7
Υλίκης μαζί με τη λεκάνη Βάγιας	421.9
Βάγιας	82.9
Παραλίμνης	74.5
Βοιωτικού Κηφισού	2010.0(*)
Μόρνου, ανάντη Φράγματος	557.5
Ευήνου, ανάντη Υ.Σ. Πόρου Ρηγανίου	884.0
Ευήνου, ανάντη Θ. Φρ. Περίστας	393.0
Ευήνου, ανάντη Θ. Φρ. Αγ. Δημητρίου	349.0
Ευήνου, ανάντη Θ. Φρ. Δενδροχωρίου	255.2

(*) Βλέπε και παρατήρηση 2 πίνακα 8.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ 8.1
ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

Μεταβλητή	Απορροή	Βροχή	Εξάτμιση
Μόρνος - Φράγμα	1.0	0.489	1.0
Εύηνος - Περίστα	1.0	0.793	1.0
Εύηνος - Αγ. Δημήτριος	1.0	0.794	1.0
Εύηνος - Δενδροχώρι	1.0	0.928	0.917
Υλίκη	1.0(*)	0.839	1.0

(*) Βλέπε και παρατήρηση 2 πίνακα 8.1

9. ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΟΥΣ

9.1 Γενικά

Η μελέτη των καταναλώσεων της ευρύτερης περιοχής ευθύνης της ΕΥΔΑΠ δεν αντιμετωπίστηκε σε λεπτομέρεια στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού έργου, αφού δεν υπήρχε σχετική πρόβλεψη στο συμβατικό αντικείμενο. Τα απαραίτητα για τη σύνταξη σεναρίων εξέλιξης της κατανάλωσης στοιχεία και παραδοχές βασίστηκαν, αφενός στους πίνακες δεδομένων κατανάλωσης της ΕΥΔΑΠ και αφετέρου σε συνθετική επισκόπηση άλλων μελετών, όπως των Haiste, Watson, Γκόφα, Υδρομηχανικής και ιδιαίτερα σε πρόσφατη μελέτη που συντάχθηκε από τον κ. Γ. Γερμανόπουλο, Δρα Πολ. Μηχανικό, στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος που η ΕΥΔΑΠ ανέθεσε στο τομέα ΥΠΥΘΕ του ΕΜΠ (το ερευνητικό πρόγραμμα αυτό δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί).

Πιό αναλυτικά τα στοιχεία και οι παραδοχές σχετικά με το θέμα των καταναλώσεων περιγράφονται στο τεύχος 12.

9.2 Ιστορικό των καταναλώσεων

Το ιστορικό των υδατικών καταναλώσεων της Αθήνας, φαίνεται χαρακτηριστικά στον πίνακα 9.1. Γενικά εμφανίζονται έντονοι ρυθμοί αύξησης, με διπλασιασμό περίπου των καταναλώσεων κάθε 10 χρόνια, με εξαίρεση τη δεκαετία του '40 που παρατηρήθηκε στασιμότητα. Κατά τη δεκαετία του '80 έχουμε σχετικά μικρότερους ρυθμούς αύξησης, ενώ τη διετία 1982-84 είχαμε και πτώση της κατανάλωσης που αποδίδεται στην επίδραση των τιμολογιακών αυξήσεων του 1982.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1
ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (10 ⁶ m ³)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1927 - 28	5.5	Υδρευση από το Αδριάνειο υδραγωγείο και μικροπηγές Πληθυσμός Αθήνας 395,891 και ευρύτερης περιφέρειας 802,000
1931 - 32	12.2	Εναρξη λειτουργίας υδραγωγείου Μαραθώνα
1940 - 41	22.3	Πληθυσμός Αθήνας 481,225 και ευρύτερης περιφέρειας 1,124,109
1950 - 51	22.8	Ετασιμότητα της κατανάλωσης μετά την απελευθέρωση και τον εμφύλιο
1960 - 61	69.6	Ευστηματική λειτουργία υδραγωγείου Υλίκης, που ολοκληρώθηκε το 1958. Πληθυσμός Αθήνας 627,564 και ευρύτερης περιφέρειας 1,851,709
1970 - 71	140.7	
1980 - 81	275.1	Εναρξη λειτουργίας υδραγωγείου Μόρνου Πληθυσμός ευρύτερης περιοχής 3,111,000
1981 - 89	366.8 (438.6)*	Συνδυασμός λειτουργίας υδραγωγείου Μόρνου και Υλίκης

* Η τιμή περιλαμβάνει και τις απώλειες των αγωγών μεταφοράς.

Το 1988-89 η κατανάλωση μετρημένη στα διυλιστήρια, φτάνει τα $366.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Το άθροισμα όμως των απολήψεων Μόρνου και Υλίκης το ίδιο έτος, μετρημένων στη σήραγγα Γκιώνας και του αντλιοστάσιο Μουρικίου, αντίστοιχα, φτάνει τα $438.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η διαφορά των $71.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 16% των ολικών απολήψεων οφείλεται είτε σε απώλειες και παράνομες υδροληψίες από τους αγωγούς, είτε σε ανακρίβειες στους υπολογισμούς των παροχών, είτε το πιθανότερο σε συνδυασμό και των δύο αυτών αιτιών. Αντίστοιχες διαφορές εμφανίζονται στα προηγούμενα χρόνια της δεκαετίας του '80 με μέση ποσοστιαία τιμή 14%.

Η κατανάλωση το εφετινό υδρολογικό έτος αναμένεται ότι θα διαμορφωθεί σε χαμηλότερα επίπεδα από το 1988-89, λόγω των πρόσφατων τιμολογιακών μέτρων και της ευαισθητοποίησης του κοινού. Μια καθαρή μείωση της τάξης του 15% φαίνεται πολύ πιθανή με τα τελευταία στοιχεία κατανάλωσης της ΕΥΔΑΠ.

Με βάση τα παραπάνω για το αμέσως επόμενο υδρολογικό έτος 1990-91, η κατανάλωση μετρημένη στις θέσεις υδροληψίας, αναμένεται να είναι 370 έως 385 * 10⁶ m³. Πράγματι θεωρώντας 3% γενική αυξητική τάση και 15% καθαρή μείωση για διάρκεια ενός έτους, προκύπτουν οι εξής τιμές ανάλογα με το ποιά τιμή θα αποτελέσει την αφετηρία.

$$(366.8/0.86) * 1.03 * 0.85 = 373.4 * 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$$

$$438.6 * 1.03 * 0.85 = 384.0 * 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$$

9.3 Σενάρια εξέλιξης της κατανάλωσης

Ας έρθουμε τώρα στις εκτιμήσεις για το πιο μακρινό μέλλον, παίρνοντας σαν ορίζοντα το 2010. Η μελέτη Γερμανόπουλου, μετά από λεπτομερείς αναλύσεις, καταλήγει στις ακόλουθες εκτιμήσεις:

Συνολικός πληθυσμός Αττικής: 4.55 εκατομμύρια κάτοικοι

Συνολική κατανάλωση (μετρημένη στα διύλιστήρια):

$$579.2 * 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$$

Οι εκτιμήσεις αυτές κρίνονται γενικά ως ρεαλιστικές, αλλά στο παρόν ερευνητικό έργο θεωρήθηκε αναγκαίο να μελετηθούν και εναλλακτικές παραδοχές, προκειμένου να συνταχθούν τρία πιθανά σενάρια (ανώτερο - μέσο - κατώτερο) εξέλιξης της κατανάλωσης. Οι παραδοχές αυτές, με ορίζοντα το 2010 συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Η εξέλιξη του πληθυσμού και οι προοπτικές επέκτασης του δικτύου της ΕΥΔΑΠ σε όλη την Αττική οδηγούν εναλλακτικά σε δύο εκτιμήσεις εξυπηρετούμενου συνολικού πληθυσμού 4.1 και 4.5 εκατομμυρίων κατοίκων το 2010. Η χαμηλότερη τιμή αποτελεί ρεαλιστική πιθανή πρόβλεψη και η ψηλότερη ανώτερο όριο με αυξημένη αξιοπιστία.
- Σχετικά με το επίπεδο της οικιακής κατανάλωσης εξετάζονται τρεις εναλλακτικές τιμές που περιλαμβάνουν καθαρή οικιακή κατανάλωση, μικροεπαγγελματικές χρήσεις και αρδεύσεις ιδιωτικών κήπων, 200, 220 και 250 lt/κατ/ημ. Η χαμηλότερη αποτελεί κατώτερο όριο συγκράτησης της κατανάλωσης, μετά από

άσκηση ανάλογης αυστηρής πολιτικής, τόσο σε τιμολογιακό όσο και επίπεδο ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των καταναλωτών. Η μέση εκτίμηση μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο ρεαλιστική, ενώ η ανώτερη τιμή μπορεί να θεωρηθεί ως ανώτατο όριο που θα φτάσουμε μετά από ενδεχόμενη ανατροπή του σημερινού κλίματος αντιμετώπισης της κατανάλωσης νερού.

- Για τις βιομηχανικές χρήσεις θεωρείται ότι σε κάθε περίπτωση είναι εύλογο το πάγωμά τους στα σημερινά επίπεδα των $32 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.
- Οι δημόσιες και δημοτικές χρήσεις κρίνεται ότι είναι άμεσα συνυφασμένες με την προοπτική βελτίωσης της ποιότητας ζωής στην πρωτεύουσα και γιαυτό εκτιμάται ότι πιθανότατα θα φτάσουν τα 50 lt/κατ/ημ.
- Οι διαρροές του δικτύου διανομής αντιμετωπίζονται με δύο εναλλακτικά ποσοστά 10% και 20% επί της συνολικής κατανάλωσης. Το χαμηλότερο ποσοστό αποτελεί αισιόδοξο στόχο που θα επιτευχθεί με ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης ενώ το ψηλότερο ευθυγραμμίζεται με διεθνείς εμπειρίες προηγμένων χωρών.
- Οι απώλειες στο σύστημα των αγωγών μεταφοράς, που με τα σημερινά δεδομένα εκτιμώνται στο 14%, θεωρείται εύλογο ότι θα περιοριστούν στο μισό (7%).

Με βάση όλα τα παραπάνω προκύπτουν τα σενάρια κατανάλωσης του 2010, που φαίνονται στον πίνακα 9.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2
ΣΕΝΑΡΙΑ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟ 2010

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΚΑΤΩΤΕΡΟ	ΜΕΣΟ	ΑΝΩΤΕΡΟ
Πληθυσμός (κάτοικοι)	4,100,000	4,100,000	4,500,000
Οικιακή κατανάλωση (lt/κατ/ημ)	200	220	250
" " (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	300	329	410
Βιομηχ. κατανάλωση (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	32	32	32
Δημόσια και δημοτική (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	75	75	83
Λοιπά	10	10	10
ΣΥΝΟΛΟ (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	417	446	535
Απώλειες δικτύου διανομής	10%	20%	20%
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	463	557	669
Απώλειες εξωτερικού δικτύου	7%	7%	7%
ΑΠΟΛΗΨΗ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	500	600	720

Με την επί πλέον παραδοχή γραμμικής αύξησης της κατανάλωσης από το 1990-91, προκύπτουν τα ακόλουθα σενάρια εξέλιξης της κατανάλωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.3
ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΚΑΤΩΤΕΡΟ	ΜΕΣΟ	ΑΝΩΤΕΡΟ
Κατανάλωση έτους 1990-91 (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	385	385	385
Κατανάλωση έτους 2010-11 (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	500	600	720
ΕΤΗΣΙΑ αύξηση κατανάλωσης (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	5.8	10.8	16.8
ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ αύξηση επί της τιμής του 1990-91	1.5%	2.8%	4.4%

10. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

10.1. Διάρθρωση του συστήματος

Το μοντέλο προσομοίωσης που καταρτίστηκε για το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας περιλαμβάνει τους κύριους ταμιευτήρες και τα υδραγωγεία, σημερινά και μελλοντικά, και συγκεκριμένα:

- Τους σημερινούς ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης
- Ένα υπό μελέτη ταμιευτήρα στον Εύηνο
- Ένα ενδεχόμενο ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα (πιθανότατα στη λεκάνη του ποταμού Ασωπού)
- Τον υφιστάμενο υδαταγωγό Μόρνου-Αθήνας μέχρι τον Κιθαιρώνα
- Το υφιστάμενο υδραγωγείο Υλίκης μέχρι το Κακοσάλεσι
- Ένα υπό μελέτη αγωγό (σήραγγα) Ευήνου-Μόρνου, και
- Ένα δεύτερο ενισχυτικό υδραγωγείο που ξεκινά από την Υλίκη και συμβάλλει είτε στον υδαταγωγό Μόρνου, στον κόμβο Κιθαιρώνα, είτε στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.

Εννοείται ότι εξετάστηκαν διάφοροι συνδυασμοί (σενάρια) των πιά πάνω έργων.

Οι κόμβοι του συστήματος που θεωρείται ότι δέχονται εισροές είναι οι ταμιευτήρες Ευήνου, Μόρνου και Υλίκης. Το σύστημα αναλύεται διεξοδικά στις επόμενες παραγράφους.

Κατά τη μοντελοποίηση του συστήματος δεν εντάχτηκαν σε αυτό τα ακόλουθα έργα:

- Ο ταμιευτήρας Μαραθώνα, ο οποίος θεωρήθηκε ότι καλύπτει μόνο ανάγκες ασφάλειας έναντι έκτακτων περιστατικών, και κατά συνέπεια δεν έχει ρυθμιστικό ρόλο (βλ. και παρ. 10.9).

- Το σύστημα ενωτικών αγωγών μεταφοράς κατάντη των κόμβων Κιθαιρώνα και Κακοσάλεσι. Είναι γνωστό ότι το σύστημα αυτό είναι επαρκές για τις σημερινές συνθήκες υδροδότησης, αλλά δε θα επαρκέσει σε μελλοντική επέκταση του συστήματος, και κατά συνέπεια χρειάζεται περαιτέρω μελέτη που εκφεύγει από τους σκοπούς της έρευνας αυτής (π.χ. ο αγωγός Κιθαιρώνα-Διύλιστηρίων Μενιδίου που έχει παροχетеυτικότητα $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ δεν μπορεί να εξυπηρετήσει την επέκταση του συστήματος προς τον Εύηνο).
- Γενικά δεν παίρνονται υπόψη οι πρόσθετες και οι εφεδρικές πηγές, όπως οι αντλήσεις από τον Ασωπό, οι εισροές στον ταμιευτήρα Μαραθώνα, οι αντλήσεις από γεωτρήσεις κλπ. Ειδικότερα το μοντέλο έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί και αυτές τις πηγές αλλά στο κύριο μέρος των υπολογισμών και εκτιμήσεων αυτές αγνοήθηκαν, θεωρώντας ότι παρέχουν μια πρόσθετη ασφάλεια στο σύστημα, η οποία δεν εκτιμάται αναλυτικά (βλέπε και παράγραφο 10.8) Μόνο στην περίπτωση της αποτίμησης της σημερινής κατάστασης του δικτύου από άποψη επάρκειας έχουν χρησιμοποιηθεί οι πρόσθετες πηγές, με σκοπό να αποκτηθεί η πληρέστερη δυνατή ποσοτική εικόνα των κινδύνων ανεπάρκειας του συστήματος.

