

Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης της Πρωτεύουσας

**Σχέδιο Διαχείρισης του Υδροδοτικού Συστήματος
της Αθήνας**

Υδρολογικό έτος 2008–2009

Μάρτιος 2009

Ε. ΥΔ. Α. Π. Α. Ε.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ & ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ

Ομάδα εργασίας

Για τη σύνταξη του παρόντος εργάστηκαν:

Δ. Νικολόπουλος, Α. Νασίκας (ΕΥΔΑΠ, Διεύθυνση Υδροληψίας)

Α. Ευστρατιάδης, Γ. Καραβοκυρός, Ν. Μαμάσης (ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος)

Τεχνική υποστήριξη

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	1
1.1	Το θεσμικό πλαίσιο της ΕΥΔΑΠ.....	1
1.1.1	Ο Νόμος 2744/1999	1
1.1.2	Άλλα νομοθετήματα γενικά για τη διαχείριση υδατικών πόρων	2
1.1.3	Η σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της ΕΥΔΑΠ	3
1.2	Σκοπός και αντικείμενο του Σχεδίου Διαχείρισης.....	4
1.3	Ιστορικό και διαδικασία εκπόνησης του Σχεδίου Διαχείρισης.....	5
1.4	Βασικές επισημάνσεις	6
1.5	Διάρθρωση του τεύχους	7
2	Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας	8
2.1	Υδατικοί πόροι	8
2.1.1	Ταμειυτήρες	9
2.1.2	Υπόγειοι υδροφορείς - Γεωτρήσεις.....	10
2.2	Υδραγωγεία	10
2.2.1	Περιγραφή των υδραγωγείων.....	11
2.2.2	Λειτουργία υδραγωγείων	14
2.2.3	Παροχетеυτικότητες υδραγωγείων.....	17
2.3	Μονάδες επεξεργασίας νερού.....	18
2.4	Έργα συντήρησης-αναβάθμισης του υδροδοτικού συστήματος	19
2.4.1	Έργα συγχρηματοδοτούμενα από το Ταμείο Συνοχής.....	19
2.4.2	Μικρά υδροηλεκτρικά έργα	19
2.5	Ιδιαιτερότητες και προβλήματα σχετικά με τη μεταφορά νερού στην Αθήνα	20
3	Ζήτηση νερού	21
3.1	Ιστορικά δεδομένα.....	21
3.2	Υδροδοτούμενες περιοχές και κατηγορίες χρήσεων νερού.....	22
3.3	Ανάλυση της εξέλιξης της ζήτησης.....	24
3.3.1	Μεταβολή του πληθυσμού	24
3.3.2	Εξέλιξη βιοτικού επιπέδου	25
3.3.3	Τιμολογιακή πολιτική της εταιρείας	26
3.3.4	Βιομηχανικές, επαγγελματικές, δημόσιες, δημοτικές και άλλες χρήσεις	27
3.4	Εποχιακή και ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης.....	28
3.5	Κατανάλωση ανά δυλιστήριο	30
3.6	Απώλειες νερού	31
3.7	Αναπτυξιακά σχέδια της ΕΥΔΑΠ και αντίστοιχες απαιτήσεις σε νερό	33
3.8	Μεσοπρόθεσμες εκτιμήσεις μελλοντικής ζήτησης.....	34

3.8.1	Κοινή κατανάλωση	34
3.8.2	Κατανάλωση για την ενίσχυση των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης	35
3.8.3	Υπόλοιπες καταναλώσεις.....	36
3.8.4	Επεκτάσεις δικτύου.....	37
3.8.5	Εκτίμηση εξέλιξης απωλειών εσωτερικού δικτύου	38
3.8.6	Εκτιμήσεις συνολικής μελλοντικής ζήτησης	38
3.9	Αρδευτικές χρήσεις νερού	40
4	Υδατικοί πόροι	42
4.1	Εκτιμήσεις επιφανειακών υδατικών πόρων.....	42
4.1.1	Γενικά.....	42
4.1.2	Ποταμός Μόρνος	43
4.1.3	Ποταμός Εύηνος.....	44
4.1.4	Σύστημα Βοιωτικού Κηφισού-Υλίκης.....	45
4.1.5	Ποταμός Χάραδρος.....	49
4.1.6	Ποταμός Ασωπός.....	51
4.2	Δυνατότητες άντλησης υπόγειων νερών	51
4.2.1	Γενικά.....	51
4.2.2	Γεωτρήσεις Βορειοανατολικής Πάρνηθας.....	52
4.2.3	Γεωτρήσεις περιοχής Υλίκης	52
4.2.4	Γεωτρήσεις Βοιωτικού Κηφισού	52
5	Οικονομικά δεδομένα	53
5.1	Εισαγωγή.....	53
5.2	Κόστος άντλησης νερού	54
6	Περιβαλλοντικές όψεις της διαχείρισης	57
6.1	Ποιότητα ανεπεξέργαστου νερού στις πηγές.....	57
6.1.1	Ποταμός Εύηνος.....	57
6.1.2	Ποταμός Μόρνος	58
6.1.3	Ποταμός Β. Κηφισός - Λίμνη Υλίκη - Υδροφορείς Β. Κηφισού.....	58
6.1.2	Ποταμός Χάραδρος.....	59
6.2	Ποιότητα ανεπεξέργαστου νερού μετά την είσοδο στο σύστημα	59
6.3	Παραγωγή και εξοικονόμηση υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	60
6.4	Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις.....	60
7	Μεθοδολογικό πλαίσιο διαχείρισης υδροδοτικού συστήματος	62
7.1	Γενικά.....	62
7.2	Συνοπτική περιγραφή του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος.....	63
7.2.1	Στόχοι και συνιστώσες του συστήματος.....	63
7.2.2	Μεθοδολογία προσομοίωσης και βελτιστοποίησης του υδροσυστήματος.....	63

7.2.3	Υδρολογικά σενάρια	67
8	Διαχείριση του υδροσυστήματος	69
8.1	Γενικά	69
8.2	Περιγραφή του μοντέλου του υδροσυστήματος.....	69
8.2.1	Χαρακτηριστικά του δικτύου.....	69
8.2.2	Υδρολογικά σενάρια	72
8.2.3	Απώλειες νερού στα εξωτερικά υδραγωγεία.....	73
8.2.4	Πολιτική λειτουργίας γεωτρήσεων	74
8.2.5	Λοιπές παραδοχές	74
8.3	Στόχοι και περιορισμοί του συστήματος	74
8.3.1	Ύδρευση Αθηνών.....	75
8.3.2	Αποφυγή υπερχειλίσης ταμιευτήρων	75
8.3.3	Επιθυμητά όρια διακύμανσης αποθέματος ταμιευτήρων.....	76
8.3.4	Λοιπές υδρευτικές χρήσεις.....	77
8.3.5	Περιβαλλοντικοί περιορισμοί	77
8.3.6	Διατήρηση ελάχιστης παροχής στο υδραγωγείο Υλίκης	77
8.3.7	Άρδευση Κωπαΐδας από Υλίκη.....	77
8.3.8	Άρδευση Κωπαΐδας από υδραγωγείο Μόρνου.....	78
8.4	Εκτίμηση ασφαλούς δυναμικού υδροσυστήματος	78
8.4.1	Ορισμοί και γενικές παραδοχές.....	78
8.4.2	Εκτίμηση θεωρητικού υδατικού δυναμικού για διάφορα σενάρια χρήσης των γεωτρήσεων (A1-A4).....	78
8.4.3	Εκτίμηση πραγματικού υδατικού δυναμικού για διάφορα σενάρια λειτουργίας των υδραγωγείων (B1-B3)	82
8.5	Διερεύνηση βέλτιστης πολιτικής διαχείρισης έτους 2009.....	84
8.5.1	Χαρακτηριστικά της τρέχουσας συγκυρίας	84
8.5.2	Γενικές παραδοχές	85
8.5.3	Αποτελέσματα.....	87
8.5.4	Ανάλυση διαχειριστικών πολιτικών έτους 2009	91
9	Ασφάλεια του υδροδοτικού συστήματος έναντι έκτακτων περιστατικών	98
9.1	Γενικά	98
9.2	Εφεδρικές πηγές	98
9.3	Επιπτώσεις βλαβών και κάλυψη της ζήτησης.....	99
10	Συμπεράσματα	101
10.1	Γενικά συμπεράσματα	101
10.2	Ειδικά συμπεράσματα για τη διαχείριση κατά το έτος 2009.....	105
	Αναφορές	107

1 Εισαγωγή

1.1 Το θεσμικό πλαίσιο της ΕΥΔΑΠ

1.1.1 Ο Νόμος 2744/1999

Με τον Νόμο 2744/1999 αναδιοργανώθηκε η Εταιρεία Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως Πρωτεύουσας (ως ΕΥΔΑΠ Α.Ε.) με σκοπό τη βελτίωση των προσφερομένων από αυτήν υπηρεσιών. Παράλληλα, έγινε εισαγωγή της εταιρείας στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών με δυνατότητα διάθεσης μετοχών μέχρι ποσοστού 49%. Έτσι, η ΕΥΔΑΠ διατηρεί το δημόσιο χαρακτήρα της.

Το άρθρο 1 του εν λόγω νόμου καθορίζει το νομικό καθεστώς της ΕΥΔΑΠ. Ειδικότερα, στην παράγραφο 4 του άρθρου αυτού καθορίζονται οι σκοποί της εταιρείας:

Στους σκοπούς της Εταιρείας περιλαμβάνονται ιδίως:

α. Η παροχή υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης, η μελέτη, κατασκευή εγκατάσταση, λειτουργία, εκμετάλλευση, διαχείριση, συντήρηση, επέκταση και ανανέωση των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης. Στις δραστηριότητες και τα έργα αυτά συμπεριλαμβάνονται η άντληση, αφαλάτωση, επεξεργασία, αποθήκευση, μεταφορά, διανομή και διαχείριση των προς τους σκοπούς αυτούς αποδιδόμενων υδάτων πάσης φύσεως, καθώς και τα έργα και οι δραστηριότητες συλλογής, μεταφοράς, επεξεργασίας, αποθήκευσης και διαχείρισης των πάσης φύσεως λυμάτων (πλην των τοξικών) και η επεξεργασία, διανομή, διάθεση και διαχείριση των προϊόντων των δικτύων αποχετεύσεως.

β. Η πραγματοποίηση επενδύσεων σύμφωνα με τις παραγράφους 6 και 7 του παρόντος άρθρου.

Το άρθρο 2 που αναφέρεται στα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις της ΕΥΔΑΠ (παράγραφος 1) ορίζει (μεταξύ άλλων) ότι:

Χορηγείται στην ΕΥΔΑΠ το αποκλειστικό δικαίωμα παροχής υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης στη γεωγραφική περιοχή της παραγράφου 1 του άρθρου 8 και ειδικότερα: α) άντλησεως, συλλογής, αφαλατώσεως, αποθηκείσεως, μεταφοράς, επεξεργασίας, διανομής και διαχειρίσεως ύδατος πάσης χρήσεως, και β) της συλλογής, μεταφοράς, επεξεργασίας, αποθηκείσεως, διαθέσεως και διαχειρίσεως αποβλήτων και άλλων λυμάτων, εξαιρουμένων των τοξικών. Το δικαίωμα αυτό είναι ανεκχώρητο και αμεταβίβαστο.

Στο ίδιο άρθρο (παράγραφος 2) προβλέπεται η σύναψη σύμβασης μεταξύ ΕΥΔΑΠ και Ελληνικού Δημοσίου για τον καθορισμό των λεπτομερειών άσκησης του παραπάνω δικαιώματος.

Εξ άλλου, για την έρευνα και τη συλλογή του νερού, το οποίο είναι κοινωνικό αγαθό, την ευθύνη διατηρεί σύμφωνα με το νόμο το Ελληνικό Δημόσιο. Το Ελληνικό Δημόσιο διατηρεί, επίσης, την ευθύνη για τη μελέτη και την κατασκευή των απαραίτητων έργων ώστε να διαθέτει τις αναγκαίες για την ύδρευση ποσότητες νερού στην ΕΥΔΑΠ. Για το σκοπό αυτό ιδρύεται Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου (ΝΠΔΔ) με την επωνυμία «Εταιρεία Παγίων ΕΥΔΑΠ» (ΕΠΕΥΔΑΠ) το οποίο τελεί υπό την εποπτεία του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων (άρθρο 4 του νόμου). Στην ιδιοκτησία της ΕΠΕΥΔΑΠ περιέχονται τα πάγια στρατηγικής σημασίας, όπως τα φράγματα Μόρνου, Ευήνου και Μαραθώνα, και τα έργα και οι εγκαταστάσεις της Υλίκης.

Με τον τρόπο αυτό, τα πάγια στρατηγικής σημασίας παραμένουν στην απόλυτη ιδιοκτησία του δημοσίου. Τα της οργανώσεως και διοικήσεως της ΕΠΕΥΔΑΠ θα ρυθμισθούν με Προεδρικό Διάταγμα.

Το άρθρο 6 καθορίζει τις υποχρεώσεις του Δημοσίου και αναφέρει (παράγραφος 1, μεταξύ άλλων) ότι

Το Δημόσιο διαθέτει ακατέργαστο ύδωρ στην ΕΥΔΑΠ ώστε να εξασφαλίζεται η εύλογη κατανάλωση ύδατος εκ μέρους των καταναλωτών της και να είναι σε θέση η ΕΥΔΑΠ να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις παροχής υπηρεσιών ύδρευσης. Η ποσότητα, η ποιότητα και η μέθοδος παροχής του ακατέργαστου νερού θα καθορίζεται στη σύμβαση της παραγράφου 2 του άρθρου 2. Με την ίδια σύμβαση ορίζεται το ύψος του τιμήματος που καταβάλλεται από την ΕΥΔΑΠ για τη διάθεση σε αυτή του ακατέργαστου ύδατος, το οποίο αποδίδεται στην «Εταιρεία Παγίων ΕΥΔΑΠ».

Στη συνέχεια, στο ίδιο άρθρο, καθορίζονται και επιμερίζονται οι αρμοδιότητες του Δημοσίου:

Το Υπουργείο Ανάπτυξης μεριμνά για την έρευνα και τη συλλογή του ύδατος αυτού και το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων για τη μελέτη, κατασκευή και λειτουργία νέων έργων και για τη λειτουργία, συντήρηση και επέκταση υφιστάμενων έργων προς το σκοπό εκπλήρωσης της υποχρέωσής του αυτής σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ν. 1739/1987. Η «Εταιρεία Παγίων ΕΥΔΑΠ» έχει την ευθύνη για τη λειτουργία και συντήρηση των παγίων που θα μεταβιβασθούν δυνάμει των παραγράφων 1, 2 και 3 του άρθρου 4 του παρόντος. Το σύνολο ή τμήμα των εργασιών λειτουργίας και συντήρησης των παγίων αυτών μπορεί να ανατίθεται στην ΕΥΔΑΠ έναντι εύλογης αμοιβής. Κατ' εξαίρεση για τη λειτουργία και συντήρηση υδραγωγείων ή άλλων εκ των παγίων, τα οποία ενδεχομένως θα μεταβιβασθούν, είναι υπεύθυνη η ΕΥΔΑΠ, εφόσον η τελευταία ζητήσει να αναλάβει τη λειτουργία και συντήρησή τους με δικές της δαπάνες.

Επίσης, το Δημόσιο διατηρεί την αρμοδιότητα καθορισμού τιμολογίων στα πλαίσια της κυβερνητικής πολιτικής. Ειδικότερα, με το άρθρο 3 η αρμοδιότητα αυτή ανατίθεται από κοινού στους Υπουργούς Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων μετά από γνώμη του Διοικητικού Συμβουλίου της ΕΥΔΑΠ. Προβλέπεται ότι τα τιμολόγια θα καθορίζονται ανά πενταετία και σε τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η εύλογη απόδοση των επενδύσεων της ΕΥΔΑΠ και η χρηματοδότηση των δραστηριοτήτων της με ορθολογικό τρόπο.

1.1.2 Άλλα νομοθετήματα γενικά για τη διαχείριση υδατικών πόρων

Η διαχείριση των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας θα είναι, βέβαια, πέραν του Νόμου 2744/1999, σύμφωνη με το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων με σημαντικότερο νομοθέτημα το Νόμο 1739/87 (ΥΒΕΤ, 1988). Ο νόμος αυτός, στο Άρθρο 9, παρ. 7, θεσπίζει το δικαίωμα χρήσης νερού για ύδρευση αλλά και την προτεραιότητα της ύδρευσης έναντι άλλων χρήσεων:

Η ύδρευση προηγείται από κάθε άλλη χρήση νερού. Το δικαίωμα χρήσης νερού για ύδρευση δεν μπορεί να καταργηθεί ή να περιοριστεί. Αν οι ανάγκες του δικαιούχου για την ίδια ποιότητα και ποσότητα αυτού ικανοποιούνται από έργα κοινής ωφελείας ή αν το περιεχόμενο και η άσκηση του δικαιώματος επεκτείνεται πέραν από το αναγκαίο, το δικαίωμα αυτό καταργείται ή περιορίζεται αντίστοιχα με απόφαση του οικείου νομάρχη, ύστερα από εισήγηση της αρμόδιας περιφερειακής υπηρεσίας διαχείρισης υδατικών πόρων και γνωμοδότηση της αρμόδιας διεύθυνσης τεχνικών υπηρεσιών δήμων και κοινοτήτων.

Στο μέλλον όλο το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο αναμένεται να εναρμονιστεί με την κοινοτική οδηγία-πλαίσιο 2000/60/ΕΕ με τίτλο «Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» (ΕΕ, 2000) που

ψηφίστηκε το έτος 2000 από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Το σύνολο των διατάξεων της οδηγίας έχει άμεση ή έμμεση σχέση με τη διαχείριση των πόρων ύδρευσης της Αθήνας. Ειδικά το Άρθρο 7 ασχολείται με «υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για άντληση ποσίμου ύδατος» και αναφέρει συγκεκριμένα:

Μέσα σε κάθε Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού, τα κράτη μέλη προσδιορίζουν (α) όλα τα υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για υδροληψία με σκοπό την ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχουν κατά μέσο όρο άνω των 10 m³ ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από 50 άτομα· (β) τα υδατικά συστήματα που προορίζονται για τέτοια χρήση μελλοντικά.

Τα κράτη μέλη παρακολουθούν σύμφωνα με το Παράρτημα V, τα υδατικά συστήματα που παρέχουν άνω των 100 m³ ημερησίως.

Ακόμη, στην οδηγία θεσπίζονται:

- Στο Άρθρο 3 ο συντονισμός διοικητικών ρυθμίσεων μέσα σε Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού·
- Στο Άρθρο 4 περιβαλλοντικοί στόχοι για τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα·
- Στο Άρθρο 8 η παρακολούθηση της κατάστασης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και των προστατευόμενων περιοχών·
- Στο Άρθρο 9 η αρχή της ανάκτησης (μερικής ή ολικής) του κόστους των υπηρεσιών ύδατος (λεπτομέρειες παρουσιάζονται στο Παράρτημα III)·
- Στο Άρθρο 11 η υποχρέωση κάθε κράτους μέλους να καταρτίσει πρόγραμμα μέτρων ανά Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού για την επίτευξη των στόχων της οδηγίας·
- Στο Άρθρο 13 η κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού (λεπτομέρειες για την κατάρτισή τους παρουσιάζονται στο Παράρτημα VII).

1.1.3 Η σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της ΕΥΔΑΠ

Σε εφαρμογή της σχετικής πρόβλεψης του Νόμου 2744/1999 (άρθρο 2, παράγραφος 2) έχει συναφθεί και υπογραφεί σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της ΕΥΔΑΠ που ισχύει από τις 25-10-1999 (ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΔΑΠ, 1999). Τα σχετικά με την προμήθεια ανεπεξέργαστου νερού περιγράφονται στην παράγραφο 1 του άρθρου 15 της σύμβασης, η οποία αναφέρει τα εξής:

(α) Καθορισμός ποσότητας ακατέργαστου ύδατος και του οφειλόμενου τιμήματος.

Το Δημόσιο προμηθεύει την ΕΥΔΑΠ με ακατέργαστο ύδωρ από τις εκάστοτε υπάρχουσες πηγές, ώστε να εξασφαλίζεται η εύλογη κατανάλωση ύδατος εκ μέρους των καταναλωτών της και να είναι σε θέση η ΕΥΔΑΠ να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις παροχής υπηρεσιών ύδρευσης.

Το τίμημα του ακατέργαστου ύδατος για την πρώτη πενταετία από την έναρξη ισχύος της παρούσης, συμψηφίζεται με το κόστος υπηρεσιών που προσφέρει η ΕΥΔΑΠ για τη συντήρηση και λειτουργία των παγίων που ανήκουν κατά κυριότητα στην «Εταιρεία Παγίων ΕΥΔΑΠ».

Το προαναφερθέν συμψηφιζόμενο κόστος λειτουργίας και συντήρησης αναφέρεται στη συνήθη συντήρηση και δεν αφορά μεμονωμένες επεμβάσεις, ανακαινίσεις, αντικαταστάσεις, προμήθειες ή επιμέρους νέα έργα δαπάνης για το καθένα μεγαλύτερης των 50.000.000 δρχ. Τα έργα αυτά δύνανται να σχεδιάζονται και να εκτελούνται από την ΕΥΔΑΠ με ιδιαίτερη συμφωνία και χρηματοδότηση από το ΥΠΕΧΩΔΕ πέραν του συμψηφιζόμενου κόστους συντήρησης.

Στο ως άνω συμψηφιζόμενο κόστος συντήρησης δεν περιλαμβάνεται επίσης η συντήρηση και λειτουργία παγίων αντιπλημμυρικής προστασίας ομβρίων υδάτων, το οποίο δύναται να συμφωνείται με χωριστή σύμβαση, σύμφωνα με το άρθρο 6 παράγραφοι 2 και 3 του Νόμου.

Η ΕΥΔΑΠ αναλαμβάνει επί πλέον την υποχρέωση, στο πλαίσιο του τιμήματος να καταβάλλει στην «Εταιρεία Παγίων ΕΥΔΑΠ», το κόστος της ετήσιας λειτουργίας της (αμοιβές προσωπικού και έξοδα λειτουργίας) μέχρι του ύψους των εκατόν πενήντα εκατομμυρίων (150.000.000) δρχ. ετησίως κατ' ανώτατο όριο. Η ΕΥΔΑΠ αναλαμβάνει επίσης την ευθύνη, μετά από υπόδειξη της «Εταιρείας Παγίων ΕΥΔΑΠ», για τη σύνταξη μελετών που αφορούν την ασφαλή κατάσταση των παγίων στοιχείων της «Εταιρείας Παγίων ΕΥΔΑΠ».

Η τιμή του ακατέργαστου ύδατος μετά την πρώτη πενταετία, καθορίζεται με έγγραφη συμφωνία των μερών, ταυτόχρονα με το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των παγίων, σε συνάρτηση με την τιμολογιακή πολιτική, και λαμβάνοντας υπόψη οπωσδήποτε την τιμή πώλησης του ακατέργαστου ύδατος προς τρίτους από την ΕΥΔΑΠ.

Η ΕΥΔΑΠ αναλαμβάνει την υποχρέωση να συντάξει Σχέδιο Διαχείρισης των διαθεσίμων συστημάτων παροχής ακατέργαστου ύδατος και να το υποβάλει προς έγκριση στον εποπτεύοντα την ΕΥΔΑΠ Υπουργό εντός ενός έτους από της ισχύος της παρούσης σύμβασης. Σε περίπτωση που με βάση το σχέδιο αυτό απαιτείται η απόληψη νερού και από τα υπάρχοντα συστήματα πέραν των ταμιευτήρων Ευήνου, Μόρνου και Μαραθώνα η ΕΥΔΑΠ δικαιούται πρόσθετη αποζημίωση, ανάλογη με την επιβάρυνση του κόστους λειτουργίας, που θα επιφέρει η τροποποίηση αυτή και που θα ρυθμιστεί με ιδιαίτερη συμφωνία.

(β) Μέθοδος παροχής ακατέργαστου ύδατος

Το ακατέργαστο ύδωρ θα παραδίδεται στο σημείο εισόδου των Μονάδων Επεξεργασίας Νερού (ΜΕΝ).

Η ΕΥΔΑΠ κατά την πρώτη πενταετία που έχει την ευθύνη συντήρησης των εξωτερικών υδραγωγείων, οφείλει να τηρεί στοιχεία παροχής του ύδατος επί μηνιαίας βάσεως, τόσο στο σημείο εισόδου των ΜΕΝ όσο και στις εξόδους των συστημάτων παροχής ακατέργαστου ύδατος (έξοδος Γκιώνας, έξοδος σήραγγας Μπογιατίου, αντλιοστάσιο Μουρικού). Τα στοιχεία των ανωτέρω μετρήσεων θα παραδίδονται στην «Εταιρεία Παγίων ΕΥΔΑΠ».

(γ) Ποιότητα ακατέργαστου ύδατος

Το ακατέργαστο ύδωρ που προμηθεύεται η ΕΥΔΑΠ από το Δημόσιο και προέρχονται από επιφανειακά και υπόγεια νερά κατατάσσεται στην κατηγορία Α2 σύμφωνα με την Οδηγία ΕΚ (75/440/ΕΟΚ) «Περί της ποιότητας που απαιτείται για το επιφανειακό νερό που προορίζεται για την εξαγωγή πόσιμου νερού».

Το Δημόσιο προβαίνει σε δειγματοληψία και αναλύει / ελέγχει το ακατέργαστο νερό σε μηνιαία βάση και δίνει αντίγραφα των δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή στην ΕΥΔΑΠ.

1.2 Σκοπός και αντικείμενο του Σχεδίου Διαχείρισης

Το παρόν Σχέδιο Διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας αποτελεί τη όγδοη επικαιροποίηση του ομότιτλου που εκπονήθηκε, για πρώτη φορά, τον Οκτώβριο του 2000 σε εφαρμογή της σχετικής πρόβλεψης του άρθρου 15 της σύμβασης που παρατέθηκε πιο πάνω. Η πρώτη επικαιροποίηση έγινε τον Οκτώβριο 2001. Το σχέδιο αποτελεί την απαραίτητη βάση για τη ρύθμιση θεμάτων που άπτονται σχέσεων μεταξύ των φορέων που εμπλέκονται στην υδροδότηση της Αθήνας, σύμφωνα με το νομικό καθεστώς που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, και ειδικότερα της ΕΥΔΑΠ, της ΕΠΕΥΔΑΠ και των συναρμόδιων υπουργείων (Εθνικής Οικονομίας, Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων). Ιδιαίτερα, τα θέματα παροχής από το Ελληνικό Δημόσιο προς την ΕΥΔΑΠ ακατέργαστου νερού, της τιμολόγησης του ακατέργαστου νερού και της

τιμολόγησης της παροχής υπηρεσιών ύδρευσης συναρτώνται άμεσα με τον τρόπο διαχείρισης του συστήματος υδροδότησης.

Αντικείμενο του υπόψη σχεδίου διαχείρισης είναι η μελέτη ορθολογικών, αποδοτικών και βιώσιμων τρόπων και μεθοδολογιών διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος με στόχο την ποσοτικά αξιόπιστη, ποιοτικά και περιβαλλοντικά ασφαλή, και οικονομικά πρόσφορη κάλυψη της ζήτησης υδρευτικού νερού στην περιοχή αρμοδιότητας της ΕΥΔΑΠ, μέσω της κατάλληλης αξιοποίησης των υδατικών πόρων που διατίθενται για την κάλυψη της ζήτησης αυτής.

Βασική αρχική προϋπόθεση είναι η μελέτη του ισοζυγίου μεταξύ αφενός της ζήτησης νερού και των τάσεων της και αφετέρου της φυσικής προσφοράς υδατικών πόρων και της μεταβλητότητας και αβεβαιότητάς της. Δεύτερη προϋπόθεση είναι η μελέτη των οικονομικών παραμέτρων που αφορούν στη λειτουργία του συστήματος (κόστος μεταφοράς νερού) αλλά και στην τιμολόγηση των υπηρεσιών ύδρευσης και τη σχέση των τιμολογίων και της ζήτησης νερού.

Οι τρόποι και μεθοδολογίες διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος αναφέρονται πρωτίστως στη λειτουργία του υφιστάμενου υδροδοτικού συστήματος και αφορούν στη ρύθμιση της ροής κατάντη των ταμιευτήρων, στον επιμερισμό της απόληξης νερού ανά κύρια, δευτερεύουσα ή εφεδρική πηγή, και στη μεταφορά νερού μέσω του δικτύου εξωτερικών υδραγωγείων. Μπορεί επίσης να αναφέρονται και σε πρόσθετα έργα για την ενίσχυση του υδροδοτικού συστήματος, εφόσον απαιτούνται.

Οι επιζητούμενοι τρόποι διαχείρισης θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ορθολογικότητα, δηλαδή να είναι επιστημονικά θεμελιωμένοι, αποδοτικότητα, δηλαδή να αξιοποιούν τους υδατικούς πόρους στο μέγιστο δυνατό βαθμό, και βιωσιμότητα, δηλαδή να μη δημιουργούν πρόβλημα εξάντλησης των υδατικών πόρων στο μέλλον για την κάλυψη των αναγκών του σήμερα.

Εξ άλλου, η κάλυψη της ζήτησης πρέπει να γίνεται με αξιοπιστία με την έννοια της μείωσης της πιθανότητας μη κάλυψης της απαιτούμενης ποσότητας νερού σε πολύ μικρά και αποδεκτά επίπεδα. Η έννοια της αξιοπιστίας αναφέρεται πρωτίστως στη μείωση της αβεβαιότητας που προκαλεί η μεταβλητότητα της φυσικής προσφοράς υδατικών πόρων (ξηρασίες) αλλά περιλαμβάνει και άλλες πηγές αβεβαιότητας όπως τα δυσμενή έκτακτα περιστατικά (βλάβες) στα έργα του συστήματος. Επίσης, η κάλυψη της ζήτησης πρέπει να γίνεται με νερό ασφαλούς ποιότητας και χωρίς να δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον (οικοσυστήματα) λόγω υπέρμετρης αποστέρησης νερού, προκειμένου αυτό να διατεθεί στην υδρευτική χρήση. Τέλος, η κάλυψη της ζήτησης θα πρέπει να γίνεται με οικονομικά πρόσφορο τρόπο.

1.3 Ιστορικό και διαδικασία εκπόνησης του Σχεδίου Διαχείρισης

Το Δεκέμβριο του 1996, η ΕΥΔΑΠ, σε συνεργασία με το σύμβουλο Knight Piésold και με την οικονομική υποστήριξη του Ταμείου Συνοχής της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, εκπόνησε διαχειριστικό σχέδιο για την υποδομή ύδρευσης και σχέδιο δεκαπενταετούς αναπτυξιακού προγράμματος. Στα πλαίσια του σχεδίου αυτού υπήρχε πρόβλεψη για τη δημιουργία μοντέλου διαχείρισης υδατικών πόρων και τον καθορισμό λεπτομερών κανόνων λειτουργίας του συστήματος με σκοπό τη βελτιστοποίηση των απολήψεων με παράλληλη διατήρηση της ασφάλειας του συστήματος (ΕΥΔΑΠ, 1996, σ. Σ-5). Η σχετική πρόβλεψη περιλαμβανόταν στο έργο 1105 του Ταμείου Συνοχής ως έργο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) (ΕΥΔΑΠ, 1996, σ. 22).

Για την υλοποίηση της εν λόγω πρόβλεψης, με την από 26/5/1999 απόφαση του Διοικητικού Συμβουλίου της, η ΕΥΔΑΠ ανέθεσε σε ερευνητική ομάδα του Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του ΕΜΠ με επιστημονικό υπεύθυνο τον Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ Δ. Κουτσογιάννη το ερευνητικό έργο με τίτλο «Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του

συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας». Το έργο αυτό, το οποίο ήταν πενταετούς συνολικής διάρκειας με δύο φάσεις διάρκειας δύο και τριών ετών, αντίστοιχα, ολοκληρώθηκε και παραδόθηκε οριστικά στην ΕΥΔΑΠ τον Ιούνιο του 2004.

Η κεντρική ιδέα του ερευνητικού έργου ήταν η κατασκευή ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) για τη διαχείριση του συστήματος υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, στηριγμένου σε σύγχρονα μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης-βελτιστοποίησης και σε τεχνικές πληροφορικής. Με πυρήνα το μοντέλο προσομοίωσης και βελτιστοποίησης αναπτύχθηκαν ακόμη Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας, σύστημα μέτρησης υδατικών πόρων και σύστημα εκτίμησης και πρόγνωσης υδατικών πόρων, ενώ δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην συνεργασία ΕΥΔΑΠ – ΕΜΠ και τη μεταφορά τεχνογνωσίας.

Από το τρέχον έτος, εκπονείται ένα νέο ερευνητικό πρόγραμμα από το ΕΜΠ, πενταετούς διάρκειας, που αποσκοπεί στην αναβάθμιση και συντήρηση του προηγούμενου υπολογιστικού συστήματος, τη διεξαγωγή εξειδικευμένων ερευνητικών εργασιών (π.χ. εκτίμηση απωλειών υδραγωγείων) και την υποστήριξη στην εκπόνηση ετήσιων διαχειριστικών σχεδίων. Το παρόν Σχέδιο Διαχείρισης εκπονείται στα πλαίσια του εν λόγω προγράμματος, με τη χρήση των πλέον επίκαιρων εκδόσεων των λογισμικών και μαθηματικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν την περίοδο 1999-2004. Συνοπτική περιγραφή του μεθοδολογικού πλαισίου δίνεται στο Κεφάλαιο 7.

1.4 Βασικές επισημάνσεις

Είναι γνωστή η πολυπλοκότητα του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας με τις πολλαπλές πηγές επιφανειακού και υπόγειου νερού, και τους πολλαπλούς χώρους ταμίευσης και αγωγούς μεταφοράς. Είναι ακόμη γνωστό ότι το πρόβλημα της διαχείρισης ενός συστήματος υδατικών πόρων είναι από τα πλέον περίπλοκα και απαιτητικά λόγω των αντικρουόμενων στόχων και περιορισμών του. Έτσι, η κατάρτιση ενός οργανωμένου σχεδίου διαχείρισης πρέπει να αντιμετωπιστεί με μια διαδικασία διαδοχικών προσεγγίσεων. Με αυτή την έννοια, το κάθε νέο Σχέδιο Διαχείρισης που εκπονείται, αν και βασίζεται στο ίδιο μαθηματικό πλαίσιο, συνιστά και μια διαφορετική προσέγγιση, προσαρμοσμένη στις ανάγκες και ιδιαιτερότητες της εκάστοτε χρονικής συγκυρίας. Επιπλέον, τα υπολογιστικά συστήματα και μοντέλα που χρησιμοποιούνται από το έτος 2000 έχουν υποστεί αρκετές βελτιώσεις και αναβαθμίσεις.

Για την κάλυψη των απαιτήσεων του Νόμου 2744/1999 και της Σύμβασης ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΔΑΠ (1999), ο χρονικός ορίζοντας του αρχικού σχεδίου διαχείρισης θεωρήθηκε πέντε χρόνια, δηλαδή κάλυπτε την περίοδο μέχρι και το 2004. Αυτή η πενταετία ήταν ιδιαίτερα κρίσιμη, επειδή:

- ήταν η πρώτη πενταετία που λειτουργούσε η ΕΥΔΑΠ με το νέο θεσμικό πλαίσιο·
- εντάχθηκαν στο σύστημα τα νέα έργα Ευήνου σε πλήρη λειτουργία, καθώς και μια σειρά ενισχυτικών έργων·
- μετά τη μείωσή της, στην προηγούμενη έμμονη ξηρασία (1988-94), η κατανάλωση αυξήθηκε πλέον με μεγάλο ρυθμό·
- στην πενταετία αυτή εντάχθηκε και η Ολυμπιάδα του 2004, που έτυχε ειδικής αντιμετώπισης και σε ό,τι αφορούσε την ύδρευση.

Ωστόσο, ο ορίζοντας μιας πενταετίας θα πρέπει να θεωρηθεί ως υπερβολικά μεγάλος για τον καθορισμό συγκεκριμένης σταθερής πολιτικής διαχείρισης, χωρίς δυνατότητα αναθεώρησής της. Αυτό γιατί οι δυνατότητες πρόγνωσης της εξέλιξης των υδατικών αποθεμάτων αλλά και της ζήτησης είναι περιορισμένες, λόγω εγγενών φυσικών και ανθρώπινων αβεβαιοτήτων. Από την άλλη πλευρά, ο ορίζοντας της πενταετίας είναι μικρός αν πρόκειται να εξεταστεί η επίπτωση ενός διαχειριστικού μέτρου στη μελλοντική διαθεσιμότητα υδατικών πόρων.

Για τους λόγους αυτούς, κρίνεται σκόπιμη η επικαιροποίηση του Σχεδίου Διαχείρισης μία τουλάχιστον φορά ετησίως, και ιδιαίτερα σε συνθήκες χαμηλών αποθεμάτων νερού (εξαιτίας δυσμενών υδρολογικών συνθηκών, π.χ. έμμομη ξηρασία) ή έκτακτων περιστατικών που αφορούν στη λειτουργικότητα του υδροδοτικού συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, η μελέτη των κανόνων λειτουργίας του συστήματος αναφέρεται σε χρονικό ορίζοντα 10 ετών, ώστε να εξασφαλίζεται η μακροχρόνια βιωσιμότητα της διαχείρισης των υδατικών πόρων.

1.5 Διάρθρωση του τεύχους

Εκτός από την παρούσα εισαγωγή, το παρόν τεύχος περιλαμβάνει άλλα 9 κεφάλαια με τα ακόλουθα περιεχόμενα:

Κεφάλαιο 2: Περιγραφή του υδροδοτικού συστήματος (υδατικοί πόροι, αγωγοί μεταφοράς, γεωτρήσεις, αντλιοστάσια, διωλιστήρια, λειτουργία υδροδοτικού συστήματος, έργα υπό κατασκευή και προσωρινά έργα, προβλήματα σχετικά με τη μεταφορά νερού στην Αθήνα και επιπτώσεις τους στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων).

Κεφάλαιο 3: Ζήτηση νερού (ιστορικά δεδομένα, κατηγορίες χρήσεων νερού, ανάλυση της εξέλιξης της ζήτησης, εποχιακή και ημερήσια διακύμανση της ζήτησης, απώλειες νερού, αναπτυξιακά σχέδια ΕΥΔΑΠ και αντίστοιχες απαιτήσεις σε νερό, μεσοπρόθεσμες εκτιμήσεις μελλοντικής ζήτησης, άλλες, εκτός ΕΥΔΑΠ, χρήσεις νερού).

Κεφάλαιο 4: Υδατικοί πόροι (εκτιμήσεις επιφανειακών υδατικών πόρων, δυνατότητες άντλησης υπόγειων νερών).

Κεφάλαιο 5: Οικονομικά δεδομένα (κόστος άντλησης νερού, λοιποί συντελεστές κόστους).

Κεφάλαιο 6: Περιβαλλοντικές όψεις της διαχείρισης (θέματα ποιότητας νερού, περιβαλλοντικές δεσμεύσεις).

Κεφάλαιο 7: Μεθοδολογικό πλαίσιο διαχείρισης υδροδοτικού συστήματος (με βάση τα μαθηματικά μοντέλα και υπολογιστικά εργαλεία που αναπτύχθηκαν από το ΕΜΠ στα πλαίσια των δύο προαναφερθέντων ερευνητικών έργων).

Κεφάλαιο 8: Εκτιμήσεις μελλοντικών απολήψεων (παραδοχές, στόχοι και περιορισμοί, μέγιστες δυνατότητες απολήψεων για διάφορα σενάρια, προβλέψεις μελλοντικών απολήψεων ανά ταμειυτήρα και υδροφορέα για εναλλακτικά σενάρια, συνεπαγόμενα κόστη).

Κεφάλαιο 9: Ασφάλεια του υδροδοτικού συστήματος έναντι έκτακτων περιστατικών (εφεδρικές πηγές, μέτρα ετοιμότητας εφεδρικών πηγών και αντίστοιχα κόστη, αντιμετώπιση βλαβών, αντιμετώπιση ειδικών συνθηκών κατανάλωσης, π.χ. Ολυμπιακοί Αγώνες).

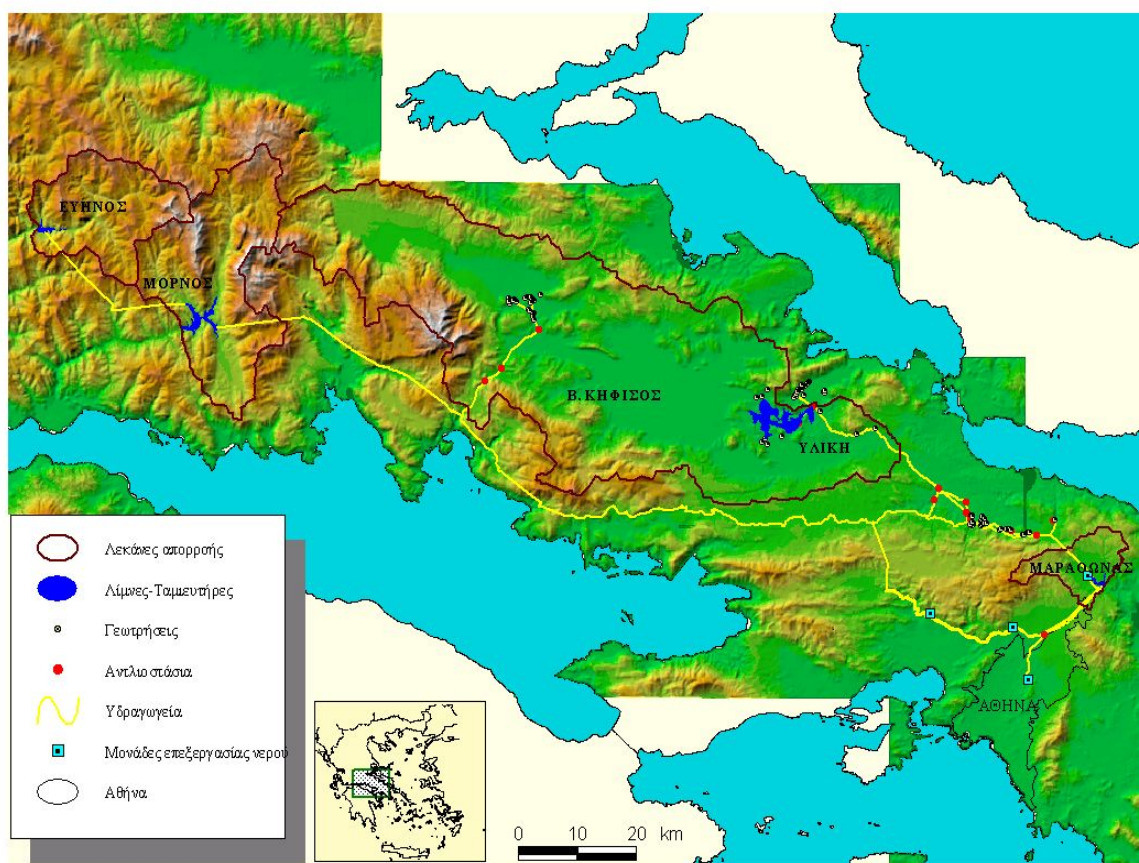
Κεφάλαιο 10: Συμπεράσματα και προτάσεις.

Επιπλέον, υπάρχουν τρία παραρτήματα με πίνακες και σχήματα δεδομένων και αποτελεσμάτων. Ειδικότερα, αυτά αναφέρονται: (α) στα δεδομένα ζήτησης νερού και την επεξεργασία τους, (β) στα υδρολογικά δεδομένα και την επεξεργασία τους, και (γ) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού.

2 Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας

Ως υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας (Σχήμα 2.1), ορίζεται το σύστημα φυσικών πόρων και έργων που περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- υδατικούς πόρους, επιφανειακούς και υπόγειους·
- έργα αποθήκευσης επιφανειακού νερού (ταμιευτήρες, φράγματα, δεξαμενές)·
- έργα άντλησης υπόγειου νερού (γεωτρήσεις)·
- εξωτερικά υδραγωγεία, έργα διαχείρισης υδραγωγείων (αντλιοστάσια, ρυθμιστές ροής)·
- μονάδες επεξεργασίας νερού·
- δίκτυο διασύνδεσης μονάδων επεξεργασίας.



Σχήμα 2.1: Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας.

2.1 Υδατικοί πόροι

Στο υδροδοτικό σύστημα αξιοποιούνται υδατικοί πόροι, οι οποίοι είναι κατά κύριο λόγο επιφανειακοί (ποταμοί Μόρνος, Εύηνος, Β. Κηφισός, Χάραδρος, λίμνη Υλίκη), αλλά και υπόγειοι (υδροφορείς μέσου ρου Β. Κηφισού, Υλίκης και Β.Α. Πάρνηθας). Στους Πίνακες 2.1 και 2.2 δίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά τους (βλ. Κεφάλαιο 4). Οι υδατικοί πόροι, με τις σημερινές συνθήκες λειτουργίας, μπορούν ακόμη να διακριθούν σε κύριους (Μόρνος, Εύηνος), βοηθητικούς (Υλίκη, Μαραθώνας) και εφεδρικούς (υπόγειοι υδατικοί πόροι).

Πίνακας 2.1: Επιφανειακοί υδατικοί πόροι.

Λεκάνη απορροής	Έκταση (km ²)	Μέση ετήσια απορροή (hm ³)
Μόρνου (ανάτη φράγματος)	588.1	234.1
Ευήνου (ανάτη φράγματος)	351.9	276.1
Βοιωτικού Κηφισού και Υλίκης	2466.6	294.1
Χάραδρου (ανάτη φράγματος)	118.0	13.4

Πίνακας 2.2: Υπόγειοι υδατικοί πόροι.

Υδροφορέας	Πλήθος γεωτρήσεων ΕΥΔΑΠ	Ετήσια αντλητική ικανότητα (hm ³)
Μέσου ρου Β. Κηφισού	16	25
Υλίκης	33	20
Β.Α. Πάρνηθας	34	43

2.1.1 Ταμιευτήρες

Από τους ταμιευτήρες, μόνο αυτός της Υλίκης είναι φυσικός και χρησιμοποιείται σήμερα ως βοηθητικός υδατικός πόρος. Ο ταμιευτήρας Ευήνου λειτουργεί σε συνδυασμό με τον ταμιευτήρα Μόρνου, ενισχύοντας το υδατικό δυναμικό του τελευταίου, με εκτροπή του μεγαλύτερου μέρους των ανάτη εισροών του. Τέλος, ο ταμιευτήρας Μαραθώνα χρησιμοποιείται κυρίως για την αποθήκευση νερού, για λόγους ασφαλείας λόγω της εγγύτητας του στην Αθήνα. Οι μέσες και μέγιστες ετήσιες ιστορικές απολήψεις την ΕΥΔΑΠ φαίνονται στον Πίνακα 2.3. Τα κύρια χαρακτηριστικά των ταμιευτήρων και των φραγμάτων που έχουν κατασκευαστεί φαίνονται στους Πίνακες 2.4 και 2.5.

Πίνακας 2.3: Μέσες και μέγιστες ετήσιες υδρευτικές απολήψεις από τους ταμιευτήρες καθ' όλη την περίοδο λειτουργίας τους.

Ταμιευτήρας	Μέση ετήσια απόληψη (hm ³)	Μέγιστη ετήσια υδρευτική απόληψη (hm ³)
Μόρνος	291.0	490.4 (2006-07)
Εύηνος ⁽¹⁾	202.4 (232.8)	430.1 (2002-03)
Μαραθώνας	68.8	108.1 (2001-02)
Υλίκη ⁽²⁾	83.3 (104.0)	226.6 (1978-79)

(1) Σε παρένθεση αναγράφεται η συνολική μέση ετήσια απόληψη, που περιλαμβάνει και την περιβαλλοντική εκροή κατάντη του φράγματος.

(2) Σε παρένθεση αναγράφεται η συνολική μέση ετήσια απόληψη, που περιλαμβάνει και την άντληση για άρδευση της Κοπαΐδας.

Πίνακας 2.4: Χαρακτηριστικά μεγέθη ταμιευτήρων.

Ονομασία	Μέγιστη επιφάνεια (km ²) ⁽¹⁾	Ολική χωρητικότητα (hm ³)	Ωφέλιμη χωρητικότητα (hm ³)	Στάθμη υπερχειλίσης (m)	Κατώτατη στάθμη υδροληψίας (m)
Μόρνος	19.93	763.71	630.23	435.0	384.0
Εύηνος	3.60	137.63	112.05	505.0	458.3
Υλίκη	27.74	594.75	584.75	79.8	43.5
Μαραθώνας	2.57	42.85	32.20	224.0 ⁽²⁾	204.4

(1) Η μέγιστη επιφάνεια αναφέρεται στη στάθμη υπερχειλίσης.

(2) Η στάθμη υπερχειλίσης του ταμιευτήρα Μαραθώνα είναι αυξημένη κατά 1.0 m σε σχέση με την πραγματική, με την τοποθέτηση δοκίδων κατά μήκος του υπερχειλιστή.

Πίνακας 2.5: Χαρακτηριστικά φραγμάτων.