10.2. Ταμιευτήρας Μόρνου

Οι εισροές στον ταμιευτήρα περιλαμβάνουν την απορροή του ποταμού Μόρνου, τη βροχόπτωση πάνω στη λεκάνη κατάκλυσης και την εισροή από τον Εύηνο, μέσω του αγωγού εκτροπής. Οι εκροές περιλαμβάνουν την απόληψη μέσω της σήραγγας Γκιώνας, την εξάτμιση, τις υπόγειες διαφυγές και τις υπερχειλίσεις. Η απορροή του ποταμού Μόρνου και η βροχόπτωση, καθώς και η εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα έχουν προσδιοριστεί υπό μορφή συνθετικών χρονοσειρών κατά το στάδιο της υδρολογικής προσομοίωσης. Τα υπόλοιπα μεγέθη εισροών και εκροών προσδιορίζονται κατά το στάδιο της προσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος.

Οι απολήψεις από τον ταμιευτήρα Μόρνου διατίθενται αποκλειστικά

για την ύδρευση της Αθήνας και δεν προβλέπονται αρδευτικές χρήσεις. Οι διαφυγές από τον ταμιευτήρα Μόρνου προσδιορίζονται από μια γραμμική συνάρτηση της στάθμης, η οποία περιγράφεται στην παράγραφο 5.5.

Ως ελάχιστη στάθμη του ταμιευτήρα θεωρήθηκε αυτή που εξασφαλίζει ροή με βαρύτητα στη σήραγγα Γκιώνας. Το κατώφλι της υδροληψίας είναι στα +377 m και η διάμετρος της σήραγγας είναι 3.20 m. Για να εξασφαλίζεται η παροχή στη σήραγγα των $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ κατά μέγιστο, θεωρήσαμε ότι η στάθμη νερού στον ταμιευτήρα πρέπει να είναι στα +382.0 m, που αντιστοιχεί σε όγκο $118.6 * 10^6 \text{ m}^3$. Η μέγιστη στάθμη λειτουργίας του ταμιευτήρα είναι στα +435 m που αντιστοιχεί σε όγκο $762 * 10^6 \text{ m}^3$. Κατά συνέπεια ο ωφέλιμος όγκος του ταμιευτήρα είναι $643.4 * 10^6 \text{ m}^3$.

Ειδικά για την εξέταση κινδύνων ανεπάρκειας του συστήματος σε κρίσιμες περιόδους όπως η σημερινή, θεωρήθηκε ότι η στάθμη λειτουργίας μπορεί να κατεβεί και κάτω από τα +382.0, μετά από εγκατάσταση αντλιοστασίου. Στην περίπτωση αυτή θεωρήθηκε ελάχιστη στάθμη στα +362 m που αντιστοιχεί σε όγκο $40 * 10^6 \text{ m}^3$ περίπου.

10.3. Λίμνη Υλίκη

Οι εισροές στη λίμνη αποτελούνται από την απορροή του Β. Κηφισού, την απορροή της λεκάνης Υλίκης, που θεωρήθηκε ως ποσοστό 6% της απορροής του Β. Κηφισού και τη βροχόπτωση στην επιφάνεια της λίμνης. Τόσο οι εισροές όσο και η εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης έχουν προσδιοριστεί υπό μορφή συνθετικών χρονοσειρών κατά το στάδιο της υδρολογικής προσομοίωσης.

Οι υπόγειες διαφυγές θεωρήθηκε ότι προσδιορίζονται από μια δευτεροβάθμια πολυωνυμική συνάρτηση της στάθμης, στην οποία προστίθεται και μια τυχαία συνιστώσα (βλ. παρ. 7.5).

Στην Υλίκη είναι υποχρεωτική, σύμφωνα με την απόφαση ΥΠΓΕ Ε/4256/1955, η εξασφάλιση $50 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως για την άρδευση της Κωπαΐδας. Στο μοντέλο έγινε κατάλληλη πρόβλεψη για την εξασφάλιση αυτής της ποσότητας, εκτός από περιπτώσεις κρίσιμων καταστάσεων

όπως η σημερινή οπότε θεωρήθηκε ότι διατίθεται μικρότερη ποσότητα, όπως αναλυτικά αναφέρεται στα κεφάλαια 13 και 14.

Με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα κατανάλωσης η απόληψη του όγκου για την άρδευση της Κωπαΐδας θεωρήθηκε ότι πραγματοποιείται σε 5 μήνες του έτους με την κατανομή του πίνακα 10.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1

ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΩΠΑΪΔΑΣ
(συντελεστές ανισοκατανομής της ζήτησης)

ΟΚΤ.	0	ΦΕΒ.	0	ΙΟΥΝ.	2.11
ΝΟΕΜ.	0	ΜΑΡ.	0	ΙΟΥΛ.	4.78
ΔΕΚ.	0	ΑΠΡ.	0.31	ΑΥΓ.	3.94
ΙΑΝ.	0	ΜΑΙΟΣ	0.86	ΣΕΠΤ.	0

Ο πυθμένας της λίμνης βρίσκεται στα +40 m, ενώ η στάθμη υπερχείλισης προς τη διώρυγα Μουρικίου βρίσκεται κανονικά στα +77.7 m. Όμως η διώρυγα συνήθως φράσσεται με πασσαλοσανίδες και έτσι η συνήθως μέγιστη στάθμη είναι στα +80 m, που αντιστοιχεί σε ολικό όγκο $597.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ανάλογα με το ποιά θα θεωρηθεί ως ελάχιστη στάθμη της λίμνης προκύπτουν οι διάφορες τιμές του νεκρού και του ωφέλιμου όγκου του πίνακα 10.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ
ΝΕΚΡΟΙ ΚΑΙ ΩΦΕΛΙΜΟΙ ΟΓΚΟΙ

ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΝΕΚΡΟΣ ΟΓΚΟΣ $\cdot 10^6 \text{ m}^3$	ΩΦΕΛΙΜΟΣ ΟΓΚΟΣ $\cdot 10^6 \text{ m}^3$
+ 43	Ελάχιστη στάθμη που μπορεί κατά την ΕΥΔΑΠ να επιτευχθεί με εγκατάσταση πλωτών αντλιοστασίων	10.0	587.5
+ 47	Στάθμη που έχει επιτευχθεί στο παρελθόν με εγκατάσταση πλωτών αντλιοστασίων και αποβαθρών	39.5	558.0
+ 55	Στάθμη που μπορεί να επιτευχθεί με οικονομικό τρόπο, χωρίς ειδικά έργα (αποβάθρες κλπ.)	128.8	468.7
+ 58	Στάθμη ασφαλείας που κατά το ΙΓΜΕ δε δημιουργεί προβλήματα λειψυδρίας στις παρακείμενες πηγές	171.0	426.5

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε ως ελάχιστη η στάθμη των +43.0 m. Ειδικά στο αντικείμενο του τεύχους 8 έχουν χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά και οι άλλες ελάχιστες στάθμες του πίνακα 10.2.

Στο μοντέλο έγινε κατάλληλη πρόβλεψη ώστε στην Υλίκη να τηρείται ένα απόθεμα ασφάλειας, για την περίπτωση βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου, (βλ. παρ. 10.9), καθώς και ένα απόθεμα αρκετό για την κάλυψη των απολήψεων για άρδευση της Κωπαΐδας για ένα τουλάχιστον εξάμηνο.

Έτσι, άντληση νερού από την Υλίκη για την Αθήνα πραγματοποιείται μόνο όταν το απόθεμα νερού στην Υλίκη υπερκαλύπτει αθροιστικά τον όγκο ασφάλειας και ένα απόθεμα για άρδευση της Κωπαΐδας (βεβαίως το απόθεμα για την Κωπαΐδα μηδενίζεται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες). Αντίστοιχα η άντληση νερού για την Κωπαΐδα πραγματοποιείται όταν το απόθεμα νερού στην Υλίκη υπερκαλύπτει το όγκο ασφάλειας της Αθήνας. Ειδικά για την περίπτωση που αδειάζει ο ταμιευτήρας Μόρνου, δεν έχει προφανώς νόημα η τήρηση αποθέματος ασφαλείας στην Υλίκη, και έτσι αντλείται κάθε διαθέσιμη ποσότητα μέχρι την ελάχιστη στάθμη.

10.4. Εναλλακτικοί ταμιευτήρες Ευήνου

Στη φάση αυτή της μελέτης δεν έχει οριστικοποιηθεί η θέση του ταμιευτήρα στον Ευήνο, αλλά ούτε και οι διαστάσεις του. Χρησιμοποιήθηκαν και οι τρεις εναλλακτικές θέσεις φραγμάτων Περίστας, Αγ. Δημητρίου και Δενδροχωρίου που είχαν προταθεί σε παλιότερες μελέτες. Για κάθε μια από τις θέσεις αυτές μελετήθηκαν φράγματα διαφόρων διαστάσεών, από απλά φράγματα εκτροπής μέχρι φράγματα για υπερετήσια ρύθμιση. Τα κύρια χαρακτηριστικά των εναλλακτικών ταμιευτήρων που μελετήθηκαν φαίνονται στον πίνακα 10.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.3
ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΗΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΕΥΗΝΟΥ

Θέση φράγματος	Οφέλιμη χωρητικότητα	Νεκρός όγκος	Στάθμη πυθμένα	Ελάχιστη στάθμη υδρο- ληψίας	Μέγιστη στάθμη λειτουργίας	Κατά προσέγγι- ση ύψος φράγ- ματος
Δενδροχώρι	10	17	560	619.0	628.8	74
	50	17	"	"	653.1	98
	100	17	"	"	672.6	118
	150	17	"	"	687.3	133
	252	17	"	"	709.9	155
Αγ. Δημήτριος	10	17	420	458.1	466.1	52
	50	17	"	"	490.2	76
	100	17	"	"	509.2	95
Περίστα	10	17	360	436.7	445.9	71
	50	17	"	"	468.0	93
	100	17	"	"	485.6	111
	150	17	"	"	494.8	120
	199	17	"	"	509.9	135

Διευκρινίζεται ότι σε κάθε μοντέλο λειτουργίας του συστήματος περιλαμβάνεται ένας μόνο από τους παραπάνω εναλλακτικούς ταμιευτήρες στον Εύηνο.

Οι εισροές στον ταμιευτήρα Ευήνου περιλαμβάνουν την απορροή του ποταμού, και τη βροχόπτωση στη λεκάνη κατάκλυσης. Και οι δύο αυτές μεταβλητές προσδιορίζονται κατά το στάδιο της υδρολογικής προσομοίωσης. Οι εκροές περιλαμβάνουν την εξάτμιση, που προσδιορίζεται κατά το στάδιο της υδρολογικής προσομοίωσης, και την απόληψη προς Μόρνο και την υπερχείλιση, που προσδιορίζονται κατά το στάδιο της προσομοίωσης του συστήματος. Εκτίμηση των υπόγειων διαφυγών του ταμιευτήρα δεν είναι δυνατό να γίνει στο παρόν στάδιο, αλλά θεωρείται ότι αυτές είναι αμελητέες (μικρότερες από την αβεβαιότητα των υδρολογικών υπολογισμών).

Τέλος θεωρήθηκε ότι ο ταμιευτήρας θα διατίθεται αποκλειστικά για υδρευτική χρήση. Στην παρούσα μελέτη η προσπάθεια ήταν να εκτιμηθεί η οριακή (μέγιστη) ποσότητα που μπορεί να διατεθεί από τον ταμιευτήρα για ύδρευση, χωρίς πρόβλεψη άλλων χρήσεων. Στην πορεία θα είναι ίσως δυνατό να αποδοθούν και άλλες χρήσεις, εφόσον υπάρχει επάρκεια των συνολικών υδατικών πόρων ως προς την

ύδρευση της Αθήνας. Έτσι θα είναι σκόπιμο να εξεταστεί η αρδευτική και η ενεργειακή χρήση, σε συνδυασμό και με την εξασφάλιση μιας ελάχιστης παροχής προς τα κατάντη για περιβαλλοντικούς λόγους.

Σημειώνεται πάντως ότι, ακόμα και στην περίπτωση κατασκευής του φράγματος Περίστας, η έκταση της υπολεκάνης που θα αξιοποιηθεί αποτελεί μικρό ποσοστό της συνολικής λεκάνης του Ευήνου (περίπου το 1/3), και έτσι δε θα υπάρξουν τόσο μεγάλες διαταραχές στις πιο κατάντη περιοχές, κοντά στην εκβολή του ποταμού.

10.5. Ταμιευτήρας αναρρύθμισης

Ηδη από το Α' μέρος του ερευνητικού έργου επισημάνθηκε η σημασία της κατασκευής ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης σε περιοχή όσο το δυνατόν πλησιέστερη στην Αθήνα. Ο ταμιευτήρας αυτός θα μπορεί να εξυπηρετήσει τις εξής τρεις σκοπιμότητες:

- α) Την τήρηση αποθεμάτων ασφάλειας έναντι βλάβης των υδραγωγείων,
- β) την ελαχιστοποίηση των υπόγειων διαφυγών της Υλίκης, εφόσον θα ήταν δυνατόν να μεταφέρονται εκεί σημαντικές ποσότητες νερού από την Υλίκη με επαρκείς ρυθμούς, και
- γ) τη μεγιστοποίηση των ετήσιων ποσοτήτων νερού που μπορούν να μεταφερθούν από τον υδαταγωγό Μόρνου.

Αναφορικά με τη σκοπιμότητα (γ) παρατηρούμε ότι υπό συνθήκες τροφοδοσίας της Αθήνας αποκλειστικά από τον υδαταγωγό Μόρνου, και με μέγιστο συντελεστή μηνιαίας ανισοκατανομής της ζήτησης $\lambda=1.21$ (= μέση κατανάλωση Ιουλίου προς μέση ετήσια κατανάλωση), η μεταφορική ικανότητα του υδαταγωγού Μόρνου μειώνεται από $725 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως ($= 23.0 \text{ m}^3/\text{sec} \cdot 86400 \text{ sec}/\eta\mu \cdot 365 \eta\mu$) σε $599 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως ($= 735 \cdot 10^6/1.21$). Στην πραγματικότητα η μείωση είναι ακόμη μεγαλύτερη, λόγω διακοπών στη λειτουργία του υδαταγωγού για συντήρηση, ενώ δεν μπορεί να θεωρηθεί ως εξασφαλισμένη και η παροχευετικότητα των $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$. Με την κατασκευή ενός

ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα που θα αποθήκευε νερό κατά τους χειμερινούς μήνες και θα το απέδιδε τους θερινούς, θα ήταν δυνατόν να αναιρεθεί σημαντικό τμήμα της πιο πάνω μείωσης. Επισημαίνουμε ότι η λίμνη Μαραθώνα, χωρητικότητας $40.8 * 10^6 \text{ m}^3$ δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό, αλλά θα πρέπει να διατεθεί αποκλειστικά για την ασφάλεια του συστήματος.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης πρέπει να μπορεί να τροφοδοτείται ταυτόχρονα και από το σύστημα Μόρνου-Ευήνου και από την Υλίκη. Ο καθορισμός της θέσης και των διαστάσεων ενός τέτοιου ταμιευτήρα δεν εμπίπτει στους στόχους του προγράμματος. Πιθανότατα η θέση του θα μπορούσε να τοποθετηθεί στη λεκάνη του Ασωπού. Η ωφέλιμη χωρητικότητα του θεωρήθηκε ίση με $100 * 10^6 \text{ m}^3$ που αντιστοιχεί περίπου στο 1/4 της σημερινής ετήσιας κατανάλωσης.

Σημειώνεται ότι η κατασκευή ενός τέτοιου ταμιευτήρα δε θεωρήθηκε ως ένα βέβαιο ενδεχόμενο, αλλά ως ένα από τα πολλά εναλλακτικά σενάρια που εξετάστηκαν και διερευνήθηκαν ως προς τις επιπτώσεις τους στο υδροδοτικό σύστημα.

Θεωρήθηκε ότι οι εισροές του ταμιευτήρα αναρρύθμισης προέρχονται αποκλειστικά από τα υδραγωγεία Μόρνου και Υλίκης, και η εκροή του οδηγείται συνολικά προς την Αθήνα. Δεν θεωρήθηκαν δηλαδή εισροές και εκροές υδρολογικού τύπου.

10.6. Κύρια υδραγωγεία του συστήματος

Από την άποψη της προσομοίωσης του συστήματος ενδιαφέρει η τοπολογία (διάταξη) και οι παροχετευτικότητες των κύριων αγωγών μεταφοράς του συστήματος. Η διάταξη των αγωγών φαίνεται στα σχήματα 2.1, 10.1 και 10.2.

Ο υδαταγωγός Μόρνου έχει σχεδιαστεί με παροχετευτικότητα $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$, μέχρι τον κόμβο Κιθαιρώνα. Μέχρι σήμερα όμως δεν έχει διαπιστωθεί ποιά είναι η πραγματική παροχετευτικότητα του, δεδομένου ότι η παροχή λειτουργίας ποτέ δεν έχει ξεπεράσει τα $16.0 \text{ m}^3/\text{sec}$. Η εξέταση του θέματος αυτού, μετά από προτάσεις μας,

έχει ενταχθεί στα πλαίσια ενός ανεξάρτητου ερευνητικού προγράμματος ΕΥΔΑΠ/ΕΜΠ. Η ολοκλήρωση όμως αυτού του προγράμματος θα απαιτήσει αρκετό χρόνο. Για τις τρέχουσες ανάγκες του παρόντος ερευνητικού χρόνου, χρησιμοποιήθηκαν δύο εναλλακτικές τιμές της παροχετευτικότητας, η τιμή σχεδιασμού ($23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$) και μια τιμή μειωμένη κατά 20% ($18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$).

Το σημερινό υδραγωγείο Υλίκης έχει παροχετευτικότητα $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$. Εξετάστηκε εναλλακτικά και ένα συμπληρωματικό ανεξάρτητο υδραγωγείο ίσης παροχετευτικότητας ($7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$) το οποίο θα καταλήγει είτε στην περιοχή του κόμβου Κιθαιρώνα, είτε στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης. Ειδικά στη μελέτη εκτίμησης των δυνατοτήτων του σημερινού υδροδοτικού συστήματος Μόρνου-Υλίκης (Τεύχος 8 - Οκτώβριος 1989) η παροχετευτικότητα του συμπληρωματικού υδραγωγείου Υλίκης θεωρήθηκε εναλλακτικά $3.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ και $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Τέλος η σύνδεση του ταμιευτήρα Ευήνου με τον ταμιευτήρα Μόρνου προβλέπεται να γίνει με σήραγγα υπό πίεση. Η χάραξη της σήραγγας ή τυχόν άλλων εναλλακτικών αγωγών δεν ήταν στο αντικείμενο του παρόντος ερευνητικού προγράμματος. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι δύο χαράξεις της μελέτης ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ-Κόμη. Η πρώτη συνδυάζεται με τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου και περιλαμβάνει σήραγγα μήκους 14.4 km, ενώ η δεύτερη συνδυάζεται με τους ταμιευτήρες Περίστας και Αγίου Δημητρίου, και έχει μήκος 28 km. Οι διατομές και οι παροχετευτικότητες των δύο σηράγγων δε θεωρήθηκαν δεδομένες αλλά χρησιμοποιήθηκαν διάφορες εναλλακτικές τιμές που φαίνονται στον πίνακα 10.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.4
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΚΥΡΙΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

ΑΓΩΓΟΣ	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΕΣ (m ³ /sec)
Υδαταγωγός Μόρνου μέχρι Κόμβο Κιθαιρώνα	18.5, 23.0
Υδραγωγείο Υλίκης	7.5
Συμπληρωματικό υδραγωγείο Υλίκης	7.5
Σήραγγα Δενδροχωρίου- -Μόρνου	6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0, 16.0
Σήραγγα Αγ. Δημητρίου/ /Περίστας-Μόρνου	10.0, 12.0, 14.0, 16.0, 18.0, 20.0 22.0

10.7. Στόχοι της προσομοίωσης του συστήματος

Η μέθοδος της προσομοίωσης του υδροδοτικού συστήματος συνίσταται στη μαθηματική αναπαράσταση της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος σε ιδεατό χρόνο, από την οποία μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις δυνατότητες του. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην έρευνα αυτή, και που επιλύονται με τη μέθοδο της προσομοίωσης είναι δύο:

1. Προσομοίωση καθορισμού δυνατοτήτων

Για δεδομένο υδροδοτικό σύστημα και για δεδομένο επίπεδο αξιοπιστίας, ποια είναι η δυνατότητα του συστήματος, δηλαδή ποιός είναι ο σταθερός ετήσιος όγκος που μπορεί να αποδίδει το σύστημα;

2. Προσομοίωση καθορισμού πιθανοτήτων αστοχίας

Για δεδομένο υδροδοτικό σύστημα και για δεδομένη εξέλιξη κατανάλωσης ποιές είναι οι πιθανότητες αστοχίας του συστήματος και πως αυτές εξελίσσονται στο χρόνο;

Στην προσομοίωση λαμβάνονται υπόψη όλοι οι φυσικοί περιορισμοί που επιβάλλονται από τις πεπερασμένες διαστάσεις των ταμιευτήρων

και τις πεπερασμένες παροχετευτικότητες των αγωγών. Επίσης λαμβάνονται υπόψη λειτουργικοί περιορισμοί που αφορούν στην τήρηση αποθεμάτων για άλλες χρήσεις (αποθέματα ασφάλειας, αποθέματα για αρδευτική χρήση κλπ). Τέλος κάθε μεμονωμένη προσομοίωση βασίζεται σε ένα κανόνα λειτουργίας που ουσιαστικά καθορίζει την προτεραιότητα απόληψης από κάθε μεμονωμένο ταμειευτήρα.

10.8 Επίπεδο αξιοπιστίας

Η πιθανοτική προσέγγιση στο θέμα της αξιοπιστίας ενός υδροδοτικού συστήματος είναι η μόνη επιστημονικά θεμελιωμένη. Η προσέγγιση αυτή επιβάλλει την αποδοχή ενός δεδομένου επιπέδου αξιοπιστίας, α, και μιας δεδομένης πιθανότητας αστοχίας 1-α, του συστήματος. Η πιθανότητα αστοχίας δε μπορεί ποτέ να είναι μηδενική, αλλά μπορεί να γίνει οσοδήποτε μικρή, με την κατασκευή των κατάλληλων έργων και την εξασφάλιση του κατάλληλου τρόπου λειτουργίας τους.

Θεωρούμε ότι είναι επιβεβλημένη η αποδοχή ενός αυξημένου επιπέδου αξιοπιστίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, για τον κύριο λόγο ότι πρόκειται για ένα πολύ σοβαρό έργο, που καλύπτει βασικότατες ανάγκες των κατοίκων μιας μεγαλούπολης όπως η Αθήνα. Η αστοχία του έργου αυτού θα είχε μείζονες συνέπειες, που δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν. Δύο πρόσθετοι λόγοι που αφορούν κυρίως μεθοδολογικές αδυναμίες, συνηγορούν στην αποδοχή αυξημένου επιπέδου αξιοπιστίας. Οι λόγοι αυτοί είναι

- (α) η ύπαρξη ανακριβειών στα δεδομένα εισροών στους ταμειευτήρες και διαφυγών από αυτούς και
- (β) το γεγονός ότι, λόγω των πολλών μεταβλητών που περιγράφουν το σύστημα, και των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων τους, δεν είναι δυνατό να υπολογιστούν όρια εμπιστοσύνης, παρά μόνο μέσες αναμενόμενες εκτιμήσεις των μεταβλητών απόφασης.

Στο ερευνητικό αυτό έργο επιλέξαμε ως αποδεκτό για την κανονική (συνήθη) πολιτική απολήψεων το επίπεδο αξιοπιστίας 99%, που ορίζεται από το δυσμενέστερο συντελεστή α₁ (βλ. παρ. 8.1) και αντιστοιχεί στις κύριες πηγές τροφοδοσίας (Μόρνος-Υλίκη-Εύηνος).

Αυτό σημαίνει ότι δεχόμαστε γινικά πιθανότητα αστοχίας 1% κάθε χρόνο. Διευκρινίζεται ότι η αστοχία του συστήματος δε σημαίνει παντελή έλλειψη υδροδότησης κατά το έτος που πραγματοποιείται, ούτε δηλώνει ένα φαινόμενο που επεκτείνεται σε όλη τη διάρκεια ενός (υδρολογικού) έτους. Αντίθετα, σημαίνει μερική ή ολική αστοχία στην ικανοποίηση της ζήτησης, σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα μέσα στο έτος (π.χ. 2 μήνες) και πλήρη ικανοποίηση για το υπόλοιπο διάστημα. Η αποτυχία της πλήρους κάλυψης της ζήτησης 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 σε συνδυασμό των δύο παραπάνω λόγων (π.χ. εξάντληση της παροχетеυτικότητας του αγωγού μεταφοράς ενός ταμιευτήρα, με ταυτόχρονο άδειασμα των άλλων ταμιευτήρων).

Σημειώνεται ότι το παραπάνω επίπεδο αξιοπιστίας $a_1=99\%$ αντιστοιχεί πρακτικά (όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης) σε $a_2=99.8\%$, που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο σε 2 από τους 1000 μήνες εμφανίζεται πρόβλημα, και σε $a_3=99.9\%$ που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο από 1000 μονάδες ζήτησης ικανοποιούνται οι 999.

Οι παραπάνω τιμές των συντελεστών αξιοπιστίας αναφέρονται στην κανονική (συνήθη) πολιτική απολήψεων από το σύστημα και αφορούν στις κύριες πηγές τροφοδοσίας, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι εφεδρικές πηγές. Είναι φανερό ότι σε περίπτωση επερχόμενης αστοχίας θα λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα για την αντιμετώπιση της κατάστασης, που θα αυξάνουν τους συντελεστές αξιοπιστίας και θα μειώνουν τους κινδύνους λειψυδρίας. Τέτοια μέτρα μπορεί να είναι (ανάλογα με τη σοβαρότητα της κατάστασης)

- Περιορισμός ή διακοπή των αρδευτικών χρήσεων (π.χ. άρδευση Κωπαΐδας)

- Χρησιμοποίηση των αποθεμάτων ασφαλείας των ταμιευτήρων
- Ενεργοποίηση εφεδρικών πηγών με ταυτόχρονη αναζήτηση νέων εφεδρικών πηγών (π.χ. εκτέλεση νέων γεωτρήσεων)
- Μεταφορά νερού από άλλες λεκάνες απορροής με δεξαμενόπλοια
- Περιορισμός της κατανάλωσης

Παρά την πρόσφατη αρνητική εμπειρία από τη λειψυδρία που έχει επιβάλει την εφαρμογή σχεδίων έκτακτης ανάγκης, θεωρούμε ότι το επίπεδο αξιοπιστίας $\alpha_1=99\%$ είναι ικανοποιητικό. Κατά συνέπεια αποδεχόμαστε ότι κατά μέσο όρο μια φορά στα 100 χρόνια θα υπάρχει ανάγκη να μελετηθεί και να εφαρμοστεί ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης με κίνδυνο να μην καλυφθεί πλήρως η ζήτηση. Ας σημειωθεί ότι στην έρευνα αυτή τα επίπεδα αξιοπιστίας και οι αντίστοιχες πιθανότητες αστοχίας, ορίζονται με την προϋπόθεση ότι στα επόμενα χρόνια δε θα συμβεί κάποια μείζων κλιματική αλλαγή, παρόλο που και το ενδεχόμενο αυτό δε μπορεί να αποκλειστεί. Δυστυχώς από τα μέχρι τώρα δεδομένα δε μπορεί να γίνει καμιά αξιόπιστη πρόβλεψη σχετικά με το θέμα αυτό και εκ των πραγμάτων δεχόμαστε ότι η στατιστική εικόνα των υδρολογικών δειγμάτων που είναι διαθέσιμα (μέχρι και το υδρολογικό έτος 1987-88) δε θα μεταβληθεί κατά τα επόμενα υδρολογικά έτη. Με αυτή τη λογική αποδίδουμε στα φαινόμενα ξηρασίας που έχουν συμβεί τα τελευταία χρόνια ένα συγκυριακό ή τυχαίο χαρακτήρα, θεωρώντας ότι δεν υποδηλώνουν μόνιμη κλιματική αλλαγή. Προφανώς αν η πραγματικότητα είναι διαφορετική, και η υδρολογική δίαίτα των τελευταίων ετών συνεχιστεί και στο μέλλον, τότε τα επίπεδα αξιοπιστίας που δίνουμε δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Ανακεφαλαιώνοντας τα παραπάνω, αποδεχόμαστε τα ακόλουθα:

- α. Το επίπεδο αξιοπιστίας για το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας ορίζεται ίσο με $\alpha_1=99\%$ για την κανονική (συνήθη) πολιτική απολήψεων, και για τις κύριες πηγές τροφοδοσίας (Μόρνος - Υλίκη - Εύηνος). Το επίπεδο αξιοπιστίας αυτό χρησιμοποιείται σε όλες τις προσομοιώσεις καθορισμού δυνατοτήτων του συστήματος.

- β. Για έκτακτες περιπτώσεις, όπως η σημερινή συγκυρία, και για τις προσομοιώσεις καθορισμού πιθανοτήτων αστοχίας χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση αυξημένες τιμές της αξιοπιστίας ($\alpha_1 > 99\%$), ενώ παίρνονται υπόψη και οι εφεδρικές πηγές ύδρευσης, και συνυπολογίζονται και τυχόν άλλα μέτρα που περιλαμβάνονται στο σχέδιο αντιμετώπισης της κατάστασης.
- γ. Οι τιμές των επιπέδων αξιοπιστίας, και οι αντίστοιχες τιμές των απολήψεων βασίζονται στην υπόθεση στατιστικά σταθερής υδρολογικής δίκαιτας για τα επόμενα υδρολογικά έτη, χωρίς να αντιμετωπίζεται το ενδεχόμενο μόνιμων κλιματικών αλλαγών.