Όνομασία	Ύψος από τη θεμελίωση (m)	Υψόμετρο στέψης (m)	Μήκος στέψης (m)
Μόρνου	139	446.5	815
Ευήνου	127	519.0	600
Μαραθώνα	47	227.0	285

2.1.2 Υπόγειοι υδροφορείς - Γεωτρήσεις

Η ΕΥΔΑΠ σήμερα έχει στην κυριότητα της περίπου 70 εγκαταστημένες γεωτρήσεις, οι οποίες λειτουργούν σε ομάδες και χρησιμοποιούνται σήμερα εφεδρικά. Οι γεωτρήσεις έχουν συνολική ισχύ 17 360 Hp και συνολική ονομαστική αντλητική ικανότητα περίπου 390 000 m³/d (η εκτίμηση γίνεται με βάση την υφιστάμενη λειτουργικότητα των αντλιοστασίων). Τα κύρια χαρακτηριστικά των ομάδων των γεωτρήσεων φαίνονται στον Πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6: Ομάδες γεωτρήσεων.

Όνομα	Πλήθος γεωτρήσεων	Εγκαταστημένη ισχύς (Hp)	Υφιστάμενη αντλητική ικανότητα (× 1000 m ³ /d)
Β.Α. ΠΑΡΝΗΘΑΣ			
Μαυροσουβάλας	20	6110	120
Βίλιζας (10 ^ο Σίφωνα)	7	1740	23
No 3	4	760	13
ΥΛΙΚΗΣ			
Ούγγρων	11	1800	60
Ν.Δ. Υλίκης	14	2450	70
ΜΕΣΟΥ ΡΟΥ Β. ΚΗΦΙΣΟΥ			
Βασιλικών-Παρορίου	16	4500	100

2.2 Υδραγωγεία

Οι αγωγοί μεταφοράς διακρίνονται σε κύρια, ενωτικά και βοηθητικά υδραγωγεία, με συνολικά μήκη 310.7 km, 104.7 km και 80.1 km, αντίστοιχα. Στον Πίνακα 2.8 (ΕΥΔΑΠ, 1996) φαίνονται τα υδραγωγεία κατά κατηγορία.

Πίνακας 2.7: Χαρακτηριστικά υδραγωγείων ⁽¹⁾.

Όνομα	Διώρυγες (m)	Σίφωνες (m)	Σήραγγες (m)	Κλειστοί αγωγοί (m)	Σύνολο (m)
ΚΥΡΙΑ					
Μαραθώνα-Γαλατσίου			15785	5764	21550
Κακοσάλεσι	362	1350	9325	12769	23810
Υλίκης	23385	7500	3000	3800	37690
Μόρνου	109900	7000	70700		187600
Εύηνου			29000		29000
ΕΝΩΤΙΚΑ					
Κιούρκων-Μενιδίου				21655	21650
Μαραθώνα (Μόρνος- Βίλιζα)	5720	2680		9450	17850
Διστόμου (Κωπαΐδα- Μόρνος)				19000	19000
Δαύλειας-Υλίκης	14000			26800	40800
Κρεμμάδας-Κλειδιού		2500		2850	5350
ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ					
Παράκαμψη Φ900 Βίλιζας				12700	1270
Παράκαμψη Φ 1900				1400	1400
Μαλακάσας					
Πλωτού Υλίκης				5170	5170
Γεωτρήσεων Βασιλικών- Παρορίου	2402			5381	7780
Γεωτρήσεων ΝΔ Υλίκης	5189	3985		150	9320
Γεωτρήσεων Ούγγρων- Μουρικίου				7615	7620
Γεωτρήσεων Βίλιζας				1450	1450
ΣΥΝΟΛΑ	160958	25015	127810	135954	438310

(1) Στον πίνακα δεν περιλαμβάνονται τα βοηθητικά υδραγωγεία Αγίου Θωμά, συνολικού μήκους 7710 m, και Καλάμου, συνολικού μήκους 16400 m, καθώς το νερό που μεταφέρουν είναι ακατάλληλο για πόση.

2.2.1 Περιγραφή των υδραγωγείων

Το υδραγωγείο Μόρνου (Σχήματα 2.2 και 2.3) μεταφέρει νερό από τον ταμιευτήρα του Μόρνου στις μονάδες επεξεργασίας Μάνδρας και Μενιδίου. Συνδέεται με το υδραγωγείο Υλίκης στη θέση Δαφνούλα μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Μαραθώνα. Αποτελείται από:

- α) 15 σήραγγες διαμέτρων 3.6 έως 4 m. Εννέα από αυτές λειτουργούν υπό πίεση (Γκιώνας, Κίρφης, Ελικώνα Α', Κιθαιρώνα, Άμφισσας, Μοναστηρίου, Αγ. Νικολάου, Κυριακίου, Θίσιβης) και έξι με ελεύθερη ροή (Κασταλίας, Δελφών, Διστόμου, Ελικώνα Β', Ταξιαρχών, Προδρόμου). Οι σήραγγες Γκιώνας, Κίρφης, Ελικώνα Α' και Κιθαιρώνα καταλήγουν σε έργα καταστροφής ενέργειας (ΕΚΕ). Στο έργο της Γκιώνας για παροχή μεγαλύτερη από 7.0 m³/s λειτουργεί υδροηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ, ισχύος 13 MW.
- β) 12 σίφωνες μήκους 7 km. Οι έξι ανάντη του όρους Κιθαιρώνας (Άμφισσας, Σ36, Σ38, Διστόμου, Καλογερικού, Ελικώνα) είναι δίδυμοι χαλύβδινοι αγωγοί, επενδυμένοι με οπλισμένο σκυρόδεμα, με διάμετρο 2.55 m και παροχρητικότητα 23.0 m³/s. Οι υπόλοιποι έξι που βρίσκονται κατόπη

του Κιθαιρώνα (Σ163, Σ168, Σ174, Χασιάς, Σ183, Σ188) έχουν διαμέτρους 2.55-3.20 m και συνολική παροχετευτικότητα 11.0 m³/s.

γ) 15 διώρυγες μήκους 73 km.

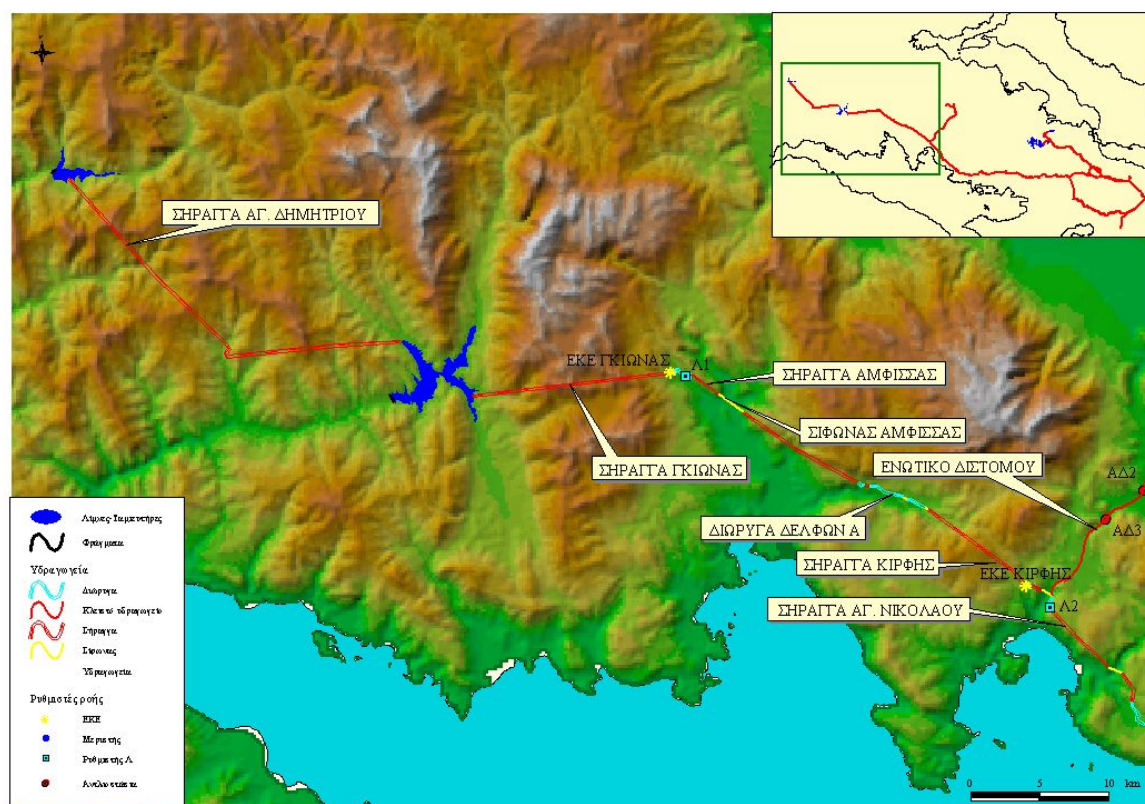
Η διώρυγα Θηβών, μήκους 40 km, είναι τραπεζοειδούς διατομής με διαστάσεις βάση/στέψη/ύψος 4.0/13.3/3.1 m και κλίση πρανών 3:2. Διαθέτει επένδυση από σκυρόδεμα τραπεζοειδούς τάφρου, σε φυσικό ή διαμορφωμένο έδαφος.

Η διώρυγα Κιθαιρώνα είναι ανοικτή διώρυγα διαστάσεων 4.00/5.20/3.45 m και κλίσεις εσωτερικών πρανών 5:1. Τμήματα της διώρυγας (μήκους 8 km) έχουν υπερυψωθεί και έχουν παροχετευτικότητα 23 m³/s ενώ στο υπόλοιπο τμήμα της η παροχετευτικότητα είναι 11.0 m³/s.

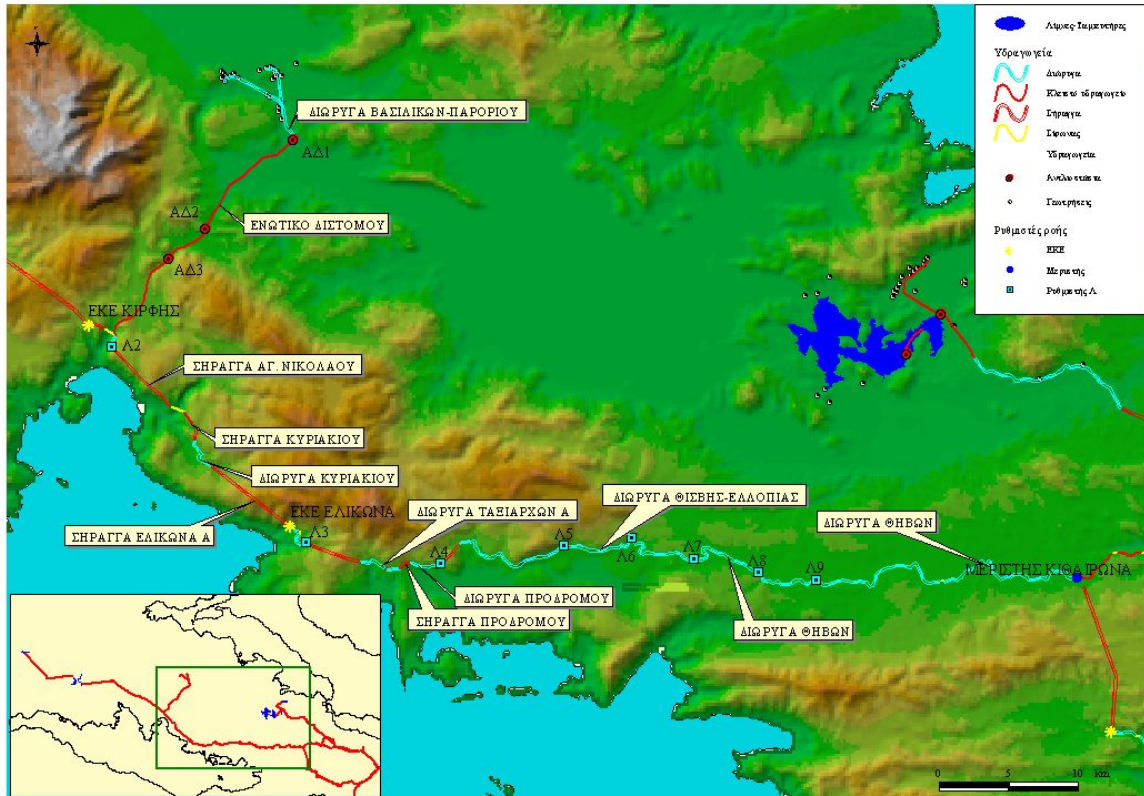
Οι άλλες δεκατρείς διώρυγες έχουν αυτοευσταθείς ορθογωνικές διατομές, με κλίση εσωτερικών πρανών 5:1 και διαστάσεις: 4.00/5.80/4.45 m (Άμφισσας, Χρισσού, Κίρφης, Άσπρων Σπιτιών, Κυριακιού, Ελικώνα Α', Ελικώνα Β', Προδρόμου), 5.00/6.80/4.45 m (Δελφών Α', Δελφών Β', Ταξιάρχων Α', Ταξιάρχων Β') και 6.00/7.35/3.40 m (Θίσβης-Ελλοπίας).

Ακόμη, έχει συνδεθεί τμήμα του αγωγού Φ2000 κατάντη του σήφωνα 168 έως κατάντη του σήφωνα 183, παράλληλα στον υφιστάμενο αγωγό, και με ενδιάμεση σύνδεση με τη ΜΕΝ Μάνδρας. Ο αγωγός λειτουργεί με 4.5 m³/s, αλλά με κατάλληλες επεμβάσεις θα δύναται να μεταφέρει έως 6.5 m³/s.

Το υδραγωγείο (σήραγγα) Εύηνου-Μόρνου μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα του Ευήνου στον ταμιευτήρα του Μόρνου. Η σήραγγα λειτουργεί υπό πίεση, έχει συνολικό μήκος 29.4 km, διάμετρο επένδυσης 3.5 m και μεταβλητή παροχετευτικότητα (μέγιστη 27 m³/s) ανάλογα με τη στάθμη του ταμιευτήρα Ευήνου. Η σήραγγα εκβάλλει στον ταμιευτήρα του Μόρνου, 10 m πάνω από τη στάθμη υπερχειλίσεως του φράγματος (+445 m).



Σχήμα 2.2: Υδραγωγείο Μόρνου ανάντη ενωτικού υδραγωγείου Διστόμου.



Σχήμα 2.3: Υδραγωγείο Μόρνου κατάντη ενωτικού υδραγωγείου Διστόμου.

Το υδραγωγείο Υλίκης (Σχήμα 2.4) μεταφέρει νερό από τη λίμνη Υλίκη στον ταμιευτήρα του Μαραθώνα και τα διυλιστήρια των Κιούρκων. Συνδέεται μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Μαραθώνα με το υδραγωγείο Μόρνου στη θέση Δαφνούλα (μεριστής Κιθαιρώνα).

Το υδραγωγείο Υλίκης αποτελείται από :

1. Το κλειστό υδραγωγείο, από το κεντρικό αντλιοστάσιο (+80 m) έως τη δεξαμενή ηρεμίας, το ανοικτό υδραγωγείο Υλίκης (διώρυγα ορθογωνικής διατομής μήκους 14.5 km), τη σήραγγα Τανάγρας και το δίδυμο ανοικτό υδραγωγείο Υλίκης - Κρεμμάδας, ελεύθερης ροής έως τον διαχωριστή Κρεμμάδας (+172 m). Από εκεί η ροή μπορεί να κατευθυνθεί προς το ενωτικό υδραγωγείο Μαραθώνα μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Κρεμμάδας - Κλειδιού.
2. Δύο σίφωνες, διαμέτρου 1300 mm έως το αντλιοστάσιο Βίλιζας.
3. Καταθλιπτικό χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 900 mm και μήκους 13 km από το αντλιοστάσιο Βίλιζας έως το αντλιοστάσιο Ν4.
4. Τη σήραγγα Σφενδάλης, το υδραγωγείο Μαλακάσας και χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 1900 mm, παράλληλο με το υδραγωγείο Μαλακάσας έως τη σήραγγα Κιούρκων.
5. Τη σήραγγα Κιούρκων έως τα διυλιστήρια Κιούρκων και τον ταμιευτήρα Μαραθώνα.

Το ενωτικό υδραγωγείο Κρεμμάδας-Κλειδιού αποτελείται από δύο αγωγούς. Ο παλιός είναι από προεντεταμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 1300 mm ενώ ο νέος είναι χαλύβδινος διαμέτρου 1600 mm και εκτείνονται από τον διαχωριστή Κρεμμάδας έως την δεξαμενή Κλειδιού, μέσω του αντλιοστασίου Ασωπού.

Το ενωτικό υδραγωγείο Μαραθώνα αποτελείται από ένα ανοικτό υδραγωγείο ορθογωνικής διατομής μήκους 7 km (από τον μεριστή Κλειδιού έως το υδραγωγείο Κακοσάλεσι) και έναν κλειστό αγωγό διαμέτρου 1800 mm μήκους 9.5 km από τον μεριστή Κλειδιού έως το υδραγωγείο Μόρνου. Το δεύτερο τμήμα είναι αμφίδρομης ροής. Μετά από αλληπάλληλες θραύσεις του ενωτικού υδραγωγείου

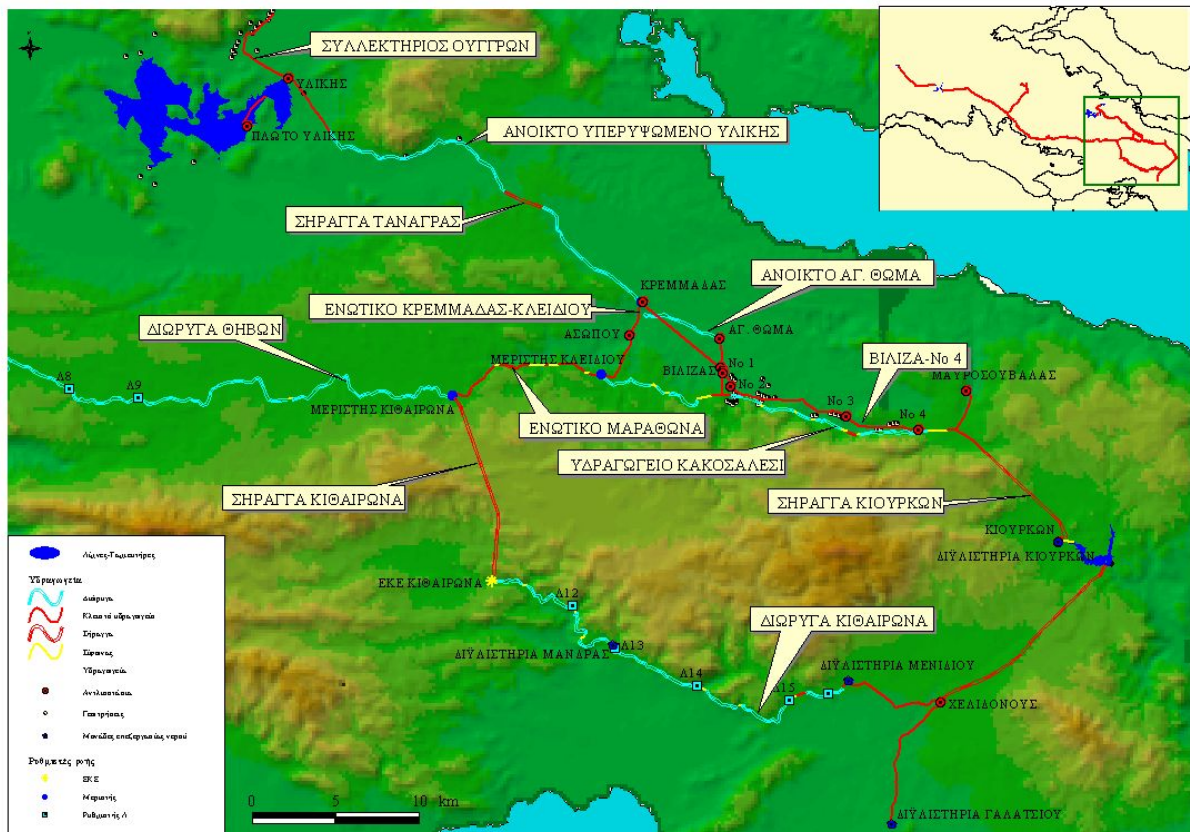
τα τελευταία χρόνια, αυτό χρησιμοποιείται -μετά από σειρά τεχνικών παρεμβάσεων- μόνο κατά τη μία φορά (Δαφνούλα-Κλειδί) με μέγιστη παροχή της τάξεως των 3.5 m³/s, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα τροφοδοσίας του υδραγωγείου Μόρνου από το υδραγωγείο Υλίκης μέσω του αντλιοστασίου Ασωπού.

Το υδραγωγείο Κακοσάλεσι είναι ανοικτό υδραγωγείο (για 12.8 km κλειστό ελεύθερης ροής) από το αντλιοστάσιο Βίλιζας έως την αρχή της σήραγγας Κιούρκων.

Το ενωτικό υδραγωγείο Μαραθώνα-Χελιδονού αποτελείται από τη σήραγγα Μπογιατιού έως το ΕΚΕ Χελιδονούς.

Το ενωτικό υδραγωγείο Μενιδίου-Χελιδονού αποτελείται από έναν χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 1700 mm.

Το υδραγωγείο Κόμβου Χελιδονούς - ΜΕΝ Γαλατσίου έχει 2 ξεχωριστούς κλάδους, ο ένας από προεντεταμένο αγωγό διαμέτρου 1700 mm και μήκους 7.4 km, ενώ ο άλλος αποτελείται από 2 συνεχόμενες σήραγγες και ένα σίφωνα (μήκους 2.4 km) στο πρώτο τμήμα του και 2 χυτοσιδηρούς αγωγούς διαμέτρου 1250 mm και 900 mm (μήκους 5.7 km) στο δεύτερο τμήμα του.



Σχήμα 2.4 Ενωτικά υδραγωγεία Μαραθώνα και Κρεμμάδας-Κλειδιού και υδραγωγείο Υλίκης.

2.2.2 Λειτουργία υδραγωγείων

Η λειτουργία των υδραγωγείων γίνεται με ρυθμιστές ροής και αντλιοστάσια, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

Ρυθμιστές ροής

Οι ρυθμιστές ροής βρίσκονται κυρίως στο υδραγωγείο του Μόρνου και διακρίνονται σε έργα καταστροφής ενέργειας, μεριστές και συστήματα ελέγχου τύπου Λ (Σχήματα 2.3 και 2.4).

Τα έργα καταστροφής ενέργειας (ΕΚΕ) βρίσκονται στις εξόδους των σηράγγων υπό πίεση. Είναι εξοπλισμένα με θυροφράγματα και συνδυάζονται με λεκάνες ηρεμίας κατάντη και πύργους ανάπαυσης ανάντη. Στο υδραγωγείο Μόρνου υπάρχουν πέντε ΕΚΕ και χωρίζονται σε δύο είδη: βάννες κοίλης φλέβας (Γκιώνας και Κλειδιού) και τοξωτά παράλληλα θυροφράγματα (Κίρφης, Ελικώνα και Κιθαιρώνα). Με τη λειτουργία των ΕΚΕ μπορούν να αποθηκευτούν έως 0.7 hm^3 στο δίκτυο σε περιπτώσεις βλαβών.

Οι μεριστές είναι τέσσερις (Κρεμμάδας, Κλειδιού, Κιθαιρώνα και Χελιδονούς). Ο μεριστής Χελιδονούς είναι σημαντικός κόμβος για το σύστημα αφού χρησιμοποιείται στη διασύνδεση των μονάδων επεξεργασίας.

Οι ρυθμιστές «τύπου Λ» είναι επίπεδα θυροφράγματα, τα οποία ανοίγουν και κλείνουν ώστε να ρυθμίζεται η παροχή, να απομονώνονται τα κατάντη τμήματα ή να αποθηκεύεται νερό στα ανάντη τμήματα. Τα θυροφράγματα είναι είτε ανοικτά (τελείως ή μερικά), είτε κλειστά οπότε η ροή γίνεται με υπερχειλίση. Στο υδραγωγείο υπάρχουν 24 ρυθμιστές (18 τύπου Λ). Με τη λειτουργία των ρυθμιστών Λ μπορούν να αποθηκευτούν έως 1.15 hm^3 στο δίκτυο σε περιπτώσεις διακοπής της υδροδότησης.

Οι υπερχειλιστές βρίσκονται ανάντη των σιφώνων και των σηράγγων και αποχετεύουν τις ποσότητες νερού που δεν μπορούν να αποθηκευτούν στο δίκτυο (περίπτωση απότομων μειώσεων της ζήτησης). Οι κύριοι υπερχειλιστές βρίσκονται στις θέσεις Δαφνούλα (ανάντη μεριστή Κιθαιρώνα), Χασιά, Εσχατία (ανάντη της ΜΕΝ Μενιδίου) και στις εισόδους των σηράγγων Κίρφης και Ελικώνα.

Οι εκκενωτές χρησιμεύουν για την εκκένωση τμημάτων των υδραγωγείων σε περιπτώσεις ατυχημάτων ή εργασιών συντήρησης. Συνολικά υπάρχουν 34 εκκενωτές με κυριότερο της Χασιάς (στον Λ14). Αυτός είναι τηλεχειριζόμενος και μπορεί να παροχετεύσει άμεσα ποσότητες νερού από την διάφυγα Κιθαιρώνα.

Αντλιοστάσια

Τα αντλιοστάσια, με συνολική ισχύ $97\,660 \text{ Hp}$, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ροής από τις πηγές υδροληψίας με χαμηλό υψόμετρο (Υλίκη, γεωτρήσεις) προς τον ταμιευτήρα Μαραθώνα και το υδραγωγείο Μόρνου (Σχήμα 2.4). Διακρίνονται σε βασικά και βοηθητικά, με χαρακτηριστικά που φαίνονται στον Πίνακα 2.8.

Το κεντρικό αντλιοστάσιο Υλίκης (Μουρικήου) λειτουργεί για στάθμες της λίμνης $71.0\text{-}78.5 \text{ m}$ ενώ για στάθμες από $44.0\text{-}71.0 \text{ m}$ λειτουργεί και το πλωτό αντλιοστάσιο της Υλίκης σε τέσσερις θέσεις (Α', Γ', Ε', Ζ'). Οι θέσεις αυτές συνδέονται με μικρή τεχνητή λίμνη (χωρητικότητας 0.6 hm^3) στην υδροληψία του κεντρικού αντλιοστασίου και διατηρούν τη στάθμη της πάνω από τα 71 m ώστε να λειτουργεί το κεντρικό αντλιοστάσιο. Το αντλιοστάσιο της Υλίκης χρησιμοποιείται και για τη μεταφορά του νερού των γεωτρήσεων ΝΔ Υλίκης και Ούγγρων προς το υδραγωγείο Υλίκης.

Το αντλιοστάσιο Βίλιζας χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του νερού προς τον ταμιευτήρα Μαραθώνα. Ο συνδυασμός του με τα άλλα μικρότερα αντλιοστάσια της περιοχής (No 3 - Αυλώνας, No 4 - Σφενδάλης) δίνει παροχευτική ικανότητα $5.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Τα αντλιοστάσια Διστόμου (ΑΔ1, ΑΔ2, ΑΔ3) μεταφέρουν το νερό από τις γεωτρήσεις Βασιλικών - Παρορίου και το ρέμα Μαυρονερίου προς το υδραγωγείο Μόρνου.

Τέλος, τα αντλιοστάσια Κρεμμάδας και Ασωπού χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του νερού από την Υλίκη προς το υδραγωγείο Μόρνου.

Πίνακας 2.8: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίων.

Όνομα	Εγκαταστημένη ισχύς (Hp)	Αντλητική ικανότητα ($\times 1000 \text{ m}^3/\text{d}$)
Υλίκης - Κεντρικό	17300	560
Βίλιζας	10000	490
ΑΔ1 - Δαύλειας	7700	210
ΑΔ2	7700	210
ΑΔ3	7700	210
Κρεμμάδα	1800	310
Ασωπού	9840	310
Υλίκης - 7η μονάδα	3600	110
Υλίκης - Πλωτά	4880	700
No3 - Αυλώνας	3440	150
No4 - Σφενδάλης	1000	340
Αγ. Θωμά (ανενεργό)	4940	110
Κιούρκων - Αδιύλιστου	3500	300
Κιούρκων - Διυλισμένου	8480	210
Μαρκόπουλου	2340	42
Χελιδονούς	3440	200

Ρύθμιση ροής στα υδραγωγεία

Η ροή του νερού ρυθμίζεται στα δύο κύρια υδραγωγεία όπως περιγράφεται στη συνέχεια:

α) Υδραγωγείο Μόρνου

Η στάθμη στο υδραγωγείο καταγράφεται από 73 σταθμήμετρα και οι παροχές υπολογίζονται από εγκατεστημένα παροχόμετρα σε συνδυασμό με τις στάθμες και τα γεωμετρικά στοιχεία των αγωγών.

Η ρύθμιση της ροής γίνεται από τρία συνεργαζόμενα συστήματα συλλογής δεδομένων, ελέγχου και αποφάσεων που λειτουργούν ως εξής:

Το σύστημα των Ελεγκτών Προγραμματιζόμενης Λογικής (Programmable Logic Controllers, PLC) σχηματίζεται από μικροϋπολογιστές τοποθετημένους στις θέσεις ρύθμισης και ελέγχου της ροής που δέχονται και αποθηκεύουν δεδομένα μέτρησης και τα μεταδίδουν στο Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Πληροφοριών (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA). Στο σύστημα αυτό συλλέγονται οι πληροφορίες μέτρησης από τους Ελεγκτές και εμφανίζονται στους χειριστές με δυνατότητα μεταφοράς τους και σε κάποιο σύστημα Δυναμικής Ρύθμισης το οποίο θα υπολογίζει αυτόματα τις επιθυμητές θέσεις των θυροφραγμάτων με βάση τις συνθήκες στο δίκτυο. Οι τιμές των νέων θέσεων οι οποίες προέρχονται είτε από τους χειριστές είτε από το σύστημα Δυναμικής Ρύθμισης, δίνονται στο SCADA το οποίο και μεταφέρει τις αντίστοιχες εντολές στους Ελεγκτές. Οι Ελεγκτές αφού υλοποιήσουν τις εντολές του SCADA δέχονται νέες μετρήσεις, κοκ.

Οι τηλεχειριζόμενοι ελεγκτές «τύπου Λ» είναι ένδεκα από τους δεκαοκτώ που είναι συνολικά εγκαταστημένοι στο υδραγωγείο.

β) Υδραγωγείο Υλίκης

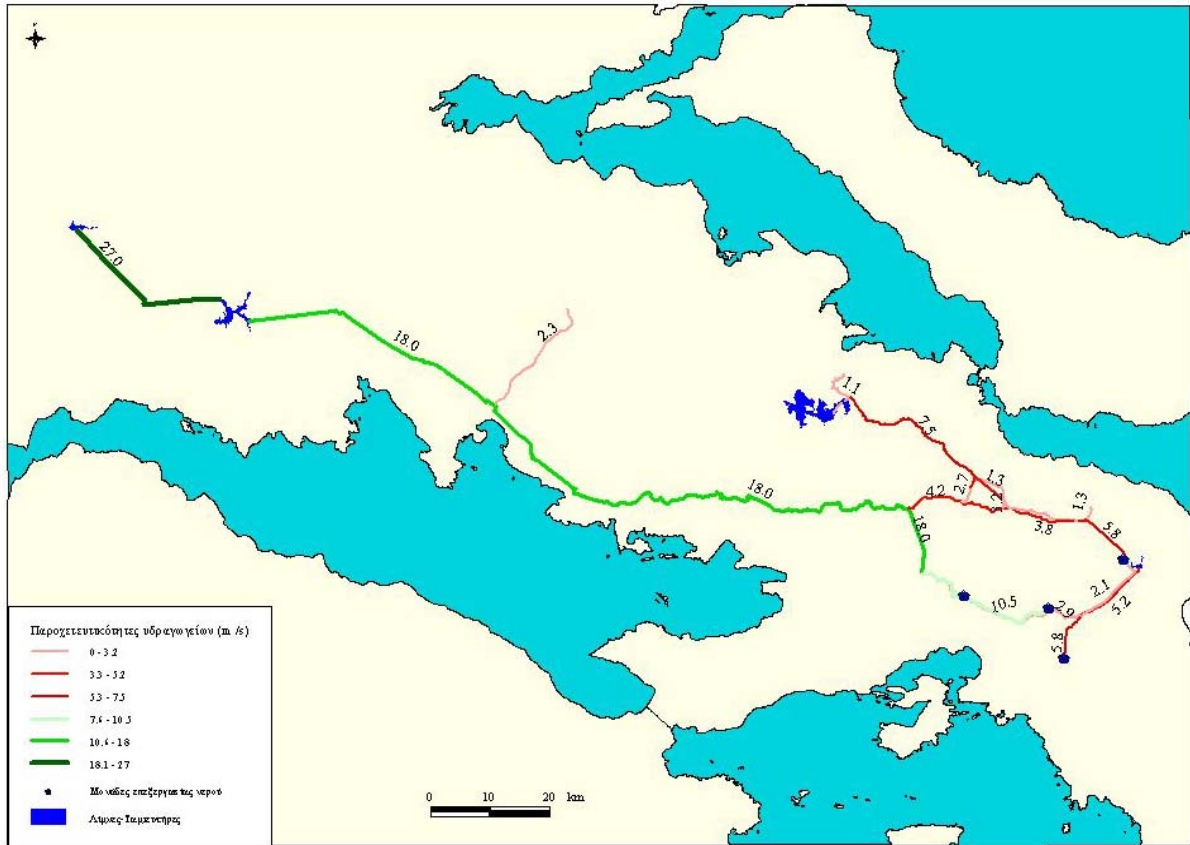
Το νερό μεταφέρεται, με άντληση από την Υλίκη (κατώτατη στάθμη υδροληψίας +45 m) και τις γεωτρήσεις της περιοχής, στον Μαραθώνα (ανώτατη στάθμη +223 m) ή στο υδραγωγείο Μόρνου. Χρησιμοποιούνται δύο κυρίως αντλιοστάσια, της Υλίκης και της Βίλιζας.

2.2.3 Παροχετευτικότητες υδραγωγείων

Οι παροχετευτικότητες των υδραγωγείων (Σχήμα 2.5) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.9. Υπενθυμίζεται ότι το ενωτικό υδραγωγείο λειτουργεί κατά τη μία φορά (της βαρύτητας) μετά από αλληπάλλληλες θραύσεις του τα τελευταία έτη.

Πίνακας 2.9: Παροχετευτικότητες υδραγωγείων.

Τμήμα υδραγωγείου	Παροχετευτικότητα (m ³ /s)
ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΟΡΝΟΥ	
Υδροληψία Μόρνου - Μεριστής Κιθαιρώνα	18.0
Μεριστής Κιθαιρώνα - Δωλιστήρια Μάνδρας	17.0
Δωλιστήρια Μάνδρας- Μενίδι	12.0
Μεριστής Κιθαιρώνα - Κλειδί	3.5
Κλειδί - Μεριστής Κιθαιρώνα	εκτός λειτουργίας
ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΥΛΙΚΗΣ	
Ούγγρα - Υλίκη	0.5
Μουρίκι - Κρεμμάδα	7.5
Κρεμμάδα - Κλειδί	6.7
Κρεμμάδα - Βίλιζα	4.3
Βίλιζα - Κακοσάλεσι	3.6
Κακοσάλεσι - Βίλιζα (με βαρύτητα)	0.4
Κακοσάλεσι - Βίλιζα (με λειτουργία αντλ/σίου Νο 3)	1.7
Βίλιζα - Νο 4 (χωρίς λειτουργία αντλ/σίου Νο 3)	0.8
Βίλιζα - Νο 4 (με λειτουργία αντλ/σίου Νο 3)	1.7
Δεξαμενή Κακοσάλεσι - Φρέαρ Α	5.2
Φρέαρ Α - Φρέαρ Γ	5.2
Σήραγγα Κιούρκων	5.2
Κιούρκα - ΜΕΝ Κιούρκων	3.5
ΑΛΛΑ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ	
Μαραθώνας - Χελιδονού	10.0
Χελιδονού - Γαλάτσι	5.8
Χελιδονού - Μενίδι	7.0
Χελιδονού - Μενίδι (ανάστροφη λειτουργία)	2.3



Σχήμα 2.5: Παροχευτικότητα υδραγωγείων.

2.3 Μονάδες επεξεργασίας νερού

Οι μονάδες επεξεργασίας νερού (ΜΕΝ) είναι τέσσερις, με χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.10. Το καλοκαίρι του 2004 περατώθηκε ένα μεγάλο έργο αναβάθμισης των τριών παλαιότερων διυλιστηρίων. Τα αναλυτικά δεδομένα κατανάλωσης των μονάδων επεξεργασίας δίνονται στο Κεφάλαιο 3.

Επιπλέον, λειτουργούν έξι μικρές μονάδες επεξεργασίας για την ύδρευση 14 δήμων κατά μήκος του υδραγωγείου Μόρνου. Η ύδρευση γίνεται με δίκτυο κλειστών αγωγών μήκους 50 km.

Πίνακας 2.10: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού και χαρακτηριστικά τους μεγέθη.

Όνομα	Υψόμετρο εγκατάστασης (m)	Μέγιστη επεξεργασία 1996-2008 (hm ³ /d)	Επεξεργασία αιχμής (hm ³ /d)	Αποθηκευτική ικανότητα (hm ³ /d)
Γαλασίου	+159	0.600	0.700	0.215
Μενιδίου	+232	0.678	0.800	0.280
Κιούρκων	+248	0.239	0.310	0.060
Μάνδρας	+232	0.200	0.215	0.050
Σύνολο		1.540	2.025	0.590

2.4 Έργα συντήρησης-αναβάθμισης του υδροδοτικού συστήματος

Η ΕΥΔΑΠ εκτελεί έργα τόσο συντήρησης και βελτίωσης του υπάρχοντος υδροδοτικού συστήματος όσο και νέα έργα αύξησης της παροχρητευτικότητας των υδραγωγείων, και δημιουργίας συστήματος ελέγχου και διαχείρισης των υδατικών πόρων.

2.4.1 Έργα συγχρηματοδοτούμενα από το Ταμείο Συνοχής

Αύξηση παροχρητευτικότητας ενωτικού υδραγωγείου Υλίκης-Μόρνου στο τμήμα Κρεμμάδα-Δαφνούλα

Το έργο αποτελείται από δύο νέα αντλιοστάσια (Ασωπού & Β2) και ένα σύνολο νέων αγωγών από Κρεμμάδα έως τη δεξαμενή Κλειδιού.

Πρόκειται για σημαντικότατο έργο ασφαλείας αφού παρέχει τη δυνατότητα τροφοδοσίας του υδραγωγείου Μόρνου με παροχή 6.75 m³/s από το υδραγωγείο Υλίκης.

Το έργο έχει περατωθεί, πλην όμως η λειτουργία του είναι αδύνατη λόγω των σοβαρών προβλημάτων του ενωτικού υδραγωγείου Δαφνούλας-Κλειδιού το οποίο έχει παρουσιάσει σοβαρότατα προβλήματα (θραύσεις) τα τελευταία χρόνια.

Αναβάθμιση υδραγωγείου Μόρνου κατάντη σήραγγας Κιθαιρώνα

Προβλέπεται η εγκατάσταση αγωγού Φ2000 περίπου 30 km από την έξοδο της σήραγγας Κιθαιρώνα μέχρι το Μενίδι. Ο αγωγός σχεδιάστηκε παράλληλα με τον υφιστάμενο με παροχρητευτικότητα 6.5 m³/s. Το έργο έχει ολοκληρωθεί μερικώς έχοντας κατασκευασθεί περίπου το ήμισυ του μήκους του αρχικά προβλεπομένου αγωγού και τρεις συνδέσεις (κατάντη σίφωνα 168, κατάντη ΜΕΝ Μάνδρας και κατάντη σίφωνα 183). Στην παρούσα φάση, το εν λόγω τμήμα του αγωγού λειτουργεί με παροχρητευτικότητα 4.5 m³/s.

Ενίσχυση, υπερύψωση και κάλυψη υδραγωγείου από έξοδο σήραγγας Κιθαιρώνα μέχρι Μενίδι

Πρόκειται για έργα υπερύψωσης κατάντη του σίφωνα 163, με την οποία θα αυξηθεί η παροχρητευτικότητα στους σίφωνες 163 και 168. Το έργο έχει περατωθεί μερικώς, καθώς εκκρεμεί η κατασκευή νέων σιφώνων (διδυμοποίηση).

2.4.2 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα

Πρόκειται για 6 υδροηλεκτρικά έργα που φαίνονται στον Πίνακα 2.11. Τα υδροηλεκτρικά Κίρφη, Ελικώνας, Κιθαιρώνα και Μάνδρας έχουν περατωθεί και λειτουργούν, ενώ έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή του ΥΗΣ Κλειδιού, χωρίς να είναι δυνατή η λειτουργία του λόγω των σοβαρών προβλημάτων του ενωτικού υδραγωγείου Δαφνούλας-Κλειδιού. Τέλος, έχει ξεκινήσει η κατασκευή του ΥΗΣ Ευήνου.

Πίνακας 2.11: Μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

Όνομα σταθμού	Ισχύς (kW)	Ενέργεια (GWh/έτος)
Κίρφη	800	8.5
Ελικώνας	700	5.6
Κιθαιρώνας	1240	10
Κλειδί (*)	500	2.2
Μάνδρα	450	4.9
Εύηνος	820	6.5

(*) Δεν είναι δυνατή η λειτουργία του έργου.

2.5 Ιδιαιτερότητες και προβλήματα σχετικά με τη μεταφορά νερού στην Αθήνα

Ιστορικά, το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετώπισε μέχρι σήμερα η ΕΥΔΑΠ είναι η ανεπάρκεια του φυσικού πόρου σε συνδυασμό με την συνεχή αύξηση της κατανάλωσης, που είχε ως αποτέλεσμα τη διόγκωση του υδρευτικού συστήματος (πηγές και τροφοδοτικά υδραγωγεία και αντλιοστάσια).

Οι ιδιαιτερότητες του υφιστάμενου συστήματος είναι οι εξής:

- Οι κύριοι υδατικοί πόροι βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την Αθήνα, με εξαίρεση τον ταμιευτήρα Μαραθώνα, ο οποίος έχει όμως μικρή χωρητικότητα και παροχετευτικότητα προς τα διυλιστήρια.
- Από τις γεωτρήσεις, εκείνες της ΒΑ Πάρνηθας και κυρίως της Μαυροσουβάλας είναι οι μόνες ικανής παροχετευτικότητας κοντά στα διυλιστήρια. Οι γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου μπορούν να προσφέρουν αρκετά μεγάλες ποσότητες στο σύστημα, αλλά η δυνατότητα χρήσης τους εκτός του ότι προκύπτει οικονομικά ασύμφορη λόγω υψηλού ενεργειακού κόστους, είναι αμφίβολη λόγω των αντιδράσεων καλλιεργητών και τοπικών παραγόντων που παρατηρήθηκαν στο παρελθόν. Ακόμη, όπως έχει παρατηρηθεί στο παρελθόν, οι εν λόγω γεωτρήσεις, σε συνθήκες εντατικής εκμετάλλευσης, έχουν ως συνέπεια τη σημαντική μείωση της απορροής των γειτονικών πηγών Μαυρονερίου (που είναι οι δεύτερες σημαντικότερες πηγές του Βοιωτικού Κηφισού), και συνακόλουθα των εισροών της Υλίκης.
- Η τροφοδοσία της πόλης εξαρτάται κυρίως από το σύστημα Μόρνου-Ευήνου. Αυτό, σε συνδυασμό με τις ανεπάρκειες και μειωμένες παροχετευτικότητες ορισμένων τμημάτων των υδραγωγείων, θέτει περιορισμούς στη διαχείριση του συστήματος.
- Η έλλειψη σημαντικού ρυθμιστικού έργου κοντά στην Αθήνα (με εξαίρεση τον ταμιευτήρα Μαραθώνα, που ωστόσο πρέπει να χρησιμοποιείται κυρίως ως απόθεμα ασφαλείας), και ειδικότερα κατάντη του υδραγωγείου του Μόρνου, περιορίζει την ευελιξία του συστήματος, καθώς δεν είναι δυνατή η διαχείριση της ημερήσιας διακύμανσης της ζήτησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ετήσια δυναμικότητα του συστήματος να είναι μικρότερη σε σχέση με την ονομαστική παροχετευτικότητα των υδραγωγείων. Για το λόγο αυτό, είχε προταθεί η κατασκευή έργου αναρρύθμισης (λιμνοδεξαμενή) στην περιοχή της Μάνδρας, χωρητικότητας 700 000 m³. Τέτοιου είδους έργα κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικά, όχι μόνο για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, αλλά και επειδή συμβάλλουν στην ασφάλεια του συστήματος έναντι βλαβών, μικρής βεβαίως διάρκειας.

3 Ζήτηση νερού

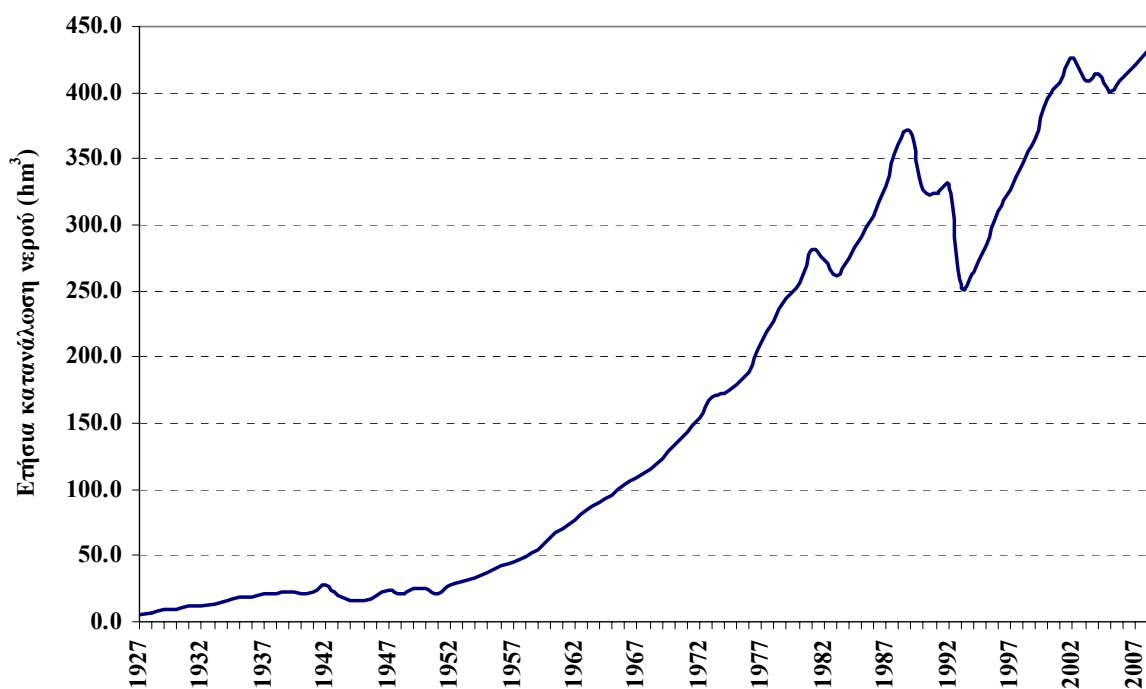
3.1 Ιστορικά δεδομένα

Η υδροδότηση της Αθήνας παρουσιάζει προβλήματα από την αρχαιότητα, δεδομένου του ξηρού κλίματος και των περιορισμένων επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων που συνδυάζονται με την μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού. Ήδη κατά την κλασική εποχή ο πληθυσμός εκτιμάται σε 400 000 κατοίκους, οι ανάγκες των οποίων καλύπτονταν από πηγές και πηγάδια. Τον 2ο μ.Χ. αιώνα ολοκληρώνεται το Αδριάνειο υδραγωγείο, το οποίο εξακολουθεί να τροφοδοτεί την Αθήνα μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα.

Στον Πίνακα 3.1 περιγράφονται συνοπτικά τα σημαντικότερα γεγονότα της κατανάλωσης νερού κατά τον 20ο αιώνα. Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η χρονοσειρά της ετήσιας κατανάλωσης νερού από το 1927 μέχρι το 2008, ενώ στον Πίνακα Α1 του Παραρτήματος Α παρουσιάζονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Πίνακας 3.1: Συνοπτικό ιστορικό της κατανάλωσης νερού στην Αθήνα.

Έτος	Κατανάλωση (hm ³)	Παρατηρήσεις
1927	4.8	Ύδρευση από το Αδριάνειο υδραγωγείο και μικροπηγές, πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 802 000
1931	11.5	Πλήρης λειτουργία υδραγωγείου Μαραθώνα
1941	22.8	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 1 124 000
1941-51	15.7 (1944) 25.8 (1951)	Στασιμότητα κατανάλωσης κατά την περίοδο της Κατοχής και του Εμφυλίου
1951	21.8	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 1 379 000
1958	49.2	Συστηματική λειτουργία του υδραγωγείου Υλίκης
1961	70.9	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 1 831 000
1971	143.0	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 2 540 000
1979	244.0	Έναρξη λειτουργίας του υδραγωγείου Μόρνου
1981	282.0	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 3 027 000
1989	375.8	Σημαντική μείωση των εισροών, ενώ σημειώνεται η μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση του αιώνα
1990	326.5	Η ξηρότερη χρονιά του αιώνα, σημαντική αύξηση της τιμής του νερού και έναρξη εκστρατείας για την εξοικονόμησή του με αποτέλεσμα σημαντική μείωση της κατανάλωσης
1991	323.8	Σχετικά υγρό έτος, πληθυσμός πρωτευούσης 3 071 000
1992-93	330.3 (1992) 252.3 (1993)	Η ξηρασία συνεχίζεται, νέα αύξηση της τιμής του νερού, επίσπευση ενίσχυσης του συστήματος (γεωτρήσεις, Εύηνος)
1995	284.0	Ενίσχυση Μόρνου από Εύηνο μέσω προσωρινής υδροληψίας
1999	365.6	Η κατανάλωση επανέρχεται στα επίπεδα του 1990
2001	407.8	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 3 163 000 - Έναρξη λειτουργίας Ταμειυτήρα Εύηνου (Σεπτέμβριος 2001)
2008	431.4	Ρεκόρ ετήσιας κατανάλωσης νερού



Σχήμα 3.1: Εξέλιξη της ετήσιας κατανάλωσης νερού (είσοδος διυλιστηρίων).