10.9. Ασφάλεια έναντι ατυχημάτων

Τα ατυχήματα που μπορεί να αντιμετωπιστούν με κατάλληλη πρόβλεψη στη λειτουργία του συστήματος είναι οι περιορισμένες βλάβες στους αγωγούς μεταφοράς, ενώ μείζονα ατυχήματα (π.χ. κατάρρευση φράγματος Μόρνου) δε μπορεί να αντιμετωπιστούν.

Οι προβλέψεις που έγιναν αφορούν σε βλάβη ενός από τους κύριους υδαταγωγούς Μόρνου και Υλίκης, με τρίμηνη διάρκεια. Θεωρείται ότι μέσα στη διάρκεια αυτή είναι δυνατό να γίνουν οι κατάλληλες επισκευές (έστω και προσωρινές παρακάμψεις στους αγωγούς), ώστε να ξαναμπει σε λειτουργία ο αγωγός.

Στο σημείο αυτό επισημαίνουμε ότι η ασφάλεια του υδροδοτικού συστήματος για πρώτη φορά διερευνήθηκε με σοβαρότητα από το παρόν ερευνητικό έργο. Ήδη από το Α' μέρος της εκπόνησης του ερευνητικού έργου είχαμε τονίσει ότι, αν δεν υπάρξει δεύτερος υδαταγωγός Ευήνου-Μόρνου-Αθήνας, ή ειδικός ταμειευτήρας ασφάλειας κοντά στην Αθήνα, θα πρέπει να θεωρηθεί οριστική η ένταξη της Υλίκης στο σύστημα, δεδομένου ότι προσφέρει δεύτερο εναλλακτικό δρόμο προσαγωγής νερού.

Η περίπτωση βλάβης αγωγού δεν αντιμετωπίζεται από το πρόγραμμα της γενικής προσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος. Το πρόγραμμα αυτό χειρίζεται τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας ενώ η αξιοπιστία του συστήματος δεν επηρεάζεται από τυχόν βλάβη,

γιατί κατά τη διάρκεια της βλάβης εξακολουθούν να γίνονται οι εισροές στους ταμιευτήρες. Αντίθετα οι σχετικοί περιορισμοί που επιβάλλει η κάλυψη των κινδύνων βλάβης, οι οποίοι αφορούν στην εξασφάλιση ικανών όγκων νερού για ασφάλεια σε κάθε ταμιευτήρα, διατυπώνονται κατάλληλα στο μοντέλο λειτουργίας του συστήματος. Δηλαδή στο μοντέλο, επιδιώκεται να είναι πάντα διαθέσιμοι οι όγκοι ασφαλείας σε κάθε ταμιευτήρα.

Οι σχετικές παραδοχές που έγιναν είναι οι ακόλουθες:

- Ο ταμιευτήρας Μαραθώνα διατηρείται συνεχώς γεμάτος και εξασφαλίζει έτσι όγκο $40 * 10^6 \text{ m}^3$ που θα διατίθεται μόνο σε περίπτωση βλάβης.
- Ο ταμιευτήρας Μόρνου διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο νεκρό όγκο $118 * 10^6 \text{ m}^3$, ο οποίος εκτιμάται ότι δεν έχει αναλωθεί από αποθέσεις φερτών. Σε περίπτωση βλάβης του υδραγωγείου Υλίκης θα μπορεί να αντληθεί μέρος του όγκου αυτού κατά την περίοδο που διαρκεί η βλάβη. Κατά συνέπεια δε χρειάζεται να γίνει πρόβλεψη επιπλέον όγκου ασφαλείας στον ταμιευτήρα Μόρνου.
- Στη λίμνη Υλίκη πρέπει να διατίθεται συνεχώς ο κατάλληλος όγκος για την κάλυψη των αναγκών της Αθήνας επί τρίμηνο. Ο όγκος αυτός δεν είναι σταθερός, αλλά προκύπτει σε κάθε χρονική στιγμή ως η ζήτηση του επόμενου τριμήνου μείον τον όγκο στο Μαραθώνα μείον τις ελάχιστες αναμενόμενες εισροές του επόμενου τριμήνου. Ως ελάχιστες εισροές θεωρήθηκαν οι ελάχιστες τιμές ολικών εισροών που έχουν παρατηρηθεί το διάστημα 1960-61 έως 1987-88, όπως φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.5
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΟΛΙΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΣΤΗΝ ΥΛΙΚΗ ($\text{m}^3 * 10^6$)

ΟΚΤ.	0	ΦΕΒ.	29	ΙΟΥΝ.	0
ΝΟΕΜ.	8	ΜΑΡ.	29	ΙΟΥΛ.	0
ΔΕΚ.	21	ΑΠΡ.	11	ΑΥΓ.	0
ΙΑΝ.	24	ΜΑΙΟΣ	0	ΣΕΠΤ.	0

Σημειώνεται ότι η μεταφορά του όγκου ασφάλειας της Υλίκης σε περίπτωση βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου με τρίμηνη διάρκεια δε μπορεί να γίνει με τη σημερινή παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης των $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$, αλλά θα απαιτηθεί τουλάχιστον η παροχετευτικότητα των $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ για τα σημερινά επίπεδα ζήτησης.

Πράγματι, η σημερινή παροχετευτικότητα δίνει σε ένα τρίμηνο όγκο $58 * 10^6 \text{ m}^3$, και με την πρόσθεση του όγκου του Μαραθώνα $98 * 10^6 \text{ m}^3$. Ο όγκος αυτός καλύπτει τη σημερινή ζήτηση της Αθήνας για το μέσο τρίμηνο ($96 * 10^6 \text{ m}^3$) όχι όμως και τη μέγιστη ζήτηση τριμήνου ($112 * 10^6 \text{ m}^3$). Η παροχετευτικότητα των $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ δίνει $86 * 10^6 \text{ m}^3$, και μαζί με το Μαραθώνα $126 * 10^6 \text{ m}^3$. Ο όγκος αυτός υπερκαλύπτει τη σημερινή μέγιστη ζήτηση τριμήνου ($112 * 10^6 \text{ m}^3$). Τέλος η επιλογή της παροχετευτικότητας των $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ δίνει μαζί με τον Μαραθώνα $157 * 10^6 \text{ m}^3$. Ο όγκος αυτός είναι αρκετός για το τρίμηνο με τη μέγιστη κατανάλωση όταν η ετήσια κατανάλωση θα είναι $537 * 10^6 \text{ m}^3$, πράγμα που με τους σημερινούς ρυθμούς αύξησης της κατανάλωσης φαίνεται πιθανό να γίνει σε εννέα έως δέκα χρόνια, με το ανώτερο σενάριο αύξησης της κατανάλωσης. Κατά συνέπεια, μια ασφαλής πολιτική στο θέμα της ασφάλειας έναντι βλάβης οδηγεί στην επιλογή του διπλασιασμού της σημερινής παροχετευτικότητας του υδραγωγείου Υλίκης.

10.10. Κανόνες λειτουργίας

10.10.1. Κανόνες λειτουργίας υπάρχοντος υδροδοτικού συστήματος

Στην περίπτωση της μεμονωμένης εκμετάλλευσης του Μόρνου ή της λίμνης Υλίκης ο κανόνας λειτουργίας είναι απλός: επιδιώκεται πάντα η κάλυψη της ζήτησης ανεξάρτητα από τη στάθμη του θεωρούμενου ταμιευτήρα ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές. Ο ίδιος αυτός κανόνας ισχύει και στην περίπτωση των συνδυασμένων ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης αλλά για τη συνολική απόληψη από τους δύο ταμιευτήρες. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση χρειάζεται όμως παραπέρα διερεύνηση του κανόνα λειτουργίας σε ότι αφορά στην κατανομή της συνολικής απόληξης στους επί μέρους ταμιευτήρες.

Κατά τη κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας, θεωρήθηκε κατ' αρχήν ότι επιδιώκεται η μεγιστοποίηση των απολήψεων από το σύστημα των δύο ταμιευτήρων, ή αλλιώς η ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού από υπερχειλίση, εξάτμιση ή υπόγειες διαφυγές. Δεδομένου ότι οι υπόγειες διαφυγές στην Υλίκη είναι αρκετά μεγαλύτερες από εκείνες του ταμιευτήρα Μόρνου, και μάλιστα αυξάνουν έντονα και μη γραμμικά με την αύξηση της στάθμης, γίνεται φανερό ότι είναι προτιμότερο το ενδεχόμενο περίσσειμα νερού να αποθηκεύεται στο Μόρνο. Κατά συνέπεια ο κανόνας λειτουργίας μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

- α1. Μετά την απόληψη του αρδευτικού νερού της Κωπαίδας και εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στην Υλίκη υπερβαίνει το απόθεμα ασφαλείας για την άρδευση της Κωπαίδας και έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου, το περίσσειμα αντλείται για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.
- α2. Το υπόλοιπο της ζήτησης που δεν καλύπτεται από την Υλίκη λαμβάνεται από τον ταμιευτήρα Μόρνου.
- α3. Εφόσον υπάρχει υπόλοιπο ζήτησης και έχει εξαντληθεί το απόθεμα του Μόρνου γίνεται απόληψη από τα αποθέματα ασφαλείας στην Υλίκη.

Ο παραπάνω κανόνας που μπορεί να χαρακτηριστεί ως κανόνας απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης οδηγεί στη μεγιστοποίηση των απολήψεων από το σύστημα αλλά δεν παίρνει υπόψη την οικονομικότητα. Αντίθετα είναι ο πλέον αντιοικονομικός, δεδομένου ότι μεγιστοποιεί τις αντλήσεις νερού από την Υλίκη.

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών προσομοίωσης, αποδείχτηκε ότι ο παραπάνω κανόνας είναι ο πιο κατάλληλος για το σημερινό υδροδοτικό σύστημα. Στην περίπτωση όμως που αυξάνει η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης (σε $11.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ή $15.0 \text{ m}^3/\text{s}$) τότε η εφαρμογή του κανόνα μεγιστοποιεί μεν τις απολήψεις από την Υλίκη αλλά οδηγεί σε σημαντικές υπερχειλίσεις στον ταμιευτήρα Μόρνου. Σε αυτή την περίπτωση λόγοι οικονομικότητας επιβάλλουν τη χρησιμοποίηση άλλου κανόνα λειτουργίας. Ο κανόνας

που εξετάστηκε και χαρακτηρίζεται ως κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης και είναι ο ακόλουθος:

- β1. Εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στον ταμιευτήρα Μόρνου υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο κατώφλι V_K τότε γίνεται απόληψη αποκλειστικά από το Μόρνο.
- β2. Σε αντίθετη περίπτωση, και εφόσον το απόθεμα στην Υλίκη υπερκαλύπτει το απόθεμα ασφαλείας, που είναι το ίδιο όπως και στην περίπτωση α1, μετά από την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών της Κωπαΐδας, το περίσσευμα νερού αντλείται για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου.
- β3. Το υπόλοιπο ζήτησης, εφόσον υπάρχει, καλύπτεται από τον ταμιευτήρα Μόρνου.
- β4. Αν πάλι υπάρξει υπόλοιπο ζήτησης αντλούνται και τα αποθέματα ασφαλείας της Υλίκης.

Σημειώνεται ότι ο νέος αυτός κανόνας έδωσε απολήψεις από το σύστημα ουσιαστικά τις ίδιες με τον προηγούμενο κανόνα. Οι υπερχειλίσσεις όμως από το Μόρνο ελαττώνονται σημαντικά με παράλληλη μείωση των απολήψεων από την Υλίκη σε σχέση πάντα με τον πρώτο κανόνα λειτουργίας.

10.10.2. Κανόνες λειτουργίας μελλοντικού υδροδοτικού συστήματος

10.10.2.1. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου

Σε ότι αφορά στην ολική απόληψη από το σύστημα των δύο ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου ο κανόνας λειτουργίας είναι απλός: επιδιώκεται πάντα η ικανοποίηση της ζήτησης με απόληψη από το Μόρνο και αυτό ανεξάρτητα από τη στάθμη του νερού στους δύο ταμιευτήρες ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές.

Για την κατάρτιση του κανόνα με βάση τον οποίο θα γίνεται η

μεταφορά του νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στο Μόρνο, δεχθήκαμε ότι είναι επιθυμητή η αποθήκευση της μέγιστης δυνατής ποσότητας από το νερό του Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου για τους εξής λόγους:

- 1) Είναι προτιμότερο το περίσσευμα νερού που δε χρησιμοποιείται για ύδρευση της Αθήνας να αποθηκεύεται όσο πιο κοντά στην Αθήνα γίνεται για λόγους ασφαλείας έναντι βλάβης των αγωγών μεταφοράς.
- 2) Ο ταμιευτήρας Μόρνου διαθέτει πολύ μεγαλύτερη ωφέλιμη χωρητικότητα σε σχέση με τις εισροές από τη λεκάνη Μόρνου από ότι οι εναλλακτικοί ταμιευτήρες Ευήνου σε σχέση με τις εισροές από την αντίστοιχη λεκάνη Ευήνου.

Εξετάστηκαν δύο εναλλακτικοί κανόνες λειτουργίας οι οποίοι περιγράφονται στη συνέχεια.

α. Κανόνας εκτροπής του Ευήνου χωρίς έλεγχο στάθμης στο Μόρνο

- α1. Γίνεται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου και αυτό ανεξάρτητα από τη στάθμη στον ταμιευτήρα Μόρνου. Η παροχέτευση διακόπτεται μόνο στην περίπτωση που προκαλεί υπερχείλιση στον ταμιευτήρα Μόρνου. Επίσης διακόπτεται η παροχέτευση όταν η διαφορά στάθμης στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου δεν υπερβαίνει τις ελάχιστες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου.
- α2. Η ζήτηση για ύδρευση της Αθήνας καλύπτεται από το Μόρνο ανεξάρτητα από όλα τα λειτουργικά μεγέθη στους δύο ταμιευτήρες.

Στην περίπτωση μεγάλων απορροών στις δύο λεκάνες Μόρνου και Ευήνου και υψηλής στάθμης στο Μόρνο, ο παραπάνω κανόνας οδηγεί ουσιαστικά στην πλήρωση του ταμιευτήρα Μόρνου. Αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα σημαντικές υπερχειλίσεις στο Μόρνο κατά τους

επόμενους μήνες, γι' αυτό θεωρήθηκε πιθανό ότι η παροχέτευση από τον Ευήνο θα πρέπει να διακόπτεται όταν η στάθμη στο Μόρνο υπερβαίνει μία συγκεκριμένη τιμή σαφώς χαμηλότερη της στάθμης υπερχείλισης. Εξετάστηκε έτσι ο ακόλουθος κανόνας λειτουργίας.

β. Κανόνας εκτροπής του Ευήνου με έλεγχο στάθμης στο Μόρνο

β1. Γίνεται παροχέτευση από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχευευστικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου εφόσον η στάθμη στο Μόρνο δεν υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή ή αλλιώς το απόθεμα στο Μόρνο δεν υπερβαίνει ένα κατώφλι S_u . Γίνεται έλεγχος της διαφοράς στάθμης στους δύο ταμιευτήρες όπως στην περίπτωση α1.

β2. Γίνεται απόληψη από το Μόρνο όπως στην περίπτωση α2.

Οι παραπάνω κανόνες λειτουργίας χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικά για τον υδρολογικό σχεδιασμό των ταμιευτήρων Ευήνου. Ο δεύτερος κανόνας έδωσε μικρή μείωση των συνολικών απολήψεων από το σύστημα για τιμές του S_u μικρότερες της χωρητικότητας του ταμιευτήρα. Για τον ίδιο λόγο κατά την κατάρτιση των κανόνων λειτουργίας του υδρευτικού σχήματος της Αθήνας όπου το σύστημα Ευήνου-Μόρνου συνδυάζεται με ταμιευτήρα αναρρύθμισης ή/και την λίμνη Υλίκη, δεν εξετάστηκε η περίπτωση με έλεγχο της στάθμης στο Μόρνο. Αντίθετα διατηρήθηκε η αρχή του κανόνα α με βάση τον οποίο γίνεται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου ανεξάρτητα από τη στάθμη του τελευταίου.

10.10.2.2. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - ταμιευτήρα αναρρύθμισης

Σε ότι αφορά στη συνολική απόληψη από το σύστημα, επιδιώκεται η ικανοποίηση της ζήτησης με απόληψη από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης ανεξάρτητα από όλες τις λειτουργικές μεταβλητές του προβλήματος.

Σε ότι αφορά στις απολήψεις από τους ταμιευτήρες Μόρνου και

Ευήνου καταρτίστηκε κανόνας λειτουργίας που βασίστηκε στις ακόλουθες αρχές:

- (1) Ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης επιδιώκεται να διατηρείται γεμάτος για λόγους ασφάλειας.
- (2) Είναι επιθυμητή η μέγιστη δυνατή αποθήκευση του νερού του Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου για το λόγο ότι ο τελευταίος βρίσκεται πιο κοντά στην Αθήνα και επί πλέον διαθέτει πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα σε σχέση με τις εισροές του από ότι οι εναλλακτικοί ταμιευτήρες Ευήνου.
- (3) Οι υπερχειλίσσεις θα πρέπει να αποφεύγονται εφόσον αυτό είναι δυνατό. Ειδικά στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης, που η υδρολογία δε λαμβάνεται υπόψη, είναι δυνατόν να μηδενιστούν οι υπερχειλίσσεις με μηδενισμό των εισροών μόλις ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης γεμίσει.

Ο κανόνας λειτουργίας που προτάθηκε είναι ως εξής:

- a1. Γίνεται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου την οποία επιτρέπει η παροχετευτικότητα της σήραγγας Ευήνου - Μόρνου. Η παροχέτευση διακόπτεται όταν προκαλεί υπερχείλιση στο Μόρνο ή όταν η διαφορά στάθμης στους δύο ταμιευτήρες δεν υπερκαλύπτει τις ελάχιστες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα.
- a2. Γίνεται παροχέτευση από το Μόρνο προς τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου, εφόσον δεν προκαλείται υπερχείλιση στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- a3. Η ζήτηση για ύδρευση της Αθήνας καλύπτεται με απόληψη από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.

10.10.2.3. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης

Η κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας του συστήματος Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης έγινε με βάση τις ίδιες αρχές που χρησιμοποιήθηκαν για το παρόν υδροδοτικό σχήμα Μόρνου-Υλίκης. Ως προς τη συνολική απόληψη από το σύστημα, επιδιώκεται πάντα η κάλυψη της ζήτησης της Αθήνας ανεξάρτητα από τη στάθμη στους ταμιευτήρες ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές. Είναι απαραίτητο όμως να διατυπωθεί ο κανόνας λειτουργίας σε ότι αφορά στις επιμέρους απολήψεις από τους ταμιευτήρες του συστήματος.

Η κύρια παράμετρος για την κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας είναι η δίατα των απωλειών και κυρίως των υπόγειων διαφυγών. Δεδομένου ότι οι υπόγειες διαφυγές στην Υλίκη είναι αρκετά μεγαλύτερες από εκείνες του ταμιευτήρα Μόρνου και μάλιστα αυξάνουν με έντονα μη γραμμικό τρόπο με την αύξηση της στάθμης, είναι φανερό ότι σε ένα ορθολογικό κανόνα λειτουργίας που να μεγιστοποιεί τις απολήψεις από το σύστημα, η στάθμη της Υλίκης πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Μια δεύτερη παράμετρος που υπεισέρχεται είναι οι υπερχειλίσσεις στους δύο ταμιευτήρες, οι οποίες θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Επίσης ο ταμιευτήρας Μόρνου αποτελεί τον κύριο ταμιευτήρα για αποθήκευση του νερού των λεκανών Μόρνου και Ευήνου καθόσον διαθέτει χωρητικότητα πολύ μεγαλύτερη εκείνης του ταμιευτήρα Ευήνου σε σχέση πάντα με τις εισροές της αντίστοιχης λεκάνης. Κατά συνέπεια ο κανόνας λειτουργίας μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

- a1. Πραγματοποιείται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου προς το Μόρνο την οποία επιτρέπει η παροχευευστικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου, εφόσον υπάρχουν αποθέματα στον ταμιευτήρα Ευήνου.
- a2. Εφόσον προκύπτει όγκος υπερχείλισης στον ταμιευτήρα Μόρνου, ο όγκος αυτός λαμβάνεται για ύδρευση της Αθήνας. Αν ικανοποιηθεί η ζήτηση και υπάρχει πάλι υπερχείλιση τότε μειώνεται κατάλληλα η απόληψη από τον Ευήνο.
- a3. Εφόσον στην Υλίκη υπάρχει απόθεμα που υπερκαλύπτει το απόθεμα ασφαλείας έναντι βλάβης του υδραγωγείου Μόρνου, όπως

αυτό περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 10.9, γίνεται απόληψη ίση με τη ζήτηση για άρδευση της Κωπαΐδας.

- α4. Εφόσον στην Υλίκη υπάρχει απόθεμα μεγαλύτερο από το απόθεμα ασφαλείας για άρδευση της Κωπαΐδας και για ασφάλεια έναντι βλάβης του υδραγωγείου Μόρνου, γίνεται απόληψη για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης. Με την απόληψη αυτή επιδιώκεται η ικανοποίηση του υπόλοιπου ζήτησης.
- α5. Εφόσον παραμένει υπόλοιπο ζήτησης, αυτό καλύπτεται με απόληψη από τον ταμιευτήρα Μόρνου.
- α6. Αν και πάλι υπάρχει υπόλοιπο ζήτησης τότε αυτό λαμβάνεται από τα αποθέματα ασφαλείας στην Υλίκη εφόσον το επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.
- α7. Γίνεται έλεγχος αν η τελική διαφορά στάθμης στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου καλύπτει τις ελάχιστες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου.

Ο παραπάνω κανόνας, που αναφέρεται στη συνέχεια ως **κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης**, οδηγεί στη μεγιστοποίηση της απόληψης από το σύστημα όπως αποδείχτηκε κατά τις δοκιμές προσομοίωσης που έγιναν. Ο κανόνας όμως αυτός δεν παίρνει υπόψη την οικονομικότητα, αλλά αντίθετα είναι ο πιο αντιοικονομικός, δεδομένου ότι μεγιστοποιεί τις αντλήσεις από την Υλίκη.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με τον παραπάνω κανόνα έδειξαν ότι το σύνολο σχεδόν των υπερχειλίσεων από το σύστημα προέρχεται από υπερχειλίσσεις στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου. Για το λόγο αυτό έγινε διερεύνηση ενός πιο οικονομικού κανόνα λειτουργίας που να επιτυγχάνει λιγότερο συντηρητική εκμετάλλευση του Μόρνου με παράλληλη μείωση των αντλήσεων από την Υλίκη. Ο νέος αυτός **κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης** μπορεί να διατυπωθεί με τον ακόλουθο τρόπο:

- β1. Όπως στην περίπτωση α1.

β2. Εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στον ταμιευτήρα Μόρνου υπερβαίνει ένα κατώφλι V_k τότε το περίσσειμα πάνω από το κατώφλι λαμβάνεται για ύδρευση της Αθήνας με ρυθμό ίσο με την παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Μόρνου.

β3 έως β9 όπως αντίστοιχα στις περιπτώσεις α3 έως α9

Ο κανόνας αυτός εξετάστηκε για διάφορες τιμές του κατωφλίου V_k και έδωσε πράγματι μικρότερες απολήψεις από την Υλίκη με παράλληλη μείωση των υπερχειλίσεων στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου. Η συνολική όμως απόληψη από το σύστημα προέκυψε λίγο μικρότερη από εκείνη του προηγούμενου κανόνα (για V_k μικρότερο της χωρητικότητας του Μόρνου), όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6.

Επί πλέον εξετάστηκε και ο κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Μόρνου, τον οποίο η απόληψη από την Υλίκη θεωρείται ως η τελευταία δυνατότητα, μετά την εξάντληση της παροχετευτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου ή των αποθεμάτων Μόρνου και Ευήνου. Ο κανόνας αυτός, παρόλη την οικονομικότητά του, δεν έδωσε καμιά ουσιαστική αύξηση της απόληψης, σε σχέση με αυτή που δίνει το σύστημα Ευήνου-Μόρνου, χωρίς την Υλίκη, και έτσι δεν εξετάστηκε περαιτέρω.

10.10.2.4. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - Υλίκης - ταμιευτήρα αναρρύθμισης

Η κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας του συστήματος ταμιευτήρων Ευήνου-Μόρνου-Υλίκης-ταμιευτήρα αναρρύθμισης βασίστηκε στις ίδιες αρχές με βάση τις οποίες μελετήθηκε στο σημερινό υδροδοτικό σύστημα Μόρνου-Υλίκης και το μελλοντικό σχήμα Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης. Πρόσθετη δυσκολία όμως εισάγει η ένταξη του ταμιευτήρα αναρρύθμισης που καθιστά το υδροδοτικό σχήμα πιο πολύπλοκο από εκείνα που μελετήθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

Κατ' αρχήν η συνολική απόληψη από το σύστημα καλύπτει πάντα τη ζήτηση, εφόσον αυτό είναι δυνατόν και μάλιστα ανεξάρτητα από τις στάθμες των ταμιευτήρων ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές. Ως

προς τον επιμερισμό της απόληψης στους ταμιευτήρες του συστήματος, η δίατα των απωλειών και κυρίως των υπογείων διαφυγών θεωρήθηκε ως η βασική παράμετρος για την κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας. Δεδομένου ότι οι υπόγειες διαφυγές στη λίμνη Υλίκη είναι σαφώς μεγαλύτερες από εκείνες του ταμιευτήρα Μόρνου και μάλιστα αυξάνουν έντονα με την αύξηση της στάθμης, η ορθολογική διαχείριση του συστήματος απαιτεί να διατηρείται το περίσσειμα που δε λαμβάνεται για ύδρευση της Αθήνας, στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου ή στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης. Μια δεύτερη παράμετρος που λήφθηκε υπόψη είναι ο όγκος υπερχείλισης από τους ταμιευτήρες ο οποίος πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Όσον αφορά στο επιμέρους σύστημα Μόρνου-Ευήνου, ο ταμιευτήρας Μόρνου θεωρείται ο κύριος ταμιευτήρας καθόσον διαθέτει πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από εκείνη του ταμιευτήρα Ευήνου σε σχέση πάντα με την αντίστοιχη εισροή. Επίσης θεωρήθηκε ότι λόγοι ασφάλειας επιβάλλουν την αποθήκευση του νερού όσο το δυνατόν πιο κοντά στην Αθήνα.

Με βάση όλα τα παραπάνω διατυπώθηκε ο εξής κανόνας λειτουργίας:

- α1. Λαμβάνεται η μέγιστη ποσότητα νερού από τον Ευήνο, την οποία επιτρέπει η παροχετευτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου.
- α2. Παροχετεύεται από το Μόρνο προς τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης ο όγκος νερού που αλλιώς θα υπερχείλιζε στο Μόρνο εφόσον δεν προκαλεί υπερχείλιση και στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου.
- α3. Ικανοποιείται από την Υλίκη η ζήτηση για άρδευση της Κωπαΐδας χωρίς διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου καθόσον για την αντιμετώπιση μιας τέτοιας βλάβης υπάρχουν τα αποθέματα στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- α4. Διατηρείται στην Υλίκη απόθεμα ασφαλείας για άρδευση της Κωπαΐδας ενώ το περίσσειμα αντλείται για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.

- α5. Το υπόλοιπο από το περίσσειμα νερού στην Υλίκη παροχετεύεται στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με τον μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχευετικότητα του υδραγωγείου Υλίκης - ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- α6. Το υπόλοιπο της χωρητικότητας του ταμιευτήρα αναρρύθμισης γεμίζει με απόληψη από τον ταμιευτήρα Μόρνου, εφόσον το επιτρέπει η παροχευετικότητα του υδαταγωγού Μόρνου.
- α7. Το υπόλοιπο της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας λαμβάνεται από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- α8. Αν πάλι η ζήτηση δεν ικανοποιηθεί αντλείται και το απόθεμα ασφαλείας στην Υλίκη, για άρδευση της Κωπαΐδας.
- α9. Γίνεται έλεγχος αν υπερχειλίζει ο Μόρνος ή αν η διαφορά στάθμης στον ταμιευτήρα Μόρνου και Ευήνου είναι μικρότερη από τις ελάχιστες απαιτούμενες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου και αν υπάρχει ανάγκη τροποποιείται κατάλληλα η απόληψη από τον Εύηνο.

Ο παραπάνω κανόνας που χαρακτηρίζεται ως **κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης** οδηγεί στη μεγιστοποίηση των απολήψεων από το σύστημα, όπως έδειξαν οι δοκιμές προσομοίωσης. Ο κανόνας όμως αυτός δε λαμβάνει υπόψη την οικονομικότητα, αλλά αντίθετα είναι ο πιο αντιοικονομικός γιατί μεγιστοποιεί τις απολήψεις από την Υλίκη.

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης διαπιστώθηκε ότι το σύνολο σχεδόν του όγκου υπερχείλισης του συστήματος προέρχεται από υπερχείλιση στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου. Το γεγονός έδειξε ότι η εκμετάλλευση των ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου είναι συντηρητική και επομένως ένας άλλος κανόνας μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη διαχείριση του συστήματος. Ο νέος κανόνας που προτάθηκε με το χαρακτηρισμό ως **κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Υλίκης** μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

- β1. Όπως στην περίπτωση α1

β2. Εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στον ταμιευτήρα Μόρνου υπερβαίνει ένα κατώφλι V_k , το περίσσευμα παροχετεύεται προς τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου.