3.2 Υδροδοτούμενες περιοχές και κατηγορίες χρήσεων νερού

Η ΕΥΔΑΠ υδροδοτεί σχεδόν το σύνολο του Νομού Αττικής. Η *περιοχή ευθύνης* της εταιρείας (που σχεδόν ταυτίζεται με την Περιφέρεια Πρωτευούσης) αποτελείται από δήμους και κοινότητες των οποίων τα δίκτυα διανομής λειτουργεί και εκμεταλλεύεται η ΕΥΔΑΠ. Στον Πίνακα Α2 του Παραρτήματος Α παρουσιάζονται οι πληθυσμοί των Δήμων και κοινοτήτων της Περιφέρειας Πρωτευούσης, σύμφωνα με τις 5 τελευταίες απογραφές. Στην περιοχή ευθύνης δεν περιλαμβάνονται περιοχές που υδρεύονται εξ ολοκλήρου από τοπικά δίκτυα, τα οποία ενισχύονται από την ΕΥΔΑΠ, όπως τα Βριλήσσια, η Νέα Ερυθραία, η Εκάλη, καθώς και τμήματα των περιοχών Αγίου Δημητρίου, Αμαρουσίου, Γλυφάδας, Ηρακλείου, Κηφισιάς και Περάματος. Αντίθετα, οι περιοχές της Παλλήνης, του Ζεφυρίου και τμήματα των κοινοτήτων Βάρης και Γλυκών Νερών που δεν ανήκουν στην Περιφέρεια Πρωτευούσης περιλαμβάνονται στην περιοχή ευθύνης της ΕΥΔΑΠ.

Οι δήμοι και κοινότητες των οποίων το δίκτυο διανομής είναι δημοτικό αλλά ενισχύεται από τους κεντρικούς τροφοδοτικούς αγωγούς της ΕΥΔΑΠ αποτελούν την *περιοχή αρμοδιότητας* της ΕΥΔΑΠ. Στον Πίνακα Α3 του Παραρτήματος Α παρουσιάζονται οι πληθυσμοί των δήμων και κοινοτήτων της περιοχής αρμοδιότητας, σύμφωνα με τις απογραφές του 1981, του 1991 και του 2001.

Η συνολική κατανάλωση υποδιαιρείται σε διάφορες κατηγορίες χρήσεων νερού, που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Κοινή κατανάλωση: Αφορά στην παροχή νερού με τιμολόγιο κοινής κατανάλωσης μέσα στην περιοχή ευθύνης της ΕΥΔΑΠ. Περιλαμβάνει την οικιακή κατανάλωση καθώς και αυτή από μικρές επαγγελματικές δραστηριότητες (γραφεία, καταστήματα), για τις οποίες δεν συντρέχουν λόγοι τιμολόγησης με το βιομηχανικό-επαγγελματικό τιμολόγιο. Η κοινή κατανάλωση την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται στο 63-66% της συνολικής τιμολογημένης (στην οποία δεν προσμετράται η παροχή αδιύλιστου νερού).

Κατανάλωση για την ενίσχυση των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ): Αφορά στην παροχή νερού σε κοινότητες εντός της περιοχής αρμοδιότητας της ΕΥΔΑΠ. Το νερό δίνεται συνολικά στους ΟΤΑ, οι οποίοι το διανέμουν στους χρήστες μέσω των δικών τους δικτύων. Η κατανάλωση των ΟΤΑ αυξάνεται με σημαντικό ρυθμό όλη την τελευταία δεκαετία, ενώ το ποσοστό συμμετοχής της, βάσει καταγραφών του τελευταίου έτους (2008), ανέρχεται πλέον στο 22% της συνολικής τιμολογημένης κατανάλωσης.

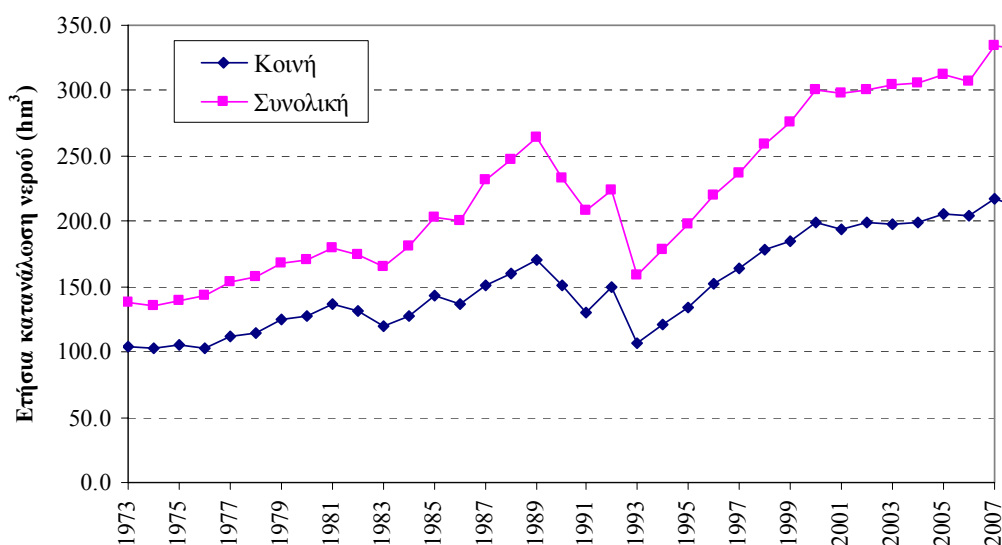
Βιομηχανική και επαγγελματική κατανάλωση: Αφορά στην παροχή νερού με βιομηχανικά τιμολόγια εντός των περιοχών ευθύνης ή αρμοδιότητας. Αφορά κυρίως σε βιομηχανίες και, δευτερευόντως, ξενοδοχεία, τουριστικές και αθλητικές εγκαταστάσεις, κλπ. Την τελευταία δεκαετία, η βιομηχανική κατανάλωση κυμαίνεται στο 6-7% της συνολικής τιμολογημένης.

Δημόσια και δημοτική κατανάλωση: Περιλαμβάνει την κατανάλωση δημοσίων και δημοτικών εγκαταστάσεων, ύδρευση και άρδευση κοινόχρηστων χώρων (πάρκα, πρασιές οδών), πέραν της δωρεάν ποσότητας που χορηγείται για το σκοπό αυτό. Η δημόσια και δημοτική κατανάλωση την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται στο 6-7% της συνολικής τιμολογημένης.

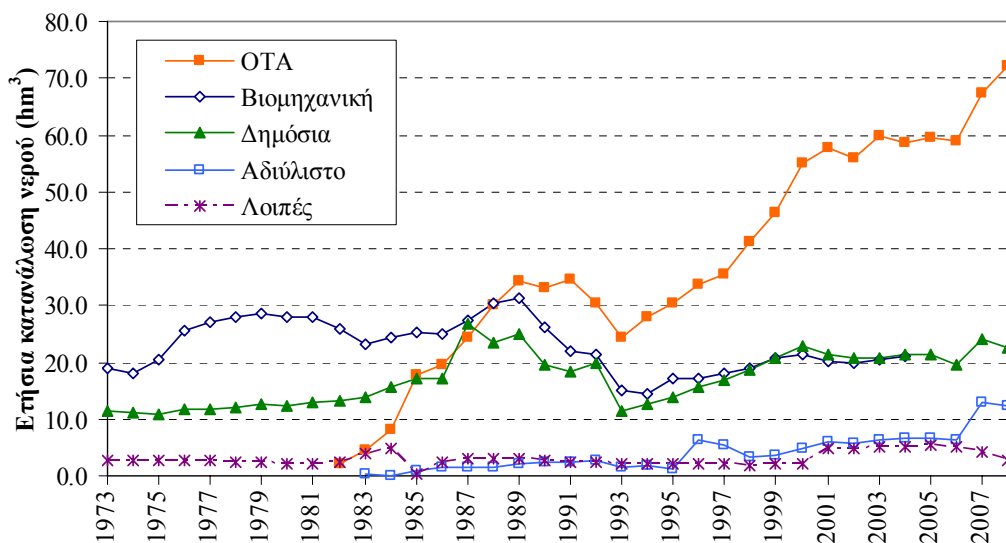
Άλλες χρήσεις: Περιλαμβάνουν τις καταναλώσεις της πυροσβεστικής, φιλανθρωπικών ιδρυμάτων, του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς, καθώς και μικρές ποσότητες που παρέχονται δωρεάν για το πότισμα κοινοχρήστων χώρων. Οι καταναλώσεις αυτές την τελευταία δεκαετία κυμαίνονται γύρω στο 1-2% της συνολικής τιμολογημένης.

Αδιύλιστο νερό: Πρόκειται για το ακατέργαστο νερό που παρέχεται σε ορισμένους δήμους και κοινότητες κοντά στα εξωτερικά υδραγωγεία της ΕΥΔΑΠ, και συγκεκριμένα: Αμφισσα, Δίστομο, Στείρι, Κυριάκι, Ερυθρές, Πλαταιές, Βίλια, Οινόη, Πρόδρομος, Λεύκτρα, Προφήτης Ηλίας, Ελλοπία, Ξηρονομή, Δόμβραινα, Θίσβη, εγκαταστάσεις Αλουμίνας και ΥΠΕΧΩΔΕ, Κάζα και Κατανάβα (υδραγωγείο Μόρνου)· PEPSICO, ΕΛΒΑΛ, ΕΑΒ, Σχηματάρι, Στρατόπεδο Μαχαίρα, Παπαναστασίου, ΕΤΕΜ, COCA COLA (υδραγωγείο Υλίκης). Από το έτος 2007, οι εν λόγω ποσότητες ανέρχονται σε 12.0-13.0 hm³.

Στον Πίνακα Α4 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των τιμολογημένων καταναλώσεων κάθε κατηγορίας για το διάστημα 1973-2008 και παρατίθενται τα ποσοστά συμμετοχής της στο σύνολο της τιμολογημένης κατανάλωσης. Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη της κοινής σε σύγκριση με τη συνολική κατανάλωση, ενώ στο Σχήμα 3.3 δίνονται οι υπόλοιπες κατηγορίες καταναλώσεων.



Σχήμα 3.2: Χρονική εξέλιξη κοινής και συνολικής κατανάλωσης.



Σχήμα 3.3: Χρονική εξέλιξη των διαφόρων κατηγοριών κατανάλωσης (πλην της κοινής).

3.3 Ανάλυση της εξέλιξης της ζήτησης

Ο βασικός παράγοντας που επιδρά στη χρονική εξέλιξη της ετήσιας κατανάλωσης νερού είναι η διακύμανση του υδρευόμενου πληθυσμού (συμπεριλαμβανομένων των τουριστών και μεταναστών). Άλλοι παράγοντες είναι ο βαθμός ανάπτυξης των άλλων χρήσεων νερού (βιομηχανικές, δημόσιες, δημοτικές κλπ), η αύξηση του βιοτικού επιπέδου (επιδρά στην ειδική ή κατά κεφαλή κατανάλωση), η υδροδότηση νέων περιοχών, τα έκτακτα περιστατικά και οι απώλειες του εξωτερικού δικτύου μεταφοράς και του εσωτερικού δικτύου διανομής. Ακόμη, σημαντική επίδραση έχουν η τιμολογιακή πολιτική της εταιρείας, η ενημέρωση του κοινού για την εξοικονόμηση του νερού και οι μετεωρολογικές συνθήκες (βροχόπτωση, θερμοκρασία). Οι τελευταίες επηρεάζουν την εποχιακή διακύμανση, εφόσον δεν θεωρηθούν σενάρια κλιματικής αλλαγής. Στη συνέχεια, εξετάζεται η επίδραση κάθε παράγοντα στη διακύμανση της κατανάλωσης νερού τα προηγούμενα χρόνια, με τελικό στόχο να γίνει μια εκτίμηση της μελλοντικής ζήτησης.

3.3.1 Μεταβολή του πληθυσμού

Όπως περιγράφηκε στο υποκεφάλαιο 3.2, η περιοχή ευθύνης της ΕΥΔΑΠ σχεδόν ταυτίζεται με την Περιφέρεια Πρωτευούσης ενώ η περιοχή αρμοδιότητας σχετίζεται άμεσα με το υπόλοιπο του Νομού Αττικής (εκτός της Περιφέρειας Πρωτευούσης). Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα δεδομένα των απογραφών του 1981, του 1991 και του 2001 καθώς και εκτιμήσεις του πληθυσμού των παραπάνω περιοχών για το έτος 2010. Οι εκτιμήσεις του πληθυσμού της Περιφέρειας Πρωτευούσης (και της περιοχής ευθύνης) βασίζονται σε δημοσιευμένες εργασίες της ΕΣΥΕ σχετικές με τον πληθυσμό της χώρας το 2010. Οι εκτιμήσεις του πληθυσμού του υπόλοιπου Αττικής (και της περιοχής αρμοδιότητας) βασίζονται σε προβολές των πληθυσμιακών δεδομένων των προηγούμενων απογραφών, αλλά είναι συμβατές και με τις εκτιμήσεις των ΑΔΚ (1999) και Kallis and Coccossis (2000) που έγιναν για τα έτη 1996, 2001 και 2010. Ακόμη, θεωρήθηκε ότι το 2010 θα υπάρχει ταύτιση της περιοχής αρμοδιότητας με το υπόλοιπο Αττικής. Όπως προκύπτει από τα δεδομένα των τελευταίων απογραφών, κατά τη δεκαετία του 1980, δεν παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση του πληθυσμού της Περιφέρειας Πρωτευούσης, καθώς σταμάτησε η εσωτερική μετανάστευση προς την πρωτεύουσα, ενώ αντίθετα, σημαντική είναι η αύξηση του πληθυσμού στο υπόλοιπο Αττικής.

Πίνακας 3.2: Πληθυσμιακά δεδομένα Νομού Αττικής (σε χιλιάδες).

Πληθυσμός	1981	1991	2001	2010
Περιφέρεια Πρωτεύουσας	3028	3056	3163	3260
Περιοχή Ευθύνης ΕΥΔΑΠ	3021	3051	3163	3260
Υπόλοιπο Αττικής	342	450	599	650
Περιοχή Αρμοδιότητας ΕΥΔΑΠ	248	349	446	600
Αριθμός μη απογραφέντων αλλοδαπών νομού Αττικής	30	60	50	100

Σημείωση: Με πλάγια γράμματα δίνονται οι εκτιμήσεις/προβολές.

Η παράμετρος των μεταναστών δεν είχε ληφθεί υπόψη στις προηγούμενες εκτιμήσεις του πληθυσμού. Στην πρόσφατη απογραφή του 2001 οι αλλοδαποί που καταμετρήθηκαν στο σύνολο της χώρας ανέρχονται σε 800 χιλιάδες, από τους οποίους οι μισοί περίπου κατοικούν στο νομό Αττικής. Σημειώνεται ότι ο αριθμός αυτός είχε εκτιμηθεί με αρκετή ακρίβεια στα διαχειριστικά σχέδια των προηγούμενων ετών. Τα αποτελέσματα της απογραφής πραγματικού πληθυσμού του 2001 (Πίνακες 3.2, Α2 και Α3) περιλαμβάνουν και τους μετανάστες. Θα θεωρήσουμε όμως εδώ ότι ένας σημαντικός αριθμός δεν απογράφηκε δεδομένου ότι δεν είχε ολοκληρώσει νομικές υποχρεώσεις του προς το ελληνικό κράτος και έτσι ένας εύλογος αριθμός μη απογραφέντων αλλοδαπών στο νομό Αττικής θα ήταν 50 χιλιάδες και μια εκτίμηση για το 2010 θα ήταν 100 χιλιάδες. Ακόμη, στον αριθμό αυτό, δεν συμπεριλαμβάνεται η εκδοχή νέου μεταναστευτικού κύματος για λόγους είτε πολιτικούς-κοινωνικούς (Τουρκία, Αραβικές χώρες) είτε οικονομικούς (ευρωπαϊκή ενοποίηση).

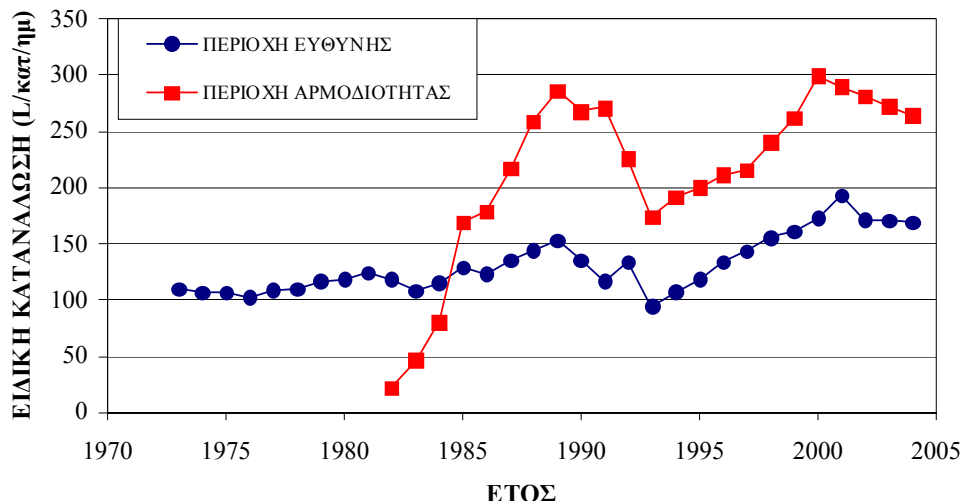
Σε γενικές γραμμές η παράμετρος αυτή επηρεάζει σημαντικά την κατανάλωση νερού δεδομένου ότι (α) ο αριθμός τους αναμένεται να ξεπερνά το 10% του πληθυσμού στην Αττική, (β) η μεγάλη πλειονότητα ασχολείται με επαγγέλματα που σχετίζονται άμεσα με την κατανάλωση νερού (οικιακοί βοηθοί, καθαριστές, βοηθητικές εργασίες), (γ) είναι άγνωστη η αντίδραση τους σε προσπάθειες μείωσης της κατανάλωσης (αυξήσεις τιμών, ενημερωτικές εκστρατείες), και (δ) είναι δύσκολο να υπολογιστεί η εξέλιξη του πληθυσμού τους στο μέλλον (υψηλός δείκτης γεννητικότητας).

3.3.2 Εξέλιξη βιοτικού επιπέδου

Με βάση τις ποσότητες τιμολογημένου νερού για κοινή κατανάλωση και τους ΟΤΑ και τα δεδομένα του Πίνακα 3.2, εκτιμήθηκε για κάθε έτος η μέση ημερήσια ειδική κατανάλωση στις περιοχές ευθύνης και αρμοδιότητας της ΕΥΔΑΠ (Σχήμα 3.4). Ακόμη, αναφέρεται ότι μέχρι το 1982 στην κοινή κατανάλωση συμπεριλαμβάνονται και άλλες χρήσεις, με κυριότερη την προμήθεια νερού στους ΟΤΑ.

Από το Σχήμα 3.4 φαίνεται ότι τη δεκαετία του 1970 η κατανάλωση κυμαίνονταν γύρω στα 120 L/κ/d, ενώ στα μέσα της δεκαετίας του 1980 έφτασε στα 150 L/κ/d, για να πέσει κάτω από 100 L/κ/d το 1991, μετά τα έκτακτα μέτρα λόγω της λειψυδρίας. Η κατακόρυφη άνοδος από το 1994 μέχρι το 2000 (οπότε ξεπέρασε τα 160 L/κ/d) θα πρέπει να αποδοθεί εν μέρει και στην αύξηση του πληθυσμού λόγω των ξένων μεταναστών. Η μεγάλη ειδική κατανάλωση των ΟΤΑ στην περιοχή αρμοδιότητας της ΕΥΔΑΠ αποδίδεται στην άρδευση κήπων και στη μεγάλη μετακίνηση πληθυσμού που παρατηρείται προς το υπόλοιπο Αττικής, τόσο όσον αφορά στη μόνιμη κατοικία όσο και στην παραθεριστική, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

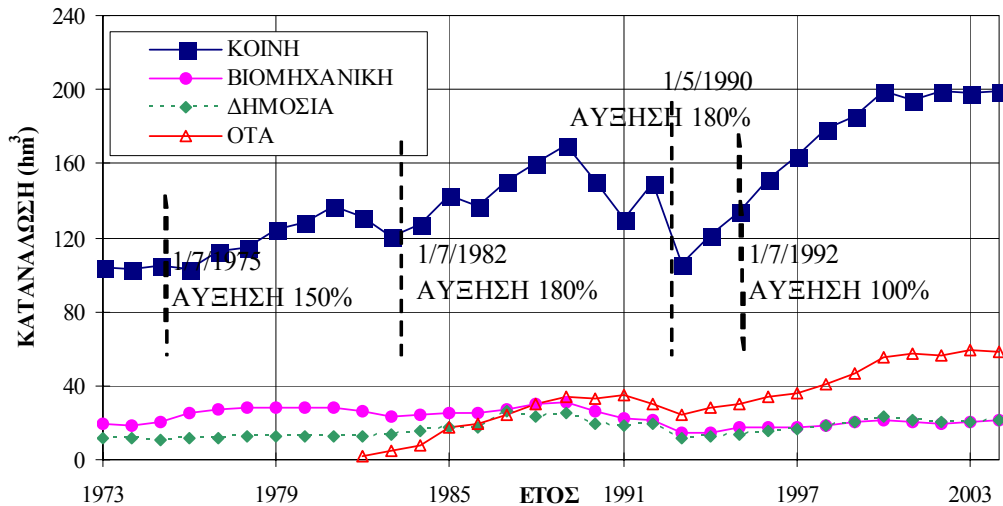
Συγκριτικά, αναφέρεται ότι η μέση οικιακή κατανάλωση των μεγάλων ευρωπαϊκών πόλεων κυμαίνεται σε 115-200 L/κ/d.



Σχήμα 3.4: Ειδική κατανάλωση περιοχών ευθύνης και αρμοδιότητας της ΕΥΔΑΠ.

3.3.3 Τιμολογιακή πολιτική της εταιρείας

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζεται το ποσοστό μεταβολής των τιμών (σε σχέση με την εκάστοτε τρέχουσα τιμή) που επέβαλε η ΕΥΔΑΠ στο παρελθόν για διάφορες κατηγορίες κατανάλωσης. Σημειώνεται ότι με βάση στοιχεία της τελευταίας πενταετίας περίπου το 45% των συνδέσεων καταναλώνουν μέχρι 15 m³ ανά τρίμηνο, ενώ ένα άλλο 45% από 16-60 m³. Στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται, ακόμη, η επίδραση των σημαντικότερων αυξήσεων της τιμής του νερού στις διάφορες κατηγορίες ετήσιων καταναλώσεων. Η πρώτη σημαντική αύξηση του 1975 δεν επέφερε μείωση της ετήσιας κατανάλωσης, αφού απλώς διόρθωσε την πολύ μικρή τιμή του νερού η οποία είχε να μεταβληθεί περίπου 20 χρόνια. Οι αυξήσεις των ετών 1982, 1990 και 1992 επέφεραν σημαντική μείωση, ιδιαίτερα στην κοινή κατανάλωση, αφού η τιμή πολλαπλασιάστηκε (από 1/1/1990 έως 1/7/1992 η τιμή του νερού αυξήθηκε κατά 400-900% ανάλογα με την ποσότητα). Χαρακτηριστικό είναι ότι το σχετικά υγρό υδρολογικό έτος 1990-91, που έφερε μικρή αύξηση στα αποθέματα των ταμιευτήρων, έδωσε την εσφαλμένη εντύπωση ότι η λειψυδρία εκείνη τελείωσε και η εταιρεία προχώρησε σε μικρή μείωση του τιμολογίου, την 1/1/1991. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η κατανάλωση του 1992 κατά περίπου 15% σε σχέση με το 1991. Ακόμη, θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι, ενώ η τιμή του νερού για κοινή κατανάλωση πολλαπλασιάστηκε, δεν έγινε το ίδιο για τις άλλες χρήσεις. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για το διάστημα 1/1/1990 μέχρι 1/7/1992 η τιμή του νερού για χρήση από τους ΟΤΑ απλώς διπλασιάστηκε (ανεξάρτητα από ποσότητα), ενώ η τιμή ήταν η μισή σε σχέση με αυτήν της κοινής κατανάλωσης. Έτσι, όπως φαίνεται και από το Σχήμα 3.5, η μείωση της κατανάλωσης νερού από τους ΟΤΑ ήταν σχετικά μικρή.



Σχήμα 3.5: Επίδραση της τιμής νερού στις διάφορες κατηγορίες καταναλώσεων.

Πίνακας 3.3: Ποσοστό (%) μεταβολής της τιμής νερού για διάφορες κατηγορίες κατανάλωσης.

Ημερομηνία	Κατηγορία κατανάλωσης (m ³)									
	10	15	20	30	40	50	60	81	105	200
01/07/1975	202	158	141	134	131	129	128	126	125	124
01/07/1982	133	148	197	234	251	261	268	277	282	291
01/07/1985	0	0	5	8	9	10	11	11	11	12
01/07/1986	24	22	13	7	5	4	3	2	2	1
01/07/1988	21	19	5	12	15	17	18	19	20	21
01/01/1990	-8	-11	-13	6	18	25	29	34	37	41
01/05/1990	159	176	184	202	237	265	281	298	309	323
01/01/1991	-20	-20	-20	-8	-5	-3	-2	-2	-1	-1
01/01/1992	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
01/07/1992	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
01/12/1995	15	15	15	18	19	19	20	20	20	20

3.3.4 Βιομηχανικές, επαγγελματικές, δημόσιες, δημοτικές και άλλες χρήσεις

Η χρονική εξέλιξη των βιομηχανικών, επαγγελματικών, δημόσιων-δημοτικών και των υπόλοιπων χρήσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3.

Η μικρή μείωση της βιομηχανικής κατανάλωσης στις αρχές της δεκαετίας του 1980 μπορεί να εξηγηθεί από τη μεταφορά σημαντικού αριθμού βιομηχανιών εκτός της περιοχής ευθύνης της ΕΥΔΑΠ. Στη συνέχεια, κατά το τέλος της δεκαετίας αυτής, παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης, η οποία μάλλον οφείλεται στην αύξηση των εμπορικών και τουριστικών χρήσεων, που αντικατέστησαν τις βιομηχανίες. Η μείωση στη βιομηχανική κατανάλωση μετά το διάστημα 1990-92 οφείλεται στην αύξηση της τιμής του νερού, που οδήγησε στην ορθολογικότερη χρήση των υπαρχόντων πόρων, και, κυρίως, και στην πραγματοποίηση ιδιωτικών γεωτρήσεων από πολλές βιομηχανίες. Το τελευταίο γεγονός μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στο μέλλον, ειδικότερα όταν το κόστος του νερού που αντλείται ξεπεράσει το κόστος του νερού που χορηγείται από την ΕΥΔΑΠ.

Η αύξηση των ποσοτήτων νερού που διατίθεται στους ΟΤΑ κατά τη δεκαετία του 1980 οφείλεται στην τροφοδοσία νέων περιοχών. Η αργή μείωση της κατανάλωσης κατά την περίοδο 1990-92 οφείλεται στη σχετικά μικρή αύξηση στην τιμή του νερού που επιβλήθηκε και στη μικρότερη τιμή

νερού που πλήρωναν οι ΟΤΑ σε σχέση με την κοινή κατανάλωση της ΕΥΔΑΠ. Τελικά, το 1992, οι ΟΤΑ υποχρεώθηκαν να επιβάλουν τιμολόγιο στους κοινούς καταναλωτές τους τουλάχιστον ίδιο με αυτό των πελατών της ΕΥΔΑΠ, γεγονός που οδήγησε στη μείωση του 1993. Από τη χρονιά αυτή και πέρα, η αύξηση είναι ραγδαία και μπορεί να αποδοθεί στην σημαντική αύξηση του μόνιμου και εποχιακού πληθυσμού αλλά και στην αύξηση της ειδικής κατανάλωσης.

Η εξέλιξη των δημόσιων και δημοτικών καταναλώσεων μοιάζει με αυτές που εξετάστηκαν προηγουμένως. Συγκεκριμένα, αυτές παρουσιάζουν έντονη αύξηση στα τέλη της δεκαετίας του 1980, μειώνονται δραστικά την περίοδο 1990-1993, στη συνέχεια, αυξάνονται με σημαντικό ρυθμό, ενώ την τελευταία δεκαετία έχουν πρακτικά σταθεροποιηθεί.

Τέλος, η εξέλιξη των υπόλοιπων χρήσεων ακολουθεί μια τυχαία διακύμανση, καθόσον σε αυτές περιλαμβάνονται πολλές μικρές χρήσεις των οποίων η χρονική εξέλιξη είναι διαφορετική.

3.4 Εποχιακή και ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης

Η διακύμανση της κατανάλωσης στους διάφορους μήνες και ημέρες εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως οι μετεωρολογικές συνθήκες, η μετακίνηση του πληθυσμού και τα έκτακτα περιστατικά. Για την διερεύνηση της μηνιαίας διακύμανσης των καταναλώσεων κάθε χρήσης υπολογίστηκε για κάθε έτος το ποσοστό της μηνιαίας κατανάλωσης ως προς την ετήσια κατανάλωση της χρήσης αυτής. Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται για κάθε μήνα οι μέσες τιμές των ποσοστών κάθε χρήσης για δύο χρονικές περιόδους, για το σύνολο των ετών που διατίθενται στοιχεία (1973-99) και για την πενταετία 1995-99.

Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 3.4 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα ακόλουθα:

- Η κοινή κατανάλωση μειώνεται τους θερινούς μήνες λόγω μετακίνησης του πληθυσμού της Αθήνας για διακοπές.
- Η βιομηχανική κατανάλωση αυξάνει το καλοκαίρι, δεδομένου ότι σε αυτήν περιλαμβάνονται τα ξενοδοχεία.
- Η δημόσια και δημοτική κατανάλωση παρουσιάζει τα μέγιστα τους μήνες Μάρτιο, Ιούνιο και Σεπτέμβριο, γεγονός που συνδέεται με την φύτευση νέων δένδρων και την άρδευση των πάρκων.
- Σχεδόν το 50% της κατανάλωσης των ΟΤΑ γίνεται τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο και εξηγείται από τη συσσώρευση πληθυσμού στο υπόλοιπο Αττικής για θερινές διακοπές.

Για τη διερεύνηση της μηνιαίας διακύμανσης της συνολικής κατανάλωσης, υπολογίστηκαν για κάθε έτος το ποσοστό της μηνιαίας κατανάλωσης ως προς την ετήσια συνολική κατανάλωση. Στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζονται η ελάχιστη, η μέση και η μέγιστη τιμή των ποσοστών κάθε μήνα για τις χρονικές περιόδους 1973-2000 και 2000-2008. Από τα δεδομένα του Πίνακα 3.5 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες καταναλώσεις πραγματοποιούνται το Ιούλιο, που συνδυάζει υψηλή συγκέντρωση πληθυσμού και μετεωρολογικές συνθήκες που ευνοούν την κατανάλωση νερού.
- Η μέγιστη ιστορική μηνιαία ζήτηση πραγματοποιήθηκε Σεπτέμβριο και αντιστοιχούσε στο 13.8% της συνολικής ετήσιας. Η ζήτηση αυτή αντιστοιχεί σε παροχή κατά 65% μεγαλύτερη από τη μέση ετήσια.
- Υπάρχει ομαλοποίηση των μηνιαίων καταναλώσεων τα τελευταία χρόνια (2000-2008).

Πίνακας 3.4: Ποσοστά (%) μηνιαίων καταναλώσεων για τις διάφορες κατηγορίες χρήσεων.

Μήνας	Κοινή		Βιομηχανική		Δημόσια-δημοτική		ΟΤΑ		Σύνολο	
	73-00	95-00	73-00	95-00	73-00	95-00	73-00	95-00	73-00	95-00
Ιανουάριος	7.1	8.4	8.4	7.9	6.4	5.2	5.3	5.7	7.2	7.7
Φεβρουάριος	7.7	8.3	6.6	7.0	5.3	4.6	4.5	5.4	7.1	7.6
Μάρτιος	7.8	7.0	7.8	7.0	9.7	9.2	6.7	5.4	7.8	6.8
Απρίλιος	6.3	7.3	7.8	7.5	5.6	4.3	4.7	6.1	6.6	6.9
Μάιος	8.3	8.3	8.4	8.0	5.5	5.2	5.4	7.4	7.9	7.9
Ιούνιος	9.0	7.9	8.8	10.0	13.0	15.4	11.9	10.7	9.6	9.0
Ιούλιος	7.6	8.5	9.9	9.4	8.3	7.1	9.9	13.0	8.3	9.2
Αύγουστος	9.8	9.7	8.9	9.3	7.6	7.5	11.0	13.6	9.7	10.2
Σεπτέμβριος	11.0	9.3	9.5	9.4	16.3	20.5	15.8	11.7	11.4	10.4
Οκτώβριος	7.6	8.6	9.2	9.3	6.5	5.6	8.7	8.8	7.9	8.5
Νοέμβριος	8.8	9.0	8.2	8.6	5.8	4.8	6.7	7.3	8.3	8.4
Δεκέμβριος	8.7	7.9	6.4	6.6	9.9	10.7	9.3	4.9	8.2	7.4

Πίνακας 3.5: Μέγιστα, μέσα και ελάχιστα ποσοστά (%) μηνιαίας συνολικής κατανάλωσης.

Μήνας	Περίοδος 1973-2000			Περίοδος 2000-2008		
	Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη
Ιανουάριος	4.7	7.2	10.5	7.2	7.6	8.3
Φεβρουάριος	3.5	7.1	8.3	6.5	7.0	7.5
Μάρτιος	6.5	7.8	10.8	7.4	7.7	8.0
Απρίλιος	5.4	6.6	7.7	7.3	7.6	8.2
Μάιος	6.2	7.9	9.7	8.5	8.8	9.2
Ιούνιος	4.3	9.6	12.7	9.0	9.3	9.5
Ιούλιος	5.0	8.3	12.9	9.6	9.9	10.2
Αύγουστος	8.6	9.7	10.5	8.9	9.2	9.3
Σεπτέμβριος	8.7	11.4	13.8	8.4	9.0	9.4
Οκτώβριος	5.7	7.9	9.8	8.3	8.6	9.1
Νοέμβριος	6.9	8.3	9.0	7.4	7.7	8.1
Δεκέμβριος	7.0	8.2	9.9	7.3	7.6	8.0
Σύνολο		100.0			100.0	

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζονται οι λόγοι των μέγιστων και ελάχιστων ημερήσιων καταναλώσεων ως προς τις μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές. Συγκεκριμένα, με βάση τα ημερήσια δεδομένα καταναλώσεων (εισροές διυλιστηρίων) των ετών 1995-2000 υπολογίστηκαν για κάθε μήνα οι αναλογίες της μέγιστης και ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης ως προς τη μέση ημερήσια του συγκεκριμένου μήνα αλλά και τη μέση ετήσια. Τα ίδια μεγέθη υπολογίστηκαν για το έτος 2008. Από τα δεδομένα του Πίνακα 3.6 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι τους περισσότερους μήνες του έτους 2008, η μέγιστη ημερήσια τιμή της κατανάλωσης δεν ξεπέρασε το 10% της αντίστοιχης μέσης. Γενικά, οι ημερήσιες διακυμάνσεις της ζήτησης φαίνεται να έχουν εξομαλυνθεί αρκετά, σε σύγκριση με την πενταετία 1995-2000. Το γεγονός αυτό είναι ευνοϊκό ως προς τη διαχείριση του συστήματος, δεδομένου ότι δεν υπάρχει σημαντικός ρυθμιστικός όγκος κοντά στην Αθήνα πλην του ταμειωτήρα Μαραθώνα.

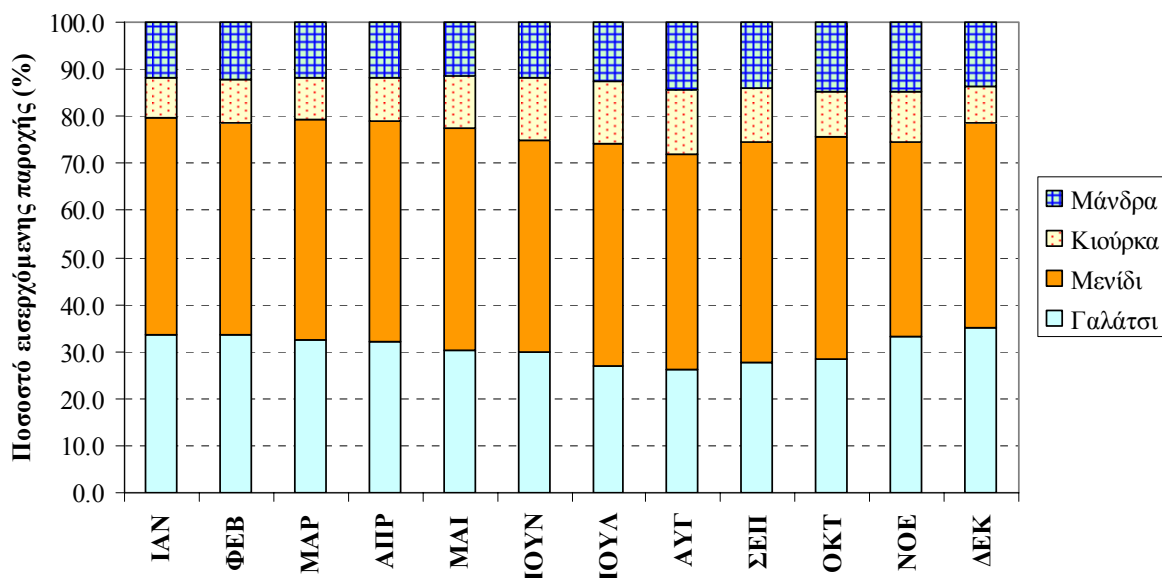
Πίνακας 3.6: Αναλογίες μέγιστων-ελάχιστων ημερήσιων καταναλώσεων ως προς τις μέσες τιμές.

Μήνας	max/μέση μηνιαία		min/μέση μηνιαία		max/μέση ετήσια		min/μέση ετήσια	
	1995-00	2008	1995-00	2008	1995-00	2008	1995-00	2008
Ιανουάριος	1.092	1.060	0.836	0.900	0.948	0.909	0.740	0.772
Φεβρουάριος	1.085	1.399(*)	0.794	0.897	0.970	1.285(*)	0.710	0.823
Μάρτιος	1.130	1.056	0.860	0.939	1.022	0.953	0.769	0.848
Απρίλιος	1.147	1.102	0.750	0.786	1.063	0.994	0.683	0.708
Μάιος	1.111	1.107	0.751	0.880	1.176	1.141	0.798	0.907
Ιούνιος	1.106	1.086	0.838	0.905	1.270	1.221	0.949	1.018
Ιούλιος	1.100	1.048	0.860	0.926	1.327	1.219	1.002	1.078
Αύγουστος	1.124	1.079	0.798	0.878	1.239	1.176	0.829	0.957
Σεπτέμβριος	1.093	1.095	0.883	0.866	1.219	1.212	0.972	0.958
Οκτώβριος	1.113	1.042	0.843	0.927	1.167	1.069	0.864	0.951
Νοέμβριος	1.120	1.095	0.832	0.931	1.077	1.072	0.795	0.911
Δεκέμβριος	1.076	1.058	0.835	0.887	1.044	0.947	0.806	0.794

(*) Μη αντιπροσωπευτικές τιμές.

3.5 Κατανάλωση ανά διυλιστήριο

Η κατανομή της κατανάλωσης στο χώρο μπορεί να μελετηθεί με βάση τα δεδομένα καθενός από τα τέσσερα διυλιστήρια. Στα Σχήματα Α1-Α12 του Παραρτήματος Α παρουσιάζεται για κάθε μήνα η εξέλιξη της μηνιαίας κατανάλωσης από κάθε διυλιστήριο, ενώ στο Σχήμα Α13 παρουσιάζεται η εξέλιξη της ετήσιας κατανάλωσης. Ακόμη, με βάση τα δεδομένα του τελευταίου υδρολογικού έτους (2008) υπολογίστηκε το ποσοστό συμμετοχής κάθε διυλιστηρίου στη μηνιαία κατανάλωση και παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6: Μηνιαία κατανομή κατανάλωσης ανά διυλιστήριο (έτος 2008).

3.6 Απώλειες νερού

Οι συνολικές «απώλειες» νερού ορίζονται ως η διαφορά του συνολικού όγκου νερού που τιμολογείται από την ποσότητα που καταγράφεται στην είσοδο των εξωτερικών υδραγωγείων. Η διαφορά αυτή επιμερίζεται σε «απώλειες» των εξωτερικών υδραγωγείων, κατά τη διαδρομή από τις πηγές μέχρι τα διυλιστήρια, και σε «απώλειες» του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης. Οι τελευταίες αναφέρονται στη βιβλιογραφία και ως *μη τιμολογούμενο νερό* (unaccounted-for water).

Οι «απώλειες» στο δίκτυο των εξωτερικών υδραγωγείων περιλαμβάνουν διαρροές, υπερχειλίσσεις ή μη μετρούμενες παροχές στη διαδρομή από τις πηγές μέχρι τα διυλιστήρια. Ο υπολογισμός τους γίνεται, σε ετήσια βάση, αφαιρώντας τις απολήψεις των ταμιευτήρων και γεωτρήσεων από τις εισροές των διυλιστηρίων και τις καταναλώσεις που πραγματοποιούνται κατά μήκος του δικτύου για ύδρευση οικισμών και, τα τελευταία χρόνια, τις απολήψεις που πραγματοποιούνται μέσω του υδραγωγείου Διστόμου για άρδευση. Ειδικότερα, η εκροή από τους ταμιευτήρες εκτιμάται με βάση τις ποσότητες που καταγράφονται στη σήραγγα της Γκιώνας και στο αντλιοστάσιο Μουρικίου, για τους ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης, αντίστοιχα. Στην παραπάνω ποσότητα προστίθεται και η απόληψη νερού που πραγματοποιείται από τους ίδιους πόρους του ταμιευτήρα Μαραθώνα, δηλαδή την απορροή της υδρολογικής του λεκάνης (δεν προσμετράται η εισροή από τη Σήραγγα Κιούρκων). Η συνιστώσα αυτή είναι εξαιρετικά δύσκολο να εκτιμηθεί, δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος των εισροών του Μαραθώνα προέρχεται από νερά που μεταφέρονται μέσω του ενωτικού υδραγωγείου και του υδραγωγείου Υλίκης, των οποίων η μέτρηση είναι επισφαλής. Για λόγους απλούστευσης, θεωρούμε ότι η ετήσια απόληψη νερού από ίδιους πόρους του Μαραθώνα ταυτίζεται με την ετήσια απορροή της λεκάνης του, η οποία έχει εκτιμηθεί μέσω ενός εννοιολογικού υδρολογικού μοντέλου, συναρτήσει της επιφανειακής βροχόπτωσης και της δυναμικής εξατμοδιαπνοής (βλ. 4.1.5).

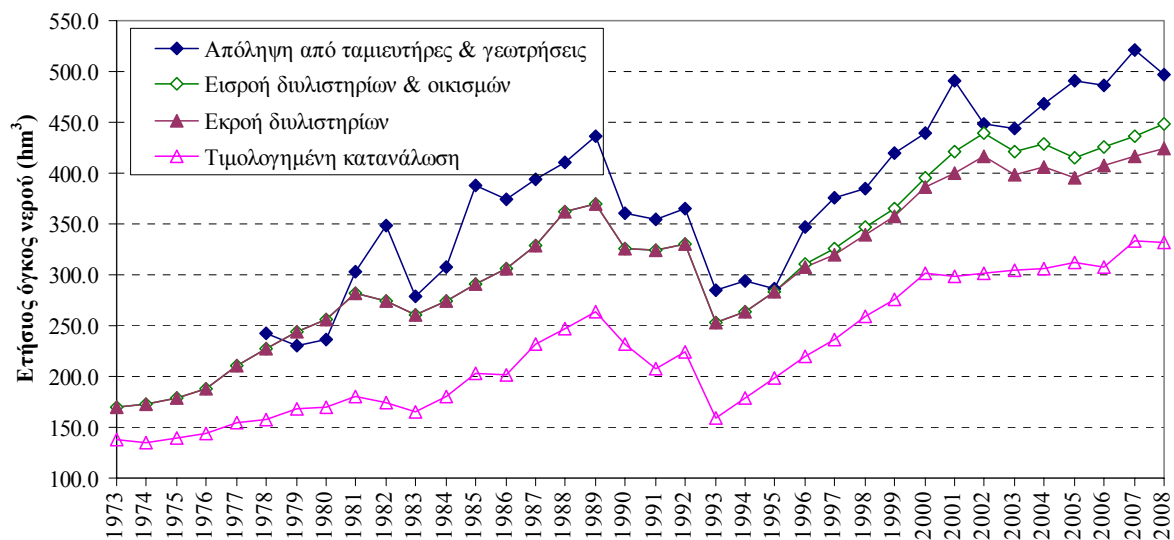
Στο Σχήμα 3.7 παρουσιάζονται, σε ετήσια βάση: (α) οι ποσότητες νερού που λαμβάνονται από τις πηγές (ταμιευτήρες και γεωτρήσεις), (β) οι ποσότητες που διατίθενται στα διυλιστήρια της ΕΥΔΑΠ και τους λοιπούς καταναλωτές (ύδρευση οικισμών, άρδευση Διστόμου), (γ) οι ποσότητες που εξέρχονται από τα διυλιστήρια, και (δ) οι ποσότητες που τελικά φτάνουν στους καταναλωτές του δικτύου της ΕΥΔΑΠ και τιμολογούνται. Στο Σχήμα 3.8 απεικονίζονται οι ποσοστιαίες διαφορές των παραπάνω μεγεθών, ήτοι οι διαφορές μεταξύ απολήψεων – εισροών, και εκροών διυλιστηρίων – τιμολογημένης κατανάλωσης, οι οποίες συνιστούν τις «απώλειες» (φυσικές και πλασματικές) των εξωτερικών υδραγωγείων και του εσωτερικού δικτύου διανομής, αντίστοιχα. Τα αναλυτικά δεδομένα παρουσιάζονται στον Πίνακα Α5 του Παραρτήματος Α.

Από τις παραπάνω μετρήσεις και εκτιμήσεις προκύπτει ότι οι απώλειες των εξωτερικών υδραγωγείων παρουσιάζουν αρκετές διακυμάνσεις, που πάντως είναι μικρότερες σε σχέση με το δεκαετία του 1980. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην ακριβέστερη, σε σχέση με το παρελθόν, εκτίμηση των εκροών του Μόρνου μέσω της Γκιώνας. Αντίθετα, είναι προβληματική η εκτίμηση των αντλούμενων ποσοτήτων από την Υλίκη, η οποία βασίζεται στις ώρες λειτουργίας των αντλιοστασίων στο Μουρίκι. Γενικά, τα τελευταία 15 χρόνια, το ποσοστό των «απωλειών» από τις πηγές έως τα διυλιστήρια και τους λοιπούς καταναλωτές κυμαίνεται στα επίπεδα του 10-13%, ενώ το 2005 και το 2007 ξεπέρασε το 15%.

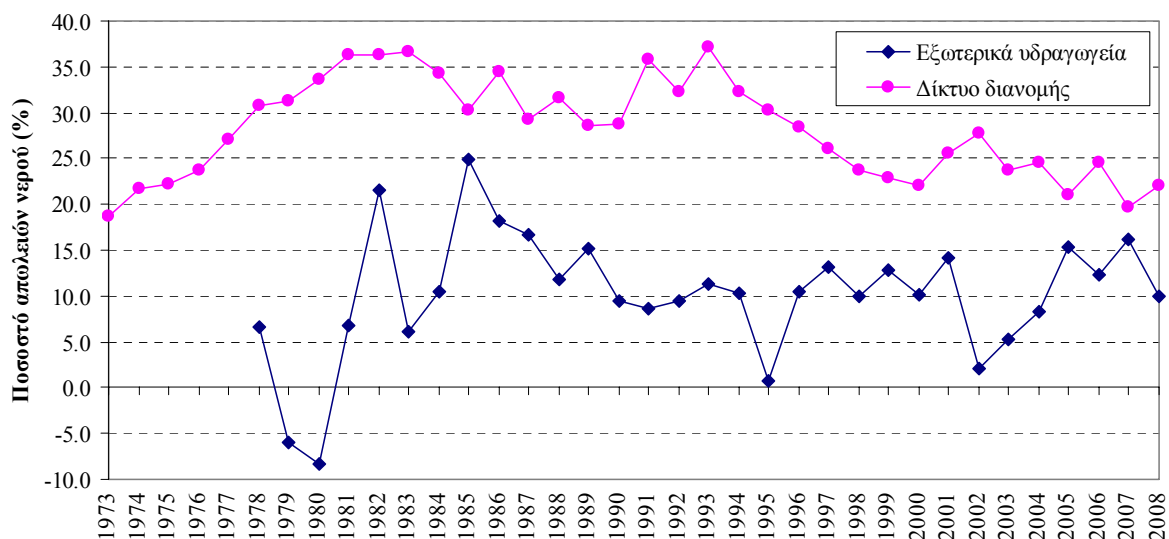
Ειδικότερα, οι εκροές του διαρεύσαντος έτους (2008) ανήλθαν σε 497.5 hm³, ενώ οι εισροές στα διυλιστήρια και οι λοιπές απολήψεις για υδρευτική και αρδευτική χρήση ήταν 447.5 hm³, ήτοι διαφορά 50.0 hm³ ή 10.0% επί των εκροών. Όσον αφορά στο 2002, κατά το οποίο φαίνεται ότι οι απώλειες φαίνεται κυμάνθηκαν σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα (περίπου 2%), αυτό αποδίδεται σε υποεκτίμηση της απορροής του Μαραθώνα, καθώς τον Ιανουάριο του ίδιου έτους πραγματοποιήθηκαν εξαιρετικά έντονες χιονοπτώσεις, οι οποίες δεν ήταν δυνατό να υπολογιστούν στο ισοζύγιο.