β3 έως β9 όπως αντίστοιχα στις περιπτώσεις α3 έως α9

Ο κανόνας αυτός έδωσε λίγο μικρότερη συνολική απόληψη από εκείνη του προηγούμενου κανόνα.

10.11. Εξισώσεις προσομοίωσης

Τα μαθηματικά της προσομοίωσης είναι σχετικά απλά και ουσιαστικά αποτελούνται από τις εξισώσεις διατήρησης μάζας (όγκου) και από τις μαθηματικές εκφράσεις των φυσικών και λειτουργικών περιορισμών. Αναλυτικά για κάθε συνδυασμό ταμιευτήρων οι εξισώσεις δίνονται στα τεύχη 14 και 15. Παρακάτω δίνεται μία σειρά εξισώσεων ενός αντιπροσωπευτικού ταμιευτήρα.

Εστω K_i η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα i , Sd_i ο νεκρός όγκος του και C_i η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου, με τον οποίο γίνεται η μεταφορά από τον υπόψη ταμιευτήρα προς την κατανάλωση. Η ολική ζήτηση από το σύνολο των ταμιευτήρων για τη χρονική περίοδο (μήνα) t είναι

$$D(t) = a(t) * (Dy/12) \quad (10.1)$$

όπου Dy η ετήσια ζήτηση και $a(t)$ ο συντελεστής ανισοκατανομής της ζήτησης για το μήνα t . Η μερική ζήτηση από τον επιμέρους ταμιευτήρα δεν είναι δεδομένη, αλλά υπάρχει η δέσμευση

$$\sum_{i=1}^K D_i(t) = D(t) \quad (10.2)$$

όπου $D_i(t)$ η ζήτηση από τον ταμιευτήρα i και K το πλήθος των ταμιευτήρων.

Αντίστοιχα η απόληψη $R_i(t)$, δεν είναι καταρχήν καθορισμένη αλλά πάντως είναι επιθυμητό να είναι ίση με $D_i(t)$. Προφανώς υπάρχει

ένα μέγιστο για την ποσότητα $R_i(t)$,

$$R_i(t) \leq \max R_i(t) = C_i \cdot \Delta t \quad (10.3)$$

και παράλληλα ισχύει μια σχέση αντίστοιχη με την (10.2)

$$\sum_{i=1}^K R_i(t) \leq D(t) \quad (10.4)$$

Η ακριβής τιμή του R_i θα καθοριστεί με βάση τις σχέσεις διατήρησης μάζας και τον κανόνα λειτουργίας που καθορίζει τις προτεραιότητες μεταξύ των ταμιευτήρων.

Ο καθαρός όγκος εισροής στον ταμιευτήρα θα είναι

$$N_i(t) = I_i(t) [S_i - A_i(t)] + [P_i(t) - E_i(t)] * A_i(t) - L_i(t) + R_i(t) \quad (10.5)$$

όπου,

- $I_i(t)$ το ισοδύναμο ύψος απορροής της λεκάνης του ταμ/τήρα i
- $P_i(t)$ το ύψος βροχής στη λεκάνη κατάκλυσης
- $E_i(t)$ η εξάτμιση από τη επιφάνεια του ταμιευτήρα
- $L_i(t)$ οι υπόγειες διαφυγές από τον ταμιευτήρα που εν γένει προσδιορίζονται συναρτήσει της στάθμης $Z_i(t)$
- $R_i(t)$ η ενδεχόμενη πρόσθετη εισροή στον ταμιευτήρα, προερχόμενη από τον ταμιευτήρα l , εφόσον αυτός συνδέεται σε σειρά με τον ταμιευτήρα i
- S_i η έκταση της λεκάνης απορροής του ταμιευτήρα i , και
- $A_i(t)$ η έκταση της λεκάνης κατάκλυσης, συνάρτηση της στάθμης $Z_i(t)$. Για αποφυγή επαναλήψεων στους υπολογισμούς στο δεύτερο μέλος της (10.5), αντί του $A_i(t)$ τίθεται (προσεγγιστικά) το $A_i(t-1)$ που είναι πάντοτε γνωστό, αφού έχει ολοκληρωθεί η προσομοίωση στο προηγούμενο χρονικό βήμα $t-1$.

Στη γενική περίπτωση θεωρούμε ότι ο ταμιευτήρας έχει και μια ακόμη σκοπιμότητα, π.χ. αρδευτική (όπως π.χ. η Υλίκη) με ζήτηση το μήνα t (κατά το πρότυπο της (10.1))

$$ID_i(t) = ar(t) \cdot DR_y \quad (10.6)$$

όπου DR_y η ετήσια ζήτηση για άρδευση και $ar(t)$ ο συντελεστής ανισοκατανομής στο μήνα t . Η απόληψη από τον ταμιευτήρα για άρδευση είναι

$$IR_1(t) \leq ID_1(t) \quad (10.7)$$

Η εξίσωση διατήρησης όγκου, με τις πιο πάνω προϋποθέσεις είναι

$$S_1(t) = S_1(t-1) + N_1(t) - R_1(t) - IR_1(t) - SP_1(t) \quad (10.8)$$

όπου,

$S_1(t)$ το απόθεμα στον ταμιευτήρα στο τέλος του μήνα t , μετρούμενο από την ελάχιστη στάθμη υδροληψίας, και

$SP_1(t)$ η υπερχείλιση από τον ταμιευτήρα

όπου προφανώς οι φυσικοί περιορισμοί επιβάλλουν

$$-Sd_1 \leq S_1(t) \leq K_1 \quad (10.9)$$

και η ποσότητα $SP_1(t)$ προσδιορίζεται σε τρόπο ώστε να ισχύει πάντα η (10.9). Για τη διατύπωση των λειτουργικών περιορισμών ορίζουμε με $SF_1(t)$ το απόθεμα ασφάλειας στον ταμιευτήρα για την κύρια χρήση (ύδρευση) και με $SR_1(t)$ το αντίστοιχο απόθεμα για τη δευτερεύουσα χρήση (άρδευση). Ανάλογα με την τιμή του $S_1(t)$ διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις

$$1) \quad -Sd_1 \leq S_1(t) \leq 0 \quad (10.10)$$

Δε γίνεται καμιά απόληψη (νεκρός όγκος)

$$2) \quad 0 < S_1(t) \leq SF_1(t) \quad (10.11)$$

Δε γίνεται καμιά απόληψη (απόθεμα ασφάλειας), εκτός από περίπτωση έκτακτης ανάγκης (βλάβη - πλήρης εξάντληση αποθεμάτων)

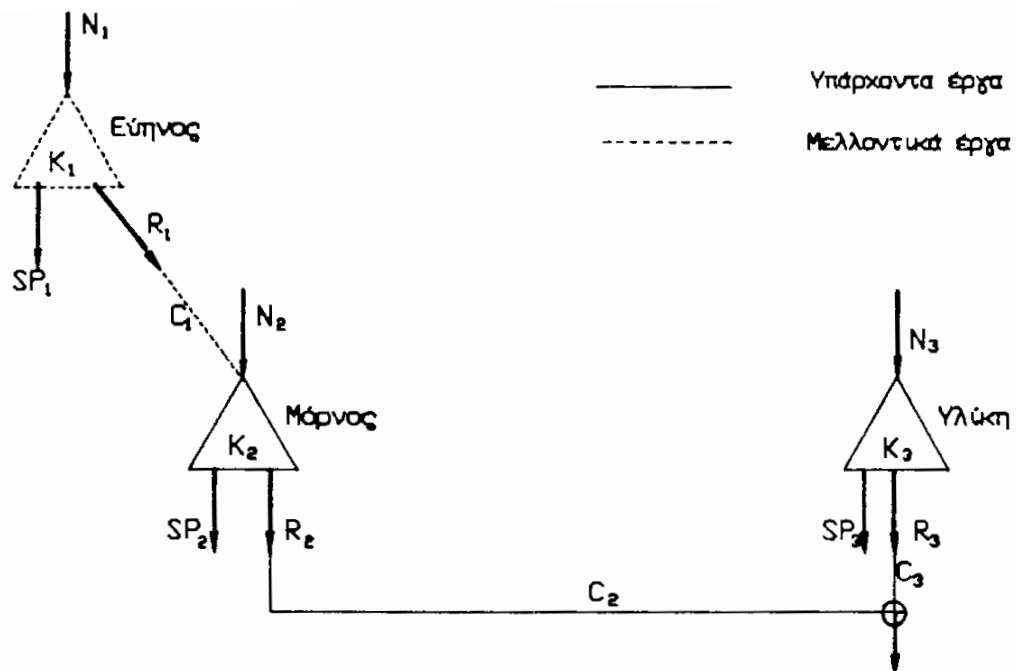
$$3) \quad SF_1(t) < S_1(t) \leq SF_1(t) + SR_1(t) \quad (10.12)$$

Γίνεται απόληψη για τη δευτερεύουσα χρήση (άρδευση)

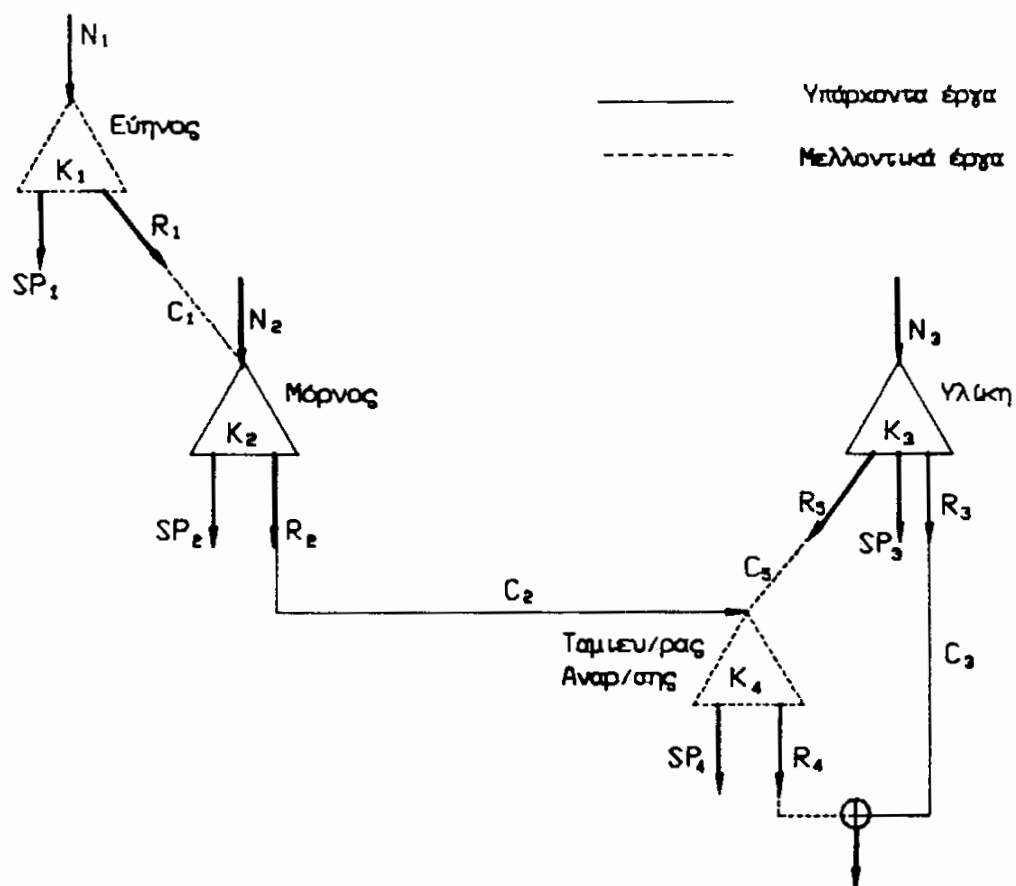
$$4) \quad SF_1(t) + SR_1(t) < S_1(t) \leq K_1 \quad (10.13)$$

Γίνεται απόληψη και για την κύρια χρήση (ύδρευση) και για τη δευτερεύουσα (άρδευση)

Από την εξίσωση (10.8) και με τη βοήθεια των ανισώσεων (10.9) και του κανόνα λειτουργίας έως (10.13) υπολογίζονται σε κάθε βήμα (t) οι απολήψεις $R_1(t)$ και $IR_1(t)$, η υπερχειλίση $SP_1(t)$ και το απόθεμα $S_1(t)$. Κατ' αρχήν θεωρούνται μηδενικές υπερχειλίσεις και οι απολήψεις θεωρούνται ίσες με τα ανώτατα όρια τους (σχέσεις (10.3) και (10.7)). Αν με αυτές τις υποθέσεις από την εξίσωση (10.8) προκύψει $S_1(t) > K_1$ τότε θα πραγματοποιηθεί υπερχειλίση. Αντίστοιχα αν το απόθεμα $S_1(t)$ εντάσσεται σε κάποια από τις παραπάνω περιπτώσεις (1) έως (3), μειώνονται ανάλογα τα μεγέθη των απολήψεων $R_1(t)$ και $IR_1(t)$ σε τρόπο ώστε να μην ξεπερνιούνται οι κατά περίπτωση οριακές τιμές αποθέματος.



Σχ. 10.1 Μοντέλο υδροδοτικού συστήματος Αθήνας (χωρίς ταμιευτήρα αναρρύθμισης)



Σχ. 10.2 Μοντέλο υδροδοτικού συστήματος Αθήνας (μέ ταμιευτήρα αναρρύθμισης)

11. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥΣ

11.1 Γενικά - Προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή

Η μόνη επιστημονικά τεκμηριωμένη προσέγγιση στο θέμα της αξιοπιστίας του σημερινού υδροδοτικού συστήματος είναι η πιθανοτική. Η κρισιμότητα ή όχι της κατάστασης του αποδίδεται με την πιθανότητα αστοχίας του, η οποία σε καμιά περίπτωση δεν είναι μηδενική. Το σημερινό πρόβλημα εντοπίζεται στις σχετικά αυξημένες πιθανότητες αστοχίας, αν δεν ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης της κρίσιμης κατάστασης.

Η εκτίμηση των πιθανοτήτων αστοχίας γίνεται με την κατάλληλη προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος όπως αναπτύχθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Για το θέμα αυτό έχει συνταχθεί ολοκληρωμένο πακέτο προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή, με βάση το οποίο εξετάστηκαν τα διάφορα σενάρια που περιγράφονται παρακάτω. Το πακέτο περιλαμβάνει

- φιλικό πρόγραμμα επικοινωνίας με το χρήστη, για εισαγωγή δεδομένων και σύνδεση με τα άλλα προγράμματα,
- πρόγραμμα υδρολογικής προσομοίωσης των απορροών,
- πρόγραμμα λειτουργικής προσομοίωσης των ταμειευτήρων Υλίκης και Μόρνου και των αντίστοιχων υδραγωγείων,
- αρχεία στατιστικών χαρακτηριστικών υδρολογικών δεδομένων,
- αρχεία δεδομένων ταμειευτήρων.

Το πακέτο αυτό παραδίδεται στο ΥΠΕΧΩΔΕ και την ΕΥΔΑΠ, και θα μπορεί να χρησιμοποιείται για τη μελέτη άλλων σεναρίων και για τη μελλοντική αναπροσαρμογή των εκτιμήσεων με τα δεδομένα που κάθε φορά θα προκύπτουν. Αναλυτικές οδηγίες και παραδείγματα εφαρμογής των προγραμμάτων υπάρχουν στο τεύχος 16.