Στις απώλειες του υδροδοτικού συστήματος πρέπει να προσμετρηθούν και ορισμένες ποσότητες του εισερχόμενου νερού που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των διυλιστηρίων (Σχήμα 3.9). Αυτές παρουσιάζουν διακυμάνσεις από διυλιστήριο σε διυλιστήριο, ενώ συνολικά κυμαίνονται από 1.0 έως 2.5% (περίπου 5 ως 10 hm³). Συνεπώς, σε συνδυασμό με τις απώλειες των εξωτερικών υδραγωγείων, προκύπτει μια διαφορά της τάξης του 15% μεταξύ της ποσότητας νερού που λαμβάνεται από τους υδατικούς πόρους (ταμιευτήρες και γεωτρήσεις) μέχρι την ποσότητα που εξέρχεται από τις μονάδες επεξεργασίας και αποδίδεται στην κατανάλωση.

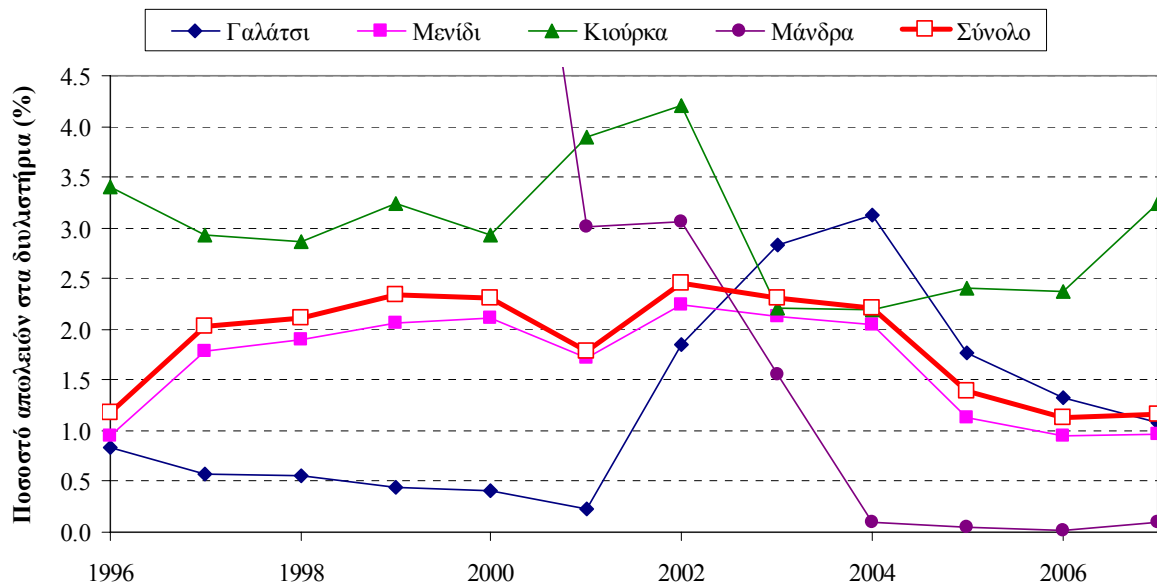
Όσον αφορά στις «απώλειες» του εσωτερικού δικτύου διανομής, ήτοι τη διαφορά μεταξύ του εξερχόμενου επεξεργασμένου νερού και του τιμολογούμενου, αυτές προέρχονται από διαρροές των αγωγών (φυσικές απώλειες), παράνομες απολήψεις και σφάλματα των οικιακών υδρομετρητών, που υποεκτιμούν την εισερχόμενη ποσότητα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.8, από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 το ποσοστό των απωλειών στο δίκτυο μειώθηκε από το 35% στα επίπεδα του 20-25%, τιμή που κρίνεται ικανοποιητική σε σύγκριση με τη διεθνή πραγματικότητα για πολύ μεγάλες πόλεις.



Σχήμα 3.7: Χρονική εξέλιξη ετήσιων απολήψεων από υδατικούς πόρους (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις), εισροών και εκροών στα διυλιστήρια και τιμολογημένης κατανάλωσης.



Σχήμα 3.8: Χρονική εξέλιξη ετήσιων ποσοστών «απωλειών» (φυσικών και λογιστικών) εξωτερικών υδραγωγείων και δικτύου διανομής.



Σχήμα 3.9: Χρονική εξέλιξη ετήσιων ποσοστών απωλειών νερού στα δυλιστήρια.

3.7 Αναπτυξιακά σχέδια της ΕΥΔΑΠ και αντίστοιχες απαιτήσεις σε νερό

Το δίκτυο ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ αναπτύσσεται σταθερά σε μήκος και ο αριθμός των πελατών της αυξάνεται. Στις περιοχές που υδρεύονται σταδιακά προστίθενται πολλές περιοχές του νομού Αττικής, όπως ο Ασπρόπυργος, το Κρυονέρι, ο Μαραθόνας, τα Μέγαρα, η Σαλαμίνα, ο Διώνυσος κ.ά. Στον Πίνακα 3.7 παρουσιάζονται οι περιοχές που σχεδιάζεται να τροφοδοτηθούν στο μέλλον και μια χονδρική εκτίμηση του μόνιμου και εποχιακού πληθυσμού σύμφωνα με την απογραφή του 2001 και τα στατιστικά στοιχεία τουριστών του 1996.

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 3.7, είναι φανερό ότι η υδροδότηση του συνόλου των περιοχών θα αυξήσει σημαντικά την κατανάλωση νερού αφού θα επιφέρει αύξηση του υδρευόμενου πληθυσμού κατά περίπου 15%. Ακόμη, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ο εποχιακός πληθυσμός του νομού Κυκλάδων, που λόγω της τουριστικής κίνησης προκαλεί σημαντική αύξηση του πληθυσμού τους θερινούς μήνες. Συγκεκριμένα, το 18% των διανυκτερεύσεων στο νομό αυτό γίνεται τον Ιούλιο, το 20% τον Αύγουστο και το 17% τον Σεπτέμβριο.

Πίνακας 3.7: Πληθυσμός περιοχών που σχεδιάζεται να υδροδοτηθούν μελλοντικά.

Περιοχή	Μόνιμος πληθυσμός (2001)	Διανυκτερεύσεις ημεδαπών τουριστών (1996)	Διανυκτερεύσεις αλλοδαπών τουριστών (1996)
Θήβα και μεμονωμένες περιοχές κατά μήκος υδραγωγείου Μόρνου (Μέγαρα)	62 251	50 989 (σύνολο νομού Βοιωτίας)	25 987 (σύνολο νομού Βοιωτίας)
Παραλιακές περιοχές Δ. Αττικής, Αίγινα	182 819		
Νησιά Κυκλάδων	112 615	546 210	896 496
ΣΥΝΟΛΟ	357 685		

3.8 Μεσοπρόθεσμες εκτιμήσεις μελλοντικής ζήτησης

Η συνολική ζήτηση νερού εξαρτάται από πολλές συνιστώσες, οι οποίες εξετάστηκαν στα προηγούμενα υποκεφάλαια. Οι περισσότερες μέχρι τώρα προσεγγίσεις για την πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης νερού εξαρτούσαν το σύνολο των διαφόρων χρήσεων στον πληθυσμό με τον υπολογισμό της ειδικής κατανάλωσης για κάθε χρήση. Δεδομένου ότι η χρονική εξέλιξη κάθε χρήσης εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων που μπορεί να ποικίλει σε καθεμιά από αυτές, στην παρούσα προσέγγιση κάθε χρήση εξετάστηκε ξεχωριστά και η εκτίμηση της μελλοντικής ζήτησης προκύπτει από το άθροισμα των εκτιμήσεων όλων των χρήσεων. Η προσέγγιση αυτή πλεονεκτεί γιατί λαμβάνει υπόψη την ιδιαίτερη χρονική εξέλιξη κάθε χρήσης. Ακόμη, δεν εξαρτάται το σύνολο των προβλέψεων μόνο από τον πληθυσμό, που στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο είναι αρκετά δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια, δεδομένου ότι έχουν μεσολαβήσει οκτώ χρόνια από την τελευταία απογραφή, ενώ στο ενδιάμεσο διάστημα έχει εγκατασταθεί στην περιοχή μελέτης σημαντικός αλλά απροσδιόριστος αριθμός αλλοδαπών. Οι εκτιμήσεις γίνονται για κάθε συνιστώσα ξεχωριστά, για το τρέχον έτος (2009) και με χρονικό ορίζοντα το έτος 2020. Τα σενάρια που εξετάζονται είναι εννέα, τα οποία προκύπτουν από συνδυασμούς εκτιμήσεων για την εξέλιξη του πληθυσμού (χαμηλή, μέση, υψηλή) και της ειδικής κατανάλωσης (χαμηλή, μέση, υψηλή) ανά χρήση. Οι παραδοχές των μελλοντικών εκτιμήσεων είναι διαφορετικές για κάθε συνιστώσα και περιγράφονται αναλυτικά στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Με την μεθοδολογία του υπολογισμού της ειδικής κατανάλωσης υπολογίστηκαν οι μελλοντικές τιμές για την κοινή κατανάλωση, την παροχή νερού στους ΟΤΑ και των επεκτάσεων του δικτύου.

3.8.1 Κοινή κατανάλωση

Η πρόβλεψη των μελλοντικών ζητήσεων γίνεται με βάση τις εκτιμήσεις πληθυσμού και της ειδικής κατανάλωσης. Ο πληθυσμός αφορά στην περιοχή ευθύνης της ΕΥΔΑΠ, που πρακτικά ταυτίζεται με την Περιφέρεια Πρωτευούσης. Σύμφωνα με τις απογραφές των ετών 1981, 1991 και 2001, η εξέλιξη του πληθυσμού στην Περιφέρεια Πρωτευούσης ακολουθεί την εξέλιξη του πληθυσμού του συνόλου της Επικράτειας, διατηρώντας μια σχεδόν σταθερή (αν και ελαφρά μειούμενη) αναλογία της τάξης του 30%. Για την εκτίμηση του πληθυσμού της περιοχής ευθύνης της ΕΥΔΑΠ των ετών 2004 και 2009, χρησιμοποιούμε τις προβολές πληθυσμού της Ελλάδας για τα έτη 2007-2050 (σενάριο «Ε», που αντιστοιχεί στη μέση πρόβλεψη), οι οποίες δημοσιεύονται στις ιστοσελίδες της ΕΣΥΕ, τις οποίες πολλαπλασιάζουμε επί 0.30. Βάσει αυτών, την τελευταία δεκαεπταετία η ειδική κατανάλωση (ήτοι η μέση ημερήσια κατά κεφαλή κατανάλωση νερού) έχει αυξηθεί σημαντικά, από τα επίπεδα των 120 L/κ/d στα επίπεδα των 165 L/κ/d. Το γεγονός αυτό συναρτάται με τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου αλλά και την απουσία μέτρων διαχείρισης της ζήτησης, αντίστοιχων με αυτών των αρχών της δεκαετίας του 1991, τα οποία συνέβαλαν στη μείωση της ειδικής κατανάλωσης στα επίπεδα των 117 L/κ/d (Πίνακας 3.8).

Πίνακας 3.8: Δεδομένα και εκτιμήσεις που αφορούν στην κοινή κατανάλωση.

Έτος	Πληθυσμός Ελλάδας	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης (περιοχή ευθύνης ΕΥΔΑΠ)	Ποσοστό	Ετήσια κοινή κατανάλωση (hm ³)	Ειδική κατανάλωση (L/κ/d)
1981	9 739 589	3 027 601	0.311	136.9	124
1991	10 259 900	3 055 922	0.298	130.4	117
2001	10 964 020	3 162 815	0.288	194.1	168
2004	11 061 735	3 318 521	0.300	199.2	164
2009	11 269 827	3 380 948	0.300	203.6	165

Σημείωση: Με πλάγια γράμματα αναγράφονται οι εκτιμήσεις των αντίστοιχων μεγεθών. Για τον πληθυσμό της Ελλάδας των ετών 2004 και 2009 χρησιμοποιείται η «μέση» προβολή της ΕΣΥΕ (<http://www.statistics.gr>).

Προκειμένου να εκτιμηθεί η κοινή κατανάλωση για το έτος 2020, δημιουργούμε διαφορετικά σενάρια πληθυσμού-ειδικής κατανάλωσης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούμε από την ΕΣΥΕ τα τρία σενάρια προβολής του πληθυσμού της Ελλάδας (χαμηλό, μέσο, υψηλό), τα οποία πολλαπλασιάζουμε επί 0.30 προκειμένου να ανάγουμε τον πληθυσμό της Ελλάδας στον πληθυσμό της περιοχής ευθύνης της ΕΥΔΑΠ, ενώ για την ειδική κατανάλωση δημιουργούμε τρία επίσης σενάρια, με τιμές 150 (χαμηλή), 165 (μέση) και 180 L/κ/d (υψηλή). Όσον αφορά στην εξέλιξη του πληθυσμού, στο χαμηλό σενάριο η ΕΣΥΕ προβλέπει μια πολύ μικρή πτωτική τάση μετά το έτος 2016, στο μέσο σενάριο προβλέπει σταθεροποίηση του πληθυσμού, ενώ στο υψηλό σενάριο προβλέπει μια πολύ μικρή αυξητική τάση. Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για το έτος 2020 δίνονται στον Πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9: Πρόβλεψη εξέλιξης της κοινής κατανάλωσης για το έτος 2020 με βάση τα τρία σενάρια προβολής του πληθυσμού κατά την ΕΣΥΕ (X: χαμηλό, M: μέσο, Y: υψηλό) και τρία σενάρια ειδικής κατανάλωσης (X: χαμηλή, M: μέση, Y: υψηλή).

Πληθυσμός Ελλάδας	Πληθυσμός περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ	Ειδική κατανάλωση (L/κ/d)	Ετήσια κοινή κατανάλωση (hm ³)
11 371 635 (X)	3 411 491	150 (X)	186.8
11 618 176 (M)	3 485 453	150 (X)	190.8
11 866 067 (Y)	3 559 820	150 (X)	194.9
11 371 635 (X)	3 411 491	165 (M)	205.5
11 618 176 (M)	3 485 453	165 (M)	209.9
11 866 067 (Y)	3 559 820	165 (M)	214.4
11 371 635 (X)	3 411 491	180 (Y)	224.1
11 618 176 (M)	3 485 453	180 (Y)	229.0
11 866 067 (Y)	3 559 820	180 (Y)	233.9

3.8.2 Κατανάλωση για την ενίσχυση των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης

Η συνιστώσα αυτή έχει παρουσιάσει τη μεγαλύτερη μεταβολή διαχρονικά, καθώς από το 1991 έως το 2001 ο συνολικός πληθυσμός των Δήμων και Κοινοτήτων της περιοχής αρμοδιότητας της ΕΥΔΑΠ (που τώρα ταυτίζεται, σχεδόν, γεωγραφικά με το Υπόλοιπο Αττικής) αυξήθηκε κατά 28%, ενώ η ετήσια τιμή της κατανάλωσης κατά 67%. Βεβαίως, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2, από το έτος 2000 ο ρυθμός αύξησης της ετήσιας κατανάλωσης έχει περιοριστεί στα επίπεδα του 2%, κατά μέσο όρο, καθώς οι περισσότερες πλέον περιοχές έχουν ενταχθεί στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ. Για την εκτίμηση της κατανάλωσης του τρέχοντος έτους (2009), θεωρούμε αντίστοιχο ρυθμό αύξησης του υδροδοτούμενου πληθυσμού και της κατανάλωσης, με σταθεροποίηση της ειδικής κατανάλωσης στα επίπεδα του έτους 2001, ήτοι 350 L/κ/d (Πίνακας 3.10).

Για την προβολή της ετήσιας ζήτησης των ΟΤΑ στο έτος 2020, θεωρούμε τρία σενάρια εξέλιξης του πληθυσμού και τρία σενάρια ειδικής κατανάλωσης, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.11.

Πίνακας 3.10: Δεδομένα και εκτιμήσεις που αφορούν στην κατανάλωση των ΟΤΑ.

Έτος	Πληθυσμός περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ	Ετήσια κατανάλωση ΟΤΑ (hm ³)	Ειδική κατανάλωση (L/κ/d)
1981	248 490	-	-
1991	349 415	34.6	271
2001	446 404	57.7	354
2004	473 727	58.7	350
2009	523 033	66.8	350

Σημείωση: Με πλάγια γράμματα αναγράφονται οι εκτιμήσεις των αντίστοιχων μεγεθών.

Πίνακας 3.11: Πρόβλεψη εξέλιξης της κατανάλωσης των ΟΤΑ για το έτος 2020 με βάση τρία σενάρια αύξησης του πληθυσμού στην περιοχή ευθύνης της ΕΥΔΑΠ (X: χαμηλό, M: μέσο, Y: υψηλό) και τρία σενάρια ειδικής κατανάλωσης (X: χαμηλή, M: μέση, Y: υψηλή).

Πληθυσμός περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ	Ειδική κατανάλωση (L/κ/d)	Ετήσια κατανάλωση ΟΤΑ (hm ³)
550 000 (X)	300 (X)	60.2
600 000 (M)	300 (X)	65.7
700 000 (Y)	300 (X)	76.7
550 000 (X)	350 (M)	70.3
600 000 (M)	350 (M)	76.7
700 000 (Y)	350 (M)	89.4
550 000 (X)	400 (Y)	80.3
600 000 (M)	400 (Y)	87.6
700 000 (Y)	400 (Y)	102.2

3.8.3 Υπόλοιπες καταναλώσεις

Η πρόβλεψη των ετήσιων υδατικών αναγκών για καθεμία από τις υπόλοιπες κατηγορίες κατανάλωσης που δεν σχετίζονται, άμεσα τουλάχιστον, με τον πληθυσμό (βιομηχανική, δημόσια, αδιύλιστο, άλλες) βασίζεται στην ανάλυση των ιστορικών δεδομένων, και ιδιαίτερα του ετήσιου ρυθμού μεταβολής (Σχήμα 3.10), με έμφαση στα στοιχεία της τελευταίας δεκαετίας. Τα αποτελέσματα των προβλέψεων συνοψίζονται στον Πίνακα 3.12. Αναλυτικότερα:

Η *βιομηχανική κατανάλωση*, από το ιστορικό υψηλό των 31.4 hm³ του έτους 1989, έπεσε στα επίπεδα των 14.3 hm³ το 1993, ενώ έκτοτε παρουσιάζει αυξομειώσεις, με τη γενική τάση να είναι ανοδική (Σχήμα 3.3). Ο μέσος ρυθμός μεταβολής της περιόδου 1996-2004 είναι 2.3%. Η προβολή της ετήσιας ζήτησης στο μέλλον γίνεται με εφαρμογή του εκθετικού μοντέλου:

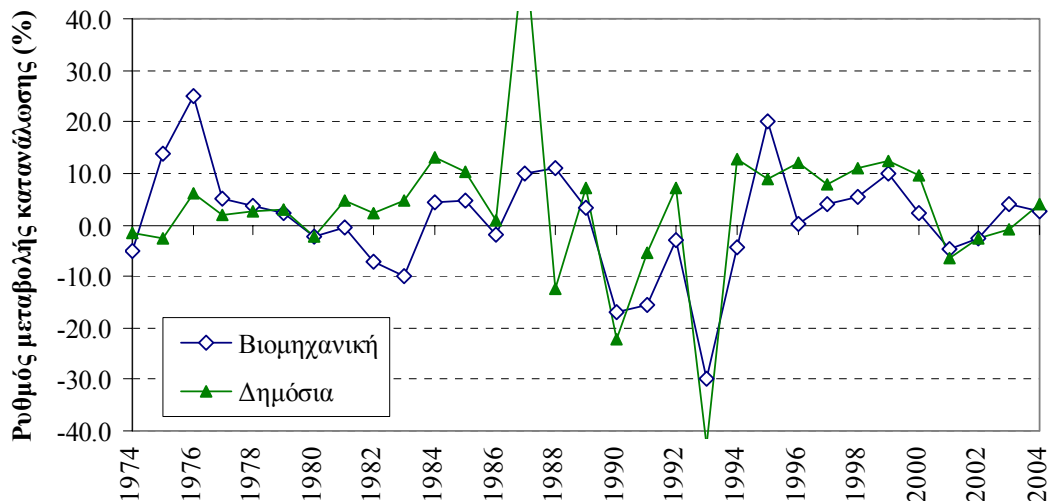
$$Q_n = Q_{n-1} (1 + i_n) \quad (5.1)$$

όπου Q_n η ποσότητα το έτος n , και i_n ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής της Q_n . Για την εκτίμηση της ζήτησης του τρέχοντος έτους (2009) θεωρείται ετήσιος ρυθμός μεταβολής 2.5% (με αφετηρία το έτος 2004), ενώ για τη διαμόρφωση των σεναρίων κατανάλωσης του έτους 2020 υιοθετούνται τρία σενάρια του ρυθμού μεταβολής (1.0, 2.5 και 4.0%), τα οποία αντιστοιχούν σε χαμηλό, μέσο και μεγάλο ρυθμό αύξησης της βιομηχανικής χρήσης.

Η *δημόσια-δημοτική κατανάλωση*, καθ' όλη σχεδόν τη δεκαετία του 1990, αυξανόταν με ρυθμό της τάξης του 10%, αλλά τα τελευταία έτη ο εν λόγω ρυθμός έχει περιοριστεί. Για την εκτίμηση της ζήτησης του τρέχοντος έτους (2009) θεωρείται ετήσιος ρυθμός μεταβολής 2.0% (με αφετηρία το έτος 2004), ενώ για τη διαμόρφωση των σεναρίων κατανάλωσης του έτους 2020 υιοθετούνται τρία σενάρια του ρυθμού μεταβολής (1.0, 2.0 και 4.0%), τα οποία αντιστοιχούν σε χαμηλό, μέσο και μεγάλο ρυθμό αύξησης των δημόσιων και δημοτικών χρήσεων.

Οι *αδιύλιστες ποσότητες* που δίνονται κατά μήκος των εξωτερικών υδραγωγείων για την ύδρευση οικισμών και εγκαταστάσεων αυξάνονται από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, φτάνοντας τα 6.6 hm³ το έτος 2004. Λόγω των μικρών ποσοτήτων, δεν έχει νόημα η χρήση κάποιου μαθηματικού μοντέλου για την προβολή τους στο μέλλον. Συνεπώς, η εκτίμηση για το έτος 2009 είναι 7.0 hm³, ενώ για το έτος 2020 υιοθετούνται, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, τρία σενάρια ζήτησης, με τιμές 10.0, 15.0 και 20.0 hm³, αντίστοιχα.

Ομοίως, για τις *λοιπές χρήσεις* νερού, αυτές έχουν σταθεροποιηθεί τα τελευταία χρόνια στα επίπεδα των 5.0 hm³, ενώ για το έτος 2020 διαμορφώνονται τρία σενάρια ζήτησης, με τιμές 5.0, 10.0 και 15.0 hm³, αντίστοιχα.



Σχήμα 3.10: Χρονική εξέλιξη ετήσιου ρυθμού αύξησης της βιομηχανικής και της δημόσιας-δημοτικής κατανάλωσης κατά την περίοδο 1973-2004.

Πίνακας 3.12: Πρόβλεψη εξέλιξης των υπολοίπων καταναλώσεων για τα τρία σενάρια ζήτησης, με αφητηρία τα πραγματικά δεδομένα του έτους 2004 (hm³).

Χρήση νερού	2004	2009 (εκτίμηση)	2020 (X)	2020 (M)	2020 (Y)
Βιομηχανική	21.0	23.8	24.6	31.2	39.4
Δημόσια και δημοτική	21.5	23.7	25.2	29.5	34.4
Αδιύλιστο	6.6	7.0	10.0	15.0	20.0
Λοιπές καταναλώσεις	5.2	5.0	5.0	10.0	15.0

3.8.4 Επεκτάσεις δικτύου

Στο υποκεφάλαιο 3.7 παρουσιάζονται τα μελλοντικά σχέδια της ΕΥΔΑΠ για την επέκταση του δικτύου σε νέες περιοχές. Η πρόβλεψη των μελλοντικών καταναλώσεων για το έτος 2020 γίνεται με βάση τρία σενάρια ισοδύναμου πληθυσμού (ανάλογα με το εύρος των επεκτάσεων του δικτύου) και τρία σενάρια ειδικής κατανάλωσης. Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων δίνονται στον Πίνακα 3.13.

Πίνακας 3.13: Πρόβλεψη κατανάλωσης για το έτος 2020 με βάση τρία σενάρια υδροδοτούμενου πληθυσμού στις περιοχές επέκτασης του δικτύου της ΕΥΔΑΠ (X: χαμηλό, M: μέσο, Y: υψηλό) και τρία σενάρια ειδικής κατανάλωσης (X: χαμηλή, M: μέση, Y: υψηλή).

Υδροδοτούμενος πληθυσμός	Ειδική κατανάλωση (L/κ/d)	Ετήσια κατανάλωση (hm ³)
200 000 (X)	200 (X)	14.6
400 000 (M)	200 (X)	29.2
600 000 (Y)	200 (X)	43.8
200 000 (X)	250 (M)	18.3
400 000 (M)	250 (M)	36.5
600 000 (Y)	250 (M)	54.8
200 000 (X)	300 (Y)	21.9
400 000 (M)	300 (Y)	43.8
600 000 (Y)	300 (Y)	65.7

3.8.5 Εκτίμηση εξέλιξης απωλειών εσωτερικού δικτύου

Όπως αναφέρθηκε στις αναλύσεις του υποκεφαλαίου 3.6, οι απώλειες του εσωτερικού δικτύου τη δεκαετία του 1980 κυμάνθηκαν γύρω στα 100 hm³ ετησίως, ποσότητα που αντιστοιχούσε στο 30-38% της παροχής των διυλιστηρίων. Το εκτεταμένο πρόγραμμα αντικατάστασης των υδρομετρητών και επισκευών του δικτύου κατά τη δεκαετία του 1990 είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των απωλειών τα τελευταία έτη στα επίπεδα των 80 hm³, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 25% της σημερινής εκροής των διυλιστηρίων. Με δεδομένο ότι το ποσοστό αυτό είναι σχετικά δύσκολο να μειωθεί περαιτέρω, χωρίς εκτεταμένες αντικαταστάσεις αγωγών του δικτύου, για όλα τα εναλλακτικά σενάρια του 2020 οι απώλειες λαμβάνονται όπως στα σημερινά επίπεδα, ήτοι 25%.

Επισημαίνεται ότι η παραπάνω τιμή αφορά στις χρήσεις που εξυπηρετούνται από το δίκτυο διανομής της ΕΥΔΑΠ (κοινή, βιομηχανική, κτλ.), οπότε για την εκτίμηση των πραγματικών εκροών των διυλιστηρίων απαιτείται η σχετική αναγωγή. Αντίθετα, για τις άλλες υδρευτικές χρήσεις, υφιστάμενες (απολήψεις κατά μήκος των υδραγωγείων Μόρνου και Υλίκης) και μελλοντικές (λόγω επεκτάσεων του υδροσυστήματος), δεν λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες των τοπικών δικτύων διανομής, καθώς θεωρούνται ενσωματωμένες στην αντίστοιχη ειδική κατανάλωση.

3.8.6 Εκτιμήσεις συνολικής μελλοντικής ζήτησης

Στον Πίνακα 3.14 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι εκτιμήσεις για τις διάφορες υδρευτικές χρήσεις, για το 2009 και για τα σενάρια εξέλιξης του πληθυσμού και της ειδικής κατανάλωσης του έτους 2020, χωρίς επεκτάσεις του δικτύου της ΕΥΔΑΠ. Τα ίδια αποτελέσματα, με την θεώρηση επεκτάσεων του υδροσυστήματος, σύμφωνα με τις παραδοχές του εδαφίου 3.8.4 και με χρονικό ορίζοντα το έτος 2020, δίνονται στον Πίνακα 3.15. Τα τελικά μεγέθη που αφορούν στα σενάρια ζήτησης υδρευτικού νερού και των αντίστοιχων εκροών από τους υδατικούς πόρους απεικονίζονται γραφικά στο Σχήμα 3.11. Ακόμη, στους Πίνακες 3.16 και 3.17 εκτιμώνται, για κάθε μήνα, η μέση και μέγιστη ημερήσια παροχή των εξωτερικών υδραγωγείων για το έτος 2009 και τα σενάρια πρόγνωσης του έτους 2020. Η κατανομή των ετήσιων μεγεθών γίνεται με βάση τους συντελεστές αναγωγής των Πινάκων 3.5 (μέση μηνιαία εκροή διυλιστηρίων ετών 2000-2008) και 3.6 (μέγιστη ημερήσια εκροή έτους 2008).

Πίνακας 3.14: Εκτιμήσεις κατανάλωσης και εκροών από τα διυλιστήρια και τους υδατικούς πόρους, για το έτος 2009 και διάφορα σενάρια εξέλιξης του πληθυσμού και της ειδικής κατανάλωσης, με χρονικό ορίζοντα το έτος 2020, χωρίς επεκτάσεις του δικτύου (τιμές σε hm³).

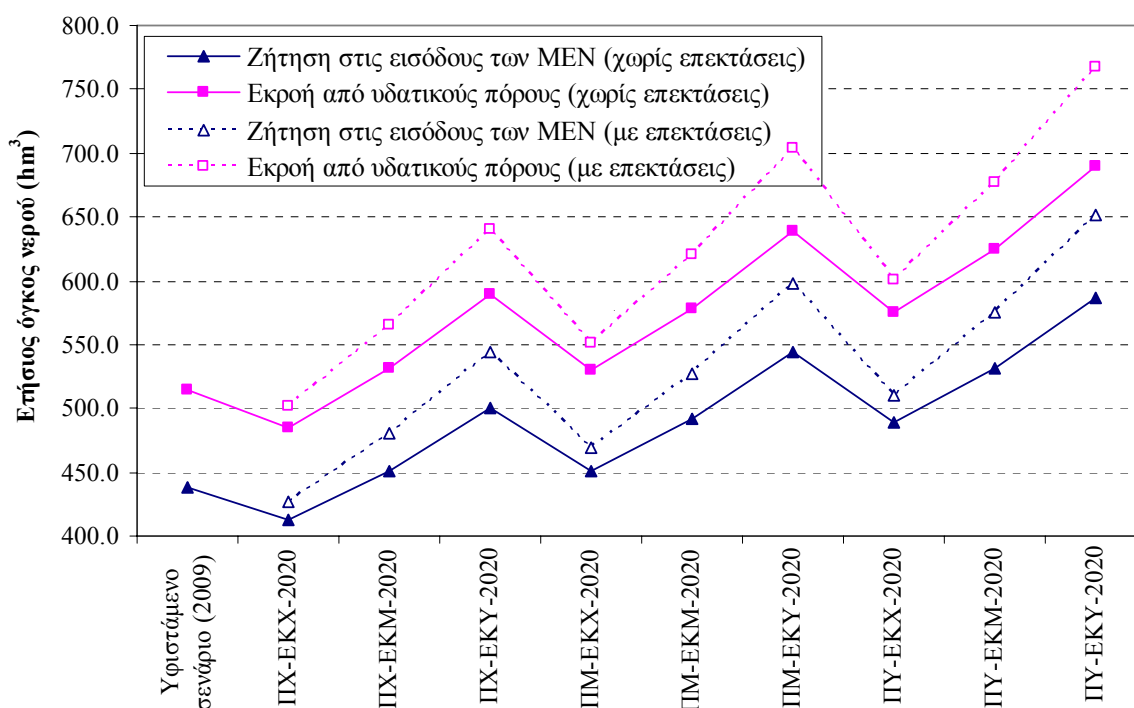
Έτος	Σενάριο	Αύξηση πληθυσμού	Ειδική κατανάλωση	Χρήσεις δικτύου διανομής	Εκροή ΜΕΝ ⁽¹⁾	Αδιύλιστο νερό για ύδρευση	Σύνολο	Υδατικοί πόροι ⁽²⁾
2009		Μέση	Μέση	323.0	430.6	7.0	437.6	514.8
2020	ΠΧ-EKX	Χαμηλή	Χαμηλή	301.8	402.4	10.0	412.4	485.2
2020	ΠΧ-EKM	Χαμηλή	Μέση	327.2	436.3	15.0	451.3	530.9
2020	ΠΧ-EKY	Χαμηλή	Υψηλή	360.4	480.5	20.0	500.5	588.8
2020	ΠΜ-EKX	Μέση	Χαμηλή	330.5	440.7	10.0	450.7	530.2
2020	ΠΜ-EKM	Μέση	Μέση	357.2	476.3	15.0	491.3	578.0
2020	ΠΜ-EKY	Μέση	Υψηλή	392.6	523.5	20.0	543.5	639.4
2020	ΠΥ-EKX	Υψηλή	Χαμηλή	359.2	479.0	10.0	489.0	575.3
2020	ΠΥ-EKM	Υψηλή	Μέση	387.3	516.4	15.0	531.4	625.1
2020	ΠΥ-EKY	Υψηλή	Υψηλή	424.9	566.5	20.0	586.5	690.0

(1) Θεωρούνται απώλειες 25% στο δίκτυο διανομής (= ποσοστιαία διαφορά εκροών ΜΕΝ και κατανάλωσης).

(2) Θεωρούνται απώλειες 15% κατά τη μεταφορά και επεξεργασία του νερού.

Πίνακας 3.15: Εκτιμήσεις κατανάλωσης και εκροών από τα διυλιστήρια και τους υδατικούς πόρους, για διάφορα σενάρια εξέλιξης του πληθυσμού, ειδικής κατανάλωσης και επεκτάσεων του δικτύου, με χρονικό ορίζοντα το έτος 2020 (τιμές σε hm³).

Σενάριο	Υφιστάμενες χρήσεις	Επεκτάσεις δικτύου	Σύνολο	Υδατικοί πόροι
ΠΧ-ΕΚΧ	412.4	14.6	427.0	502.4
ΠΧ-ΕΚΜ	451.3	29.2	480.5	565.3
ΠΧ-ΕΚΥ	500.5	43.8	544.3	640.3
ΠΜ-ΕΚΧ	450.7	18.3	469.0	551.7
ΠΜ-ΕΚΜ	491.3	36.5	527.8	620.9
ΠΜ-ΕΚΥ	543.5	54.8	598.3	703.8
ΠΥ-ΕΚΧ	489.0	21.9	510.9	601.1
ΠΥ-ΕΚΜ	531.4	43.8	575.2	676.6
ΠΥ-ΕΚΥ	586.5	65.7	652.2	767.3



Σχήμα 3.11: Εκτιμήσεις τρέχουσας (2009) και μελλοντικής (2020) ζήτησης υδρευτικού νερού στις εισόδους των ΜΕΝ και εκροής από τους υδατικούς πόρους.

Ειδικότερα, για την εκτίμηση των αναγκών για τις χρήσεις νερού που εξυπηρετούνται από το δίκτυο διανομής της ΕΥΔΑΠ, αθροίζονται οι επιμέρους εκτιμήσεις της οικιακής ζήτησης στις περιοχές ευθύνης (κοινή κατανάλωση) και αρμοδιότητας (κατανάλωση ΟΤΑ) της ΕΥΔΑΠ, καθώς και των υπόλοιπων τιμολογούμενων χρήσεων πλην του αδιύλιστου νερού. Η αντίστοιχη εκροή από τα διυλιστήρια εκτιμάται θεωρώντας ποσοστό απωλειών 25% στο δίκτυο. Στην τιμή αυτή προστίθεται η ζήτηση για αδιύλιστο νερό από τα υδραγωγεία Μόρνου και Υλίκης, ενώ για την εκτίμηση των αντίστοιχων απολήψεων από τους υδατικούς πόρους (ταμιευτήρες και γεωτρήσεις) θεωρείται ποσοστό απωλειών 15%, που περιλαμβάνει τις απώλειες των εξωτερικών υδραγωγείων και τις απώλειες κατά την επεξεργασία του νερού στα διυλιστήρια (βλ. 3.6).

Όπως είναι λογικό, τα μεγέθη των εκτιμήσεων παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις, καθώς βασίζονται σε διαφορετικές παραδοχές. Από τα στοιχεία του Πίνακα 3.14 προκύπτει ότι με τα σενάρια χαμηλής

αύξησης πληθυσμού και μέσης ειδικής κατανάλωσης (ΠΧ-ΕΚΜ) ή μέσης αύξησης πληθυσμού και χαμηλής ειδικής κατανάλωσης (ΠΜ-ΕΚΧ), χωρίς επέκταση του δικτύου, είναι εφικτή η συγκράτηση της ζήτησης και των αντίστοιχων εκροών του έτους 2020 λίγο πάνω από τα σημερινά επίπεδα, ήτοι 450 hm³ στις εξόδους των ΜΕΝ και 530 hm³ κατάντη των ταμιευτήρων και γεωτρήσεων. Μάλιστα, με το σενάριο χαμηλής αύξησης πληθυσμού και χαμηλής ειδικής κατανάλωσης (ΠΧ-ΕΚΧ) οι σχετικές προβλέψεις ζήτησης και εκροών είναι οριακά χαμηλότερες από τις τρέχουσες, ακόμη και με επέκταση του δικτύου (χαμηλό σενάριο). Σε κάθε άλλη περίπτωση τα μεγέθη αυξάνουν σημαντικά σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα, καθιστώντας τόσο τα έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων όσο και το δίκτυο των εξωτερικών υδραγωγείων ανεπαρκή, σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα.

Πίνακας 3.16: Μέση μηνιαία παροχή εξωτερικών υδραγωγείων για το έτος 2009 και τα εννέα σενάρια πρόγνωσης του έτους 2020, χωρίς επεκτάσεις του δικτύου (m³/s).

Έτος	Σενάριο	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.
2009		14.6	14.9	14.8	15.1	16.9	18.4	19.0	17.6	17.9	16.5	15.3	14.6
2020	ΠΧ-ΕΚΧ	13.7	14.1	14.0	14.3	16.0	17.4	17.9	16.6	16.9	15.5	14.4	13.8
2020	ΠΧ-ΕΚΜ	15.0	15.4	15.3	15.6	17.5	19.0	19.6	18.2	18.5	17.0	15.8	15.1
2020	ΠΧ-ΕΚΥ	16.6	17.1	17.0	17.3	19.4	21.1	21.8	20.1	20.5	18.9	17.5	16.7
2020	ΠΜ-ΕΚΧ	15.0	15.4	15.3	15.6	17.4	19.0	19.6	18.1	18.4	17.0	15.8	15.1
2020	ΠΜ-ΕΚΜ	16.3	16.8	16.7	17.0	19.0	20.7	21.4	19.8	20.1	18.5	17.2	16.4
2020	ΠΜ-ΕΚΥ	18.1	18.6	18.4	18.8	21.0	22.9	23.6	21.9	22.2	20.5	19.0	18.2
2020	ΠΥ-ΕΚΧ	16.3	16.7	16.6	16.9	18.9	20.6	21.3	19.7	20.0	18.4	17.1	16.3
2020	ΠΥ-ΕΚΜ	17.7	18.1	18.0	18.4	20.6	22.4	23.1	21.4	21.7	20.0	18.6	17.8
2020	ΠΥ-ΕΚΥ	19.5	20.0	19.9	20.3	22.7	24.7	25.5	23.6	24.0	22.1	20.5	19.6

Πίνακας 3.17: Μέγιστη ημερήσια παροχή εξωτερικών υδραγωγείων για το έτος 2009 και τα εννέα σενάρια πρόγνωσης του έτους 2020, χωρίς επεκτάσεις του δικτύου (m³/s).

Έτος	Σενάριο	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.
2009		15.4	20.9	15.7	16.7	18.7	20.0	19.9	19.0	19.6	17.2	16.8	15.5
2020	ΠΧ-ΕΚΧ	14.5	19.7	14.8	15.7	17.7	18.9	18.8	17.9	18.5	16.2	15.8	14.6
2020	ΠΧ-ΕΚΜ	15.9	21.6	16.2	17.2	19.3	20.6	20.6	19.6	20.2	17.7	17.3	15.9
2020	ΠΧ-ΕΚΥ	17.6	23.9	17.9	19.1	21.4	22.9	22.8	21.7	22.4	19.6	19.2	17.7
2020	ΠΜ-ΕΚΧ	15.9	21.5	16.1	17.2	19.3	20.6	20.5	19.6	20.2	17.7	17.3	15.9
2020	ΠΜ-ΕΚΜ	17.3	23.5	17.6	18.7	21.0	22.5	22.4	21.3	22.0	19.3	18.8	17.4
2020	ΠΜ-ΕΚΥ	19.1	26.0	19.5	20.7	23.3	24.9	24.8	23.6	24.4	21.3	20.8	19.2
2020	ΠΥ-ΕΚΧ	17.2	23.4	17.5	18.6	20.9	22.4	22.3	21.2	21.9	19.2	18.7	17.3
2020	ΠΥ-ΕΚΜ	18.7	25.4	19.0	20.3	22.8	24.3	24.2	23.1	23.8	20.9	20.4	18.8
2020	ΠΥ-ΕΚΥ	20.7	28.0	21.0	22.4	25.1	26.8	26.7	25.5	26.3	23.0	22.5	20.7

3.9 Αρδευτικές χρήσεις νερού

Εκτός από την ύδρευση, η σημαντικότερη χρήση των υδατικών αποθεμάτων των ταμιευτήρων της ΕΥΔΑΠ είναι η άρδευση της Κωπαΐδας από την Υλίκη, η οποία πραγματοποιείται τη θερινή περίοδο (Ιούνιος-Αύγουστος), αν και στα μέσα της δεκαετίας του 1980 οι απολήψεις ξεκινούσαν από τον Απρίλιο ή το Μάιο. Η αρχική συμφωνία το προέβλεπε την διάθεση μέχρι 50 hm³ ετησίως. Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του Πίνακα 3.18, η ποσότητα αυτή διατέθηκε μόνο κατά τα έτη 1985-1988, ενώ η λειψυδρία που ακολούθησε είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των ποσοτήτων αυτών στα επίπεδα των 20 hm³ ανά έτος. Την τελευταία δεκαετία, οι ποσότητες που δίνονται για άρδευση κυμάνθηκαν σε

ακόμα χαμηλότερα επίπεδα, με ελάχιστο τα 7.0 hm³ (το καλοκαίρι του 2007) και μέγιστο τα 23.5 hm³ (το καλοκαίρι του 2001).

Από το 2001, η ΕΥΔΑΠ παρέχει επιπλέον νερό για άρδευση μέσω της ανάστροφης λειτουργίας του υδραγωγείου Διστόμου, με ποσότητες που κυμαίνονται από 3.9 hm³ (το καλοκαίρι του 2003) ως 6.7 hm³ (το καλοκαίρι του 2006). Τα πλήρη μεγέθη δίνονται στον Πίνακα 3.19.

Πίνακας 3.18: Μηνιαίες απολήψεις από την Υλίκη για άρδευση της Κωπαΐδας (hm³).

Έτος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σύνολο
1981	0.0	0.0	6.0	13.2	5.8	25.0
1982	0.0	0.0	3.1	12.1	1.9	17.1
1983	4.2	7.3	3.1	16.6	10.4	41.6
1984	0.0	0.8	11.4	14.7	9.9	36.8
1985	0.0	2.7	12.2	21.2	16.4	52.5
1986	2.2	1.5	6.7	21.3	17.9	49.5
1987	0.0	0.0	8.2	17.7	17.6	43.4
1988	0.0	5.7	11.4	17.3	15.5	49.9
1989	0.0	0.0	2.6	7.8	5.3	15.7
1990	0.0	0.0	6.9	8.1	3.3	18.3
1991	0.0	0.0	1.3	10.9	6.0	18.2
1992	0.0	0.0	0.0	8.2	8.8	17.0
1993	0.0	0.0	0.0	1.5	5.0	6.5
1994	0.0	0.0	3.7	7.4	3.5	14.6
1995	0.0	0.0	3.1	8.4	4.9	16.4
1996	0.0	0.0	1.4	8.1	5.9	15.4
1997	0.0	0.0	5.7	9.3	7.2	22.2
1998	0.0	0.0	2.6	7.0	8.4	18.0
1999	0.0	0.0	5.2	8.4	4.1	17.7
2000	0.0	1.2	8.9	9.3	4.1	23.4
2001	0.0	0.0	6.8	9.3	7.2	23.3
2002	0.0	0.0	2.4	9.7	4.8	16.9
2003	0.0	0.0	1.9	8.9	5.9	16.7
2004	0.0	0.0	0.0	9.7	8.2	17.9
2005	0.0	0.0	1.0	4.7	5.0	10.7
2006			0.4	3.7	3.3	7.4
2007			0.0	3.7	3.3	7.0
2008			7.5	7.8	7.8	23.3

Πίνακας 3.19: Μηνιαίες απολήψεις από το υδραγωγείο Διστόμου για άρδευση (hm³).

Έτος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σύνολο
2001	1.82	2.80	2.08	6.70
2002	0.00	2.05	1.85	3.90
2003	0.00	2.42	2.65	5.07
2004	0.28	3.10	2.62	6.00
2005	0.16	3.44	3.12	6.72
2006	0.00	1.85	3.34	5.19
2007	0.00	3.03	2.83	5.86
2008	2.42	3.06	0.41	5.90

4 Υδατικοί πόροι

Το σύστημα των υδατικών πόρων της ΕΥΔΑΠ περιλαμβάνει τους τρεις ποταμούς με σχεδόν συνεχή ροή (Μόρνος, Εύηνος και Βοιωτικός Κηφισός), δύο ποταμούς χειμαρρικής διαίτας (Χάραδρος και Ασωπός), τη λίμνη Υλίκη καθώς και το σύστημα των υπόγειων υδροφορέων του Βοιωτικού Κηφισού, της Υλίκης και της Βορειοανατολικής Πάρνηθας.

4.1 Εκτιμήσεις επιφανειακών υδατικών πόρων

4.1.1 Γενικά

Οι ποταμοί Μόρνος, Εύηνος, Βοιωτικός Κηφισός και Χάραδρος συλλέγουν την απορροή των αντίστοιχων λεκανών και την αποδίδουν στους ταμιευτήρες της ΕΥΔΑΠ και στη λίμνη Υλίκη. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ποταμών και των λεκανών απορροής τους (ανάντη των ταμιευτήρων) φαίνονται στον Πίνακα 4.1. Το συνολικό επιφανειακό υδατικό δυναμικό του συστήματος ανέρχεται, κατά μέσο όρο, σε 818.1 hm³.

Για την εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού κάθε λεκάνης, ήτοι της απορροής του κύριου υδατορεύματος στην έξοδό της, εφαρμόζονται διαφορετικές μεθοδολογίες, ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα, οι οποίες εξηγούνται στα επόμενα εδάφια. Οι αναλυτικοί πίνακες των χρονοσειρών απορροής και των στοιχείων ισοζυγίου των ταμιευτήρων που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς παρατίθενται στο Παράρτημα Β. Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζονται οι απορροές των λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Βοιωτικού Κηφισού για τα υδρολογικά έτη 1979-80 έως 2007-08, για τα οποία υπάρχει κοινό ιστορικό δείγμα. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι το δυναμικό των λεκανών (εκφρασμένο σε απόλυτα μεγέθη) αλλά και η διαίτα των ετήσιων απορροών είναι, σε γενικές γραμμές παρόμοια. Ωστόσο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1, τα ισοδύναμα ύψη απορροής (ήτοι η ποσότητα νερού που απορρέει ανά μονάδα επιφάνειας) διαφοροποιούνται από λεκάνη σε λεκάνη, λόγω των διαφορετικών υδρολογικών και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών. Συνεπώς, η λεκάνη του Ευήνου είναι αυτή που διαθέτει το πλουσιότερο επιφανειακό υδατικό δυναμικό, με μέσο ετήσιο ύψος απορροής 784.7 mm, ενώ στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, στην οποία κυριαρχούν οι καρστικοί σχηματισμοί υψηλής περατότητας, το ετήσιο ύψος απορροής ανέρχεται σε μόλις 143.8 mm.