11.2 Λειτουργικά σενάρια

Τα σενάρια που εξετάστηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού έργου με τη βοήθεια του προγράμματος αυτού είναι τα ακόλουθα επτά.

- Τρία σενάρια (Α,Β,Γ,) λειτουργίας του συστήματος υπό συνθήκες έκτακτης ανάγκης. Στα σενάρια η κατανάλωση του 1990-91 εκτιμάται στα $370 * 10^6 \text{ m}^3$ και προβλέπεται μειωμένη απόληψη για άρδευση της Κωπαΐδας (μόνο $15 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως). Προβλέπεται επίσης ενίσχυση του υδροδοτικού συστήματος από άλλες πηγές (δεξαμενόπλοια, γεωτρήσεις).
- Τρία σενάρια (Δ,Ε,Ζ,) κανονικών συνθηκών λειτουργίας του συστήματος, με κανονική υδροδότηση της Κωπαΐδας με $50 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως και χωρίς ενίσχυση. Στα σενάρια αυτά η κατανάλωση του 1990-91 εκτιμάται στα $385 * 10^6 \text{ m}^3$ και η μελλοντική κατανάλωση με ορίζοντα το 2010-11 εκτιμάται εναλλακτικά στα 500, 600 και $720 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.
- Ένα σενάριο (Η) με αυξημένη κατανάλωση του 1990-91, στα επίπεδα που θα ήταν αν δεν παίρνονταν τα πρόσφατα μέτρα περιορισμού της κατανάλωσης ($457 * 10^6 \text{ m}^3$).

11.3 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Οι αναλυτικές παραδοχές των σεναρίων και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων φαίνονται στους πίνακες 11.1 και 11.2. Από τη μελέτη των πινάκων αυτών προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Τα μέτρα περιορισμού της κατανάλωσης δικαιώνονται απόλυτα, γιατί από το σενάριο Η είναι σαφές ότι οι πιθανότητες αστοχίας θα ήταν απαράδεκτα υψηλές, αν δεν περιορίζονταν η κατανάλωση.
2. Τα σενάρια λειτουργίας υπό κανονικές συνθήκες δίνουν υπερβολικά υψηλές πιθανότητες αστοχίας για την περίοδο που διανύουμε (περίπου 10% ετησίως) αλλά δείχνουν ότι θα συμβεί κάποια ανάκαμψη γύρω στο 1995. Τα σενάρια 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, το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά μόνο με το σενάριο έκτακτης ανάγκης Α, δηλαδή με περιορισμό απόληψης της Κωπαΐδας στα $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και ενίσχυση του δικτύου με 215.000 m^3 νερού την ημέρα. Τυχόν δυνατότητες περαιτέρω περιορισμού της κατανάλωσης θα είναι επίσης ευνοϊκές.

Η ενίσχυση της ύδρευσης μπορεί να γίνει κατ' αρχήν με νέες γεωτρήσεις, αλλά θεωρούμε ότι η λύση της μεταφοράς με δεξαμονόπλοιο είναι πιο ενδεδειγμένη, ασφαλής και γρήγορη. Τα έργα που θα απαιτηθούν για αυτήν θα μπορέσουν ίσως και στο μέλλον να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών. Άλλες λύσεις συζητήθηκαν, όπως η κατασκευή προσωρινών υδραγωγείων από Τριγωνίδα κ.λ.π. θα ήταν αντιοικονομικές, αλλά και δεν θα αντιμετώπιζαν την σημερινή συγκυριακή κρίση, αφού θα απαιτούσαν ένα χρόνο κατασκευής μεγαλύτερο των δύο ετών, ενώ η ενίσχυση της υδροδότησης θα απαιτηθεί να ξεκινήσει τον Ιανουάριο 1991.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.1
 ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ
 (ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΚΩΠΑΪΔΑΣ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΑΙΟ)

	ΣΕΝΑΡΙΟ Α	ΣΕΝΑΡΙΟ Β	ΣΕΝΑΡΙΟ Γ			
Α. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ						
Κατανάλωση 1990-91 (m³ * 10⁶)	370	370	370			
Ετήσια αύξηση κατανάλωσης m³ * 10⁶	11	11	11			
Απόληψη Κωπαίδας (m³ * 10⁶)	15	15	15			
Ολικά Ωφέλιμα Αποθέματα στις 1 Οκτ. 1990 (m³ * 10⁶)	80	80	80			
Μεκρός όγκος Μόρνου (m³*10⁶)	40	40	40			
Μεκρός όγκος Υλίκης (m³ * 10⁶)	10	10	10			
Ημερήσια Ενίσχυση (m³/ημ.)	215.000	100.000	0			
Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ						
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

Παρατηρήσεις

1. Οι καταναλώσεις περιλαμβάνουν και τις απώλειες των υδραγωγείων μεταφοράς (αναγωγή στις θέσεις εξόδου των ταρρευτήρων).
2. Η ενίσχυση ξεκινάει από τον Ιανουάριο 1991.
3. Σε περίπτωση ταυτόχρονου αδειάσματος των ταρρευτήρων Μόρνου και Υλίκης δεν θα εξασφαλίζεται η ζήτηση της Κωπαίδας.
4. Οι υδρολογικές συνθήκες θεωρείται ότι θα επανέλθουν στα επίπεδα πριν το 1989-90, όπως αυτές διαπιστώνονται από τα ιστορικά δείγματα. (Υποτίθεται ότι η τελευταία ξηρασία αποτελεί συγκυριακό - τυχαίο φαινόμενο χωρίς μόνιμο χαρακτήρα).

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2
ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ
(ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΚΩΠΑΙΔΑΣ - ΧΩΡΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗ)

	ΣΕΝΑΡΙΟ Δ	ΣΕΝΑΡΙΟ Ε	ΣΕΝΑΡΙΟ Ζ	ΣΕΝΑΡΙΟ Η				
Α. ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ								
Κατανάλωση 1990-91 (m³ * 10⁶)	385	385	385	457				
Κατανάλωση 2010-11 (m³ * 10⁶)	500	600	720	600				
Ετήσια αύξηση κατανάλωσης (m³ * 10⁶)	5.8	10.8	16.8	7.1				
Απόληψη Κωπαίδας (m³ * 10⁶)	50	50	50	50				
Οφέλιμα Αποθέματα Μόρνου στις 1 Ιουλ. 1990 (m³ * 10⁶)	134.3	134.3	134.3	134.3				
Οφέλιμα Αποθέματα Υλίκης στις 1 Ιουλ. 1990 (m³ * 10⁶)	74.3	74.3	74.3	74.3				
Μεκράς όγκος Μόρνου (m³*10⁶)	40	40	40	40				
Μεκράς όγκος Υλίκης (m³ * 10⁶)	10	10	10	10				
Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ								
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

Παρατηρήσεις

- Οι καταναλώσεις περιλαμβάνουν και τις απώλειες των υδραγωγείων μεταφοράς (αναγωγή στις θέσεις εξόδου των ταμιευτήρων).
- Σε περίπτωση ταυτόχρονου αδειάσματος των ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης δεν θα εξασφαλίζεται η ζήτηση της Κωπαίδας.
- Οι υδρολογικές συνθήκες θεωρείται ότι θα επανέλθουν στα επίπεδα πριν το 1989-90, όπως αυτές διαπιστώνονται από τα ιστορικά δείγματα. (Υποτίθεται ότι η τελευταία ξηρασία αποτελεί συγκυριακό - τυχαίο φαινόμενο χωρίς μόνιμο χαρακτήρα).

12. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΕΥΗΝΟΥ

12.1 Γενικά

Στα πλαίσια του ερευνητικού έργου μελετήθηκαν 70 περίπου εναλλακτικοί συνδυασμοί διαστάσεων φραγμάτων και σηράγγων εκτροπής. Οι συνδυασμοί αυτοί περιλαμβάνουν τρεις θέσεις φραγμάτων και δύο χαράξεις σηράγγων υδροληψίας (εκτροπής) του Ευήνου προς το Μόρνο. Οι παράμετροι διαστασιολόγησης που εξετάστηκαν είναι τρεις, ήτοι ο νεκρός όγκος του κάθε ταμιευτήρα, η ωφέλιμη χωρητικότητά του και η παροχευευστικότητα της σήραγγας υδροληψίας. Δεν εξετάστηκε η χωρητικότητα που θα διατεθεί για ανάσχεση πλημμυρών, η οποία θα καθοριστεί αφού επιλεγεί η τελική λύση, και οριστεί ο τύπος του υπερχειλιστή (κατά την οριστική μελέτη του έργου).

Αναλυτικά τα θέματα του υδρολογικού σχεδιασμού των έργων Ευήνου καλύπτεται στο τεύχος 15.

12.2 Εκτίμηση νεκρών όγκων

Η εκτίμηση του νεκρού όγκου στηρίχτηκε στα λίγα και ανεπαρκή δεδομένα στερεοπαροχών σε τέσσερις θέσεις του Ευήνου ενώ οι εκτιμήσεις επαληθεύτηκαν και με μια εμπειρική σχέση που προέκυψε από δεδομένα πολλών υδρολογικών λεκανών του ελληνικού χώρου (Κουτσογιάννης & Ταρλά, 1987). Η τελική ετήσια στερεοαπορροή για τις τρεις θέσεις φραγμάτων εκτιμήθηκε σε 993 έως 1082 τόν/έτος/km², και ο αντίστοιχος όγκος αποθήκευσης φερτών στους ταμιευτήρες για εκατονταετή περίοδο επιχωμάτωσης εκτιμήθηκε σε 11.0 έως 16.8 * 10⁶ m³. Τελικά ο νεκρός όγκος θεωρήθηκε ίσος με 17 * 10⁶ m³ και για τις τρεις θέσεις φραγμάτων. Το θέμα του νεκρού όγκου θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω στο στάδιο της οριστικής μελέτης, και μέχρι τότε είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν νέες μετρήσεις στερεοπαροχής στον Ευήνο.

12.3 Ωφέλιμες χωρητικότητες - παροχετευτικότητες

Οι άλλες δύο παράμετροι σχεδιασμού, δηλαδή η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα και η παροχετευτικότητα της σήραγγας υδροληψίας μελετήθηκαν συνδυασμένα, με τη μέθοδο της προσομοίωσης. Οι τοπογραφικές συνθήκες της λεκάνης του Ευήνου δεν ευνοούν τη δημιουργία μεγάλων όγκων ταμιευτήρων, αντίστοιχων με τον όγκο του ταμιευτήρα Μόρνου. Έτσι οι ωφέλιμες χωρητικότητες που εξετάσθηκαν ξεκινούν από 10 εκατομ. m^3 και μόλις ξεπερνούν τα 250 εκατομ. m^3 . Τα μεγέθη αυτά είναι πολύ μικρότερα από το αντίστοιχο του Μόρνου (643 εκατομ. m^3). Τα απαιτούμενα ύψη φράγματος είναι αντίθετα αρκετά μεγάλα, και ξεπερνούν σε ορισμένες περιπτώσεις το ύψος φράγματος Μόρνου (126 m). Ακόμα και στις περιπτώσεις φραγμάτων εκτροπής, με διατιθέμενη ωφέλιμη χωρητικότητα 10 εκατομ. m^3 , τα απαιτούμενα ύψη φράγματος είναι σημαντικά (52 έως 74 m). Το μειονέκτημα των σχετικά μικρών χωρητικοτήτων των εναλλακτικών ταμιευτήρων Ευήνου, καλύπτεται με τη συνδυασμένη λειτουργία του συστήματος ταμιευτήρων Ευήνου - Μόρνου, οπότε η αθροιστική ωφέλιμη χωρητικότητα γίνεται σημαντική. Για το σκοπό αυτό όλες οι προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν προκειμένου να διαστασιολογηθούν τα έργα Ευήνου, βασίστηκαν στο σύστημα Ευήνου - Μόρνου, και όχι στον μεμονωμένο ταμιευτήρα Ευήνου.

Οι επικρατέστεροι από τους συνδυασμούς που εξετάσθηκαν περιέχονται στον πίνακα 12.1. Στους συνδυασμούς αυτούς η παροχετευτικότητα της σήραγγας καθορίστηκε σε τρόπο ώστε να μην προκαλείται μεγάλη μείωση των απολήψεων από τον Ευήνο, με αποδοχή ενός μέγιστου ποσοστού μείωσης 2%. Με το κριτήριο αυτό προέκυψαν οι παροχές σχεδιασμού των σηράγγων στο διάστημα από 6 μέχρι 22 m^3/sec . Σημειώνεται ότι η παροχή σχεδιασμού σε μια θέση αυξάνει με τη μείωση των διαστάσεων του ταμιευτήρα.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 12.1 το σύστημα Μόρνου-Ευήνου (χωρίς την Υλίκη) μπορεί να δώσει ετήσιες απολήψεις από 441 μέχρι 541 * $10^6 m^3$, ανάλογα με τη λύση που θα επιλεγεί. Η συμβολή του Ευήνου στις απολήψεις αυτές είναι 161 έως 261 * $10^6 m^3$. Τα επίπεδα ανάπτυξης (ή ποσοστά ρύθμισης) που επιτυγχάνονται για το σύστημα Μόρνου - Ευήνου κυμαίνονται από 74% μέχρι 83%. Τα ποσοστά αυτά είναι χαμηλότερα από το αντίστοιχο επίπεδο του Μόρνου (88%) λόγω των μικρότερων διαστάσεων των ταμιευτήρων Ευήνου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.1
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ-ΕΥΗΝΟΥ
ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΣΤΟΝ ΕΥΗΝΟ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΕΥΗΝΟΥ	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΟΦΕΛΙΜΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ (* 10 ⁶ m ³)	ΚΑΤΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΥΨΟΣ ΦΑΓΜΑΤΟΣ (m)	ΠΑΡΟΧ/ΤΗΤΑ ΣΠΡΑΓΓΑΣ ΥΔΡΟΛΗΪΑΣ ΕΥΗΝΟΥ-ΜΟΡΝΟΥ (m ³ /sec)	ΚΑΤΑ ΠΡΟ- ΣΕΓΓΙΣΗ ΜΗΚΟΣ ΣΠΡΑΓΓΑΣ ΥΔΡΟΛΗΪΑΣ (km)	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΛΗΨΗ (* 10 ⁶ m ³)	ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕ- ΛΟΣ ΕΣ ΕΧΕ- ΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΜΟΡΝΟΥ (* 10 ⁶ m ³)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (ΠΟΣΟΣΤΟ ΡΥΘΜΙΣΗΣ) ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ %
ΔΕΝΔΡΟΧΟΡΙ (εισοροές 235.0+319.4 = 554.4 εκατομ. m ³)	10 50 100 150 252	74 98 118 133 155	16 10 8 6 6	14 14 14 14 14	441 445 449 453 461	161 165 169 173 181	79.5 80.3 81.0 81.7 83.2
ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (εισοροές 321.4+319.4 = 640.8 εκατομ. m ³)	10 50 100	52 76 95	22 16 12	30 30 30	490 497 503	210 217 223	76.5 77.6 78.5
ΠΕΡΙΣΤΑ (εισοροές 361.9+319.4 = 681.3 εκατομ. m ³)	10 50 100 150 199	71 93 111 120 135	20 16 12 12 10	30 30 30 30 30	505 515 529 535 541	225 235 249 255 261	74.1 75.6 77.6 78.5 79.4

13. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Με τη μέθοδο της προσομοίωσης εκτιμήθηκαν οι ετήσιες απολήψεις για τα κυριότερα εναλλακτικά σχήματα έργων. Εξετάστηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί ταμιευτήρων Μόρνου, Εύηνου και Υλίκης, καθώς και η συμβολή ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα. Επίσης εξετάστηκε η επίδραση μειωμένης παροχετευτικότητας του υδραγωγείου Μόρνου και η συμβολή ενός νέου υδραγωγείου Υλίκης. Αναλυτικά τα θέματα αυτά καλύπτονται στο τεύχος 14.