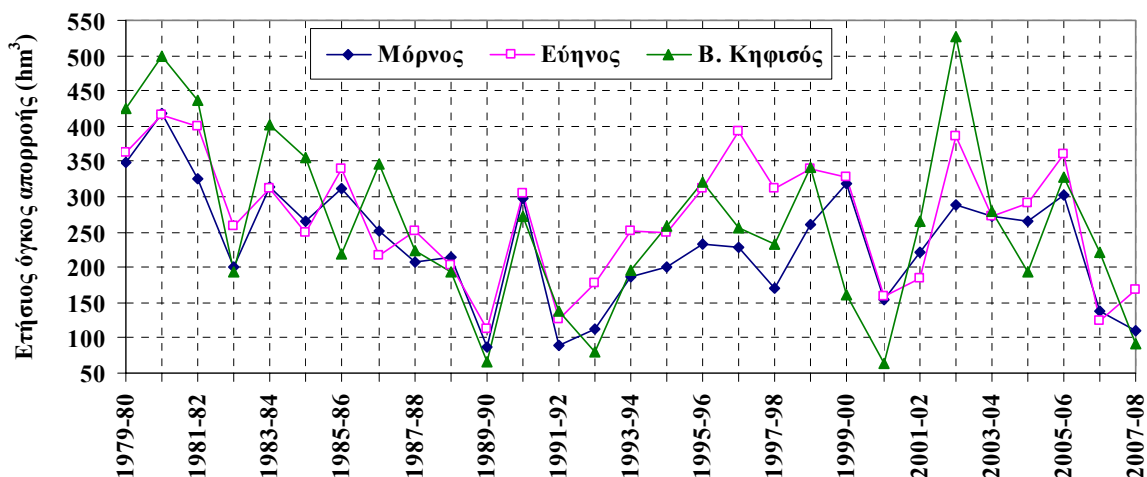
Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη λεκανών απορροής.

Λεκάνη απορροής	Έκταση (km ²)	Μέσος ετήσιος όγκος απορροής (hm ³)	Μέσο ετήσιο ύψος απορροής (mm)
Μόρνου (ανάντη φράγματος)	588.1	234.0	398.0
Ευήνου (ανάντη φράγματος)	351.9	276.1	784.7
Βοιωτικού Κηφισού ⁽¹⁾	1929.8	277.5	143.8
Υλίκης ⁽²⁾	424.0	16.6	39.3
Μαραθώνα (ανάντη φράγματος)	119.0	13.9	117.0
Ασωπού ⁽³⁾	759.0		

(1) Οι υδατικοί πόροι του Βοιωτικού Κηφισού εκτρέπονται, μέσω της Σήραγγας Καρδίτσας, στη λίμνη Υλίκη.

(2) Η απορροή της ίδιας λεκάνης της Υλίκης εκτιμάται ως το 6% της απορροής του Βοιωτικού Κηφισού.

(3) Συνολική έκταση λεκάνης, για την οποία δεν υπάρχουν εκτιμήσεις απορροής.



Σχήμα 4.1: Χρονοσειρές ετήσιας απορροής λεκανών Μόρνου, Εύηνου και Β. Κηφισού.

4.1.2 Ποταμός Μόρνος

Η έκταση της λεκάνης απορροής του Μόρνου ανάντη του φράγματος είναι 588.1 km². Η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα είναι 630 hm³. Για την περίοδο πριν την κατασκευή του φράγματος διατίθεται περιορισμένο δείγμα απορροών, το οποίο έχει προκύψει με αναγωγή υδρομετρικών δεδομένων μειωμένης αξιοπιστίας στις θέσεις Στενό και Περιβόλι (Σταυρίδης κ.ά., 1992). Από τη λειτουργία του ταμιευτήρα (φθινόπωρο 1979) και έπειτα, η απορροή της λεκάνης εκτιμάται βάσει των μηνιαίων δεδομένων ισοζυγίου του ταμιευτήρα, λαμβάνοντας υπόψη τις ακόλουθες συνιστώσες:

- τη μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα·
- τις εκροές από τη σήραγγα της Γκιώνας για την ύδρευση της Αθήνας·
- τις απώλειες και τις μη μετρημένες εκροές από τη σήραγγα της Γκιώνας·
- τις υπερχειλίσεις από τον ταμιευτήρα·
- τις απώλειες λόγω των υπόγειων διαφυγών·
- την επιφανειακή βροχόπτωση στον ταμιευτήρα·
- την εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα·
- τις εισροές από της σήραγγα Ευήνου-Μόρνου.

Οι εκροές από τη σήραγγα της Γκιώνας μετρούνται στον υπερχειλιστή παχείας στέρσης (total). Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990, ο τρόπος υπολογισμού τους παρουσιάζει αβεβαιότητες, οι οποίες αποτυπώνονται στην αδικαιολόγητα υψηλή διακύμανση των υποτιθέμενων απωλειών των εξωτερικών υδραγωγείων (βλ. 3.6). Οι απώλειες στη σήραγγα λαμβάνονται ίσες με 1.0 m³/s για συνεχή λειτουργία μέχρι το Δεκέμβριο του 1983, ενώ θεωρούνται αμελητέες για τη συνέχεια. Οι συνολικές διαφυγές νερού από τον ταμιευτήρα προκύπτουν με διπλασιασμό των μετρημένων ή εκτιμημένων απωλειών από τη σήραγγα του Πύρνου, οι οποίες εκτιμώνται από την εμπειρική σχέση (Τζεράνης, 1989):

$$L = 0.012 (z - 390) + 0.07 \quad (4.1)$$

όπου L οι μηνιαίες απώλειες νερού σε hm³ και z η απόλυτη στάθμη του ταμιευτήρα (μέση μηνιαία) σε m. Ο όγκος βροχής στον ταμιευτήρα υπολογίζεται με βάση τη χρονοσειρά υψών βροχόπτωσης: (α) του βροχομετρικού σταθμού Λιδορικού, για την περίοδο 1979-2001, και (β) του τηλεμετρικού σταθμού του φράγματος, μετά το 2001. Οι απώλειες λόγω εξάτμισης εκτιμώνται είτε με εφαρμογή της αναλυτικής μεθόδου Penman (για το διάστημα που υπάρχουν ταυτόχρονες μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ηλιοφάνειας και ταχύτητας ανέμου) είτε με εμπειρικές μεθόδους, συναρτήσε μόνο της θερμοκρασίας (Ευστρατιάδης και Μαμάσης, 2004).

Με βάση τόσο τα δεδομένα των περιόδων προ της κατασκευής του φράγματος όσο και αυτών που προκύπτουν από την επίλυση της εξίσωσης ισοζυγίου, η μέση ετήσια απορροή του Μόρνου ανέρχεται σε 263.6 hm³, ενώ εάν ληφθούν υπόψη μόνο τα δεδομένα από το 1979 και έπειτα (τα οποία είναι πιο αξιόπιστα), η τιμή αυτή μειώνεται στα 234.0 hm³ (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.2: Στατιστικά μεγέθη απορροής Μόρνου στη θέση του φράγματος (hm³).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή ⁽¹⁾	8.7	25.7	39.6	38.6	38.4	35.0	29.8	20.9	11.0	6.5	4.6	4.8	263.6
Τυπ. απόκλιση ⁽¹⁾	11.2	20.9	26.8	30.8	25.4	18.2	9.7	9.3	5.0	3.2	2.9	3.0	97.6
Μέση τιμή ⁽²⁾	6.3	20.9	35.7	30.5	31.6	33.8	28.3	20.1	10.3	6.7	4.8	5.0	234.0
Τυπ. απόκλιση ⁽²⁾	5.6	14.6	25.9	21.0	18.0	18.8	8.3	7.9	3.9	2.8	3.1	3.3	82.4
Ελάχιστο ⁽²⁾	0.0	4.8	5.7	2.9	3.9	5.8	11.0	3.9	3.0	1.5	0.0	0.0	86.5
Μέγιστο ⁽²⁾	60.2	93.6	104.0	131.5	127.8	86.4	51.3	44.8	28.4	16.6	11.2	14.1	461.0

(1) Υπολογισμός με βάση το πλήρες δείγμα.

(2) Υπολογισμός με βάση το δείγμα απορροής των υδρολογικών ετών 1979-80 (έναρξη λειτουργίας ταμιευτήρα) έως 2007-08.

4.1.3 Ποταμός Εύηνος

Η έκταση της λεκάνης απορροής του Ευήνου στη θέση του φράγματος Αγίου Δημητρίου είναι 351.9 km². Η κατάρτιση του δείγματος εισροών στον ταμιευτήρα, μέχρι και την έναρξη λειτουργίας του, έχει γίνει μέσω αναγωγής των απορροών του ποταμού στη θέση Πόρος Ρηγανίου σε μηνιαίο βήμα (Μαμάσης, 1988· Σταυρίδης κ.ά., 1992· Τσακαλίας και Κουτσογιάννης, 1995· Ευστρατιάδης κ.ά., 2000· Ευστρατιάδης και Μαμάσης, 2004). Οι απορροές στη θέση Πόρος Ρηγανίου έχουν υπολογιστεί βάσει πρωτογενών δεδομένων, τα οποία περιλαμβάνουν τιμές στάθμης σε ημερήσια (από καταγραφές σταθμημέτρου) και ωριαία βάση (από καταγραφές του σταθμηγράφου), καθώς και υδρομετρήσεις. Η αναγωγή στη θέση Άγιος Δημήτριος γίνεται μέσω της απλής σχέσης:

$$\frac{Q_{\text{ΑΓ. ΔΗΜ.}}}{Q_{\text{ΠΟΡΟΣ}}} = \frac{F_{\text{ΑΓ. ΔΗΜ.}}}{F_{\text{ΠΟΡΟΣ}}} \approx 0.40 \quad (4.2)$$

όπου Q_i η μηνιαία απορροή στη θέση i και F_i το εμβαδόν της αντίστοιχης ανάντη υπολεκάνης. Σημειώνεται ότι για την περίοδο από τον Μάιο του 1995 μέχρι το Νοέμβριο του 1999, οπότε λειτούργησε το προσωρινό έργο υδροληψίας, στην τιμή απορροής του Πόρου Ρηγανίου έχει προστεθεί και ο όγκος εκροής προς τον ταμιευτήρα του Μόρνου, μέσω της σήραγγας εκτροπής του φράγματος Ευήνου.

Από τον Σεπτέμβριο 2001, οπότε τέθηκε σε λειτουργία ο ταμιευτήρας Ευήνου, η εκτίμηση της απορροής γίνεται με τη μέθοδο του υδατικού ισοζυγίου, που είναι ασφαλέστερη από τη μέθοδο αναγωγής που περιγράφηκε παραπάνω. Η κατάρτιση του μηνιαίου ισοζυγίου του ταμιευτήρα γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις ακόλουθες συνιστώσες:

- τη μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα·
- τις εκροές από τη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου·
- τις υπερχειλίσεις από τον ταμιευτήρα·
- την επιφανειακή βροχόπτωση στον ταμιευτήρα·
- την εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα·
- την εκροή κατάντη για λόγους περιβαλλοντικής διατήρησης.

Η βροχόπτωση στον ταμιευτήρα καταγράφεται στον μετεωρολογικό σταθμό που έχει εγκαταστήσει ο εργολάβος του έργου, ενώ οι απώλειες λόγω εξάτμισης εκτιμώνται κατά αντίστοιχο τρόπο με τον

ταμειυτήρα του Μόρνου (Ευστρατιάδης και Μαμάσης, 2004). Σημειώνεται ότι η εκροή κατάντη του φράγματος ανέρχεται σε 1.0 m³/s (σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους), όπως προβλέπεται από τους περιβαλλοντικούς όρους της λειτουργίας του ταμειυτήρα, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 6. Με βάση τα παραπάνω, η μέση ετήσια απορροή του Ευήνου στη θέση του φράγματος για τα υδρολογικά έτη από το 1970-71 έως το 2007-08 ανέρχεται σε 276.1 hm³ (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3: Στατιστικά μεγέθη απορροής Ευήνου στη θέση του φράγματος (hm³).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή ⁽¹⁾	7.3	26.1	50.9	39.0	42.4	40.4	32.6	18.6	7.6	4.6	3.4	3.2	276.1
Τυπ. απόκλ. ⁽¹⁾	5.9	18.0	36.0	24.7	23.3	21.9	12.1	7.4	2.7	1.4	1.2	1.6	81.0
Ελάχιστο ⁽¹⁾	1.9	4.2	7.4	5.7	4.3	6.4	11.0	5.9	3.2	2.1	1.9	1.3	113.2
Μέγιστο ⁽¹⁾	27.1	77.7	167.2	111.7	100.3	99.1	64.8	33.4	16.1	7.3	5.9	10.3	414.7
Μέση τιμή ⁽²⁾	10.3	21.4	37.4	37.8	35.9	46.5	33.6	15.3	6.1	4.2	3.7	3.3	255.3
Τυπ. απόκλ. ⁽²⁾	7.2	12.9	27.0	26.7	24.7	34.6	10.9	5.5	2.5	1.6	2.1	1.5	99.2
Ελάχιστο ⁽²⁾	3.0	7.6	7.6	7.6	7.2	13.8	21.7	8.9	4.2	3.0	1.7	1.9	125.1
Μέγιστο ⁽²⁾	20.9	43.2	84.9	79.8	68.4	102.5	48.0	24.2	11.5	7.6	8.1	6.2	386.4

(1) Υπολογισμός με βάση το πλήρες δείγμα, που περιλαμβάνει και την αναγωγή της χρονοσειράς παροχών στον Πόρο Ρηγανίου.

(2) Υπολογισμός με βάση το δείγμα απορροής των υδρολογικών ετών 2001-02 (έναρξη λειτουργίας ταμειυτήρα) έως 2007-08.

4.1.4 Σύστημα Βοιωτικού Κηφισού-Υλίκης

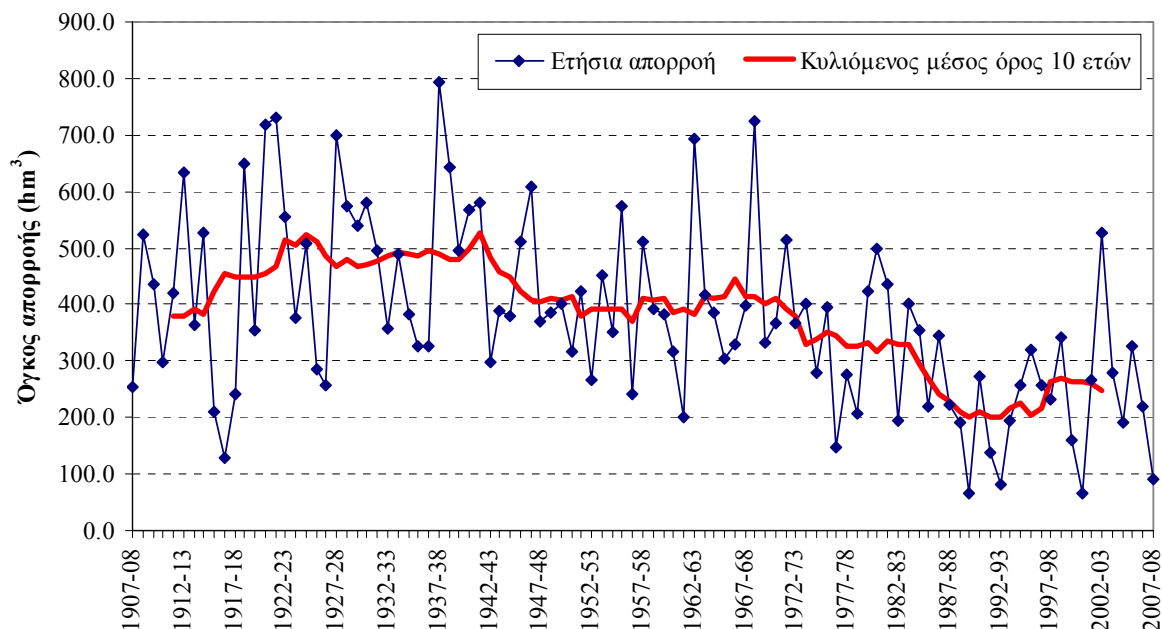
Το σύστημα του Βοιωτικού Κηφισού και του φυσικού αποδέκτη του, της λίμνης Υλίκης, αποτελεί επιφανειακό υδατικό πόρο με στενή διασύνδεση και αλληλεπίδραση με υπόγειους υδατικούς πόρους. Η λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Κηφισού έχει έκταση 1929.8 km². Από το 1907, διατίθενται συνεχείς και συστηματικές εκτιμήσεις της παροχής του Βοιωτικού Κηφισού μέσω της Σήραγγας Καρδίτσας, οι οποίες πραγματοποιούνται επί της Συγκεντρωτικής Διώρυγας. Στο σημείο αυτό υπάρχει εγκατεστημένο σταθμήμετρο της ΕΥΔΑΠ, όπου μετράται η στάθμη του ποταμού κάθε πρωί, ενώ η αντίστοιχη παροχή εκτιμάται με βάση την εξίσωση ομοιόμορφης ροής του Manning. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 υπήρχε και δεύτερο σταθμήμετρο, το οποίο λειτουργούσε υπό την εποπτεία του ΥΠΕΧΩΔΕ. Γενικά, στη μακρά περίοδο λειτουργίας του σταθμού υπήρξαν πολλές μεταβολές, τόσο στη διατομή της διώρυγας όσο και στη θέση και λειτουργία των διαφόρων σταθμημέτρων, τα οποία είχαν κατά καιρούς τοποθετηθεί (κυρίως από τον Οργανισμό Κωπαΐδας).

Η εφαρμογή της σχέσης του Manning βασίζεται στην υπόθεση σταθερού συντελεστή τραχύτητας της διατομής (συντελεστής *n*). Η τιμή του είχε εκτιμηθεί σε 55, βάσει μίας και μοναδικής υδρομέτρησης που πραγματοποιήθηκε το 1978. Στην υδρομέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις αρχές του 2003, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος του ΕΜΠ, ο εν λόγω συντελεστής προσδιορίστηκε σε 58.6, γεγονός που επιβεβαιώνει την παραπάνω υπόθεση (Μαμάσης, 2004). Επιπλέον, η ακρίβεια των εκτιμήσεων εξαρτάται από τη χρονική διακριτότητα των παρατηρήσεων στάθμης στη Διώρυγα Καρδίτσας. Η μοναδική παρατήρηση ανά ημέρα δεν επιτρέπει την αποτύπωση των πλημμυρικών φαινομένων, ενώ ιδιαίτερα τα τελευταία έτη, κατά τα οποία οι παρατηρήσεις πραγματοποιούνται ανά πολύ αραιότερα χρονικά διαστήματα, η αξιοπιστία των εκτιμήσεων είναι αρκετά περιορισμένη.

Η αξιολόγηση και επεξεργασία των ημερήσιων δεδομένων στάθμης για την εξαγωγή του δείγματος ημερήσιων απορροών έχει γίνει από τους Ρώτη κ.ά. (1990). Σημειώνεται ότι κατά την περίοδο Σεπτεμβρίου 1964 – Νοεμβρίου 1967, οπότε η διώρυγα παρέμεινε κλειστή λόγω επισκευών, καθώς και κατά τη διάρκεια όλου του υδρολογικού έτους 1976-77, οπότε κατασκευάστηκε η νέα διώρυγα,

δεν υπάρχουν μετρήσεις. Τα κενά αυτά έχουν συμπληρωθεί μέσω γραμμικής παλινδρόμησης με τα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης του σταθμού Αλιάρτου (Ευστρατιάδης κ.ά., 2000). Το τελικό δείγμα απορροών του Βοιωτικού Κηφισού καλύπτει μια περίοδο 101 υδρολογικών ετών και είναι το μεγαλύτερο στον ελληνικό χώρο. Στο Σχήμα 4.2 απεικονίζεται η χρονοσειρά ετήσιας απορροής και οι κινούμενοι μέσοι όροι 10 ετών. Στο διάγραμμα είναι εμφανής η έντονη μείωση του υδατικού δυναμικού του ποταμού. Συγκεκριμένα, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1940, η μέση ετήσια απορροή κυμαινόταν κοντά στα 500 hm³. Εν συνεχεία, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970, η μέση ετήσια απορροή μειώθηκε στα επίπεδα των 400 hm³. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990 κατήλθε μόλις στα 200 hm³, ενώ την τελευταία δεκαετία παρουσιάζει μια μικρή ανάκαμψη.

Τα αίτια της υποβάθμισης του επιφανειακού υδατικού δυναμικού του Βοιωτικού Κηφισού είναι εν μέρει φυσικά (οφειλόμενα στις κλιματολογικές συνθήκες) και εν μέρει ανθρωπογενή. Η αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών αποδεικνύεται από τη σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων στη λεκάνη, που στην περίπτωση του βροχομετρικού σταθμού Αλιάρτου, ο οποίος λειτούργησε από το 1907 έως το 2000, ανέρχεται κοντά στο 30% (Μαμάσης κ.ά., 1992). Επιπλέον, οι ποσότητες νερού που φτάνουν στην έξοδο της λεκάνης έχουν μειωθεί και εξαιτίας των απολήψεων (επιφανειακών και υπόγειων) που πραγματοποιούνται για αρδευτικές (κυρίως) και υδρευτικές (περιστασιακά, μέσω των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου) χρήσεις. Συγκεκριμένα, οι επιφανειακές απολήψεις γίνονται μέσω πρόχειρων έργων υδροληψίας κατά μήκος του Βοιωτικού Κηφισού (κυρίως στον κάτω ρου) και στην περιοχή της Κωπαΐδας, με συνέπεια το μηδενισμό (πλην ελαχίστων εξαιρέσεων) της παροχής που φτάνει στη Σήραγγα Καρδίτσας κατά τους θερινούς μήνες. Από την άλλη πλευρά, η χρήση των γεωτρήσεων επηρεάζει αρνητικά την υδρολογική διαίτα των καρστικών πηγών της λεκάνης, ιδιαίτερα αυτών του Μέλανα και του Μαυρονερίου που αποτελούν τους βασικούς τροφοδότες του Βοιωτικού Κηφισού. Οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης των υδρολογικών-υδρογεωλογικών και ανθρωπογενών διεργασιών στη λεκάνη έχουν διερευνηθεί με τη χρήση εξελιγμένων μαθηματικών μοντέλων από τους Ευστρατιάδη κ.ά. (2004), Rozos *et al.* (2004), Ευστρατιάδη (2008) και Efstratiadis *et al.* (2008).



Σχήμα 4.2: Διακύμανση της ετήσιας απορροής του Βοιωτικού Κηφισού στην έξοδο της λεκάνης και κινούμενοι μέσοι όροι 10 ετών.

Πίνακας 4.4: Στατιστικά μεγέθη απορροής λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού (hm³).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή ⁽¹⁾	21.2	30.1	44.9	58.5	61.4	65.7	45.3	23.6	11.7	4.0	3.4	12.2	378.3
Τυπ. απόκλ. ⁽¹⁾	11.1	17.5	31.6	30.6	34.0	31.0	27.0	16.3	11.4	7.1	5.1	8.8	160.7
Ελάχιστο ⁽¹⁾	0.0	6.5	9.0	14.9	3.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5
Μέγιστο ⁽¹⁾	48.4	108.1	205.4	158.9	160.9	168.9	167.1	76.2	57.6	48.5	29.6	54.9	793.1
Μέση τιμή ⁽²⁾	14.6	20.9	30.6	44.6	47.3	55.0	37.2	15.8	4.3	0.6	0.9	5.8	277.5
Τυπ. απόκλ. ⁽²⁾	11.0	10.0	13.2	24.9	26.8	27.5	24.2	14.7	5.5	1.2	1.9	6.7	122.4
Ελάχιστο ⁽²⁾	0.0	6.5	9.0	14.9	3.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5
Μέγιστο ⁽²⁾	42.1	49.7	60.9	115.0	125.0	111.0	88.3	55.0	22.6	4.2	8.1	23.1	527.6

(1) Υπολογισμός με βάση το πλήρες δείγμα των υδρολογικών ετών 1907-08 έως 2007-08.

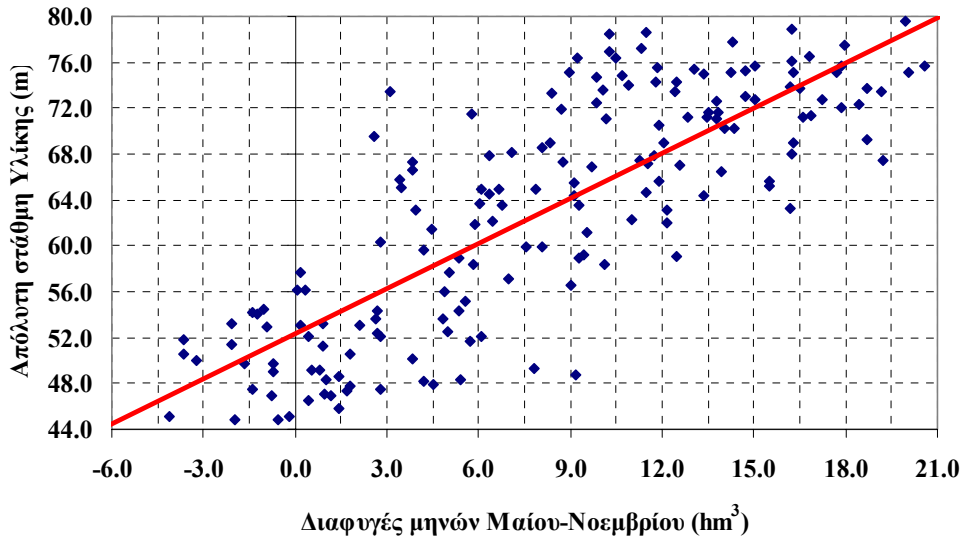
(2) Υπολογισμός με βάση μόνο το δείγμα των υδρολογικών ετών από το 1970-71 και εντεύθεν.

Στις περαιτέρω υδρολογικές και διαχειριστικές αναλύσεις, χρησιμοποιείται μόνο το πρόσφατο δείγμα απορροών μετά το 1970, τα οποία θεωρείται πιο αντιπροσωπευτικό, αφού λαμβάνει υπόψη τη μείωση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης εξαιτίας των απολήψεων και αντλήσεων. Τα στατιστικά μεγέθη της χρονοσειράς απορροής του Βοιωτικού Κηφισού, για το πλήρες και το πρόσφατο δείγμα, δίνονται στον Πίνακα 4.4. Η Υλίκη τροφοδοτείται επιπλέον από την απορροή της υπολεκάνης Υλίκης, έκτασης 424 km², που εκτιμάται ως το 6% της απορροής του Βοιωτικού Κηφισού (βλ. επισκόπηση μελετών και νεώτερες διερευνήσεις των Ευστρατιάδη κ.ά., 2004). Με βάση την παραδοχή αυτή, η συνολική μέση ετήσια εισροή στην Υλίκη λόγω απορροής ανέρχεται σε 294.1 hm³. Ωστόσο, το εν λόγω υδατικό δυναμικό δεν είναι εξ ολοκλήρου αξιοποιήσιμο, εξαιτίας των σημαντικών υπόγειων διαφυγών που παρατηρούνται στη λίμνη, οι οποίες φτάνουν έως και το 50% του όγκου της.

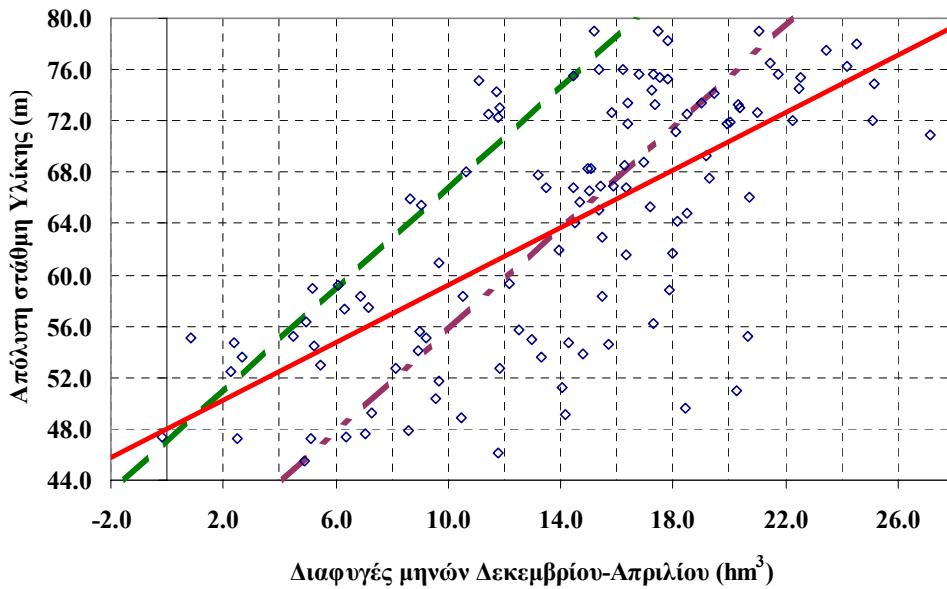
Η εκτίμηση των ποσοτήτων νερού που έχουν διαφύγει από τον πυθμένα της Υλίκης γίνεται με βάση το μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης, μοναδική άγνωστη συνιστώσα του οποίου είναι οι διαφυγές. Οι εν λόγω συνιστώσες, των οποίων οι χρονοσειρές παρατίθενται στο Παράρτημα Β, είναι:

- η μεταβολή του αποθέματος της λίμνης·
- η απορροή του Βοιωτικού Κηφισού μέσω της διώρυγας Καρδίτσας·
- η απορροή από την υπολεκάνη της Υλίκης·
- οι απολήψεις μέσω του αντλιοστασίου Μουρικού για ύδρευση της Αθήνας·
- οι απολήψεις για άρδευση του Κωπαϊδικού πεδίου·
- οι αντλήσεις από Παραλίμνη·
- οι υπερχειλίσεις της Υλίκης προς Παραλίμνη·
- η επιφανειακή βροχόπτωση στη λίμνη·
- η εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης.

Επισημαίνεται ότι αντλήσεις από την Παραλίμνη πραγματοποιήθηκαν μόνο κατά την περίοδο 1977-1980. Ακόμη, η υπερχειλίση της Υλίκης προς την Παραλίμνη γίνεται μέσω της διώρυγας Μουρικού. Κανονικά η στάθμη υπερχειλίσης είναι στα +77.7 m, όμως συνήθως η διώρυγα φράσσεται με πασσαλοσανίδες, και έτσι η στάθμη μπορεί να ανέρχεται και πέρα από τα +80 m. Για ορισμένους μήνες κατά τους οποίους είναι γνωστό ότι υπερχειλίσε η Υλίκη, δεν έχουν καταγραφεί οι τιμές της στάθμης. Οι βροχοπτώσεις υπολογίζονται, μέχρι τα τέλη του 1999, από στοιχεία του βροχομετρικού σταθμού Αλιάρτου, ο οποίος λειτουργεί από τις αρχές του 20ου αιώνα και θεωρείται ως ο πλέον αξιόπιστος από τους κοντινούς στη λίμνη σταθμούς. Μετά την παύση της λειτουργίας του εν λόγω σταθμού, τα βροχομετρικά δεδομένα λαμβάνονται από τον τηλεμετρικό σταθμό που έχει εγκαταστήσει η ΕΥΔΑΠ. Τέλος, οι απώλειες λόγω εξάτμισης υπολογίζονται κατά αντίστοιχο τρόπο με τους ταμειυτήρες του Μόρνου και του Ευήνου (Ευστρατιάδης και Μαμάσης, 2004).



Σχήμα 4.3: Απεικόνιση των ιστορικών διαφυγών της λίμνης Υλίκης συναρτήσει της μέσης μηνιαίας στάθμης και της αντίστοιχης καμπύλης γραμμικής παλινδρόμησης (εξ. 4.3), για τους μήνες χαμηλής υδροφορίας (Μάιος-Νοέμβριος).



Σχήμα 4.4: Απεικόνιση των ιστορικών διαφυγών της λίμνης Υλίκης συναρτήσει της μέσης μηνιαίας στάθμης, για τους μήνες χαμηλής υδροφορίας (Μάιος-Νοέμβριος). Με συνεχή γραμμή απεικονίζεται η καμπύλη γραμμικής παλινδρόμησης (εξ. 4.4), με διακεκομμένη η καμπύλη θερινών διαφυγών (εξ. 4.3), ενώ με εστιγμένη η μετατοπισμένη καμπύλη θερινών διαφυγών (εξ. 4.5).

Η μοντελοποίηση των υπόγειων διαφυγών της Υλίκης και η συσχέτισή τους με άλλα υδρολογικά μεγέθη είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Στα πλαίσια παλαιότερων μελετών αλλά και προηγούμενων ερευνητικών έργων του ΕΜΠ διατυπώθηκαν αναλυτικές σχέσεις, συναρτήσει της μέσης μηνιαίας στάθμης της λίμνης (Κουτσογιάννης και Ναλμπάντης, 1989· Ρώτη κ.ά., 1990· Ευστρατιάδης κ.ά., 2004). Από τη στατιστική ανάλυση των ιστορικών δεδομένων που υπολογίστηκαν με εφαρμογή της εξίσωσης ισοζυγίου των υδρολογικών ετών 1977-78 έως 2004-05, προέκυψε η ακόλουθη σχέση υπολογισμού των υπόγειων διαφυγών:

$$L = 0.500 z - 23.41 \quad (4.3)$$

όπου L οι διαφυγές της Υλίκης σε $\text{hm}^3/\mu\eta\text{να}$ και z η απόλυτη στάθμη της λίμνης σε m . Ο συντελεστής συσχέτισης της παραπάνω έκφρασης ανέρχεται στο 65.6%, με τυπικό σφάλμα $3.7 \text{ hm}^3/\mu\eta\text{να}$. Σημειώνεται ότι η εξαγωγή της σχέσης (4.3) βασίστηκε μόνο στα δεδομένα διαφυγών της περιόδου χαμηλής υδροφορίας του Βοιωτικού Κηφισού, η οποία περιλαμβάνει τους μήνες Μάιο έως Νοέμβριο (Σχήμα 4.3). Κατά τους μήνες αυτούς, οι παροχές του ποταμού είναι εν γένει χαμηλές, οπότε αίρονται σε σχετικά ικανοποιητικό βαθμό οι παράγοντες αβεβαιότητας που σχετίζονται με την εκτίμηση των συνιστωσών ισοζυγίου της λίμνης.

Εάν ληφθούν υπόψη τα δεδομένα των μηνών υψηλής υδροφορίας (Δεκέμβριος-Απρίλιος), η διασπορά των δεδομένων και το αντίστοιχο τυπικό σφάλμα αυξάνουν σημαντικά. Συγκεκριμένα, η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης λαμβάνει τη μορφή:

$$L = 0.408 z - 11.93 \quad (4.4)$$

με συντελεστή συσχέτισης 45.8% και τυπικό σφάλμα $4.4 \text{ hm}^3/\mu\eta\text{να}$. Μια άλλη έκφραση για τις υπόγειες διαφυγές των μηνών υψηλής υδροφορίας προκύπτει με παράλληλη μετατόπιση της (4.3) κατά $5.6 \text{ hm}^3/\mu\eta\text{να}$, δηλαδή:

$$L = 0.500 z - 17.81 \quad (4.5)$$

η οποία έχει ελάχιστο μεγαλύτερο τυπικό σφάλμα από τη σχέση παλινδρόμησης (4.4), της τάξης των $4.5 \text{ hm}^3/\mu\eta\text{να}$. Οι σχέσεις (4.3), (4.4) και (4.5) απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχήματος 4.4.

Μια φυσική ερμηνεία για τη διάκριση μεταξύ των θερινών και χειμερινών διαφυγών είναι η εποχιακή διακύμανση της πιεζομετρίας, καθώς η ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα κατά την ξηρή περίοδο αυξάνει το υδραυλικό φορτίο (ήτοι η διαφορά στάθμης της λίμνης και του υδροφόρου ορίζοντα), με συνέπεια να αυξάνει και ο ρυθμός των διαφυγών. Ωστόσο, η διαφοροποίηση αυτή ενδέχεται να οφείλεται σε υπερεκτίμηση των εισροών από τη Διώρυγα Καρδίτσας τους χειμερινούς μήνες ή/και σε υποεκτίμηση των απολήψεων, οι οποίες μεγιστοποιούνται τους θερινούς μήνες.

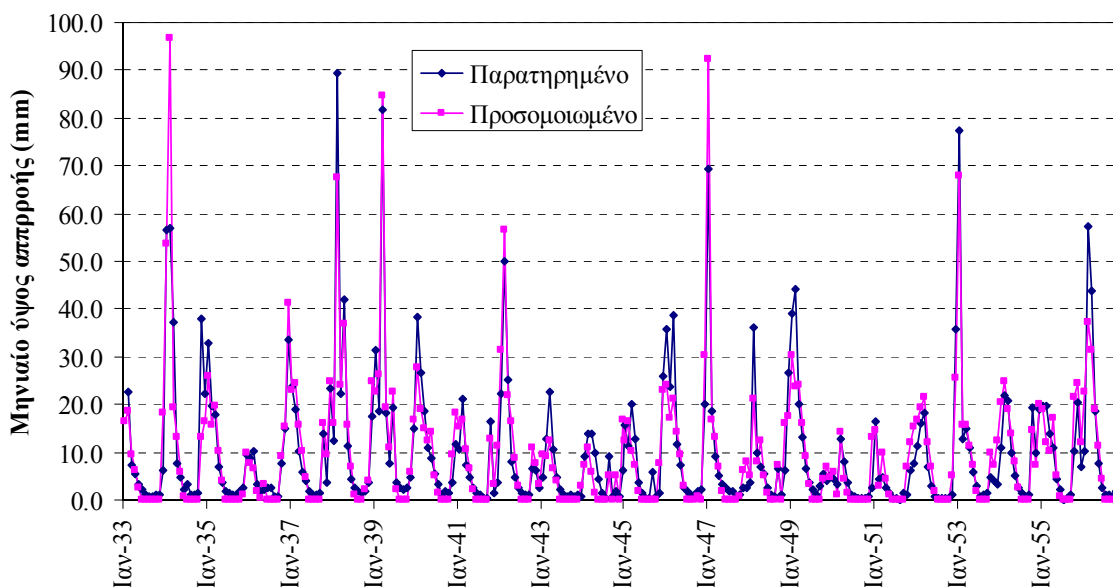
Ακόμη, σε ορισμένες περιπτώσεις, επιλύοντας την εξίσωση υδατικού ισοζυγίου ως προς τις υπόγειες διαφυγές, προέκυψαν αρνητικές τιμές. Σε αυτό μπορεί επίσης να αποδοθεί κάποια φυσική ερμηνεία, λόγω υπόγειας τροφοδοσίας της λίμνης που ενδέχεται να πραγματοποιείται σε χαμηλές στάθμες. Σε άλλες όμως περιπτώσεις, ειδικά για στάθμες άνω των $+56.0 \text{ m}$, οι αρνητικές διαφυγές είναι πλασματικές και οφείλονται σε υποεκτίμηση της πραγματικής απορροής του Βοιωτικού Κηφισού. Γενικά, οι αρνητικές τιμές διαφυγών δεν ελήφθησαν υπόψη στην εξαγωγή των στατιστικών σχέσεων που περιγράφησαν παραπάνω.

4.1.5 Ποταμός Χάραδρος

Ο χειμάρρος Χάραδρος καθώς και το μικρό ρέμα της Σταμάτας τροφοδοτούν τον ταμιευτήρα Μαραθώνα, ο οποίος χρησιμοποιείται ως εφεδρική αποθήκευση νερού για την κάλυψη έκτακτων περιστατικών, λόγω της εγγύτητάς του στην Αθήνα.

Για την περίοδο 1931-32 έως 1956-57, καταρτίστηκε το μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο του Μαραθώνα με βάση τις παρακάτω μεταβλητές, όπως παρουσιάζονται και στο Παράρτημα Β:

- η μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα·
- οι εκροές από τη σήραγγα Μπογιατίου για ύδρευση της Αθήνας·
- οι υπερχειλίσεις και λοιπές μετρημένες απώλειες από τον ταμιευτήρα·
- η επιφανειακή βροχόπτωση στον ταμιευτήρα·
- η εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα·
- η τροφοδοσία του ταμιευτήρα μέσω βοηθητικών έργων ενίσχυσης.



Σχήμα 4.5: Σύγκριση προσομοιωμένων και παρατηρημένων υψών απορροής Μαραθώνα.

Πίνακας 4.5: Στατιστικά μεγέθη απορροής λεκανών Χάραδρου και Σταμάτας (hm³).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή ⁽¹⁾	0.5	0.7	1.5	2.8	3.0	2.4	1.2	0.6	0.3	0.2	0.1	0.2	13.7
Τυπ. απόκλ. ⁽¹⁾	0.6	1.0	1.3	2.4	2.4	2.0	0.9	0.3	0.4	0.1	0.2	0.2	6.8
Ελάχιστο ⁽¹⁾	0.0	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
Μέγιστο ⁽¹⁾	2.3	4.5	4.2	9.2	10.6	9.7	5.0	1.3	2.3	0.4	1.1	0.8	27.1
Μέση τιμή ⁽²⁾	0.5	1.1	2.2	2.7	2.4	2.3	1.3	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1	13.9
Τυπ. απόκλ. ⁽²⁾	0.7	1.6	3.4	2.8	2.1	2.7	1.0	0.7	0.4	0.1	0.1	0.3	9.5
Ελάχιστο ⁽²⁾	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
Μέγιστο ⁽²⁾	2.6	11.7	24.4	16.0	11.8	19.3	5.0	2.9	2.3	0.4	1.1	2.4	44.6

(1) Υπολογισμός με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα (υδρολογικά έτη 1931-32 έως 1956-57).

(2) Υπολογισμός με βάση το πλήρες δείγμα, με εφαρμογή υδρολογικού μοντέλου για την περίοδο 1957-2008.

Οι μετρημένες απώλειες αναφέρονται σε μικρές ποσότητες νερού που είτε χρησιμοποιήθηκαν για καθαρισμό του Αδριάνειου υδραγωγείου ή της σήραγγας Μπογιατίου, είτε οφείλονται σε υπερχειλίση της λεκάνης Σταμάτας. Τα δεδομένα βροχόπτωσης και εξάτμισης προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του φράγματος Μαραθώνα. Τα βοηθητικά έργα αναφέρονται σε συστήματα ύδρευσης τα οποία τέθηκαν σε λειτουργία μετά το 1947, με σκοπό τον εμπλουτισμό της φυσικής τροφοδοσίας του ταμιευτήρα μέσω των υφάλμυρων πηγών Σουλίου και των νερών του Ασωπού.

Για την περίοδο μετά το 1957, οπότε ξεκίνησε η τροφοδοσία του ταμιευτήρα με τους υδατικούς πόρους της Υλίκης (και αργότερα του συστήματος Μόρνου και Ευήνου), μέσω του υδραγωγείου Κιούρκων, δεν υπάρχουν στοιχεία. Μόνο για τα τελευταία χρόνια είναι δυνατή η κατάσταση του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα, ωστόσο τα σφάλματα που υπάρχουν στις μετρήσεις βασικών μεγεθών (εισορές Κιούρκων, εκροές Μπογιατίου) καθιστούν μη αξιόπιστη την εφαρμογή της εν λόγω μεθόδου για την εκτίμηση της απορροής.

Για την επέκταση της χρονοσειράς μηνιαίας απορροής για την περίοδο 1957-2008 αναπτύχθηκε ένα εννοιολογικό υδρολογικό μοντέλο, το οποίο αναπαριστά τις κύριες διεργασίες της λεκάνης. Το μοντέλο χρησιμοποιεί ως δεδομένα εισόδου τη βροχόπτωση και τη δυνητική εξατμοδιαπνοή, βάσει

των οποίων εκτιμά την επιφανειακή και υπόγεια απορροή και την εξατμοδιαπνοή. Οι παράμετροι του μοντέλου είναι επτά, και η βαθμονόμησή του έγινε με βάση το αξιόπιστο δείγμα απορροών της περιόδου 1931-32 έως 1956-57. Η προσαρμογή των προσομοιωμένων απορροών του μοντέλου το «παρατηρημένο» δείγμα που έχει εκτιμηθεί από το ισοζύγιο του ταμειυτήρα φαίνεται στο Σχήμα 4.5.

Στον Πίνακα 4.5 δίνονται τα κύρια στατιστικά μεγέθη της απορροής, τόσο για το δείγμα της περιόδου 1931-57 όσο και για το πλήρες δείγμα, μέχρι το υδρολογικό έτος 2007-08. Το μέσο ετήσιο υδατικό δυναμικό της λεκάνης ανέρχεται σε 13.9 hm³, ενώ η μεταβλητότητά του είναι ιδιαίτερα έντονη από χρονιά σε χρονιά.

4.1.6 Ποταμός Ασωπός

Η λεκάνη απορροής του Ασωπού έχει συνολική έκταση 759 km² και το υδατικό δυναμικό της έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν με άντληση των νερών του ποταμού στη θέση Άγιος Θωμάς, όπου έχει κατασκευαστεί μικρό φράγμα υδροληψίας. Ωστόσο, η ποιοτική κατάσταση των υδάτων του Ασωπού σήμερα είναι ιδιαίτερα υποβαθμισμένη, καθιστώντας εντελώς ακατάλληλη τη χρήση τους για ύδρευση (Κεφάλαιο 6). Δεν διατίθενται αξιόπιστα στοιχεία για την εκτίμηση της απορροής της λεκάνης.

4.2 Δυνατότητες άντλησης υπόγειων νερών

4.2.1 Γενικά

Η ΕΥΔΑΠ έχει αναπτύξει γεωτρήσεις σε τρεις υδροφορείς, της Βορειοανατολικής Πάρνηθας, της Υλίκης και του μέσου ρου Βοιωτικού Κηφισού. Οι ετήσιες απολήψεις από τις γεωτρήσεις δίνονται στον Πίνακα 4.6. Η μέγιστη ετήσια ποσότητα ελήφθη το 1993-94, με 104.9 hm³ (εκ των οποίων τα 45.6 hm³ από τις γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου, στον μέσο ρου του Βοιωτικού Κηφισού).

Πίνακας 4.6: Ετήσιες απολήψεις από γεωτρήσεις (hm³).

Υδρ. έτος	Μαυρο- σουβάλα	Νο 3- Νο 4	Μουρική	Ούγγρα	Υπαστο	Ταξιάρχες	ΝΔ Υλίκη	Βασιλικό- Παρόρι	Ιθού σίφωνα	Αυλώνα	Σύνολο
1990-91	0.0	0.0	1.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
1991-92	0.0	0.0	10.9	17.4	3.1	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	41.4
1992-93	12.6	0.0	7.8	15.1	4.0	13.5	12.1	23.2	0.0	0.0	88.3
1993-94	3.2	0.0	4.7	17.3	2.1	9.6	22.4	45.6	0.0	0.0	104.9
1994-95	23.8	0.0	0.4	17.3	0.0	3.9	6.6	10.8	0.0	0.0	62.7
1995-96	16.8	0.0	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6
1996-97	7.2	0.0	0.0	10.8	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7
1997-98	6.3	0.0	0.0	1.6	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
1998-99	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
1999-00	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
2000-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4	1.6
2001-02	13.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6
2002-03	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
2003-04	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
2004-05	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
2005-06	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2006-07	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Μέγιστο	23.8	1.8	10.9	17.4	4.0	13.5	22.4	45.6	1.2	0.4	104.9

4.2.2 Γεωτρήσεις Βορειοανατολικής Πάρνηθας

Σύμφωνα με παλιότερες εκτιμήσεις της ΕΥΔΑΠ (1996), η μέση ετήσια απόδοση των γεωτρήσεων της Βορειοανατολικής Πάρνηθας εκτιμάται σε 55 hm^3 . Αναλυτικά, από τη Μαυροσουβάλα μπορούν να εξασφαλιστούν $100\,000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και από Βίλιζα $30\,000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, ενώ ως ασφαλής απόδοση θεωρούνται τα $50 \text{ hm}^3/\text{έτος}$. Σχετικά πρόσφατες μετρήσεις που διενεργήθηκαν στην περιοχή από το ΙΓΜΕ (Δάνδολος, 2002) δείχνουν ότι δεν έχει μεταβληθεί η μέση στάθμη του υδροφορέα σε σχέση με τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Αυτό συνεπάγεται ότι το δυναμικό του υδροφορέα δεν επηρεάζεται από τυχόν παράνομες γεωτρήσεις, και έτσι αυτός μπορεί να θεωρείται αξιόπιστος εφεδρικός πόρος.

Σε μελέτη του ΥΠΑΝ (2003) δίνονται ορισμένα χαρακτηριστικά για τον εν λόγω υδροφορέα. Η συνολική επιφάνεια τροφοδοσίας του εκτιμάται σε 300 km^2 , η απορροή των πηγών σε 95 hm^3 , ενώ τα ρυθμιστικά αποθέματα σε $60 \text{ hm}^3/\text{έτος}$.

4.2.3 Γεωτρήσεις περιοχής Υλίκης

Στην περιοχή της Υλίκης έχουν διανοιχτεί γεωτρήσεις που ανάλογα με την κοινότητα στην οποία ανήκουν ομαδοποιούνται στο σύστημα Ούγγρων και σε αυτό της ΝΔ Υλίκης.

Σύμφωνα με κάποιες εκτιμήσεις, οι γεωτρήσεις της ΝΔ Υλίκης, οι οποίες τροφοδοτούν την τεχνητή λίμνη της Υλίκης, αντλούν νερό από τις διαφυγές της λίμνης, αλλά ταυτόχρονα τις αυξάνουν, οπότε η χρησιμότητα τους είναι αμφίβολη. Οι γεωτρήσεις Ούγγρων, οι οποίες βρίσκονται στο δυτικό άκρο της Παραλίμνης, αντλούν νερό καλής ποιότητας και το αποδίδουν στη τεχνητή λίμνη της Υλίκης, με παροχετευτικότητα $60\,000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$. Το νερό αυτό αν κατέληγε στην Παραλίμνη θα επιβαρυνόταν με οργανικά φορτία και ιλύ, πράγμα που θα καθιστούσε δαπανηρή την εκμετάλλευσή του. Οι εν λόγω γεωτρήσεις δύνανται να αποδώσουν μέχρι και $20 \text{ hm}^3/\text{έτος}$, αλλά πρέπει να παρακολουθείται στενά η εξέλιξη της περιεκτικότητας σε χλωριόντα (ΕΥΔΑΠ, 1996).

4.2.4 Γεωτρήσεις Βοιωτικού Κηφισού

Οι γεωτρήσεις στην περιοχή του μέσου ρου Βοιωτικού Κηφισού έχουν διανοιχτεί στις περιοχές Βασιλικών και Παρορίου και έχουν σημερινή δυνατότητα ημερήσιας απόληψης $100\,000 \text{ m}^3$. Οι εν λόγω γεωτρήσεις τροφοδοτούν το κανάλι του Μόρνου μέσω του υδραγωγείου Διστόμου και εξασφαλίζουν νερό καλής ποιότητας από καρστικό υδροφορέα υψηλού δυναμικού, ο οποίος τροφοδοτείται από κατεισδύσεις νερού μέσα στην μάζα του Παρνασσού. Οι εν λόγω υδροφορέας αποφορτίζεται μέσω των καρστικών πηγών Μαυρονερίου.

Οι γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου θεωρείται ότι μπορούν να εξασφαλίσουν, με σχετική ασφάλεια, περίπου $25 \text{ hm}^3/\text{έτος}$. Ωστόσο, όπως έχει παρατηρηθεί στο παρελθόν, σε συνθήκες εντατικής εκμετάλλευσής τους προκύπτει σημαντική μείωση του υδατικού δυναμικού του καρστικού υδροφορέα και των γειτονικών πηγών Μαυρονερίου. Οι εν λόγω πηγές είναι οι δεύτερες μεγαλύτερες της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού (μετά τις πηγές Μέλανα), η εκφόρτιση των οποίων αποτελεί σημαντική συνιστώσα των εισροών της Υλίκης.

Επιπλέον πρόβλημα στην αξιοποίηση των γεωτρήσεων αποτελεί η ανταγωνιστικότητά τους με την άρδευση, ακόμα και κατά τη χειμερινή περίοδο. Προφανώς, υπάρχει έντονος ενδοιασμός σχετικά με τις επιπτώσεις των αντλήσεων στο καρστικό σύστημα, ιδιαίτερα στις περιόδους μειωμένης υδροφορίας (άρα και χαμηλής στάθμης του υδροφορέα), κατά τις οποίες αναμένεται να απαιτηθεί εντατική χρήση των γεωτρήσεων. Το εν λόγω ζήτημα απαιτεί διερεύνηση, με χρήση προχωρημένων μοντέλων επιφανειακής και υπόγειας υδρολογίας, σε συνδυασμό με μοντέλα διαχείρισης.

5 Οικονομικά δεδομένα

5.1 Εισαγωγή

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των αντλητικών συγκροτημάτων της ΕΥΔΑΠ, αλλά και τα οικονομικά δεδομένα από το 1988 μέχρι σήμερα, είναι αποθηκευμένα σε βάση δεδομένων την οποία διαχειρίζεται κατάλληλο λογισμικό (Δαμιανόγλου, 1996).

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των αντλιοστασίων μέσης τάσης που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του νερού στην Αθήνα. Συγκεκριμένα, για κάθε εγκατάσταση παρουσιάζεται ο προορισμός, η μέγιστη ημερήσια παροχή (σε χιλιάδες m³), η εγκατεστημένη ισχύς (σε Hp), το μανομετρικό ύψος και τα ύψη αναρρόφησης και κατάθλιψης του νερού (σε m). Επίσης, στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ενεργών γεωτρήσεων και των αντιστοίχων ωστικών αντλιοστασίων.

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίων.

Όνομασία	Προορισμός	Μέγιστη παροχή (× 1000 m ³ /d)	Μανομετρικό ύψος (m)	Ισχύς (Hp)	Ύψος αναρρόφησης (m)	Ύψος κατάθλιψης (m)
Υλίκη	Κεντρικό	560	127	17300	68	181
7η μονάδα	Υλίκη	110	127	3600	70	181
Πλωτά, θέση Γ	Υλίκη	700	27	4880	50	70
Ασωπός	Κεντρικό	310	120	9840	164	280
Βίλιζα	Κεντρικό	490	85	10000	163	239
Άγιος Θωμάς ⁽¹⁾	Βίλιζα	110	90	2580	88	163
No 3	Αυλώνα	150	75	3440	176	229
No 4	Μαλακάσα	340	12	10000	229	237
ΑΔ-1 Δίστομο	Δαύλεια	210	125	7700	122	205
ΑΔ-2 Δίστομο	Τσερέσι	210	125	7700	205	315
ΑΔ-3 Δίστομο	Στενή	210	125	7700	315	415
Γ. Στρατοπέδου	Αυλώνα	10	300	970	10	225
Γ. Βίλιζας-No 1	Booster	12	60	1400	180	200
Κιούρκα	Αδιύλιστο	300	30	3500	227	248
Χελιδονού	Μενίδι	160	63	3440	185	245
Μαυροσουβάλα	Συνδέσμου	15	95	720	150	240
Μαυροσουβάλα	ΕΥΔΑΠ	125	95	9100	150	240

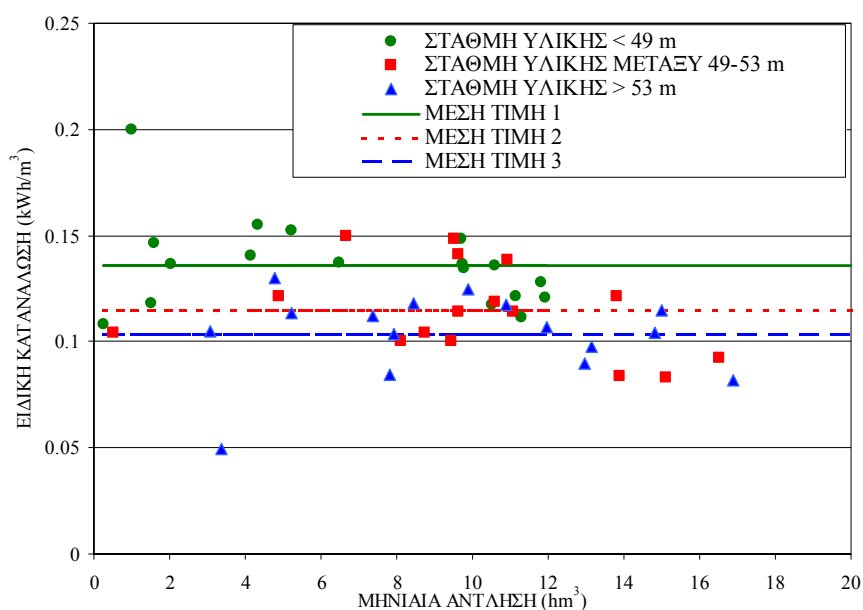
(1) Το αντλιοστάσιο Αγίου Θωμά είναι ανενεργό, εξαιτίας της υποβαθμισμένης ποιοτικής κατάστασης των νερών του Ασωπού.

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά ενεργών γεωτρήσεων και ωστικών αντλιοστασίων.

Όνομασία	Περιοχή	Πλήθος	Ολική ισχύς (Hp)	Όνομαστική παροχή ($\times 1000 \text{ m}^3/\text{d}$)	Πλήθος αντλητικών	Ολική ισχύς ωστικού (Hp)	Τύπος τιμολογίου ΔΕΗ
Βασιλικών-Παρορίου	Δαύλεια	16	4500	156	ΑΔ1, ΑΔ2, ΑΔ3	23100	Γ22 (Χ.Τ.)
Ταξιαρχών	Υλίκη	8	1200	46			Γ22 (Χ.Τ.)
ΝΔ Υλίκης	Υλίκη	14	2450	108			Γ22 (Χ.Τ.)
Ούγγρων	Παραλίμνη	11	1800	70			B1-B (Μ.Τ.)
10ου Σίφωνα	Βίλιζα	7	1740	23	4	500	B1-B
Στρατοπέδου Αυλώνα	Αυλώνας	3	570	11	4	400	B1-B
No 3	Αυλώνα	4	760	13	1	430	B1-B
Μαυροσουβάλας	Μαυροσουβάλα	20	6110	140	15	3780	B1-B

5.2 Κόστος άντλησης νερού

Οι λογαριασμοί ρεύματος των αντλιοστασίων διαμορφώνονται όχι μόνο από την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται αλλά και από άλλες παραμέτρους, όπως τη χρονική ομοιομορφία στην κατανάλωση (εκφράζεται από τον συντελεστή χρήσης) ή την υπέρβαση στη συμφωνημένη ποσότητα. Έτσι, για παράδειγμα, ενώ οι σταθμοί παραγωγής και το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ επιβαρύνονται σημαντικά από τις ξαφνικές απαιτήσεις ισχύος, είναι προφανές ότι μια χρονικά κατανεμημένη κατανάλωση (με υψηλό συντελεστή χρήσης) απαιτεί μικρότερες πάγιες επενδύσεις από την ΔΕΗ, και τελικά επιβραβεύει τον πελάτη με μικρότερο κόστος ενέργειας κατά τον υπολογισμό του λογαριασμού. Η περιγραφή των διαφόρων παραμέτρων, καθώς και ο τρόπος που αυτές επιδρούν στο τελικό τιμολόγιο περιγράφονται αναλυτικά από τον Δαμιανόγλου (1996).



Σχήμα 5.1: Σχέση μεταξύ ειδικής κατανάλωσης, μηνιαίας άντλησης και στάθμης Υλίκης.

Πίνακας 5.3 Στατιστικά χαρακτηριστικά ειδικής κατανάλωσης αντλιοστασίων.

Αντλιοστάσιο	Όριο (hm ³)	Στατιστικά χαρακτηριστικά		
		Μέση τιμή (kWh/m ³)	Τυπική απόκλιση (kWh/m ³)	Συντελεστής διασποράς
Υλίκη	>1	0.48	0.04	0.09
7η μονάδα	>0.5	0.52	0.03	0.06
Πλωτά, θέση Β	Χωρίς	0.10	0.02	0.20
Πλωτά, θέση Γ	Χωρίς	0.11	0.02	0.17
Ασωπός	Χωρίς	0.44	0.06	0.14
Βίλιζα	> 0.5	0.31	0.04	0.13
Booster	> 3	0.04	0.00	0.11
Άγιος Θωμάς (ανενεργό)	> 0.1	0.54	0.19	0.36
No 3	Χωρίς	0.76	0.46	0.61
No 4	>1.1	0.06	0.15	2.50
ΑΔ-1 Δίστομο	Χωρίς	0.44	0.04	0.09
ΑΔ-2 Δίστομο	Χωρίς	0.47	0.03	0.07
ΑΔ-3 Δίστομο	Χωρίς	0.39	0.06	0.15
Γ. Βίλιζας-No 10.	> 0.2	0.25	0.07	0.29
Χελιδονού	Χωρίς	0.30	0.06	0.20
Κιούρκα	>1.0	0.11	0.05	0.21
Μαυροσουβάλα (Σ)	Από 1997	1.00	0.46	0.46
Μαυροσουβάλα (ΕΥΔΑΠ)	> 0.1	1.53	0.72	0.47
Γ. 10ου Σίφωνα	Χωρίς	1.05	0.32	0.31
Γ. Βασιλικών	Χωρίς	0.23	0.03	0.14
Γ. ΝΔ Υλίκης	Χωρίς	0.50	0.11	0.22
Γ. Ούγγρας	Χωρίς	0.52	0.16	0.31

Στην παρούσα προσέγγιση, η εκτίμηση του κόστους άντλησης νερού για κάθε αντλιοστάσιο προκύπτει με βάση τα ιστορικά μηνιαία δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας σε kWh και τις αντίστοιχες ποσότητες νερού που αντλήθηκαν, σε hm³. Στα Σχήματα Α14 έως Α39 του Παραρτήματος Α παρουσιάζεται, για κάθε αντλιοστάσιο, η σχέση μεταξύ αντλούμενων ποσοτήτων και της ειδικής κατανάλωσης, δηλαδή της ενέργειας που καταναλώθηκε ανά m³ νερού που αντλήθηκε. Τα σημεία τα οποία αντιστοιχούν στο τρέχον έτος έχουν συμβολίζονται με τετράγωνα. Από τα σχήματα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι, σε όλα σχεδόν τα αντλιοστάσια, η ειδική κατανάλωση είναι μεγαλύτερη τους μήνες κατά τους οποίους η αντλούμενη ποσότητα είναι μικρή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αυξημένη κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για να ξεκινήσουν οι κινητήρες των αντλιοστασίων ενώ, στη συνέχεια, και όσο συνεχίζεται η άντληση, η κατανάλωση ενέργειας σταθεροποιείται.

Ακόμη, με βάση τα μηνιαία δεδομένα κάθε αντλιοστασίου και ομάδας γεωτρήσεων υπολογίστηκαν τα στατιστικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συντελεστής διασποράς) της ειδικής κατανάλωσης, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3. Σε πολλά αντλιοστάσια τέθηκε ένα όριο (παρουσιάζεται επίσης στον Πίνακα 5.3), κάτω από το οποίο δεν λήφθηκαν υπόψη οι μήνες με μικρές ποσότητες άντλησης για τον υπολογισμό των στατιστικών χαρακτηριστικών. Το όριο τέθηκε για να αποφευχθεί η υπερεκτίμηση του ενεργειακού κόστους, δεδομένου ότι η περιστασιακή λειτουργία των αντλιοστασίων ανεβάζει σημαντικά την ειδική κατανάλωση.

Τονίζεται ότι η προσέγγιση που παρουσιάζεται εδώ για την εκτίμηση της ειδικής κατανάλωσης κάθε αντλιοστασίου προϋποθέτει κανονική λειτουργία των εγκαταστάσεων. Σε έκτακτες περιπτώσεις (π.χ.

βλάβες), κατά τις οποίες πρέπει ορισμένα αντλιοστάσια να λειτουργήσουν περιστασιακά, το κόστος λειτουργίας είναι πολύ μεγαλύτερο, καθώς μειώνεται σημαντικά ο συντελεστής χρήσης.

Η λειτουργία της Υλίκης περιλαμβάνει διάφορες θέσεις αντλητικών διατάξεων, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4. Ειδικότερα, για το αντλιοστάσιο των πλωτών Γ εξετάστηκε η επίδραση της στάθμης της λίμνης στην ειδική κατανάλωση. Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ των αντλούμενων ποσοτήτων και της ειδικής κατανάλωσης για τρεις διαφορετικές περιοχές της στάθμης της λίμνης. Από τα δεδομένα του Σχήματος 5.1 διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά στην ειδική κατανάλωση για διαφορετικές στάθμες της λίμνης και την ίδια αντλούμενη ποσότητα.

Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικές στάθμες Υλίκης – Στάδια λειτουργίας αντλιοστασίων.

Θέση	Στάθμη (m)	Μικτό απόθεμα (hm ³)
A Θέση - 'Εναρξη	64.00	269.0
A Θέση - Παύση	56.50	149.1
Γ Θέση - 'Εναρξη	58.30	175.6
Γ Θέση - Παύση	49.00	58.0
Ε Θέση - 'Εναρξη	50.30	71.3
Ε Θέση - Παύση	45.60	26.1
Z Θέση - 'Εναρξη	47.50	43.2
Z Θέση - Παύση	44.00	13.2

6 Περιβαλλοντικές όψεις της διαχείρισης

Στη διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας υπεισέρχεται ασφαλώς πληθώρα περιβαλλοντικών ζητημάτων. Στο παρόν διαχειριστικό σχέδιο τίγονται μόνον τέσσερις πτυχές του προβλήματος της διαχείρισης:

- η ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού στις πηγές (ποτάμια, υδροφορείς)·
- η ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού στην είσοδο των μονάδων επεξεργασίας νερού (ΜΕΝ)·
- η παραγωγή και η εξοικονόμηση υδροηλεκτρικής ενέργειας·
- διάφορες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις, κυρίως υπό τη μορφή οικολογικής παροχής.

Βέβαια, με τη διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος στο σύνολό του συνδέονται και πολλά άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως, για παράδειγμα, η διαχείριση της λάσπης στις ΜΕΝ και η ποιότητα του επεξεργασμένου νερού. Επειδή, όμως, τέτοια θέματα είναι δυνατόν, σε πρώτη προσέγγιση, να αποσυνδεθούν από τη διαχείριση του συστήματος των εξωτερικών υδραγωγείων, δεν εξετάζονται. Ακόμη, δεν εξετάζεται το θέμα της ποιότητας των τοπικών υδατικών πόρων της Αττικής οι οποίοι χρησιμοποιούνται από μερικούς δήμους της περιοχής.

Σύμφωνα με τις εργαστηριακές αναλύσεις ποιότητας νερού στους υδατικούς πόρους, στα εξωτερικά υδραγωγεία και στην είσοδο των διυλιστηρίων της ΕΥΔΑΠ:

- τα νερά Ευήνου και Μόρνου κατατάσσονται στην κατηγορία Α1 (πολύ καλή ποιότητα)·
- τα νερά Βοιωτικού Κηφισού, Υλίκης, Παραλίμνης και Μαραθώνα κατατάσσονται σε κατηγορίες που κυμαίνονται στο φάσμα τιμών Α2 προς Α1 (καλή ποιότητα).

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδάτων του Ευήνου και του Μόρνου, καθώς και των υδάτων που εισέρχονται στα διυλιστήρια, δίνονται στο Παράρτημα Γ (Μπονάζοντας κ.ά., 2000).

Με βάση τα παραπάνω, οι υδατικοί πόροι που προορίζονται για την ύδρευση της Αθήνας:

- είναι καλής ποιότητας, ακόμη και στις περιόδους ξηρασίας, ήτοι με χαμηλή στάθμη ταμιευτήρων·
- οφείλουν να παραμείνουν καλής ποιότητας·
- είναι ανώτερης ποιότητας από αυτούς που διατίθενται για ύδρευση σε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

6.1 Ποιότητα ανεπεξέργαστου νερού στις πηγές

6.1.1 Ποταμός Εύηνος

Σύμφωνα με την εγκεκριμένη *Μελέτη διαχείρισης των υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης Ευήνου και υδρογεωλογική μελέτη για το καρστικό σύστημα του Ευήνου* (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1996), η οποία συνοψίζει τα συμπεράσματα της επίσης εγκεκριμένης *Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την κατασκευή του φράγματος Αγ. Δημητρίου* (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1993), τα νερά του Ευήνου είναι στο σύνολο του ποταμού, πλην του δέλτα, άριστα οξυγονωμένα και δεν επιβαρύνονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η κατασκευή των έργων και η πλήρωση του ταμιευτήρα ασφαλώς έχουν δυσμενείς επιδράσεις στην πανίδα και τη χλωρίδα της λεκάνης του Ευήνου, αλλά οι επιδράσεις αυτές έχουν τοπικό χαρακτήρα. Εξ άλλου, το φυσικό περιβάλλον της περιοχής δεν θεωρείται υψηλής οικολογικής αξίας. Η μείωση της παροχής του ποταμού έχει, βέβαια, σοβαρές συνέπειες στο περιβάλλον αμέσως κατάντη του φράγματος αλλά αυτές αμβλύνονται προς τα κατάντη με την εισροή νερών από τους

παραποτάμους του Ευήνου. Στο παρελθόν, έχουν εκφραστεί φόβοι για τις επιπτώσεις στην υδροφορία του δέλτα, την τροφοδοσία των πηγών Ναυπάκτου, την τροφοδοσία σε φερτά των λιμνοθαλασσών της περιοχής και την οικολογική κατάσταση στο δέλτα. Η περιοχή του δέλτα παρουσιάζει έντονες ανθρωπογενείς επιδράσεις, κυρίως με τη μορφή της αγροτικής ανάπτυξης που είναι εντατικοποιημένη και έχει αποτέλεσμα τον περιορισμό της φυσικής περιοχής σε μικρή έκταση στις εκβολές. Έντονη είναι κυρίως η επίδραση στην παροχή του ποταμού κατάντη της γέφυρας Ευηνοχωρίου από τις απολήψεις νερού για άρδευση (κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η παροχή του Ευήνου από το ύψος της γέφυρας Ευηνοχωρίου μέχρι το ύψος εκβολής στον ποταμό της προσαγωγού διώρυγας Δ28 μεταφοράς νερού από τη λίμνη Λυσιμαχία πρακτικά μηδενίζεται). Αντίθετα, η σημερινή εκμετάλλευση των νερών του ποταμού δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών ούτε την υπόγεια υδροφορία του δέλτα, η οποία είναι πλούσια.

6.1.2 Ποταμός Μόρνος

Την εποχή της κατασκευής του έργου του Μόρνου δεν εκπονήθηκε σχετική μελέτη για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου αυτού. Αντίθετα, επικρατούσε η άποψη της απόλυτης προτεραιότητας της ύδρευσης της πρωτεύουσας, ανεξάρτητα από το περιβαλλοντικό κόστος του εγχειρήματος (Kallis and Coccossis, 2000). Στην κοιλάδα του Μόρνου και το δέλτα του ποταμού υφίστανται σημαντικά οικοσυστήματα. Η πλήρης διακοπή της ροής κατάντη του φράγματος κατά τους ξηρούς μήνες έχει, ασφαλώς, μεγάλες επιπτώσεις στα ποτάμια οικοσυστήματα. Η κατασκευή του φράγματος θεωρείται ότι έχει αλλάξει ανεπιστρεπτί το τοπίο της περιοχής.

6.1.3 Ποταμός Β. Κηφισός - Λίμνη Υλίκη - Υδροφορείς Β. Κηφισού

Για την ευρύτερη λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού έχει εκπονηθεί, κατά τη διάρκεια της τελευταίας, λειψυδρίας, η *Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων αρδευτικών και υδρευτικών έργων στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού* (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1993) που αφορά τόσο τα έργα ύδρευσης της Αθήνας (νέες και παλαιές γεωτρήσεις) όσο και τα αρδευτικά και αντιπλημμυρικά έργα της περιοχής. Η μελέτη αυτή οδήγησε στον καθορισμό περιβαλλοντικών όρων. Μερικοί από αυτούς αποτελούν περιορισμούς στη διαχείριση των επιφανειακών και των υπόγειων νερών της λεκάνης. Από τα συμπεράσματα εκείνης της εγκεκριμένης μελέτης σχετικά με την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των απολήψεων υπόγειου νερού για ύδρευση της Αθήνας σημειώνουμε μόνον εκείνα που εισάγουν ποσοτικούς περιορισμούς στη διαχείριση του νερού. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Το ετήσιο υδατικό δυναμικό της περιοχής εκτιμάται σε 250 hm^3 και οι ετήσιες αρδευτικές ανάγκες σε 110 hm^3 (170 hm^3 για άρδευση εκ των οποίων τα 60 hm^3 επιστρέφουν ως στραγγίσματα), οπότε η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα νερού μέσω του υδραγωγείου Διστόμου και της Διώρυγας Καρδίτσας δεν υπερβαίνει τα 140 hm^3 .
- Σε περίπτωση ξηρασίας, οι απολήψεις για άρδευση πρέπει να μειωθούν έτσι ώστε να αυξηθεί ισόποσα η ποσότητα νερού για ύδρευση της Αθήνας πέραν των $140 \text{ hm}^3/\text{έτος}$. Με τον τρόπο αυτό δεν διαταράσσονται τα μόνιμα αποθέματα υπόγειου νερού.
- Σε περίπτωση έντονης ξηρασίας και για μικρό χρονικό διάστημα, είναι δυνατό να επιτραπούν απολήψεις από τα μόνιμα αποθέματα υπόγειου νερού.
- Σε κάθε περίπτωση άντλησης υπόγειου νερού, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η προκαλούμενη μείωση της παροχής των κατάντη πηγών και η συνακόλουθη μείωση της ποσότητας του νερού που τροφοδοτεί την Υλίκη.
- Η ελάχιστη ημερήσια παροχή στις πηγές Μέλανα (Χαρίτων) στην περιοχή του Ορχομενού θα πρέπει να είναι ίση με το 25% της ελάχιστης θερινής ($2.2 \text{ m}^3/\text{s}$) και, σε κάθε περίπτωση, όχι μικρότερη των $0.550 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Η ελάχιστη ημερήσια παροχή στις πηγές Πολυγύρας θα πρέπει να είναι ίση με το 25% της ελάχιστης θερινής και, σε κάθε περίπτωση, όχι μικρότερη των 0.140 m³/s·
- Το ελάχιστο ύψος νερού στο τέλμα των πηγών Μαυρονερίου πρέπει να είναι 0.5 m.

Επισημαίνεται, επίσης, το πρόβλημα της αγροτικής ανάπτυξης της περιοχής και της συνακόλουθης επιβάρυνσης των νερών του Βοιωτικού Κηφισού, της Υλίκης και των υπόγειων νερών. Ειδικότερα επισημαίνονται:

- Η ανάγκη αυστηρού ελέγχου της ρύπανσης από τις 120 βιομηχανίες της περιοχής·
- Η ανάγκη της συγκράτησης και αναστροφής της αυξητικής τάσης των ρυπαντικών φορτίων, κυρίως σε νιτρικά άλατα, που καταλήγουν στις λεκάνες που ενδιαφέρουν και προέρχονται από την εντατικοποίηση των αγροτικών δραστηριοτήτων στην περιοχή·
- Η ανάγκη στενής παρακολούθησης των ρυπαντικών φορτίων που εισάγονται στο σύστημα των υδατικών πόρων της Αθήνας από τα επεξεργασμένα ή όχι οικιακά λύματα των οικισμών της περιοχής (κυρίως της Θήβας και της Λειβαδιάς) αλλά και τον αυτοκινητόδρομο Αθηνών-Θεσσαλονίκης·
- Η αποφυγή στο μέλλον, των ιδιαίτερα επικίνδυνων για την ποιότητα των νερών της Υλίκης καλλιεργητικών πρακτικών που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της λειψυδρίας 1989-93, οπότε έγινε κατάληψη και καλλιέργεια, με έντονη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, εκτάσεων της λίμνης μετά τον καταβιβασμό της στάθμης της.

6.1.2 Ποταμός Χάραδρος

Οι λεκάνες του χειμάρρου Χάραδρου και του ρέματος Σταμάτας, των οποίων τα νερά αποθηκεύονται στον ταμιευτήρα του Μαραθώνα, αποτελούν τυπικό παράδειγμα αρχικά εξωαστικών λεκανών που, σταδιακά, με την πρόοδο της αστικής ανάπτυξης υφίστανται ολοένα μεγαλύτερες περιβαλλοντικές πιέσεις με συνέπειες, μεταξύ άλλων, και στην ποιότητα των νερών που καταλήγουν στον ταμιευτήρα Μαραθώνα. Επισημαίνονται ιδιαίτερα τα προβλήματα που δημιουργεί η ανεξέλεγκτη οικιστική ανάπτυξη της περιοχής των λεκανών με την απόρριψη λυμάτων και μπαζών στους συμβάλλοντες στον ταμιευτήρα χειμάρρους, η πλημμελής παρακολούθηση της ρύπανσης που προέρχεται από την «μικρή βιομηχανική ζώνη» κοντά τον ταμιευτήρα (δύο βιομηχανίες τροφίμων). Τέλος, τονίζεται η ανάγκη επιτάχυνσης της απόκτησης του πλήρους ελέγχου από την ΕΥΔΑΠ του αποχετευτικού συστήματος των οικισμών της περιοχής, και ιδιαίτερα του Αγίου Στεφάνου.

6.2 Ποιότητα ανεπεξέργαστου νερού μετά την είσοδο στο σύστημα

Η ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού που φθάνει στις μονάδες επεξεργασίας νερού (MEN) είναι εξαιρετικά καλή (Μαλικοπούλου, 2000). Προκαθορισμένα σημεία δειγματοληψίας για τον έλεγχο της ποιότητας του ανεπεξέργαστου νερού είναι τα ακόλουθα:

- στους ταμιευτήρες και τα σημεία εισροής χειμάρρων ή ποταμών σε αυτούς·
- στις γεωτρήσεις·
- στους πύργους υδροληψίας·
- στην είσοδο των ταχυδιυλιστηρίων κατά μήκος του καναλιού του Μόρνου·
- στις εισόδους των τεσσάρων MEN στην Αττική.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων, η φόρτιση του νερού είναι χαμηλή σε σχέση με τα όρια της Οδηγίας 80-778 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

6.3 Παραγωγή και εξοικονόμηση υδροηλεκτρικής ενέργειας

Η πολλαπλότητα των συστημάτων και των εγκαταστάσεων που διαθέτει η ΕΥΔΑΠ προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες ανάπτυξης της εταιρείας στους τομείς της παραγωγής και της εξοικονόμησης ενέργειας. Στο παρόν κείμενο, γίνεται αναφορά μόνον στην παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μείωσης των αντλήσεων. Αυτές είναι, εξ άλλου, οι μόνες πτυχές στον τομέα της ενέργειας και σχετίζονται άμεσα με τη διαχείριση των εξωτερικών υδραγωγείων.

Τα υφιστάμενα, τα υπό κατασκευή και προγραμματισμένα για το άμεσο μέλλον υδροηλεκτρικά έργα, φαίνονται στον Πίνακα 2.11.

Η βελτιστοποίηση της διαχείρισης του δικτύου των εξωτερικών υδραγωγείων θα επιτρέψει εξοικονόμηση ενέργειας κυρίως λόγω:

- της μείωσης των απαιτούμενων αντλήσεων από το σύστημα των ωστικών αντλιοστασίων και των γεωτρήσεων.
- της μείωσης των απαιτούμενων αντλήσεων από τα ωστικά αντλιοστάσια του Υδραγωγείου Υλίκης.

Τα παραπάνω ισχύουν βέβαια εφόσον το σύστημα Μόρνου-Ευήνου δεν επαρκεί, οπότε αντλείται νερό της Υλίκης ή και των γεωτρήσεων.

6.4 Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων στα οικοσυστήματα και στο δέλτα του ποταμού Ευήνου από τη μείωση της ροής λόγω της λειτουργίας του φράγματος Αγίου Δημητρίου, προβλέπεται η διατήρηση μόνιμης παραμένουσας ροής κατάντη του φράγματος ίσης με $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$, όση δηλαδή η μέση θερινή μηνιαία παροχή στη θέση αυτή. Η παροχή αυτή θα συμβάλει στην άμβλυνση των επιπτώσεων στο ποτάμιο οικοσύστημα κατάντη του φράγματος, και ειδικότερα στο τμήμα αμέσως κατάντη μέχρι τη συμβολή των πρώτων σημαντικών παραποτάμων (σε απόσταση 15 km περίπου) αλλά και στο δέλτα. Ανάλογα με το διαθέσιμο δυναμικό στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα εξασφάλισης ή και αύξησης της παραμένουσας ροής.

Ο ταμιευτήρας Μόρνου δεν διαθέτει διάταξη «ελεγχόμενης εκκένωσης» για οικολογικούς ή αρδευτικούς σκοπούς. Η ΕΥΔΑΠ δεν είναι διατεθειμένη να διακινδυνεύσει λειτουργία μέσω των θυροφραγμάτων εκκένωσης του ταμιευτήρα, αφού η επισκευή τους σε περίπτωση βλάβης είναι εξαιρετικά δυσχερής.

Ο ταμιευτήρας Μαραθώνα διαθέτει αποδέκτη των υπερχειλίσεων με σημαντικά μικρότερη παροχευτικότητα από την αρχική, αυτή του χειμάρρου Χάραδρου. Η μείωση της παροχευτικότητας οφείλεται σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις όπως καταπατήσεις, έργα οδοποιίας ή άλλες επεμβάσεις κοντά στην κοίτη του ποταμού. Το γεγονός ότι η υπερχειλίση του ταμιευτήρα θα οδηγήσει σε καταστροφές ή ακόμα και απώλειες ζωής λαμβάνεται υπόψη κατά την εκπόνηση των σεναρίων διαχείρισης, υιοθετώντας συντηρητικότερες (χαμηλότερες) στάθμες λειτουργίας του ταμιευτήρα (βλ. 8.3.3). Είναι φανερό ότι αυτή η κατάσταση είναι δυσάρεστη για την ΕΥΔΑΠ, αφού μειώνει τον ρυθμιστικό όγκο του. Πάντως, θα πρέπει να τονιστεί ότι το ενδεχόμενο υπερχειλίσης του ταμιευτήρα σε κάποιο εξαιρετικό πλημμυρικό γεγονός, και οι συνακόλουθες καταστροφικές συνέπειες στα κατάντη, δεν μπορούν να αποκλειστούν.

Η λίμνη Υλίκη περιβάλλεται από έντονα καρστικοποιημένους σχηματισμούς και παρουσιάζει έντονες διαρροές στις συνήθεις στάθμες άνω των +48.5 m. Οι διαρροές εν μέρει τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφορείς της περιοχής και το υπόλοιπο άγεται προς τη θάλασσα. Η βελτιστοποίηση της διαχείρισης

της λίμνης, με λιγότερες υπερχειλίσεις και λιγότερες εξαιρετικά χαμηλές στάθμες, θα έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση των υδροφορέων, η οποία είναι σε κάθε περίπτωση επιθυμητή. Ακόμη, για περιβαλλοντικούς, λειτουργικούς και στατικούς λόγους, η ΕΥΔΑΠ κρίνει σκόπιμη την διατήρηση ελάχιστης ροής στο Υδραγωγείο Υλίκης σε συνεχή χρονική βάση 20 000 m³/d.

Ο Ασωπός ποταμός διαθέτει φράγμα υδροληψίας χωρίς δυνατότητα ταμίευσης. Η απόρριψη σημαντικών ποσοτήτων λυμάτων τον αχρηστεύει ουσιαστικά για αρδευτική ή άλλη χρήση και τον καθιστά το μείζον πρόβλημα της περιοχής. Σε περίπτωση μελλοντικής ποιοτικής αναβάθμισής του, η απόληψη από αυτόν αναμένεται να είναι περιβαλλοντικά ουδέτερη. Όμως θα υπάρξει έμμεση ωφέλεια, αφού το διαχειριστικό σύστημα θα μπορεί να υλοποιήσει σενάρια μικρότερης απόληψης από τη λίμνη Υλίκη και τις υδρογεωτρήσεις.

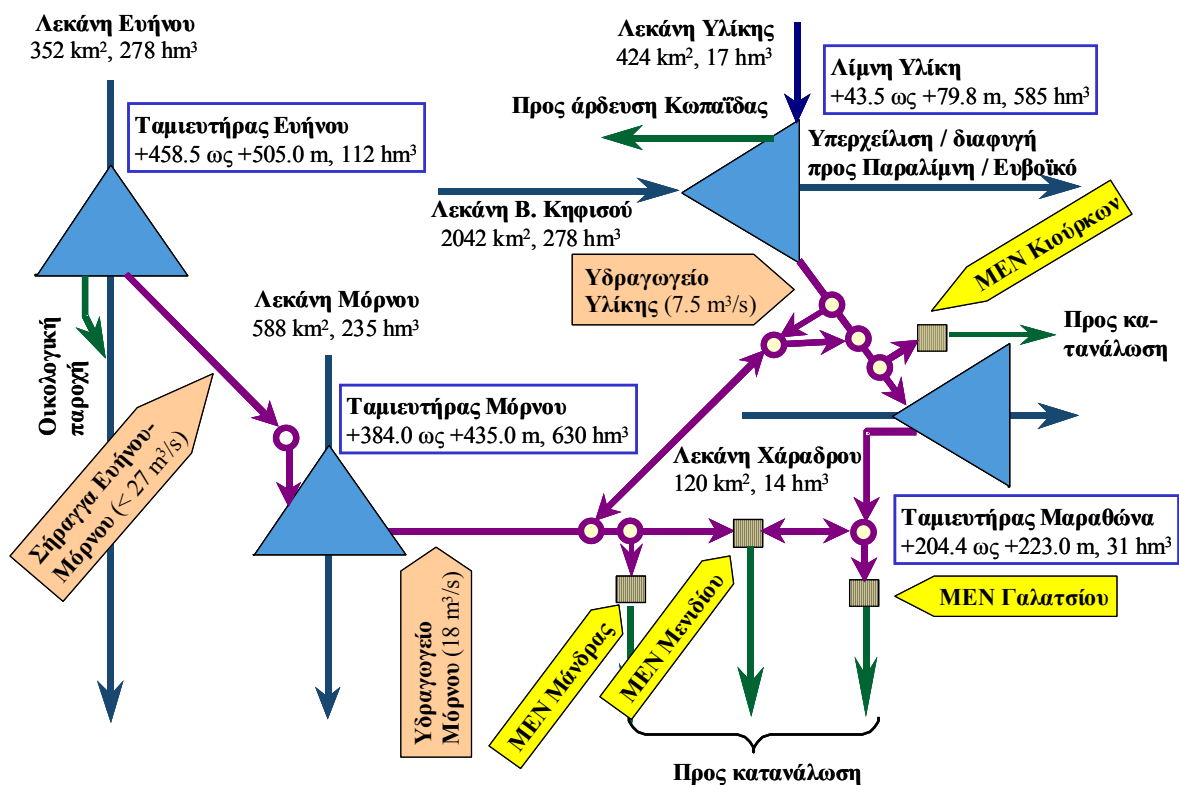
Οι υδρογεωτρήσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτές στις οποίες η απόληψη είναι σημαντικά μικρότερη από την προσαγωγή στον υδροφορέα (Βασιλικά, Παρόρι, Ούγγρα, 10ος σίφων Βίλιζας, Νο 3, Νο 4, Βίλιζας, Μαυροσουβάλα) και εκείνες στις οποίες η απόληψη δημιουργεί προβλήματα, όπως σημαντική ταπείνωση της στάθμης, μείωση της παροχής των πηγών, υφαλμύρωση, κλπ. Τέτοιες γεωτρήσεις απαντώνται στις περιοχές Μουρικού, Υπάτου, Αγ. Θωμά, Ευαγγελιστών, Καλάμου και Ρεβιθίας Καλάμου. Η τεκμηριωμένη διαχείριση θα επισημάνει έγκαιρα την ανάγκη εκτέλεσης νέων έργων ώστε να καταστεί δυνατή η οριστική εγκατάλειψη των γεωτρήσεων στις παραπάνω περιοχές.

Οι γεωτρήσεις των περιοχών Ταξιαρχών και ΝΔ Υλίκης αποτελούν ξεχωριστή περίπτωση. Σε στάθμες της λίμνης μεγαλύτερες των +48.5 m υπάρχει ισχυρότατη επικοινωνία μεταξύ της λίμνης και των υδροφορέων, με αποτέλεσμα η λειτουργία των γεωτρήσεων να μην έχει κανένα νόημα. Σε χαμηλές στάθμες της λίμνης υπάρχει ραγδαία πτώση του υδροφορέα μετά από εντατική άντληση, με συνέπεια να δημιουργούνται προβλήματα στις αρδευτικές γεωτρήσεις της περιοχής, ενώ δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος υφαλμύρωσης. Είναι βέβαιο ότι στο μέλλον οι εποπτεύοντες φορείς δεν θα επιτρέπουν την λειτουργία γεωτρήσεων που παρουσιάζουν τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν. Από την άλλη πλευρά, δεν θα επιτρέπεται η απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων και βοθρολυμάτων σε ποταμούς. Όπως έχει αναφερθεί στο εδάφιο 6.1.3, έχουν ήδη τεθεί ποσοτικοί περιορισμοί ως προς την εκμετάλλευση των υδροφορέων του Βοιωτικού Κηφισού.

7 Μεθοδολογικό πλαίσιο διαχείρισης υδροδοτικού συστήματος

7.1 Γενικά

Η διαχείριση του συστήματος υδατικών πόρων της ΕΥΔΑΠ συνίσταται στον καθορισμό των απολήψιμων ποσοτήτων από τους ταμιευτήρες και τους υδροφορείς καθώς και τον τρόπο διοχέτευσής τους στο δίκτυο των εξωτερικών υδραγωγείων, ώστε να εξασφαλίζεται η μακροπρόθεσμη επάρκεια των πόρων ύδρευσης της Αθήνας με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Ως δίκτυο εξωτερικών υδραγωγείων νοείται το σύνολο των αγωγών και λοιπών έργων (π.χ. αντλιοστάσια) από την έξοδο των ταμιευτήρων μέχρι και τα διυλιστήρια. Μια σχηματική παρουσίαση του συστήματος απεικονίζεται στο Σχήμα 7.1. Το σχήμα αυτό είναι αρκετά απλουστευτικό, αφού δεν περιλαμβάνει τις γεωτρήσεις και τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Η μεθοδολογία διαχείρισης και τα υπολογιστικά εργαλεία (μοντέλα, λογισμικά) που αναπτύχθηκαν από το ΕΜΠ στα πλαίσια του ερευνητικού έργου *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας (1999-2003)* περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω.



Σχήμα 7.1: Σχηματική απεικόνιση του υδροδοτικού συστήματος της ΕΥΔΑΠ και χαρακτηριστικά του μεγέθη (έκταση και μέση ετήσια εισροή των λεκανών απορροής, μέγιστη στάθμη, ελάχιστη στάθμη και ωφέλιμη χωρητικότητα ταμιευτήρων, παροχετευτικότητα αγωγών).

7.2 Συνοπτική περιγραφή του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος

7.2.1 Στόχοι και συνιστώσες του συστήματος

Στα πλαίσια του προαναφερθέντος ερευνητικού έργου αναπτύχθηκε ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (ΣΥΑ), το οποίο χρησιμοποιείται επιχειρησιακά από την ΕΥΔΑΠ για την εποπτεία και διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος. Το έργο ολοκληρώθηκε το 2004, και από τα τέλη του 2008 βρίσκεται σε εξέλιξη μια νέα ερευνητική συνεργασία μεταξύ ΕΜΠ και ΕΥΔΑΠ, με στόχο τη συντήρηση και αναβάθμιση του υπολογιστικού συστήματος.

Στην υφιστάμενη μορφή του, το ΣΥΑ περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνιστώσες (υποσυστήματα):

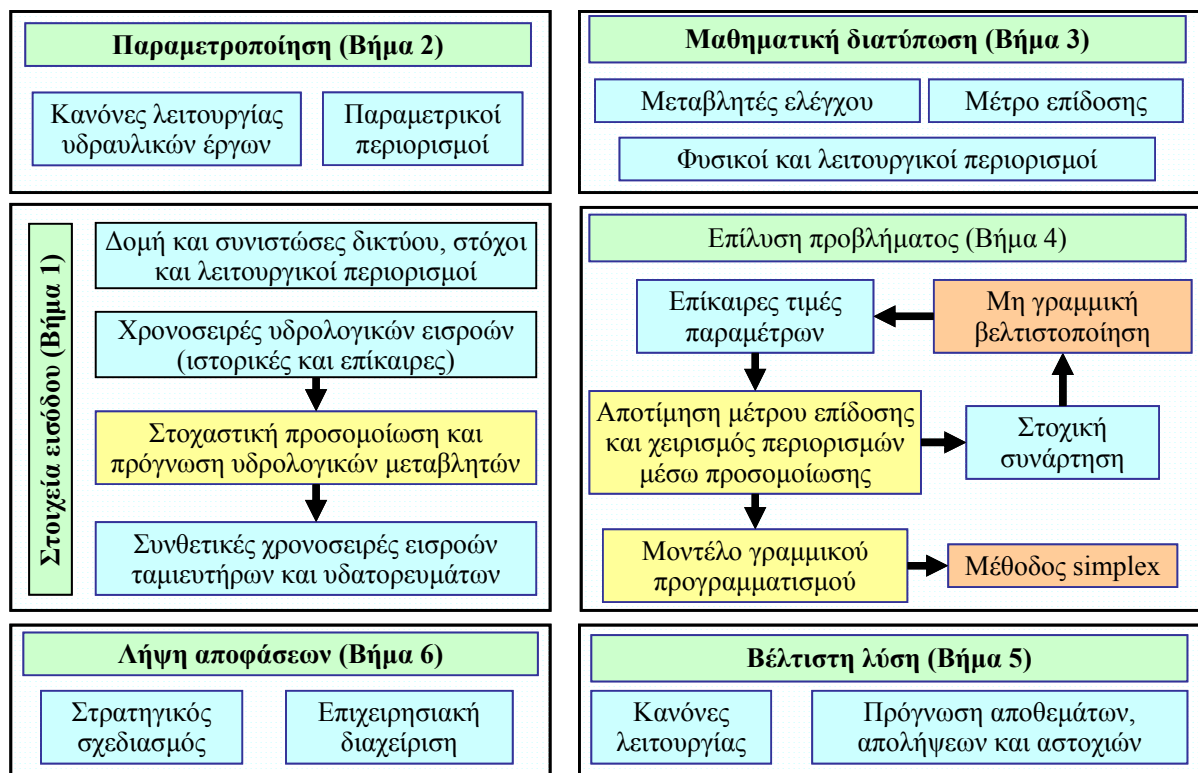
- α) *Σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας για την απεικόνιση και εποπτεία του υδροδοτικού συστήματος*, που περιλαμβάνει ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και γεωγραφικής πληροφορίας, με τα απαραίτητα δεδομένα και τα κατάλληλα υπολογιστικά εργαλεία (λογισμικό *Υδρογνώμων*).
- β) *Σύστημα μέτρησης των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, που περιλαμβάνει ένα δίκτυο αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών μέτρησης υδρολογικών και μετεωρολογικών μεταβλητών.
- γ) *Σύστημα εκτίμησης και πρόγνωσης των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, που περιλαμβάνει το λογισμικό *Κασταλία*, που υλοποιεί ένα μοντέλο στοχαστικής προσομοίωσης και πρόγνωσης των εισροών των ταμιευτήρων, καθώς και ένα μοντέλο προσομοίωσης του υδρολογικού κύκλου στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού.
- δ) *Σύστημα υποστήριξης της διαχείρισης των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, που αποτελεί το κεντρικό διαχειριστικό εργαλείο και περιλαμβάνει το μοντέλο προσομοίωσης και βελτιστοποίησης του υδροσυστήματος (λογισμικό *Υδρονομέας*).

Το ΣΥΑ δίνει απαντήσεις σε ερωτήματα της μορφής:

- Ποια είναι η μακροπρόθεσμη απόδοση του υδροσυστήματος για δεδομένο επίπεδο αξιοπιστίας;
- Με ποια ελάχιστη πιθανότητα αστοχίας μπορούν να επιτευχθούν οι στόχοι και περιορισμοί (ποσοτικοί, ενεργειακοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί) στη χρήση νερού που προβλέπει ένα διαχειριστικό σενάριο και με ποια μέτρα και τρόπους διαχείρισης;
- Ποιο είναι το ελάχιστο κόστος λειτουργίας του συστήματος με το οποίο εξασφαλίζεται η επίτευξη των διαφόρων χρήσεων νερού με δεδομένο επίπεδο αξιοπιστίας; Με ποια μέτρα και τρόπους διαχείρισης επιτυγχάνεται αυτός ο στόχος;
- Ποιες είναι οι επιπτώσεις υδροκλιματικών αλλαγών στο υδροσύστημα, κυρίως όσον αφορά τους στόχους χρήσης νερού που έχουν τεθεί καθώς και την οικονομική συνιστώσα;
- Ποιες θα είναι οι επιπτώσεις από την εφαρμογή μιας συγκεκριμένης διαχειριστικής πολιτικής (π.χ. πολιτική απολήψεων από Υλίκη και γεωτρήσεις) σε βραχυπρόθεσμο και μεσοπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα;
- Ποιες θα είναι οι επιπτώσεις αλλαγών (π.χ., κατασκευή νέων έργων, επεκτάσεις δικτύων) ή έκτακτων περιστατικών (π.χ., μακροχρόνιες βλάβες) στο υφιστάμενο σύστημα;

7.2.2 Μεθοδολογία προσομοίωσης και βελτιστοποίησης του υδροσυστήματος

Η μεθοδολογία διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, όπως έχει υλοποιηθεί στο λογισμικό *Υδρονομέας*, βασίζεται σε πρωτότυπη ερευνητική εργασία (Nalbantis and Koutsoyiannis, 1997· Koutsoyiannis *et al.*, 2002· Koutsoyiannis and Economou, 2003· Koutsoyiannis *et al.*, 2003· Efstratiadis *et al.*, 2004). Η θεωρητική του βάση είναι το σχήμα παραμετροποίηση-προσομοίωση-βελτιστοποίηση, η οποία αποτελεί μια εύρωστη μεθοδολογία γενικού σκοπού, για την αντιμετώπιση προβλημάτων βέλτιστου ελέγχου υδροσυστημάτων. Λεπτομερής περιγραφή της μεθοδολογίας και του λογισμικού του δίνεται από τους Καραβοκυρό κ.ά. (2004) και Ευστρατιάδη κ.ά. (2007).



Σχήμα 7.2: Διάγραμμα ροής μεθοδολογικού σχήματος παραμετροποίηση – προσομοίωση – βελτιστοποίηση (Πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., 2007).