Τα τελικά αποτελέσματα, που αφορούν την ετήσια απόληψη, για τους συνδυασμούς που εξετάστηκαν, φαίνονται στον πίνακα 13.2. Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι η μέγιστη ετήσια απόληψη από το σύστημα των τριών ταμιευτήρων, αν επιλεγεί η θέση φράγματος Περίστας στον Εύηνο, είναι $715 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, που με κατασκευή και του ταμιευτήρα αναρρύθμισης αυξάνει σε $750 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Σε περίπτωση που η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Μόρνου είναι κατά 20% μικρότερη από την τιμή σχεδιασμού ($18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ αντί $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$) οι παραπάνω τιμές μειώνονται σε 668 και $687 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ αντίστοιχα.

Μετά από προσεκτική μελέτη του πίνακα 13.2 μπορούν να διατυπωθούν και πολλά άλλα ενδιαφέροντα συμπεράσματα όπως

- Ένας ταμιευτήρας στον Εύηνο γενικά μπορεί αντικαταστήσει πλήρως την Υλίκη (εκτός από την περίπτωση φράγματος εκτροπής στο Δενδροχώρι, που έχει δυνατότητες λίγο μικρότερες από αυτές της Υλίκης), προσφέροντας μάλιστα ευνοϊκότερες συνθήκες εκμετάλλευσης χωρίς αντλήσεις.
- Η κατασκευή ενισχυτικού υδραγωγείου Υλίκης - Αθήνας οδηγεί σε αύξηση των απολήψεων από το σύστημα κατά 14 έως $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (μόνο), ενισχύοντας παράλληλα σημαντικά την ασφάλεια του συστήματος.
- Η ενδεχόμενη μειωμένη παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Μόρνου μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες στην δυνατότητα απόληψης από το σύστημα (μείωση της απόληψης κατά $47 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για μείωση της παροχετευτικότητας κατά 20%).

- Η κατασκευή ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης αναιρεί σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα της ενδεχόμενα μειωμένης παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου Μόρνου, παρέχοντας και το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης ασφάλειας του συστήματος. Ακόμη σε περίπτωση που η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Μόρνου δεν είναι μειωμένη, η επίδραση του ταμιευτήρα αναρρύθμισης είναι πάλι ευεργετική, αφού οδηγεί σε μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης της Υλίκης.

Η επιλογή της τελικής λύσης για το μελλοντικό υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας προϋποθέτει και την ολοκλήρωση των τεχνικοοικονομικών μελετών και γεωτεχνικών εργασιών. Επικρατέστερη λύση, αν δεν υπάρξουν απαγορευτικοί γεωτεχνικοί παράγοντες, φαίνεται να είναι αυτή του φράγματος Περίστας, με αυξημένη ωφέλιμη χωρητικότητα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.1
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ 99%

Α/Α	ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟ ΣΧΗΜΑ	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ					ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ		
		ΦΘΕΛΙΜΗ ΧΩΡΗΤ/ΤΑ ΤΑΜ/ΤΗΡΑ ΕΥΗΝΟΥ (* 10 ⁶ μ ³)	ΠΑΡΟΧ/ΤΗΤΕΣ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΩΝ (μ ³ /sec)				ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΛΗΨΗ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (*10 ⁶ μ ³)	ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕΛΟΣ ΣΕ ΕΚΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΜΟΡΝΟΥ (* 10 ⁶ μ ³)	ΚΑΘΑΡΟ ΟΦΕΛΟΣ ΣΕ ΕΚΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΗΜΕΡΙΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ (* 10 ⁶ μ ³)
			ΜΟΡΝΟΥ-ΑΘΗΝΑΣ	ΕΥΗΝΟΥ-ΜΟΡΝΟΥ	ΥΦΙΣΤ. ΥΛΙΚΗΣ	ΝΕΟ ΥΛΙΚΗΣ			
1	Μόρνος (μεμονωμένη εκμετάλλευση)	-	18.5 ή 23.0	-	-	-	280	0	-
2	Υλίκη (" ")	-	-	-	7.5	0 ή 3.5 ή 7.5	151	-	-
3.1	Μόρνος + Υλίκη	-	18.5 ή 23.0	-	7.5	0	461	181	0
3.2	" "	-	"	-	7.5	3.5	475	195	14
3.3	" "	-	"	-	7.5	7.5	476	196	15
4.1	Μόρνος + Δενδροχώρι	10	23.0	16.0	-	-	441	161	-
4.2	" "	252	18.5 ή 23.0	6.0	-	-	461	181	0
5.1	Μόρνος + Αγ. Δημήτριος	10	23.0	22.0	-	-	490	210	29
5.2	" "	100	23.0	12.0	-	-	503	223	42
6.1	Μόρνος + Περίστα	10	23.0	20.0	-	-	505	225	44
6.2	" "	199	23.0	10.0	-	-	541	261	80
6.3	" "	199	18.5	10.0	-	-	475	195	14
7	Μόρνος + Δενδροχώρι + Αναρρύθμιση	252	18.5 ή 23.0	6.0	-	-	469	189	8
8.1	Μόρνος + Περίστα + Αναρρύθμιση	199	23.0	10.0	-	-	557	277	96
8.2	" "	199	18.5	10.0	-	-	555	275	94
9	Μόρνος + Δενδροχώρι + Υλίκη	252	18.5 ή 23.0	6.0	7.5	-	631	(351)	170
10.1	Μόρνος + Περίστα + Υλίκη	199	23.0	10.0	7.5	-	715	(435)	254
10.2	" "	199	18.5	10.0	7.5	-	668	(388)	207
11.1	Μόρνος+Δενδροχώρι+Υλίκη+Αναρρύθμιση	252	23.0	6.0	7.5	7.5	667	(387)	206
11.2	" "	252	18.5	6.0	7.5	7.5	658	(378)	197
12	Μόρνος +Περίστα +Υλίκη +Αναρρύθμιση	199	23.0	10.0	7.5	7.5	750	(470)	289
12.2	" "	199	18.5	10.0	7.5	7.5	687	(407)	226

Γενικές παραδοχές

1. Ελάχιστη στάθμη Μόρνου +382.0 μ (Απόληψη με φυσική ροή)
2. Ελάχιστη στάθμη άντλησης Υλίκης +43.0 μ
3. Μεκρός όγκος ταμειυτήρα Ευήνου 17.0 * 10⁶ μ³
4. Φθελιμη χωρητικότητα ταμειυτήρα αναρρύθμισης 100 * 10⁶ μ³
5. Υδρολογικές συνθήκες όπως στα ιστορικά δείγματα, χωρίς υπόθεση κλιματικής αλλαγής

14. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

A. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

- A1. Το σημερινό υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας, με συνδυασμένη εκμετάλλευση των ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης μπορεί να δίνει $461 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, με αξιοπιστία 99%, υπό την προϋπόθεση ότι οι μέσες κλιματικές συνθήκες θα παραμείνουν στα επίπεδα που διαπιστώνονται από τα προ του 1988-89 υδρολογικά δεδομένα.
- A2. Κατά το τρέχον υδρολογικό έτος το σύστημα έχει φτάσει σε ιδιαίτερα κρίσιμη κατάσταση, εξαιτίας της μη ορθολογικής εκμετάλλευσης του συστήματος Μόρνου - Υλίκης μέχρι και το 1987 (συνεχής υπερεκμετάλλευση Μόρνου) και, βεβαίως, του εφετινού φαινομένου ξηρασίας που είναι εξαιρετικά ασυνήθιστο (πιθανότητα της τάξης του 1:1000 ή και μικρότερη).
- A3. Εφόσον τα φαινόμενα ξηρασίας δεν συνεχιστούν και παράλληλα ακολουθηθεί ορθολογική εκμετάλλευση του συστήματος Μόρνου - Υλίκης και διατηρηθούν τα χαμηλά επίπεδα κατανάλωσης που επιτεύχτηκαν με τα πρόσφατα μέτρα της ΕΥΔΑΠ, αναμένεται ότι το σύστημα θα ανακάμψει σε 2-3 χρόνια. Διαφορετικά το πρόβλημα θα είναι μόνιμο μέχρι την κατασκευή των νέων ενισχυτικών έργων του συστήματος τα οποία απαιτούν αρκετό χρόνο.
- A4. Μέχρι την ανάκαμψη του συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται κάθε προσωρινό ή μόνιμο ενισχυτικό έργο, καθώς και κάθε δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης. Με τα σημερινά δεδομένα, μια ποσότητα ενίσχυσης 200.000 - 250.000 m^3 ημερησίως αναμένεται να είναι επαρκής.

B. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

- B1. Η κατασκευή των έργων του Ευήνου θα δώσει μια αποφασιστική συμβολή στην υδροδότηση της Αθήνας, αυξάνοντας τη δυνατότητα του υδροδοτικού συστήματος κατά $161 \text{ έως } 261 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ανάλογα με την τελική λύση που θα επιλεγεί. Η συμβολή αυτή έχει το

πλεονέκτημα ότι θα πραγματοποιείται με φυσική ροή, χωρίς αντλήσεις.

- B2.** Θεωρούμε ότι από τις τρεις πιθανές θέσεις φραγμάτων του Ευήνου θα πρέπει να επιλεγεί η πιο κατάντη θέση της Περίστας, υπό τον όρο ότι δε θα υπάρξουν απαγορευτικοί γεωτεχνικοί παράγοντες. Ο ταμιευτήρας θα πρέπει να έχει αυξημένη ωφέλιμη χωρητικότητα, ώστε να γίνει η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού στη θέση αυτή.
- B3.** Με την παραπάνω λύση το υδροδοτικό σύστημα Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης θα μπορεί να δίνει μια ποσότητα $715 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, που ακόμα και με το δυσμενέστερο σενάριο αύξησης της κατανάλωσης, καλύπτει τη ζήτηση μέχρι το 2010. Η ποσότητα αυτή μπορεί να αυξηθεί σε $750 * 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως με κατασκευή ταμιευτήρα αναρρύθμισης, χωρητικότητας $100 * 10^6 \text{ m}^3$, κοντά στην Αθήνα.
- B4.** Εφόσον η εξέλιξη της κατανάλωσης γίνει με βραδύτερους ρυθμούς ή αναστραφεί η αυξητική πορεία της, τότε, μετά την ένταξη των έργων Ευήνου, είναι σκόπιμο να περιοριστεί η εκμετάλλευση της Υλίκης, που είναι η πλέον δαπανηρή, λόγω των αντλήσεων.
- B5.** Σε κάθε περίπτωση η Υλίκη θα πρέπει να παραμείνει ενταγμένη στο υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας, γιατί προσφέρει εναλλακτικό δρόμο προσαγωγής νερού, σε περίπτωση βλάβης του υδραγωγείου Μόρνου. Μάλιστα, λόγοι ασφάλειας επιβάλλουν την ενίσχυση του υδραγωγείου Υλίκης, με την κατασκευή του δεύτερου υδραγωγείου από την Υλίκη προς την Αθήνα, περίπου ίσης παροχетеυτικότητας με το σημερινό.
- B6.** Το εγχείρημα της στεγανοποίησης της Υλίκης, με σκοπό τη μείωση των υπόγειων διαφυγών, θεωρούμε ότι δε θα πρέπει να συγκαταλέγεται στα άμεσας προτεραιότητας έργα, πολύ περισσότερο που είναι αμφισβητίσιμης αποτελεσματικότητας. Η μείωση των υπόγειων διαφυγών επιτυγχάνεται απλούστερα με εντατική εκμετάλλευση της Υλίκης σε τρόπο ώστε η στάθμη νερού να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.

- B7.** Είναι σκόπιμο να μελετηθεί περαιτέρω η δυνατότητα κατασκευής ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης, όσο γίνεται πιο κοντά στην Αθήνα. Τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου έργου είναι πολλαπλά, όπως
- η μεγιστοποίηση των συνολικών απολήψεων από το σύστημα των ταμιευτήρων,
 - η ελαχιστοποίηση των υπόγειων διαφυγών της Υλίκης (π.χ. για το σχήμα Μόρνου-Υλίκης-Περίστας οι μέσες ετήσιες διαφυγές από $105 * 10^6 \text{ m}^3$ μειώνονται σε $32 * 10^6 \text{ m}^3$),
 - η αναίρεση των προβλημάτων που θα δημιουργηθούν από ενδεχομένως μειωμένη παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Μόρνου-Αθήνας, και τέλος
 - η μεγαλύτερη ασφάλεια του συστήματος, για κάλυψη περιστατικών βλαβών.
- B8.** Το θέμα της παροχετευτικότητας και των διαφυγών του υδραγωγείου Μόρνου-Αθήνας έχει ακόμη αρκετά ερωτηματικά, που εντάσσονται σε δύο σκέλη, το υδραυλικό και το στατικό. Το υδραυλικό σκέλος, μετά από σχετική ανάθεση ανεξάρτητου ερευνητικού προγράμματος από την ΕΥΔΑΠ, θα μελετηθεί στο άμεσο μέλλον από διευρυμένη ερευνητική ομάδα του Τομέα Υδατικών Πόρων - Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του ΕΜΠ. Επίσης θα πρέπει να ξεκινήσουν εκτεταμένες έρευνες για τη διαπίστωση και τον έλεγχο των διαρροών του εσωτερικού δικτύου διανομής, με παράλληλη ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης του δικτύου.
- B9.** Η τελική επιλογή της λύσης για το μελλοντικό υδροδοτικό σχήμα της Αθήνας, προϋποθέτει και την ταχεία ολοκλήρωση των τεχνικοοικονομικών μελετών και γεωτεχνικών ερευνών.

B10. Σκόπιμη θεωρείται και η παράλληλη εκπόνηση ερευνών σχετικά με

- τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των έργων του Ευήνου,
- τη γενικότερη πολιτική ανάπτυξης και διαχείρισης υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας, και τέλος
- τη μελέτη ευαισθησίας του υδροδοτικού συστήματος σε ενδεχόμενες κλιματικές αλλαγές.

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 Simalka 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-Hilferty 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 Εκδοση 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), том. 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-diagram", 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.