Η κεντρική ιδέα της μεθόδου συνίσταται στην παραμετρική διατύπωση των πρακτικών διαχείρισης των κύριων υδραυλικών έργων (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις), ώστε να περιορίζεται δραστικά το πλήθος των βαθμών ελευθερίας του μαθηματικού μοντέλου. Οι πρακτικές αυτές, καθώς και το σύνολο των φυσικών και λειτουργικών περιορισμών του υδροσυστήματος ενσωματώνονται σε μια διαδικασία προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αξιολογούνται ποσοτικά, με σκοπό την αποτίμηση ενός μέτρου επίδοσης. Ακολούθως, ένας αλγόριθμος μη γραμμικής βελτιστοποίησης αναλαμβάνει τον εντοπισμό των βέλτιστων τιμών των παραμέτρων ως προς το εν λόγω μέτρο επίδοσης, εξετάζοντας συστηματικά ένα ικανό πλήθος εναλλακτικών τιμών παραμέτρων. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται σύζευξη των μεθόδων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης, συνδυάζοντας την ακριβή αναπαράσταση της λειτουργίας του συστήματος με τον εντοπισμό της πλέον πρόσφορης πολιτικής διαχείρισης, και μάλιστα με εύλογο υπολογιστικό φόρτο, λόγω του μικρού αριθμού των παραμέτρων.

Το γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο απεικονίζεται στο Σχήμα 7.2 και περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

Βήμα 1ο: Διαμορφώνεται η σχηματοποίηση του υδροσυστήματος και εισάγονται τα δεδομένα του μαθηματικού μοντέλου, δηλαδή η τοπολογία και τα χαρακτηριστικά μεγέθη των συνιστωσών του υδατικού συστήματος, οι στόχοι και περιορισμοί και οι υδρολογικές χρονοσειρές. Αναλυτικότερα:

Οι *συνιστώσες* του υδροσυστήματος ομαδοποιούνται στις εξής κατηγορίες:

- κόμβοι, που είναι στοιχεία χωρίς αποθηκευτική ικανότητα και αντιστοιχούν σε σημεία ζήτησης νερού ή αλλαγής της γεωμετρίας και των χαρακτηριστικών μεγεθών του δικτύου·
- κόμβοι εισροής, που είναι ειδικοί τύποι κόμβων με δεδομένη προσφορά νερού·
- ταμιευτήρες, που είναι ειδικοί τύποι κόμβων, με δυνατότητα αποθήκευσης νερού·
- γεωτρήσεις, που είναι ειδικοί τύποι κόμβων, με δυνατότητα άντλησης νερού από υδροφορείς·
- υδατορεύματα, που είναι φυσικοί αγωγοί μεταφοράς νερού, χωρίς περιορισμό παροχρητευτικότητας·

- υδραγωγεία, που είναι τεχνητοί αγωγοί νερού, πεπερασμένης παροχεταιυκότητας·
- στρόβιλοι, που είναι ειδικοί τύποι υδραγωγείων, κατά μήκος των οποίων παράγεται ενέργεια·
- αντλιοστάσια, που είναι ειδικοί τύποι υδραγωγείων, με τη χρήση των οποίων καταναλώνεται ενέργεια.

Οι στόχοι και περιορισμοί του συστήματος αναφέρονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- απόληψη νερού για ύδρευση και άρδευση·
- διατήρηση της παροχής υδραγωγείου ή υδατορεύματος μεταξύ ενός κατώτατου κι ενός ανώτατου ορίου ή παροχέτευση σταθερής ποσότητας νερού για ορισμένο χρονικό διάστημα·
- διατήρηση του αποθέματος ταμιευτήρα μεταξύ ενός κατώτατου κι ενός ανώτατου ορίου·
- αποφυγή απωλειών νερού λόγω υπερχειλίσης ταμιευτήρα.

Για κάθε στόχο/περιορισμό ορίζεται συγκεκριμένο επίπεδο προτεραιότητας, ώστε να επιβάλεται μια συγκεκριμένη σειρά ικανοποίησης της ζήτησης σε περίπτωση ανεπαρκών αποθεμάτων. Επιπλέον, οι τιμές τους επιτρέπεται να μεταβάλλονται εποχιακά (από μήνα σε μήνα) ή και διαχρονικά.

Τέλος, οι *χρονοσειρές* αφορούν στις υδρολογικές εισροές και απώλειες του συστήματος, οι οποίες μπορεί να είναι ιστορικές ή συνθετικές. Στην τελευταία περίπτωση, οι χρονοσειρές παράγονται μέσω κάποιου στοχαστικού μοντέλου, όπως εξηγείται στο εδάφιο 7.2.3.

Βήμα 2ο: Ορίζονται οι κανόνες διαχείρισης του υδροσυστήματος, που περιγράφονται από ένα σύνολο παραμέτρων. Ειδικότερα, οι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων είναι νόμοι που ορίζουν το απόθεμα-στόχο κάθε ταμιευτήρα με βάση το αναμενόμενο απολήψιμο απόθεμα του συστήματος, τη συνολική ζήτηση νερού και τους περιορισμούς αποθέματος. Οι κανόνες διατυπώνονται συναρτήσει μίας ή δύο παραμέτρων ανά ταμιευτήρα, σύμφωνα με μια μη γραμμική συνάρτηση της μορφής:

$$s_i^* = g(a_i, b_i, k_i, s_i^{\min}, s_i^{\max}, v) \quad (7.1)$$

όπου s_i^* το επιθυμητό απόθεμα του ταμιευτήρα i , k_i η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα, s_i^{\min} και s_i^{\max} οι περιορισμοί ελάχιστου και μέγιστου επιθυμητού αποθέματος (εφόσον έχουν οριστεί τέτοιοι), v η πρόγνωση για το σύνολο των αποθεμάτων των ταμιευτήρων, και a_i, b_i παράμετροι.

Η παραπάνω παραμετροποίηση είναι φειδωλή, με αποτέλεσμα το πλήθος των βαθμών ελευθερίας του προβλήματος να διατηρείται όσο το δυνατό πιο μικρό, ώστε να μην επιβαρύνεται η διαδικασία βελτιστοποίησης (στα μη γραμμικά προβλήματα, ο φόρτος της βελτιστοποίησης αυξάνει ακόμα και εκθετικά με το πλήθος των μεταβλητών ελέγχου). Εφόσον η ζήτηση και τα χαρακτηριστικά του συστήματος διατηρούνται αμετάβλητα, οι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων, και συνακόλουθα οι αντίστοιχες παράμετροι, δεν μεταβάλλονται διαχρονικά.

Όσον αφορά στις ομάδες γεωτρήσεων, στην παραμετροποίηση εισάγονται δύο μεταβλητές ελέγχου τύπου ανωφλίου και κατωφλίου, αντίστοιχα, τα οποία αντιστοιχούν σε κρίσιμα όρια του ποσοστού πλήρωσης των ταμιευτήρων (ήτοι του ολικού απολήψιμου αποθέματος προς την ολική ωφέλιμη χωρητικότητα). Αν το εν λόγω ποσοστό υπερβαίνει το άνω όριο, τότε απαγορεύεται η χρήση της συγκεκριμένης ομάδας και οι απολήψεις πραγματοποιούνται αποκλειστικά από τους ταμιευτήρες. Αν το ποσοστό είναι μικρότερο από το κάτω όριο, τότε επιβάλλεται η χρήση της συγκεκριμένης ομάδας, ανεξαρτήτως κόστους. Τέλος, σε ενδιάμεσες τιμές, η ομάδα γεωτρήσεων ενεργοποιείται ή όχι με βάση ενεργειακά κριτήρια.

Βήμα 3ο: Ορίζεται το πρόβλημα βελτιστοποίησης, με στοχική συνάρτηση ένα μέτρο επίδοσης του συστήματος και μεταβλητές ελέγχου τις παραμέτρους. Το εν λόγω μέτρο ορίζεται ως το σταθμισμένο άθροισμα επιμέρους αριθμητικών κριτηρίων, τα οποία αποτιμώνται μέσω της προσομοίωσης. Για τη διαμόρφωση του μέτρου επίδοσης, επιλέγονται ένα ή περισσότερα κριτήρια από τα παρακάτω, και οι αντίστοιχοι συντελεστές βάρους:

- μέση ετήσια κατανάλωση νερού σε επιλεγμένους κόμβους και ταμιευτήρες·
- μέση ή μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας επιλεγμένων στόχων και περιορισμών·
- μέσο ή μέγιστο ετήσιο έλλειμμα επιλεγμένων στόχων και περιορισμών·
- μέση ετήσια οικονομική επίδοση υδροσυστήματος (άθροισμα κόστους-οφέλους)·
- μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας·
- ετήσια παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας·
- μέσες ετήσιες απώλειες λόγω υπερχειλίσης.

Ειδικότερα, η μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας εκτιμάται ως ο μέσος όρος των αστοχιών όλων των σεναρίων, για το σύνολο του χρονικού ορίζοντα ελέγχου. Από την άλλη πλευρά, η μέγιστη ετήσια πιθανότητα αναφέρεται στο πλέον δυσμενές έτος, αυτόν δηλαδή κατά το οποίο αστοχούν τα περισσότερα σενάρια, και είναι συνεπώς πιο ρεαλιστικός ως δείκτης. Στο μοντέλο θεωρείται ετήσια αστοχία εφόσον παραβιαστεί κάποιος στόχος ή περιορισμός, έστω και για ένα μήνα του έτους.

Βήμα 4ο: Για δεδομένη διαχειριστική πολιτική, δηλαδή δεδομένες τιμές παραμέτρων, καλείται το μοντέλο λειτουργικής προσομοίωσης που επιλύει το μαθηματικό μοντέλο του συστήματος, δηλαδή τις εξισώσεις δυναμικής και τους μαθηματικούς περιορισμούς, για το σύνολο του ορίζοντα ελέγχου. Σε κάθε χρονικό βήμα, προκύπτει ένα σύνθετο πρόβλημα κατανομής των ροών του υδροσυστήματος, για το οποίο τίθενται οι εξής απαιτήσεις, σε σειρά ιεραρχίας:

- αυστηρή ικανοποίηση των φυσικών περιορισμών των τεχνικών έργων·
- ικανοποίηση των στόχων και διαχειριστικών περιορισμών, σύμφωνα με την σειρά προτεραιότητας που έχει οριστεί·
- ελαχιστοποίηση της απόκλισης μεταξύ των πραγματικών και επιθυμητών απολήψεων, ώστε να τηρείται κατά το δυνατόν πιστότερα η πολιτική διαχείρισης που επιβάλλουν οι κανόνες λειτουργίας·
- ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των υδατικών πόρων κατά μήκος του δικτύου των υδραγωγείων, γεωτρήσεων και αντλιοστασίων.

Ο χειρισμός του προβλήματος προϋποποθέτει το μετασχηματισμό του πραγματικού υδροσυστήματος σε ένα ισοδύναμο μοντέλο διγράφου, στο οποίο ορίζονται εικονικές τιμές παροχευτικότητας και μοναδιαίου κόστους. Με τον τρόπο αυτό, διαμορφώνεται ένα μοντέλο γραμμικής βελτιστοποίησης, η μαθηματική δομή του οποίου επιτρέπει τη χρήση εξαιρετικά ταχείων επιλυτών, ήτοι μιας ειδικής εκδοχής της γνωστής μεθόδου simplex, κατάλληλης για πολύ μεγάλου μεγέθους αλλά αραιά μητρώα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε κάθε χρονικό βήμα.

Μετά το πέρας της προσομοίωσης αποτιμάται η τιμή της στοχικής συνάρτησης, δηλαδή η επίδοση του συστήματος έναντι της συγκεκριμένης διαχειριστικής πολιτικής. Για την μεγιστοποίηση του εν λόγω μέτρου, εισάγεται μια εξωτερική διαδικασία βελτιστοποίησης, σε κάθε δοκιμή της οποίας ορίζονται νέες τιμές παραμέτρων, και επαναλαμβάνεται η προσομοίωση. Η διαδικασία σταματά όταν επέλθει σύγκλιση στην βέλτιστη λύση ή μόλις εξαντληθεί ένα ανώτατο όριο δοκιμών. Επειδή το πρόβλημα είναι έντονα μη γραμμικό, αντιμετωπίζεται με εξειδικευμένες υπολογιστικές μεθόδους, συγκεκριμένα τον εξελκτικό αλγόριθμο απόκτησης-απλόκου που έχει αναπτυχθεί στο ΕΜΠ (Ευστρατιάδης 2001, 2008· Efstratiadis and Koutsoyiannis, 2002· Rozos *et al.*, 2004).

Βήμα 5ο: Εντοπίζεται η βέλτιστη λύση του προβλήματος, που περιλαμβάνει τους κανόνες λειτουργίας και ένα πλήθος πληροφοριών που αναφέρονται στην εκτίμηση της πιθανότητας αστοχίας των περιορισμών και την στοχαστική πρόγνωση όλων των μεταβλητών του υδροσυστήματος (απολήψεις, παροχές υδραγωγείων, αντλήσεις, κλπ.). Στα παραπάνω περιλαμβάνονται τα υδατικά και ενεργειακά ισοζύγια όλων των συνιστωσών του υδροσυστήματος (ταμιευτήρες, κόμβοι, υδραγωγεία, γεωτρήσεις, στρόβιλοι, αντλιοστάσια), που προκύπτουν με στατιστική επεξεργασία των σεναρίων πρόγνωσης.

Βήμα 6ο: Τα αποτελέσματα της βέλτιστης λύσης αξιοποιούνται για την λήψη αποφάσεων, είτε σε επίπεδο στρατηγικού σχεδιασμού είτε σε κλίμακα επιχειρησιακής διαχείρισης. Εφόσον κρίνεται αναγκαίο, η διαδικασία επαναλαμβάνεται τροποποιώντας τόσο τα δεδομένα εισόδου του μοντέλου όσο και τα κριτήρια βελτιστοποίησης.

7.2.3 Υδρολογικά σενάρια

Οι υδρολογικές μεταβλητές του υδροσυστήματος δίνονται με τη μορφή χρονοσειρών, που αποτελούν τα δυναμικά δεδομένα εισόδου των ταμειωτήρων (χρονοσειρές απορροής υπολεκάνης, βροχόπτωσης και εξάτμισης) και των κόμβων εισροής (χρονοσειρές παροχής). Οι χρονοσειρές μπορεί να είναι ιστορικές ή συνθετικές. Στη δεύτερη περίπτωση, οι χρονοσειρές παράγονται μέσω του μοντέλου στοχαστικής προσομοίωσης που υλοποιεί το λογισμικό Κασταλία και ομαδοποιούνται σε υδρολογικά σενάρια. Η δομή των σεναρίων διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο της προσομοίωσης.

Σε μελέτες σχεδιασμού ή στρατηγικής διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων, όπου ζητούμενο είναι η αποτίμηση της μακροχρόνιας επίδοσης του συστήματος, η εν λόγω επίδοση θεωρείται ότι δεν επηρεάζεται από το αρχικό καθεστώς υδροφορίας και αποθεμάτων. Επιπλέον, όλα τα υπόλοιπα δεδομένα εισόδου του συστήματος, όπως η διάταξη και τα χαρακτηριστικά των έργων και η ετήσια ζήτηση νερού, θεωρούνται σταθερά και ανεξάρτητα του χρόνου. Ο τύπος αυτός της προσομοίωσης ονομάζεται *μόνιμης κατάστασης* (steady-state). Στη μόνιμη κατάσταση, τα σενάρια εισροών μπορούν να θεωρηθούν ισοδύναμα μιας χρονοσειράς πολύ μεγάλου (θεωρητικά άπειρου) μήκους.

Αντίθετα, στην επιχειρησιακή λειτουργία του συστήματος επιβάλλεται η ενσωμάτωση των αρχικών συνθηκών στο μοντέλο διαχείρισης. Στην περίπτωση αυτή, η βραχυχρόνια και πιθανόν μεσοπρόθεσμη επίδοση του συστήματος ενδέχεται να εξαρτάται καθοριστικά τόσο από το επίκαιρο καθεστώς υδροφορίας όσο και από τα επίκαιρα αποθέματα νερού. Επιπλέον, οι παράμετροι του υδροσυστήματος είναι συνήθως μεταβαλλόμενες στον χρόνο, λόγω της ένταξης νέων έργων στο σύστημα ή και την προσωρινής απενεργοποίησης ορισμένων, λόγω συντήρησης ή βλάβης, της εισαγωγής νέων περιορισμών, της αύξησης της ζήτησης, κλπ. Στην περίπτωση αυτή, η προσέγγιση που ακολουθείται, ονομάζεται *καταληκτική* (terminating). Στην καταληκτική προσομοίωση παράγονται πολλά αλλά μικρού, κατά κανόνα, μήκους σενάρια εισροών, με κατάλληλη προσαρμογή του στοχαστικού μοντέλου ώστε να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικών δειγμάτων αλλά και την ακολουθία των ιστορικών τιμών, και ιδιαίτερα των πλέον πρόσφατων. Η λειτουργία αυτή του μοντέλου ονομάζεται *στοχαστική πρόγνωση*. Στην συνέχεια, επαναλαμβάνεται το μοντέλο προσομοίωσης με διαφορετικό κάθε φορά σενάριο εισροών, αλλά με τις ίδιες αρχικές συνθήκες αποθεμάτων, τις ίδιες συνθήκες μεταβολής παραμέτρων (εφόσον το σύστημα χαρακτηρίζεται από μη στασιμότητα), και την ίδια συνθήκη τερματισμού (χρονικός ορίζοντας ελέγχου).

Για τη γέννηση των συνθετικών χρονοσειρών χρησιμοποιείται ένα στοχαστικό μαθηματικό μοντέλο, υλοποιημένο στο λογισμικό Κασταλία, που αποτελεί συνιστώσα του ΣΥΑ που αναπτύχθηκε από το ΕΜΠ (Ευστρατιάδης και Κουτσογιάννης, 2004). Το μοντέλο περιγράφει τη στατιστική εξάρτηση των υδρολογικών μεταβλητών στο χώρο και το χρόνο, ενώ το σχετικό μεθοδολογικό πλαίσιο βασίζεται, επίσης, σε πρωτότυπη ερευνητική εργασία (Koutsoyiannis and Manetas, 1996· Koutsoyiannis, 1999· Koutsoyiannis, 2000, 2001, 2002). Οι συνθετικές χρονοσειρές διατηρούν όλα τα ουσιώδη στατιστικά χαρακτηριστικά του ιστορικού δείγματος από το οποίο προέρχονται, δηλαδή τις μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις, ασυμμετρίες, αυτοσυσχετίσεις πρώτης τάξης και ετεροσυσχετίσεις του δείγματος, τόσο σε ετήσια όσο και σε μηνιαία βάση. Επιπλέον, αναπαράγουν το ιδιαίτερα κρίσιμο φαινόμενο της υδρολογικής εμμονής, που αναφέρεται στη βιβλιογραφία και ως φαινόμενο (ή δυναμική) Hurst. Με αυτό σχετίζεται η μεταβλητότητα του κλίματος σε όλες τις χρονικές κλίμακες, και συνακόλουθα η εμφάνιση συνεχόμενων ετών χαμηλής υδροφορίας, όπως και, αντίστροφα, συνεχόμενων ετών υψηλής

υδροφορίας (Koutsoyiannis, 2003, 2005). Η αναπαραγωγή της δυναμικής Hurst επιτυγχάνεται με κατάλληλη προσαρμογή της γενικευμένης συνάρτησης αυτοσυνδιασποράς (Koutsoyiannis, 2000):

$$\gamma_j = \gamma_0 [1 + \kappa \beta j]^{-1/\beta} \quad (7.2)$$

όπου γ_0 η διασπορά του ιστορικού δείγματος, κ παράμετρος σχήματος και β παράμετρος κλίμακας, η οποία σχετίζεται με την εμμονή της στοχαστικής ανέλιξης. Για $\beta = 0$, οι χρονοσειρές που παράγονται δεν έχουν εμμονή, ενώ όσο αυξάνει η τιμή του β τόσο αυξάνει και η μεταβλητότητα των χρονοσειρών που γεννά του στοχαστικό μοντέλο.

8 Διαχείριση του υδροσυστήματος

8.1 Γενικά

Οι διαχειριστικές αναλύσεις του υδροσυστήματος έγιναν με την υποστήριξη της πλέον επίκαιρης έκδοσης του λογισμικού Υδρονομέας, το μαθηματικό υπόβαθρο και οι λειτουργίες του οποίου περιγράφονται αναλυτικά από τους Ευστρατιάδη κ.ά. (2007). Στο πρώτο στάδιο των αναλύσεων, διερευνήθηκε η μακροπρόθεσμη ασφαλής απόδοση του υδροδοτικού συστήματος, ήτοι η θεωρητικά μέγιστη υδρευτική ζήτηση που μπορεί να ικανοποιηθεί με αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστίας, για διάφορες διατάξεις του δικτύου και διάφορες πολιτικές αξιοποίησης των υπόγειων υδατικών πόρων. Στο δεύτερο στάδιο αναζητήθηκε η πλέον πρόσφορη διαχειριστική πολιτική του έτους 2009, για διάφορες πολιτικές λειτουργίας της Υλίκης και των εφεδρικών πόρων. Οι σχετικές διερευνήσεις έγιναν με χρονικό ορίζοντα δεκαετίας, και με σκοπό να εξασφαλίζονται αφενός η βιωσιμότητα των υδατικών πόρων (ήτοι η ελαχιστοποίηση του ρίσκου εμφάνισης ελλειμμάτων στην Αθήνα στη διάρκεια του εν λόγω χρονικού ορίζοντα) και αφετέρου η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, εξαιτίας της χρήσης ενεργοβόρων διατάξεων (αντλιοστασίων και γεωτρήσεων).

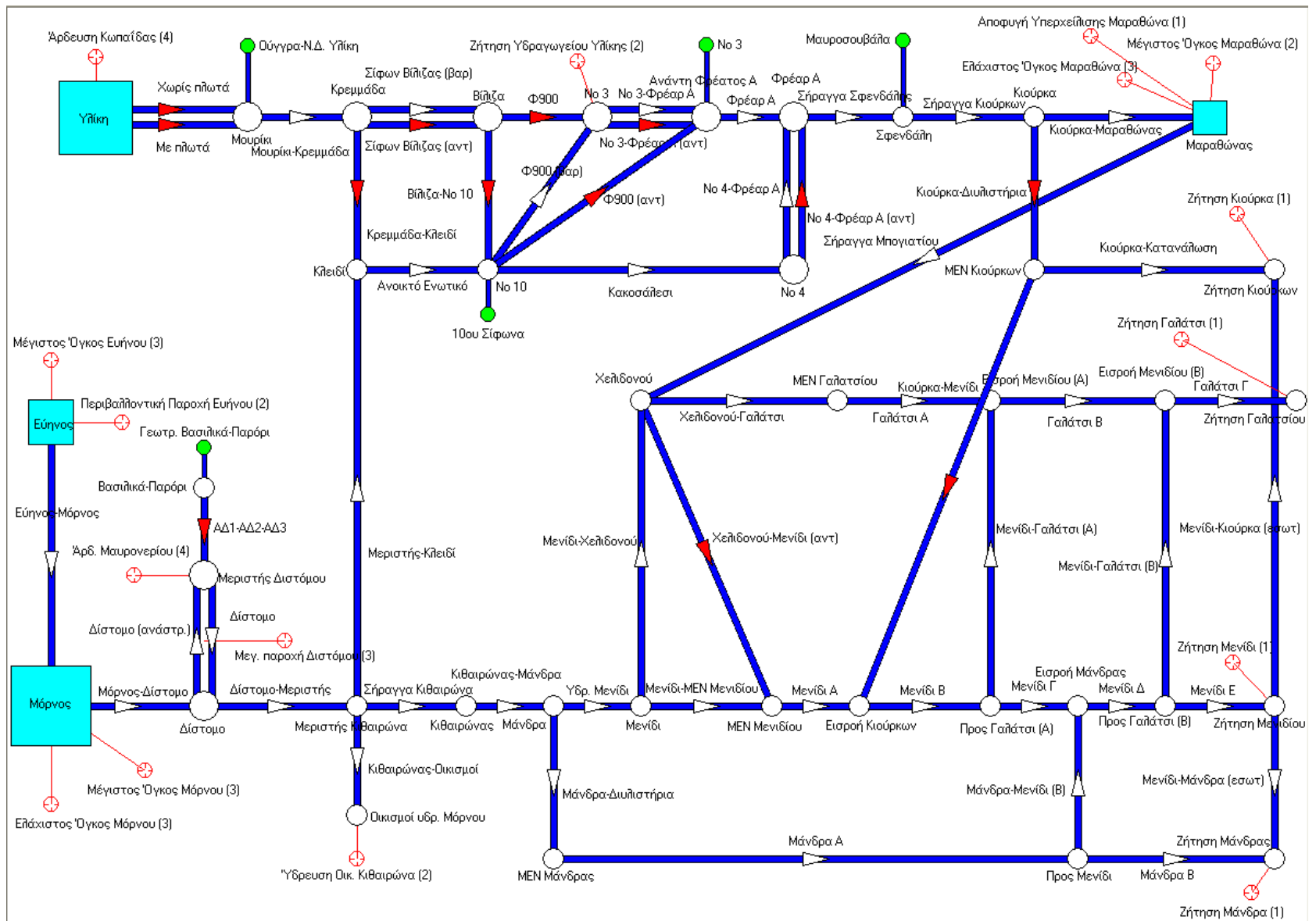
8.2 Περιγραφή του μοντέλου του υδροσυστήματος

8.2.1 Χαρακτηριστικά του δικτύου

Το υδατικό σύστημα παρίσταται ως ένα δίκτυο που αποτελείται από κόμβους και κλάδους. Οι κόμβοι του δικτύου αποτελούν σημεία προσφοράς (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις) ή ζήτησης νερού, σημεία διακλάδωσης καθώς και σημεία αλλαγής των υδραυλικών χαρακτηριστικών των αγωγών. Οι κλάδοι ορίζουν τις δυνατές διαδρομές του νερού και ταυτίζονται με τους πραγματικούς αγωγούς του δικτύου.

Στις αναλύσεις εξετάστηκαν διάφορα σενάρια λειτουργίας του υδροσυστήματος που ανταποκρίνονται στις σημερινές και σε μελλοντικές συνθήκες. Στο Σχήμα 8.1 διακρίνεται η υφιστάμενη μορφή του συστήματος, η οποία δεν περιλαμβάνει την αμφίδρομη λειτουργία του ενωτικού υδραγωγείου. Το μοντέλο εμπεριέχει όλους τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους (κύριους και εφεδρικούς), τα έργα αξιοποίησης νερού που χρησιμοποιεί η ΕΥΔΑΠ και τη βασική τοπολογία του δικτύου. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη και μέρος του εσωτερικού δικτύου κατάντη των διυλιστηρίων, στον βαθμό που αυτό επηρεάζει τη δυνατότητα κάλυψης της ζήτησης των αντίστοιχων περιοχών υδροδότησης.

Ένα ουσιώδες επίπεδο διαφοροποίησης των σεναρίων λειτουργίας του υδροσυστήματος σχετίζεται με τον τύπο της προσομοίωσης. Στα σενάρια με καταληκτική προσομοίωση των επομένων 10 ετών, τα χαρακτηριστικά του μοντέλου του δικτύου μπορούν να αλλάζουν δυναμικά (συναρτήσει του χρόνου) κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης έτσι ώστε να αντιστοιχούν με όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερες εκτιμήσεις περάτωσης των νέων έργων που είναι υπό κατασκευή αλλά δεν έχουν περατωθεί για διάφορους λόγους. Ορισμένα νέα έργα ασφαλείας τα οποία έχουν προταθεί από την ΕΥΔΑΠ προς την αρμόδια αρχή (ΥΠΕΧΩΔΕ) και δεν έχουν εγκριθεί, όπως το αντλιοστάσιο στον ταμιευτήρα Μαραθώνα καθώς και η αύξηση της παροχαρακτηριστικότητας του υπάρχοντος αντλιοστασίου αδιυλίστου Χελιδονούς, δεν λαμβάνονται υπόψη. Οι τροποποιήσεις του δικτύου, οι οποίες έχουν επίπτωση στα χαρακτηριστικά του μοντέλου και ελήφθησαν υπόψη στις σχετικές προσομοιώσεις, δίνονται στον Πίνακα 8.1.



Σχήμα 8.1: Σχηματική παράσταση του υφιστάμενου μοντέλου του υδросυστήματος, όπως απεικονίζεται στο γραφικό περιβάλλον του Υδρονομέα.

Πίνακας 8.1: Επιλεγμένα έργα στο δίκτυο εξωτερικών υδραγωγείων της ΕΥΔΑΠ και η εκτιμώμενη επίδρασή τους στο μοντέλο του υδροσυστήματος.

Κωδικός	Έργο	Παρατηρήσεις	Επίδραση στο μοντέλο του δικτύου
011-2	Αναβάθμιση αντλιοστασίου Ασωπού και έργα στο υδραγωγείο Κρεμμάδα-Δαφνούλα	Αναστολή	Αύξηση της παροχетеυτικότητας των υδραγωγείων Κρεμμάδα-Κλειδί και Κλειδί-Μεριστής Κιθαιρώνα σε 6.7 m ³ /s
011-9	Αναβάθμιση υδραγωγείου Μόρνου κατάντη σήραγγας Κιθαιρώνα	Το έργο έχει ολοκληρωθεί εν μέρει	Εισαγωγή παράλληλου αγωγού παροχетеυτικότητας 4.50 m ³ /s μεταξύ των κόμβων Κιθαιρώνας-Μάνδρα και Μάνδρα-Μενίδι και μείωση των διαρροών του υδραγωγείου στο μισό της εκτιμώμενης σημερινής διαρροής

Οι ταμιευτήρες και οι γεωτρήσεις αποτελούν ειδικές κατηγορίες κόμβων. Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των ταμιευτήρων είναι οι στάθμες υδροληψίας και υπερχειλίσης και οι καμπύλες στάθμης-αποθέματος και στάθμης-επιφάνειας. Οι εισροές, οι οποίες περιλαμβάνουν την απορροή από την ανάντη λεκάνη καθώς και την επιφανειακή βροχόπτωση και εξάτμιση, παράγονται συνθετικά, με βάση όσα αναφέρονται στο εδάφιο 8.2.2. Ο ταμιευτήρας του Μόρνου και κυρίως η λίμνη Υλίκη παρουσιάζουν σημαντικές υπόγειες διαφυγές, με εποχιακές διακυμάνσεις. Για την προσομοίωσή τους χρησιμοποιούνται οι αναλυτικές σχέσεις στάθμης-διαφυγών του υποκεφαλαίου 4.1.

Οι ομάδες γεωτρήσεων αντιμετωπίζονται ως εφεδρικοί πόροι, το δυναμικό των οποίων ταυτίζεται με την τρέχουσα αντλητική ικανότητα και θεωρείται κατά προσέγγιση σταθερό. Στο μοντέλο εισάγονται οι ακόλουθες ομάδες:

- Βασιλικών-Παρορίου, με δυναμικότητα 1.16 m³/s·
- Ούγγρων-Ν.Δ.Υλίκης, με δυναμικότητα 1.50 m³/s·
- Μαυροσουβάλας, με δυναμικότητα 1.39 m³/s·
- Νο 3, με δυναμικότητα 0.15 m³/s·
- 10ου σίφωνα, με δυναμικότητα 0.27 m³/s.

Κατά τη θερινή περίοδο (Ιούνιος-Σεπτέμβριος), από τη συνολική δυναμικότητα των γεωτρήσεων της Μαυροσουβάλας, εξαιρείται εκείνη η παροχή που υπολογίζεται ότι αποτελεί συνεισφορά της ΕΥΔΑΠ σε τοπικούς οικισμούς και δεν καταλήγει στο δίκτυο ύδρευσης της Αθήνας, η οποία ανέρχεται στα 0.13 m³/s. Οι λοιπές ομάδες γεωτρήσεων της ΕΥΔΑΠ καθώς και το μικρό φράγμα υδροληψίας του Αγίου Θωμά δεν λαμβάνονται υπόψη στο μοντέλο.

Το χαρακτηριστικό μέγεθος των κλάδων είναι η παροχетеυτικότητα, δηλαδή η μέγιστη ασφαλής παροχή που μπορεί να διέλθει από τον αντίστοιχο αγωγό είτε με βάση τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά είτε με βάση τη δυναμικότητα των αντλιοστασίων που λειτουργούν κατά μήκος αυτού, εφόσον πρόκειται για καταθλιπτικό αγωγό. Σε περιπτώσεις όπου τμήματα υδραγωγείων προσομοιώνονται ως ένας κλάδος, όπως είναι το κανάλι του Μόρνου, η παροχетеυτικότητα ορίζεται ως η ελάχιστη των επιμέρους τμημάτων του. Οι περισσότεροι κλάδοι του δικτύου έχουν σταθερή τιμή παροχетеυτικότητας, με εξαίρεση ορισμένους καταθλιπτικούς αγωγούς καθώς και τις σήραγγες Ευήνου-Μόρνου και Μπογιατίου, η παροχетеυτικότητα των οποίων είναι συνάρτηση της στάθμης των ανάντη ταμιευτήρων Ευήνου και Μαραθώνα, αντίστοιχα. Η φορά ροής στους κλάδους είναι μοναδική. Εξαίρεση αποτελούν το ενωτικό υδραγωγείο Κιθαιρώνα και το υδραγωγείο Διστόμου που διαθέτουν δυνατότητα αμφίδρομης ροής, και αναπαρίστανται με τη μορφή δύο παράλληλων κλάδων αντίθετης φοράς.

Το κόστος λειτουργίας των αντλιοστασίων λαμβάνεται υπόψη στο μοντέλο, στο οποίο εισάγεται ως κόστος ανά μονάδα μεταφερόμενου όγκου νερού στους αντίστοιχους κλάδους. Το κόστος αυτό αποτιμάται σε μονάδες καταναλισκόμενης ενέργειας και για λόγους απλούστευσης θεωρείται σταθερό. Όταν η ροή γίνεται με βαρύτητα, το κόστος μεταφοράς είναι μηδενικό. Για τον υπολογισμό της ειδικής ενέργειας κατανάλωσης των αντλιοστασίων χρησιμοποιήθηκαν τα ιστορικά στοιχεία της ΕΥΔΑΠ (βλ. Κεφάλαιο 5).

Εφόσον η παροχευτικότητα ενός τμήματος του δικτύου μπορεί να αυξηθεί με χρήση αντλιοστασίων, τότε αυτό προσομοιώνεται από δύο παράλληλους κλάδους. Ο πρώτος κλάδος προσομοιώνει τη ροή που πραγματοποιείται με βαρύτητα, ενώ ο δεύτερος προσομοιώνει τη ροή που πραγματοποιείται με άντληση. Στο μοντέλο του υδροσυστήματος εμφανίζονται τρεις περιπτώσεις κλάδων αυτού του τύπου και συγκεκριμένα:

- στο τμήμα Κρεμμάδα-Βίλιζα, το οποίο μπορεί να παροχετεύσει 3.2 m³/s με βαρύτητα και 4.3 m³/s με τη λειτουργία του ωθητικού αντλιοστασίου·
- στο τμήμα Βίλιζα-Φρέαρ Α μέσω του αγωγού Φ900, ο οποίος μπορεί να παροχετεύσει 0.8 m³/s με βαρύτητα το οποίο προσαυξάνεται σε 1.7 m³/s με τη λειτουργία του αντλιοστασίου Νο 3·
- στο τμήμα Κλειδί-Φρέαρ Α (υδραγωγείο Κακοςάλεσι), το οποίο μπορεί να παροχετεύσει 3.1 m³/s με βαρύτητα και άλλα 0.6 m³/s με τη λειτουργία του αντλιοστασίου Νο 4.

Σημειώνεται ότι το κόστος μεταφοράς του πρώτου κλάδου είναι μηδενικό (ροή με βαρύτητα), ενώ η τιμή του κόστους (σε μονάδες ειδικής ενέργειας) του δεύτερου κλάδου προσαυξάνεται τεχνητά, έτσι ώστε να αναφέρεται στο σύνολο της παροχής που διέρχεται από το υδραγωγείο.

Στο μοντέλο θεωρούνται ακόμη δύο εικονικοί κλάδοι κατάντη της Υλίκης, εκ των οποίων ο πρώτος προσομοιώνει τη λειτουργία των πλωτών αντλιοστασίων για στάθμες χαμηλότερες από +71.0 m και ο δεύτερος τη λειτουργία του κύριου αντλιοστασίου της λίμνης (αντλιοστάσιο Μουρικίου). Επίσης, εικονικοί κλάδοι τοποθετούνται και ανάντη των διωλιστηρίων, με παροχευτικότητα ίση με τη μέση ημερήσια ικανότητα επεξεργασίας κάθε μονάδας.

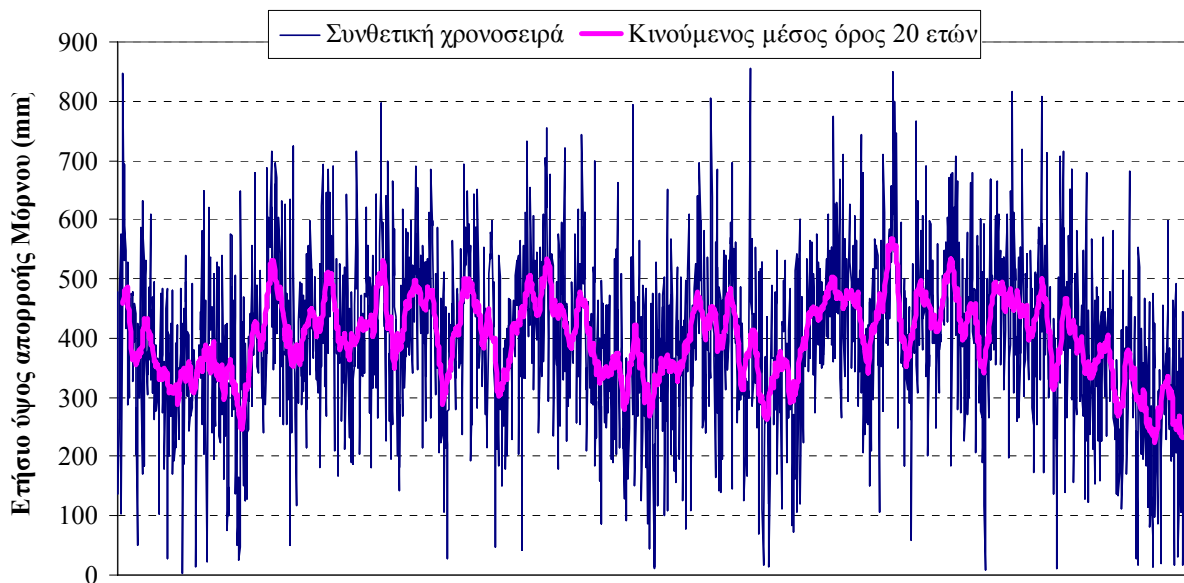
Μια ακόμη ιδιαιτερότητα του δικτύου, η οποία προσομοιώνεται μέσω εικονικών κλάδων, αναφέρεται στη λειτουργία του κόμβου Χελιδονού. Στον συγκεκριμένο κόμβο φτάνει αδιύλιστο νερό τόσο από τον Μαραθώνα, μέσω της σήραγγας Μπογιατίου, όσο και από τον Μόρνο, μέσω Μενιδίου, το οποίο διοχετεύεται στη μονάδα επεξεργασίας Γαλασίου. Από τις αρχές του 2002, υπάρχει πλέον η δυνατότητα αμφίδρομης ροής από Χελιδονού προς Μενίδι μέσω νέου αντλιοστασίου, έτσι ώστε η μονάδα επεξεργασίας Μενιδίου να τροφοδοτείται και από τον Μαραθώνα. Οι διαδρομές προς και από Χελιδονού, που στην πραγματικότητα πραγματοποιούνται μέσω του ίδιου αγωγού, προσομοιώνονται από δύο κλάδους. Ο πρώτος, ο οποίος προσομοιώνει τη μεταφορά αδιύλιστου νερού από τον Μόρνο και έχει παροχευτικότητα ίση με 5.9 m³/s, ξεκινά ανάντη της ΜΕΝ Μενιδίου (κόμβος Μενίδι) και καταλήγει στον κόμβο Χελιδονού, ενώ ο δεύτερος, ο οποίος προσομοιώνει τη μεταφορά αδιύλιστου νερού από τον Μαραθώνα και θα έχει παροχευτικότητα αρχικά 2.0 m³/s και μελλοντικά 6.0 m³/s, ξεκινά από τη Χελιδονού και καταλήγει στη ΜΕΝ Μενιδίου. Για τους δύο παραπάνω κλάδους ορίστηκε ειδικός μαθηματικός περιορισμός, ώστε να απαγορεύεται η ταυτόχρονη χρήση τους.

8.2.2 Υδρολογικά σενάρια

Για τις θεωρητικές διερευνήσεις σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης παρήχθησαν χρονοσειρές μήκους 2000 ετών, ενώ για τις αναλύσεις που απαιτούν καταληκτική προσομοίωση παρήχθησαν 200 σενάρια στοχαστικής πρόγνωσης μήκους 10 ετών, με έναρξη το τρέχον υδρολογικό έτος. Τα σενάρια αυτά λαμβάνουν υπόψη τους όχι μόνο τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικών χρονοσειρών αλλά και την ακολουθία των παρελθουσών τιμών των μεταβλητών. Στο Σχήμα 8.2 απεικονίζεται η συνθετική χρονοσειρά της ετήσιας απορροής της υπολεκάνης Μόρνου και οι κινούμενοι μέσοι όροι 20 ετών.

Η γέννηση των συνθετικών χρονοσειρών εισροών έγινε μέσω του προγράμματος Κασταλία, με χρήση των ιστορικών δειγμάτων των τεσσάρων ταμιευτήρων (μηνιαίες απορροές και βροχοπτώσεις). Τα δεδομένα επικαιροποιήθηκαν μέχρι και το προηγούμενο υδρολογικό έτος (2007-08), με εφαρμογή της μεθοδολογίας που περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 4.1. Συνοψίζοντας:

- η απορροή της υπολεκάνης του Ευήνου, μέχρι το 2000, εκτιμήθηκε με αναγωγή του δείγματος απορροών στη θέση Πόρος Ρηγιανίου και, έκτοτε, με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα·
- η απορροή της υπολεκάνης του Μόρνου εκτιμήθηκε με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα·
- η απορροή των λεκανών Βοιωτικού Κηφισού και Υλίκης υπολογίστηκε με χρονική ολοκλήρωση της ημερήσιας χρονοσειράς παροχής στη διώρυγα Καρδίτσας, προσαυξημένης κατά 6%·
- η απορροή της υπολεκάνης του Μαραθώνα εκτιμήθηκε με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα για την περίοδο 1933-1957, και έκτοτε υπολογίστηκε με βάση ένα εννοιολογικό υδρολογικό μοντέλο, συναρτήσε της βροχόπτωσης και της δυναμικής εξατμοδιαπνοής·
- η βροχόπτωση στους ταμιευτήρες Μόρνου, Ευήνου, Υλίκης και Μαραθώνα εκτιμήθηκε με βάση τα δείγματα παρακείμενων βροχομετρικών σταθμών.



Σχήμα 8.2: Συνθετική χρονοσειρά ετήσιας απορροής υπολεκάνης ανάντη φράγματος Μόρνου, μήκους 2000 ετών (για προσομοίωση μόνιμης κατάστασης), και κινούμενοι μέσοι όροι 20 ετών.

Για την εκτίμηση της παραμέτρου β , η οποία σχετίζεται με την εμμονή των ετήσιων μεταβλητών, προσαρμόστηκε το θεωρητικό αυτοσυσχετογράμμα (7.2) στην ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης στην Υλίκη, που είναι το μεγαλύτερο από τα ιστορικά δείγματα. Η βέλτιστη τιμή της παραμέτρου εμμονής ήταν $\beta = 3.5$, η οποία θεωρήθηκε κοινή για όλες τις μεταβλητές. Αντίθετα, για την εκτίμηση της παραμέτρου σχήματος κ έγινε κατάλληλη προσαρμογή του αυτοσυσχετογράμματος με τρόπο ώστε να αναπαράγεται ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης για χρονική υστέρηση ενός έτους.

8.2.3 Απώλειες νερού στα εξωτερικά υδραγωγεία

Είναι γνωστό ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ της συνολικής απόληψης νερού από τους ταμιευτήρες και τις γεωτρήσεις και της συνολικής εξόδου νερού από τα διυλιστήρια, κύρια αιτία των οποίων είναι οι απώλειες λόγω διαρροών στα εξωτερικά υδραγωγεία. Το έτος 2007 η διαφορά μεταξύ των δύο παραπάνω μεγεθών ανήλθε στα 84.6 hm^3 , ενώ το 2008 μειώθηκε στα 50.0 hm^3 . Γενικά, τα τελευταία χρόνια το ποσοστό των απωλειών κυμαίνεται κοντά ή πάνω από τα επίπεδα του 10% επί των απολήψεων (βλ. 3.6).

Η προσομοίωση των διαρροών στο μαθηματικό μοντέλο του υδροσυστήματος έγινε με τη θεώρηση σταθερού ποσοστού απωλειών κατά μήκος συγκεκριμένων κλάδων του δικτύου. Συγκεκριμένα :

- για το υδραγωγείο του Μόρνου θεωρήθηκε συντελεστής διαρροών ίσος με 10% στο τμήμα από το Δίστομο μέχρι τον Μεριστή Κιθαιρώνα, το οποίο περιλαμβάνει τη Διώρυγα Θηβών, και 6% στη Σήραγγα Κιθαιρώνα.
- στο υδραγωγείο Μουρίκι-Κρεμμάδα θεωρήθηκε συντελεστής διαρροών ίσος με 5%.
- στη Σήραγγα Κιούρκων θεωρήθηκε συντελεστής διαρροών ίσος με 7%.

Η επιλογή των υδραγωγείων που παρουσιάζουν διαρροές έγινε με βάση παλαιότερη μελέτη των Γαβριηλίδη κ.ά. (1995), ενώ οι συντελεστές εκτιμήθηκαν με τρόπο ώστε οι απώλειες να ανέρχονται σε ποσοστό 13%, ήτοι στα μέσα επίπεδα της περιόδου 2005-2008.

8.2.4 Πολιτική λειτουργίας γεωτρήσεων

Οι πέντε ομάδες γεωτρήσεων του συστήματος (Βασιλικών-Παρορίου, Ούγγρων-ΝΔ Υλίκης, 10ου σίφωνα, Νο 3, Μαυροσουβάλας) δεν χρησιμοποιούνται καθόλου όταν το απολήψιμο δυναμικό των ταμιευτήρων ξεπερνά ένα άνω όριο, ενώ χρησιμοποιούνται κατά απόλυτη προτεραιότητα (χωρίς οικονομικούς όρους) όταν βρεθεί κάτω από ένα κάτω όριο. Τα όρια αυτά, τα οποία αντικατοπτρίζουν την πολιτική χρήσης των υπόγειων υδάτων μόνο ως εφεδρικών πόρων, ορίζονται ως ποσοστά επί του συνολικού ωφέλιμου όγκου του συστήματος και αποτελούν παραμέτρους του μοντέλου.

Ειδικά για τις γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου τέθηκαν χαμηλότερα όρια σε σχέση με τις υπόλοιπες, ώστε η χρήση τους να γίνεται μόνο σε περιπτώσεις απόλυτης ανάγκης, αφενός γιατί η διοχέτευση του νερού στο δίκτυο πραγματοποιείται μέσω τριών διαδοχικών αντλήσεων καθιστώντας τη λήψη του ιδιαίτερος δαπανηρή, και αφετέρου λόγω πιέσεων που ασκούνται από αγρότες και τοπικούς παράγοντες για περιορισμό της λειτουργίας τους από την ΕΥΔΑΠ.

8.2.5 Λοιπές παραδοχές

Για την πιστότερη αναπαράσταση της λειτουργίας του συστήματος, γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές:

- Θεωρητικά, αν το απόθεμα του Μόρνου πέσει κάτω από την ελάχιστη στάθμη υδροληψίας (+384 m), τότε υπάρχει η δυνατότητα απόληψης μέχρι και 100 hm³ από το νεκρό όγκο του ταμιευτήρα, μέσω της λειτουργίας πλωτών αντλιοστασίων. Επειδή αυτή η δυνατότητα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, με πολύ μεγάλο κόστος και υψηλή αβεβαιότητα, δεν λαμβάνεται υπόψη στην κανονική λειτουργία του συστήματος.
- Επειδή το μοντέλο λειτουργεί σε μηνιαίο βήμα, δεν μπορεί να λάβει υπόψη τη διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης εντός του μήνα. Για το σκοπό αυτό, η ονομαστική παροχαρακτηριστικότητα των υδραγωγείων που βρίσκονται αμέσως ανάντη των μονάδων επεξεργασίας μειώνεται κατά 10%, ώστε να εξομαλύνει τη διαφορά μεταξύ της μέσης και μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης του δυσμενέστερου μήνα (βλ. 3.4).
- Με βάση τις έως τώρα εκτιμήσεις της τιμής του συντελεστή τραχύτητας, η παροχαρακτηριστικότητα του υδραγωγείου του Μόρνου κατάντη των ΜΕΝ Μάνδρας, ανέρχεται σε 12.0 m³/s.

8.3 Στόχοι και περιορισμοί του συστήματος

Οι στόχοι του συστήματος ορίζονται κατά σειρά προτεραιότητας, έτσι ώστε σε περίπτωση ανεπαρκών αποθεμάτων το μοντέλο να ικανοποιεί μόνο τους στόχους υψηλής προτεραιότητας. Οι τιμές των στόχων μπορούν να μεταβάλλονται τόσο εποχιακά (από μήνα σε μήνα) όσο και διαχρονικά (από έτος σε έτος). Στο μοντέλο, εκτός από τον πρωτεύοντα στόχο ύδρευσης, τίθενται ακόμη στόχοι ρύθμισης των αποθεμάτων και αποφυγής των υπερχειλίσεων στους ταμιευτήρες Μαραθώνα, Μόρνου και

Ευήνου, οικολογικής παροχής από τον ταμιευτήρα Ευήνου και άρδευσης της Κοπαΐδας, μέσω της Υλίκης και μέσω του υδραγωγείου Διστόμου.

8.3.1 Ύδρευση Αθηνών

Ο κύριος στόχος του υδροσυστήματος είναι η κάλυψη της ζήτησης νερού στη μείζονα περιοχή Αθηνών, με τη μέγιστη αξιοπιστία και το ελάχιστο κόστος. Ως αποδεκτή αξιοπιστία θεωρείται το 99%, η οποία αντιστοιχεί σε ένα, κατά μέσο όρο, έτος με έλλειμμα νερού στην εκατονταετία. Σημειώνεται ότι αν και το έλλειμμα μπορεί να εμφανίζεται μόνο σε ένα διυλιστήριο, θεωρείται ότι αναφέρεται σε όλη την Αθήνα.

Πίνακας 8.2: Συντελεστές χωρικής κατανομής της κατανάλωσης στην Αθήνα ανά διυλιστήριο (%), με βάση τα στοιχεία του έτους 2008.

Μήνας	Γαλάτσι	Μενίδι	Κιούρκα	Ασπρόπυργος
Ιανουάριος	33.4	46.2	8.4	12.0
Φεβρουάριος	33.4	45.2	9.3	12.0
Μάρτιος	32.5	47.0	8.7	11.8
Απρίλιος	32.1	47.0	9.1	11.8
Μάιος	30.3	47.1	11.2	11.4
Ιούνιος	29.9	45.1	13.2	11.8
Ιούλιος	27.1	46.9	13.5	12.4
Αύγουστος	26.2	45.7	13.7	14.4
Σεπτέμβριος	27.7	46.8	11.3	14.2
Οκτώβριος	28.3	47.5	9.5	14.7
Νοέμβριος	33.2	41.4	10.6	14.8
Δεκέμβριος	34.9	43.8	7.8	13.5

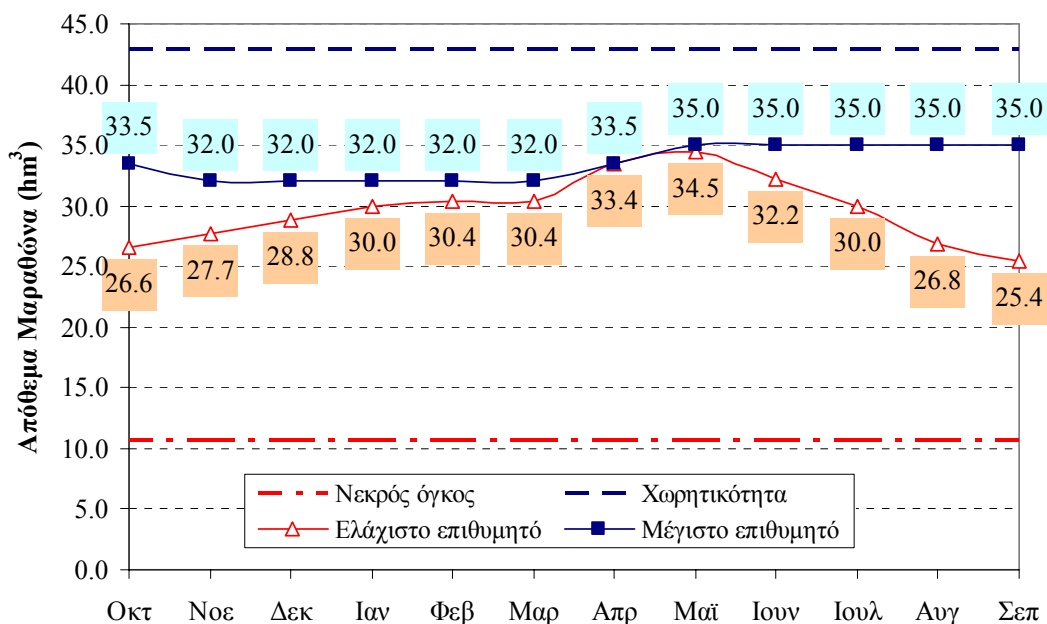
Η συνολική ζήτηση επιμερίζεται σε 4 ζώνες (Μενιδίου, Γαλατσίου, Κιούρκων, Μάνδρας), οι οποίες αναφέρονται σε περιοχές κατάντη των αντίστοιχων μονάδων επεξεργασίας. Η ζήτηση των περιοχών Μενιδίου και Γαλατσίου εξυπηρετείται από περισσότερα του ενός διυλιστήρια, μέσω των συνδέσεων του εσωτερικού δικτύου που απεικονίζονται στο Σχήμα 8.1. Ωστόσο, ως κατανομή της συνολικής ζήτησης στις επιμέρους περιοχές συμβατικά θεωρείται η αντίστοιχη κατανομή στα διυλιστήρια, αφού δεν υπάρχει αντικειμενικός τρόπος ακριβούς προσδιορισμού της. Η χωρική και χρονική κατανομή της κατανάλωσης, η οποία δίνεται στον Πίνακα 8.2, εκτιμάται με βάση τα δεδομένα μηνιαίων εισροών των διυλιστηρίων του έτους 2008 (βλ. και Σχήμα 3.6).

8.3.2 Αποφυγή υπερχειλίσσης ταμιευτήρων

Για την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω υπερχειλίσσης, ορίζονται οι αντίστοιχοι στόχοι στους ταμιευτήρες Μαραθώνα, Μόρνου και Ευήνου, ώστε να πραγματοποιούνται υπερχειλίσσεις μόνο εφόσον οι φυσικοί και λειτουργικοί περιορισμοί του συστήματος το επιβάλλουν (δηλαδή όταν το πλεόνασμα νερού δεν μπορεί να διοχετευτεί κατάντη είτε λόγω εξάντλησης της παροχετευτικότητας των υδραγωγείων είτε επειδή έχει ήδη ικανοποιηθεί το σύνολο της ζήτησης). Ειδικότερα, ο στόχος αποφυγής της υπερχειλίσσης του Μαραθώνα τίθεται σε απόλυτη προτεραιότητα, δεδομένου ότι σε μια τέτοια περίπτωση αναμένεται να προκληθούν πολύ σημαντικές ζημιές κατάντη του φράγματος. Αντίθετα, δεδομένου ότι η χρήση του υδραγωγείου Υλίκης προϋποθέτει υψηλό κόστος λειτουργίας, επιτρέπεται η υπερχειλίσσης της λίμνης, ακόμη και αν μπορεί να αποφευχθεί με επιπλέον αντλήσεις.

8.3.3 Επιθυμητά όρια διακύμανσης αποθέματος ταμιευτήρων

Στον ταμιευτήρα Μαραθώνα, η μέγιστη χωρητικότητα του οποίου ανέρχεται σε 42.9 hm³, προβλέπεται η διατήρηση ενός ελάχιστου αποθέματος ασφαλείας αφενός για την κάλυψη της αυξημένης θερινής ζήτησης και αφετέρου για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών. Το ελάχιστο αυτό επιθυμητό απόθεμα στον ταμιευτήρα Μαραθώνα ορίζεται ίσο με 34.5 hm³ κατά το μήνα Μάιο, ο οποίος αντιστοιχεί στην έναρξη της θερινής περιόδου, και εν συνεχεία μειώνεται μέχρι τα 26.6 hm³ τον μήνα Οκτώβριο. Από την άλλη πλευρά, η ανάγκη αποφυγής υπερχειλίσεως του ταμιευτήρα, επιβάλλει τη διατήρηση του αποθέματός του κάτω από ένα ανώτατο όριο, το οποίο ορίζεται ίσο με 32.0 hm³ κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ ανέρχεται στα 35.0 hm³ κατά τη θερινή περίοδο. Κατά συνέπεια, διατηρείται ένα περιθώριο ασφαλείας που κυμαίνεται από 7.9 έως 12.9 hm³ για την αποθήκευση των πλημμυρικών απορροών στον ταμιευτήρα.



Σχήμα 8.3: Μηνιαία διακύμανση επιθυμητού αποθέματος ταμιευτήρα Μαραθώνα. Με διακεκομμένες απεικονίζονται ο νεκρός όγκος και το μέγιστο απόθεμα του ταμιευτήρα.

Στο Σχήμα 8.3 απεικονίζεται η διακύμανση των επιθυμητών ορίων αποθέματος του Μαραθώνα. Μέσω των ορίων αυτών καθορίζεται πλήρως η διαχείριση του ταμιευτήρα, και για το λόγο αυτό δεν είναι απαραίτητη η χρήση κανόνων λειτουργίας αντίστοιχων με αυτούς των άλλων ταμιευτήρων. Θα πρέπει σημειωθεί ότι στο διάστημα 25-27 Μαρτίου 1998, η στάθμη του Μαραθώνα ανέβηκε από τα +217.20 m στα +221.43 m, διαφορά η οποία αντιστοιχεί σε όγκο πλημμύρας ίσο με 8.9 hm³. Κατά συνέπεια, τα ασφαλή περιθώρια που ορίζονται για την αποθήκευση των πλημμυρικών εισροών φαίνονται, από ποιοτικής σκοπιάς, αρκετά ρεαλιστικά. Ωστόσο, το ζήτημα των πλημμύρων του Μαραθώνα απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση, τόσο σε επίπεδο υδρολογικής-υδραυλικής μελέτης όσο και μελέτης ανάλυσης των επιπτώσεων από πιθανές καταστροφές στις κατάντη περιοχές.

Για τον περιορισμό της πιθανότητας υπερχειλίσεως των ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου, τίθενται επίσης ανώτατα όρια διακύμανσης του μικτού αποθέματος, ίσα με 650 hm³ και 110 hm³ αντίστοιχα, τα οποία θεωρούνται σταθερά για όλο το υδρολογικό έτος. Οι στόχοι ανώτατου αποθέματος για τους παραπάνω ταμιευτήρες έχουν χαμηλότερη προτεραιότητα σε σχέση με τον αντίστοιχο στόχο του Μαραθώνα, δεδομένου ότι μόνο η αποφυγή υπερχειλίσεως του τελευταίου κρίνεται απόλυτα επιτακτική. Τέλος, ορίζεται ένας στόχος διατήρησης ενός ελάχιστου ωφέλιμου αποθέματος 150 hm³ στον ταμιευτήρα Μόρνου (μικτό 290 hm³) κατά την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου και 190 hm³ (μικτό

330 hm³) κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Απριλίου, ποσότητες οι οποίες επαρκούν για την κάλυψη της ζήτησης για περίοδο έως 5 μηνών και 6.5 μηνών αντίστοιχα, στην περίπτωση εξαιρετικά δυσμενών (μηδενικών απορροών) υδρολογικών συνθηκών.

Τονίζεται ότι στο μαθηματικό μοντέλο του υδροσυστήματος, οι στόχοι μεγίστου και ελαχίστου αποθέματος (και εν γένει όλοι οι στόχοι και περιορισμοί που θέτει ο χρήστης) ικανοποιούνται κατά προτεραιότητα σε σχέση με τους κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων. Συνεπώς, ακόμη και αν ο κανόνας ορίζει διαφορετικά, το μοντέλο επιβάλλει την τήρηση των ορίων αποθέματος.

8.3.4 Λοιπές υδρευτικές χρήσεις

Εκτός από τη μείζονα περιοχή Αθηνών, το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ εξυπηρετεί και ορισμένες τοπικές χρήσεις νερού, κυρίως για την ύδρευση των παρακείμενων στο κανάλι του Μόρνου οικισμών. Για το σκοπό αυτό, στο μοντέλο, εισάγεται ένας κόμβος ζήτησης στο μεριστή Κιθαιρώνα. Η ετήσια ζήτηση νερού στους οικισμούς ανέρχεται σε 6.26 hm³ και ακολουθεί την κατανομή του Πίνακα 8.3, η οποία βασίζεται στα στοιχεία του περασμένου υδρολογικού έτους.

Υδρευτικές απολήψεις πραγματοποιούνται και κατά μήκος του υδραγωγείου Υλίκης, κυρίως στο τμήμα μεταξύ Κρεμμιάδας και Βίλιζας. Το έτος 2008, οι εν λόγω απολήψεις ανήλθαν σε 4.03 hm³, και αφορούν στην ύδρευση παρακείμενων στο υδραγωγείο Υλίκης οικισμών, καθώς και στρατοπέδων και βιομηχανικών μονάδων. Οι μηνιαίες τιμές που χρησιμοποιεί το μοντέλο δίνονται στον Πίνακα 8.3.

Πίνακας 8.3: Μηνιαία ζήτηση νερού στους οικισμούς που υδρεύονται από τα υδραγωγεία Μόρνου και Υλίκης (hm³).

Μήνας	Υδρ. Μόρνου	Υδρ. Υλίκης	Μήνας	Υδρ. Μόρνου	Υδρ. Υλίκης
Ιανουάριος	0.43	0.24	Ιούλιος	0.71	0.42
Φεβρουάριος	0.40	0.23	Αύγουστος	0.76	0.38
Μάρτιος	0.46	0.25	Σεπτέμβριος	0.63	0.44
Απρίλιος	0.45	0.34	Οκτώβριος	0.45	0.31
Μάιος	0.52	0.35	Νοέμβριος	0.43	0.38
Ιούνιος	0.57	0.39	Δεκέμβριος	0.45	0.31

8.3.5 Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

Όπως αναλύεται στο υποκεφάλαιο 6.4, για την άμβλυνση των επιπτώσεων από τη λειτουργία του ταμιευτήρα Ευήνου, προβλέπεται η διατήρηση μόνιμης παραμένουσας ροής κατάντη του φράγματος Αγίου Δημητρίου ίσης με 1.0 m³/s. Ο περιορισμός αυτός ορίζεται στο μοντέλο ως στόχος σταθερής απόληψης από τον ταμιευτήρα, και τίθεται σε χαμηλότερη προτεραιότητα σε σχέση με την ύδρευση της Αθήνας.

8.3.6 Διατήρηση ελάχιστης παροχής στο υδραγωγείο Υλίκης

Για λόγους ασφαλείας του υδραγωγείου Υλίκης αλλά και για την επιχειρησιακή ετοιμότητα όλου του κλάδου, τίθεται ένα ελάχιστο όριο τροφοδοσίας του υδραγωγείου μέσω του αντλιοστασίου Μουρικίου ίσο με 0.23 m³/s (20 000 m³/ημέρα).

8.3.7 Άρδευση Κωπαΐδας από Υλίκη

Στο μοντέλο εισάγεται, ως στόχος χαμηλής προτεραιότητας, η αρδευτική απόληψη από την Υλίκη, η οποία πλέον πραγματοποιείται σχεδόν αποκλειστικά κατά την περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου. Με βάση τα πλέον πρόσφατα ιστορικά δεδομένα, η εν λόγω ζήτηση κυμαίνεται στα επίπεδα των 23.0 hm³, είναι

δηλαδή αρκετά χαμηλότερη σε σχέση με το θεσμοθετημένο όριο των 35 hm³/έτος. Η κατανομή που εισάγεται στο μοντέλο είναι 7.0 hm³ το μήνα Ιούνιο και 8.0 hm³ τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.

8.3.8 Άρδευση Κωπαΐδας από υδραγωγείο Μόρνου

Στο μοντέλο λαμβάνεται, γενικά, υπόψη και η αρδευτική απόληψη από το υδραγωγείο Μόρνου, που επίσης τίθεται ως στόχος χαμηλής προτεραιότητας. Η παραπάνω απόληψη, η οποία επιτυγχάνεται με αντίστροφη λειτουργία του υδραγωγείου Διστόμου, γίνεται κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουνίου, Ιουλίου και Αυγούστου, με απόληψη 1.0 hm³ το μήνα Ιούνιο και 3.0 hm³ τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Το κόστος λειτουργίας των αντλιοστασίων δεν λαμβάνεται υπόψη στην οικονομική αποτίμηση του συστήματος, δεδομένου ότι το επιβαρύνεται ο Οργανισμός Κωπαΐδας.

8.4 Εκτίμηση ασφαλούς δυναμικού υδροσυστήματος

8.4.1 Ορισμοί και γενικές παραδοχές

Το ασφαλές υδατικό δυναμικό είναι ένα θεωρητικό μέγεθος, το οποίο ορίζεται ως η ετήσια ποσότητα υδρευτικού νερού που μπορεί να δοθεί στην Αθήνα, με αξιοπιστία 99% σε ετήσια βάση. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται αφενός από τη δίαιτα των υδρολογικών εισροών και αφετέρου από τους περιορισμούς – φυσικούς και λειτουργικούς – του υδροδοτικού συστήματος. Για την εκτίμηση του παραπάνω θεμελιώδους μεγέθους εξετάστηκαν διάφορα σενάρια πολιτικών λειτουργίας των γεωτρήσεων (εδάφιο 8.4.2) καθώς και διάφορα σενάρια διατάξεων του συστήματος, τα οποία αναφέρονται στη σημερινή και σε μελλοντικές (ή υποθετικές) διαμορφώσεις των έργων μεταφοράς (εδάφιο 8.4.3).

Για κάθε σενάριο αναζητήθηκε η βέλτιστη διαχειριστική πολιτική, ήτοι εκείνη που μεγιστοποιεί τη συνολική ζήτηση της Αθήνας, επιμερισμένη στις τέσσερις ζώνες κατάντη των αντίστοιχων μονάδων επεξεργασίας με βάση την κατανομή του Πίνακα 8.2, ώστε η πιθανότητα αστοχίας της δυσμενέστερης ζώνης να ισούται με 1%. Για τους υπόλοιπους στόχους και περιορισμούς του συστήματος τέθηκαν οι μηνιαίες τιμές που αναφέρονται στο υποκεφάλαιο 8.3. Θεωρήθηκαν συνθήκες μόνιμης κατάστασης, που σημαίνει ότι τα χαρακτηριστικά μεγέθη του συστήματος και οι τιμές των στόχων και περιορισμών δεν μεταβάλλονται διαχρονικά. Για τη στοχαστική προσομοίωση των εισροών χρησιμοποιήθηκαν οι συνθετικές χρονοσειρές μήκους 2000 ετών, που παρήχθησαν από το μοντέλο Κασταλία (βλ. 8.2.2).

8.4.2 Εκτίμηση θεωρητικού υδατικού δυναμικού για διάφορα σενάρια χρήσης των γεωτρήσεων (A1-A4)

Στην πρώτη ομάδα των θεωρητικών διερευνήσεων εκτιμήθηκε το ασφαλές απολήψιμο δυναμικό του υδροσυστήματος (για την ύδρευση της Αθήνας), εξετάζοντας διαφορετικές πολιτικές λειτουργίας των γεωτρήσεων (εντατική, κανονική, περιορισμένη, μηδενική). Στις προσομοιώσεις ελήφθησαν υπόψη τα χαρακτηριστικά των ταμιευτήρων (νεκρός όγκος, χωρητικότητα, υπόγειες διαφυγές, σχέσεις στάθμης-αποθέματος-επιφάνειας) και των γεωτρήσεων. Για τις γεωτρήσεις, θεωρήθηκε το δυναμικό μέγιστο απολήψιμο δυναμικό, που υπερβαίνει την τρέχουσα αντλητική ικανότητα (βλ. 8.2.1). Αντίθετα, αγνοήθηκαν οι περιορισμοί παροχετευτικότητας των υδραγωγείων και των αντλιοστασίων, καθώς και οι απώλειες λόγω διαρροών. Αυτό επιτεύχθηκε ορίζοντας μια πολύ μεγάλη τιμή παροχετευτικότητας, ώστε να εντοπιστεί το θεωρητικό άνω όριο από πλευράς φυσικής προσφοράς νερού και υφιστάμενων έργων σύλληψης και αξιοποίησης των υδατικών πόρων (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις). Η λειτουργία του ενωτικού υδραγωγείου θεωρήθηκε εφικτή και προς τις δύο κατευθύνσεις, με απεριόριστη, επίσης, παροχετευτικότητα.

Τα σενάρια χρήσης των γεωτρήσεων διαμορφώθηκαν μεταβάλλοντας τις τιμές των δύο παραμέτρων τύπου ανωφλίου και κατωφλίου, αντίστοιχα (βλ. 7.2.2). Υπενθυμίζεται ότι το άνω όριο υποδηλώνει το

ποσοστό του ωφέλιμου όγκου του υδροσυστήματος πέραν του οποίου απαγορεύεται πλήρως η χρήση των γεωτρήσεων. Από την άλλη πλευρά, το κάτω όριο υποδηλώνει το ποσοστό του ωφέλιμου όγκου του υδροσυστήματος κάτω από το οποίο οι γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται κατά προτεραιότητα, ανεξαρτήτως κόστους. Η διαμόρφωση των σεναρίων έγινε ως εξής:

- Στο Σενάριο A1 θεωρήθηκε εντατική χρήση των γεωτρήσεων, και οι τιμές των παραμέτρων τους ορίστηκαν ίσες με 80% (άνω όριο) και 50% (κάτω όριο).
- Στο Σενάριο A2 θεωρήθηκε κανονική χρήση των γεωτρήσεων και οι τιμές των παραμέτρων τους ορίστηκαν ίσες με 40% και 25%.
- Στο Σενάριο A3 θεωρήθηκε περιορισμένη χρήση των γεωτρήσεων, και οι τιμές των παραμέτρων τους ορίστηκαν ίσες με 20% και 10%.
- Στο Σενάριο A4 απαγορεύτηκε πλήρως η χρήση των γεωτρήσεων.

Επισημαίνεται ότι απαγορεύτηκε η χρήση των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου τους μήνες Ιούνιο έως Αύγουστο, οπότε πραγματοποιούνται αρδευτικές απολήψεις μέσω της ανάστροφης λειτουργίας του υδραγωγείου Διστόμου.

Για κάθε σενάριο χρήσης των γεωτρήσεων, εξετάστηκαν διαφορετικές τιμές της ετήσιας ζήτησης νερού στην Αθήνα (επιμερισμένης στις τέσσερις ζώνες υδροδότησης), και για κάθε τιμή αναζητήθηκε ο βέλτιστος κανόνας λειτουργίας των ταμιευτήρων Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης. Ως μεταβλητές ελέγχου θεωρήθηκαν οι έξι παράμετροι του κανόνα, ήτοι δύο ανά ταμιευτήρα. Ακόμη, αγνοήθηκαν οι περιορισμοί ελάχιστου και μέγιστου αποθέματος των ταμιευτήρων Ευήνου και Μόρνου, οι οποίοι έχουν νόημα για τις τρέχουσες συνθήκες παροχευτικότητας και ζήτησης. Αντίθετα, διατηρήθηκαν οι σχετικοί περιορισμοί του ταμιευτήρα Μαραθώνα, που περιορίζουν τη ρυθμιστική του ικανότητα προς όφελος της ασφάλειας (διατήρηση ενός ελάχιστου αποθέματος σε κοντινή απόσταση από την Αθήνα) και για την αποφυγή μιας ανεπιθύμητης υπερχειλίσης (βλ. 8.3.3).

Το μέτρο επίδοσης του συστήματος, ήτοι η στοχική συνάρτηση του προβλήματος βελτιστοποίησης διατυπώθηκε ως εξής:

$$\text{minimize } f = \max(P_{\text{ΜΕΝΙΔΙ}}, P_{\text{ΓΑΛΑΤΣΙ}}, P_{\text{ΚΟΥΡΚΑ}}, P_{\text{ΜΑΝΔΡΑ}}) \quad (8.1)$$

όπου $P_{(\dots)}$ η ετήσια πιθανότητα αστοχίας του στόχου ύδρευσης στη ζώνη τροφοδοσίας του αντίστοιχου διυλιστηρίου. Υπενθυμίζεται ότι στην προσομοίωση μόνιμης κατάστασης η πιθανότητα αστοχίας ενός στόχου εκτιμάται εμπειρικά, ως το ποσοστό των ελλειμματικών υδρολογικών ετών προς το σύνολο των προσομοιωμένων ετών (ήτοι 2000).

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τα τρία προαναφερθέντα σενάρια συνοψίζονται στον Πίνακα 8.4. Ακόμη, στο διάγραμμα του Σχήματος 8.4 απεικονίζεται η μεταβολή ορισμένων βασικών μεγεθών του συστήματος συναρτήσει του ανωφλίου ενεργοποίησης των γεωτρήσεων. Από τις διερευνήσεις προκύπτει ότι η μακροχρόνια ασφαλής απόδοση του συστήματος εξαρτάται σε μείζονα βαθμό από την πολιτική λειτουργίας των γεωτρήσεων που υιοθετείται. Μικρή αύξηση της μέσης συνεισφοράς των υπογείων υδατικών πόρων έχει ως αποτέλεσμα σημαντικά αυξημένο θεωρητικό δυναμικό, γεγονός που υποδηλώνει ότι, αν και από ποσοτικής πλευράς οι γεωτρήσεις δεν έχουν πολύ μεγάλη συμμετοχή, αποτελούν κρίσιμο παράγοντα ως προς την αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος. Αναλυτικότερα:

Αν αγνοηθεί εντελώς η δυνατότητα αξιοποίησης των υπόγειων νερών (Σενάριο A4) και λαμβάνοντας υπόψη το τρέχον ποσοστό απωλειών των εξωτερικών υδραγωγείων (13%), η ασφαλής ετήσια εισροή στα διυλιστήρια ανέρχεται σε μόλις 374 hm³ (430 hm³ στις πηγές), ποσότητα που υπολείπεται κατά πολύ της τρέχουσας ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, μια πολιτική εντατικής χρήσης των γεωτρήσεων, όπως αυτή του Σεναρίου A1, με την οποία εξασφαλίζονται ετησίως 610 hm³ στις πηγές και 530 hm³ στα διυλιστήρια, είναι βέβαιο ότι θα είχε ιδιαίτερα δυσμενείς επιπτώσεις ως προς την αειφορία των υπόγειων υδατικών πόρων, οι οποίοι σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να θεωρηθούν ανεξάντλητοι.

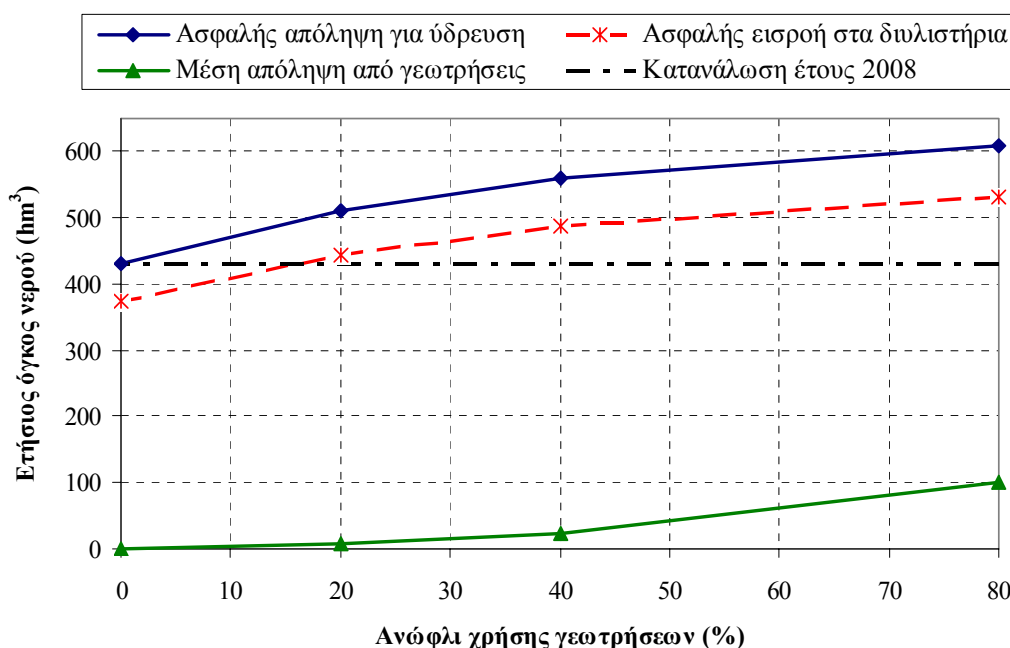
Συνεπώς, προτείνεται μια σχετικά συντηρητική χρήση των γεωτρήσεων, όπως προβλέπει το Σενάριο A2, με βάση την οποία προκύπτει ασφαλής απόληψη 560 hm³ στις πηγές και 487 hm³ στα διωλιστήρια. Σε σχέση με το Σενάριο A1, στο οποίο γίνεται εντατική εκμετάλλευση των γεωτρήσεων, η μέση ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια περιορίζεται από 220.7 σε 120.1 GWh, ήτοι μείωση κατά 46%. Συνεπώς, με τη διαχειριστική πολιτική του Σεναρίου A2 εξασφαλίζονται τόσο η βιωσιμότητα των υπόγειων υδατικών πόρων όσο και η οικονομικότητα, καθώς η χρήση γεωτρήσεων επιβάλλεται κατά προτεραιότητα μόνο όταν το ποσοστό πλήρωσης των ταμιευτήρων πέφτει κάτω από το 25%, ενώ διακόπτεται στην περίπτωση που το εν λόγω ποσοστό υπερβαίνει το 40%. Τα παραπάνω μεγέθη συμφωνούν, γενικά, με αντίστοιχες εκτιμήσεις που έγιναν στα πλαίσια προηγούμενων Διαχειριστικών Σχεδίων (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001, 2002).

Πίνακας 8.4: Αποτελέσματα σεναρίων βελτιστοποίησης για την εκτίμηση του θεωρητικού δυναμικού του υδροσυστήματος, με θεώρηση άπειρης παροχτευτικότητας των υδραγωγείων.

Σενάριο	A1	A2	A3	A4
Ανώφλι χρήσης γεωτρήσεων (%)	80	40	20	0
Κατώφλι χρήσης γεωτρήσεων (%)	50	25	10	0
Ασφαλής ετήσια απόληψη για ύδρευση ⁽¹⁾ (hm ³)	610.0	560.0	510.0	430.0
Μέση ετήσια απόληψη από υδραγωγείο Μόρνου (hm ³)	330.4	400.9	378.1	340.1
Μέση ετήσια απόληψη από υδραγωγείο Υλίκης (hm ³)	183.6	140.6	128.8	93.5
Μέση ετήσια απόληψη από γεωτρήσεις (hm ³)	101.0	23.5	8.0	0.0
Μέσες απώλειες λόγω διαφυγών ταμιευτήρων (hm ³)	82.7	113.8	125.4	143.9
Μέσες απώλειες λόγω υπερχειλίσης (hm ³)	112.8	54.6	76.0	126.8
Ασφαλής ετήσια εισροή στα διωλιστήρια ⁽²⁾ (hm ³)	530.7	487.2	443.7	374.1
Μέση κατανάλωση ενέργειας (GWh)	220.7	120.1	98.9	66.1

(1) Θεωρητική υδρευτική απόληψη για ένα υποθετικό δίκτυο εξωτερικών υδραγωγείων χωρίς περιορισμούς παροχτευτικότητας και χωρίς απώλειες λόγω διαρροών, με επίπεδο αξιοπιστίας 99%.

(2) Με θεώρηση απωλειών 13% στα εξωτερικά υδραγωγεία.



Σχήμα 8.4: Κύρια μεγέθη του υδροσυστήματος συναρτήσεως του ορίου ενεργοποίησης (παράμετρος ανωφλίου) των γεωτρήσεων (βλ. Πίνακα 8.4).

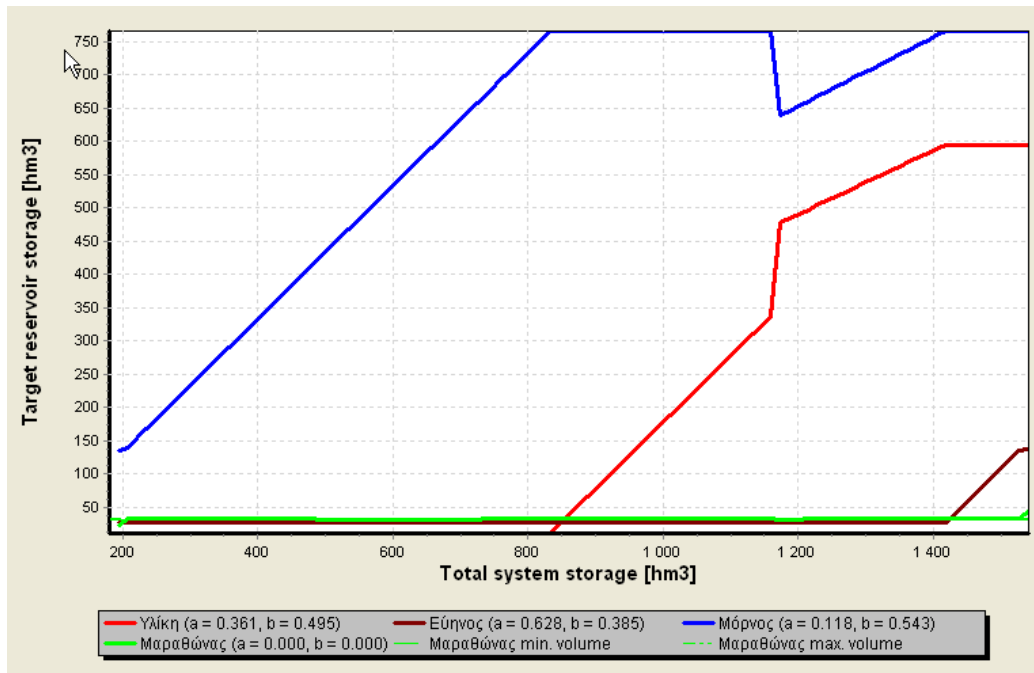
Πίνακας 8.5: Μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο ταμιευτήρων (σε hm^3) για το σενάριο μεγιστοποίησης της ασφαλούς υδρευτικής εκροής του συστήματος, με την υπόθεση απεριόριστης παροχετευτικότητας των υδραγωγείων και κανονικής χρήσης των γεωτρήσεων (Σενάριο A2).

	Υλίκη	Εύηνος	Μόρνος	Μαραθώνας	Σύνολο
Εισροή από υπολεκάνη	281.6	268.0	226.3	13.3	789.2
Βροχόπτωση	9.0	2.2	17.2	1.2	29.5
Εισροή από υδραγωγεία	1.3	0.0	238.0	14.3	253.6
Υπόγειες διαφυγές	100.7	–	13.1	–	113.8
Εξάτμιση	20.6	2.5	22.8	3.0	49.0
Εκροή σε κατάντη υδραγωγεία	140.6	238.0	400.9	25.8	805.3
Περιβαλλοντική εκροή	–	34.1	–	–	34.1
Απόληψη για άρδευση	19.0	–	–	–	19.0
Υπερχείλιση	11.0	0.0	43.6	0.0	54.6
Μέσο ολικό απόθεμα	223.6	52.3	698.2	34.3	1008.3

Στον Πίνακα 8.5 παρατίθεται το μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο των ταμιευτήρων που αναφέρεται στο Σενάριο A2, το οποίο θεωρείται ως το πλέον ρεαλιστικό. Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι η φυσική τροφοδοσία του συστήματος (λόγω απορροής και βροχόπτωσης) ανέρχεται σε 818.8 hm^3 (τα 789.2 hm^3 από την απορροή) ενώ οι απώλειες λόγω εξάτμισης, υπόγειων διαφυγών και υπερχειλίσεων φτάνουν τα 217.3 hm^3 . Από το σύνολο των απωλειών, τα 100.7 hm^3 , ήτοι ποσοστό 46%, αντιστοιχεί στις υπόγειες διαφυγές της Υλίκης, ενώ οι μέσες ετήσιες απώλειες λόγω υπερχειλίσεως είναι σχετικά περιορισμένες, ήτοι 43.6 hm^3 στο σύστημα Ευήνου-Μόρνου και 11.0 hm^3 στην Υλίκη.

Στο Σχήμα 8.5 απεικονίζονται οι βέλτιστοι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων του Σεναρίου A2, βάσει των οποίων επιβεβαιώνεται η λογική υπόθεση ότι η μεγιστοποίηση της ασφαλούς απόδοσης του συστήματος επιτυγχάνεται με ελαχιστοποίηση των απωλειών των ταμιευτήρων. Οι εν λόγω κανόνες επιβάλλουν αποθήκευση του διαθέσιμου ωφέλιμου όγκου του συστήματος στον Μόρνο και την απόλυτη εκμετάλλευση του δυναμικού των ταμιευτήρων Υλίκης και Ευήνου. Με την πολιτική αυτή περιορίζονται τόσο οι υπόγειες διαφυγές της Υλίκης όσο και οι υπερχειλίσεις του Ευήνου, αφού οι στάθμες τους διατηρούνται στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο. Εφόσον το απόθεμα του συστήματος ξεπερνά την χωρητικότητα του ταμιευτήρα Μόρνου, τότε αποθηκεύεται κατά προτεραιότητα στην Υλίκη, καθώς υπάρχει αυξημένη πιθανότητα υπερχειλίσεως του Ευήνου, δεδομένου ότι δεν διατίθενται περιθώρια διοχέτευσης του πλεονάζοντος αποθέματός του στον Μόρνο.

Υπενθυμίζεται ότι οι κανόνες λειτουργίας δίνουν το επιθυμητό απόθεμα των ταμιευτήρων σε σχέση προς το συνολικό ωφέλιμο απόθεμα του συστήματος. Οι κανόνες αυτοί καθορίζουν μονοσήμαντα τις απολήψεις από τους ταμιευτήρες στο βαθμό που οι φυσικοί και λειτουργικοί περιορισμοί και στόχοι του συστήματος το επιτρέπουν. Λόγω την πολυπλοκότητας του συστήματος και της πληθώρας των περιορισμών που διέπουν τη λειτουργία του, οι πραγματικές απολήψεις διαφέρουν από τις επιθυμητές, και οι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων ακολουθούνται μόνο κατά προσέγγιση. Με τον τρόπο αυτό, οι εν λόγω κανόνες προσδιορίζουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε στρατηγικό επίπεδο, ενώ στην επιχειρησιακή διαχείριση κυρίαρχο ρόλο ασκούν οι περιορισμοί του δικτύου.



Σχήμα 8.5: Γραφική παράσταση βέλτιστων κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων, με τους οποίους επιτυγχάνεται μεγιστοποίηση της ασφαλούς απόδοσης του συστήματος, με θεώρηση απεριόριστης παροχαρακτηριστικότητας των υδραγωγείων και κανονική χρήση των γεωτρήσεων (Σενάριο A2).

8.4.3 Εκτίμηση πραγματικού υδατικού δυναμικού για διάφορα σενάρια λειτουργίας των υδραγωγείων (B1-B3)

Στη δεύτερη ομάδα των θεωρητικών διερευνήσεων αναζητήθηκε το ασφαλές υδατικό δυναμικό και η μακροχρόνια πολιτική διαχείρισης του υδροσυστήματος, επαναφέροντας τους φυσικούς περιορισμούς του δικτύου (παροχαρακτηριστικότητες υδραγωγείων και δυναμικότητες αντλιοστασίων), και εξετάζοντας τρία σενάρια λειτουργίας των υδραγωγείων:

- Στο Σενάριο B1 θεωρήθηκε η υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου, χωρίς δυνατότητα αμφίδρομης λειτουργίας του ενωτικού υδραγωγείου και με συνολικό ποσοστό διαρροών της τάξης του 13%.
- Στο Σενάριο B2 θεωρήθηκε μια ρεαλιστική μεσοπρόθεσμη κατάσταση του δικτύου, χωρίς δυνατότητα αμφίδρομης λειτουργίας του ενωτικού υδραγωγείου αλλά με μείωση του συνολικού ποσοστού διαρροών κατά το ήμισυ σε όλους του σχετικούς κλάδους (βλ. 8.2.3).
- Στο Σενάριο B3 θεωρήθηκε μια υποθετική μελλοντική κατάσταση του δικτύου, με αμφίδρομη λειτουργία του ενωτικού υδραγωγείου (με παροχαρακτηριστικότητες 6.7 και 4.2 m³/s κατά την ορθή και ανάστροφη φορά, αντίστοιχα), περιορισμό των διαρροών κατά το ήμισυ, και ολοκλήρωση των έργων αναβάθμισης που περιγράφονται στον Πίνακα 8.1.

Το μέτρο επίδοσης του συστήματος, που αποτελεί και την στοχική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση, ορίστηκε ως το σταθμισμένο άθροισμα δύο κριτηρίων:

- της μέσης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από τους καταθλιπτικούς αγωγούς και τις γεωτρήσεις
- της δυσμενέστερης από τις ετήσιες πιθανότητες αστοχίας των στόχων ζήτησης Μενιδίου, Γαλατσίου, Κιούρκων και Μάνδρας, με συντελεστή βάρους 100.

Η παραπάνω σχέση διατυπώνεται μαθηματικά ως εξής:

$$\text{minimize } f = (E_Y + E_T) + 100 \max(P_{\text{ΜΕΝΙΔΙ}}, P_{\text{ΓΑΛΑΤΣΙ}}, P_{\text{ΚΟΥΡΚΑ}}, P_{\text{ΜΑΝΔΡΑ}}) \quad (8.3)$$

όπου E_Y , E_T η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας από τα υδραγωγεία και τις γεωτρήσεις, αντίστοιχα, και $P_{(..)}$ η ετήσια πιθανότητα αστοχίας του αντίστοιχου υδρευτικού στόχου, ήτοι το ποσοστό των ετών με έλλειμμα προς το σύνολο των προσομοιωμένων ετών (2000).

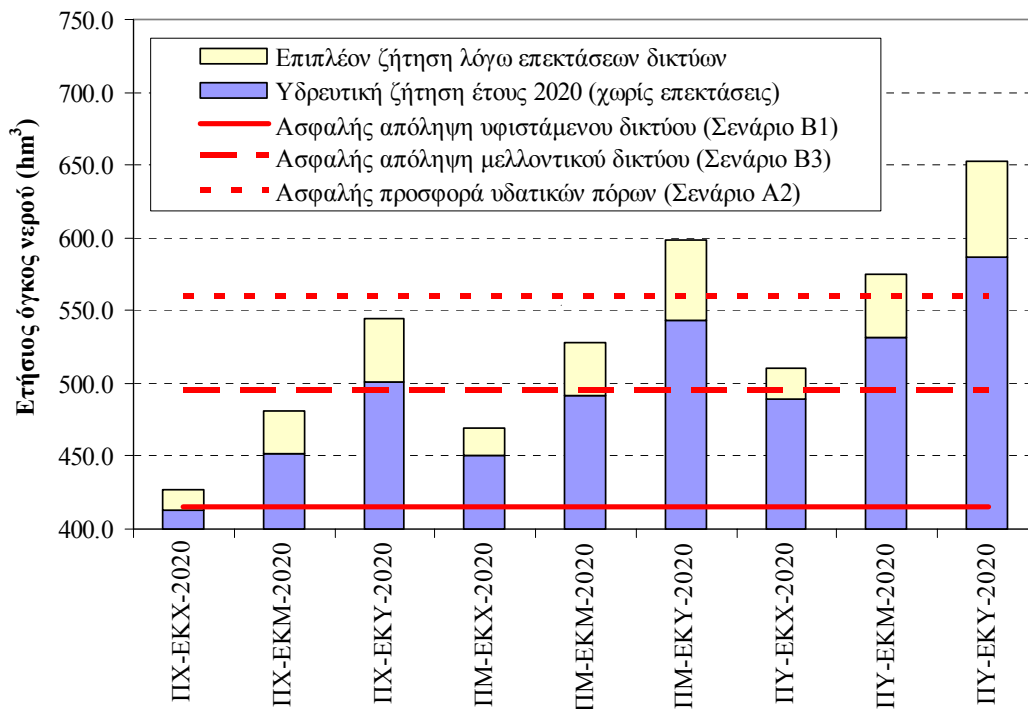
Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τα τρία προαναφερθέντα σενάρια συνοψίζονται στον Πίνακα 8.5. Από τις διερευνήσεις προκύπτει ότι το υφιστάμενο δίκτυο που περιγράφεται στο Σενάριο B1, με την περιορισμένη λειτουργικότητα του ενωτικού υδραγωγείου και το μεγάλο ποσοστό απωλειών λόγω διαρροών, της τάξης του 13%, αδυνατεί να καλύψει την υφιστάμενη υδρευτική κατανάλωση των 430 hm³ με το απαιτούμενο επίπεδο αξιοπιστίας, ήτοι 99%. Πράγματι, η ασφαλής ετήσια απόληψη του συστήματος εκτιμάται σε 415 hm³, ενώ οι απώλειες+ νερού κατά μήκος του δικτύου των εξωτερικών υδραγωγείων κυμαίνεται, κατά μέσο όρο, στα 72 hm³. Ωστόσο, αν οι εν λόγω απώλειες περιοριστούν σύμφωνα με τις παραδοχές του Σεναρίου B2 (μείωση των σχετικών ποσοστών κατά το ήμισυ), τότε με τις ίδιες πρακτικά εκροές από τους ταμιευτήρες και τις γεωτρήσεις θα μπορούν να εξασφαλιστούν 30 hm³ παραπάνω για ύδρευση, αυξάνοντας έτσι την ασφαλή απόληψη του συστήματος στα 445 hm³. Η εν λόγω απόληψη θα αυξηθεί περαιτέρω, ανερχόμενη στα 495 hm³, εφόσον ολοκληρωθεί το σύνολο των προγραμματισμένων έργων του Πίνακα 8.1, περιλαμβανομένης της επανένταξης του ενωτικού υδραγωγείου στο σύστημα, με πλήρη λειτουργικότητα (αμφίδρομη ροή). Προφανώς, θα απαιτηθούν περαιτέρω έργα προκειμένου να μπορέσει το δίκτυο να μεταφέρει τη θεωρητικά μέγιστη ασφαλή εκροή των 560 hm³, που αποτελεί το άνω όριο από πλευράς φυσικής προσφοράς των υφιστάμενων υδατικών πόρων (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις), σε συνθήκες βιώσιμης διαχείρισης (βλ. Σενάριο A2).

Πίνακας 8.5: Βασικές παραδοχές και αποτελέσματα σεναρίων βελτιστοποίησης για την εκτίμηση του πραγματικού δυναμικού του υδροσυστήματος, με θεώρηση κανονικής λειτουργίας των γεωτρήσεων.

Σενάριο	B1	B2	B3
Διαρροές υδραγωγείων	Υφιστάμενες	Μειωμένες	Μειωμένες
Λειτουργία ενωτικού υδραγωγείου	Μονόδρομη	Μονόδρομη	Αμφίδρομη
Ολοκλήρωση έργων ενίσχυσης υδραγωγείων	Όχι	Όχι	Ναι
Ασφαλής ετήσια απόληψη για ύδρευση (hm ³)	415.0	445.0	495.0
Μέση ετήσια απόληψη από υδραγωγείο Μόρνου (hm ³)	412.6	410.6	413.9
Μέση ετήσια απόληψη από υδραγωγείο Υλίκης (hm ³)	65.5	62.3	101.6
Μέση ετήσια απόληψη από γεωτρήσεις (hm ³)	13.2	12.6	22.4
Μέσες απώλειες λόγω διαφυγών ταμιευτήρων (hm ³)	162.6	164.5	140.6
Μέσες απώλειες λόγω υπερχειλίσης (hm ³)	62.0	65.2	48.6
Μέσες απώλειες λόγω διαρροών υδραγωγείων (hm ³)	71.5	36.1	38.8
Μέση κατανάλωση ενέργειας (GWh)	93.8	90.5	139.2

Στο Σχήμα 8.6 συγκρίνονται η θεωρητική (σύμφωνα με το Σενάριο A2) και η πραγματική ασφαλής απόληψη από το υφιστάμενο (Σενάριο B1) και το μελλοντικό (Σενάριο B3) δίκτυο υδραγωγείων, σε σχέση με τα σενάρια ζήτησης του έτους 2020 που εξετάστηκαν στα πλαίσια του υποκεφαλαίου 3.8. Παρατηρείται ότι το υφιστάμενο δίκτυο μπορεί να καλύψει με ασφάλεια ένα μόνο σενάριο ζήτησης, ήτοι αυτό της χαμηλής αύξησης πληθυσμού, χαμηλής ειδικής κατανάλωσης και μηδενικής επέκτασης του συστήματος. Εφόσον γίνει επέκταση του δικτύου, το μελλοντικό σύστημα θα μπορεί να καλύψει το προηγούμενο σενάριο, καθώς και τα σενάρια χαμηλής και μέσης αύξησης του πληθυσμού με μέση και χαμηλή ειδική κατανάλωση, αντίστοιχα. Ακόμη, θα μπορεί να καλύψει και το σενάριο υψηλής αύξησης του πληθυσμού και χαμηλής ειδικής κατανάλωσης, αλλά χωρίς επέκταση του δικτύου. Τέλος, για τα υπόλοιπα σενάρια θα απαιτηθούν είτε περαιτέρω έργα ενίσχυσης των υδραγωγείων ή

ακόμα και νέοι υδατικοί πόροι (προοπτική μη ρεαλιστική), εφόσον η ζήτηση ξεπεράσει το ασφαλές θεωρητικό όριο των 560 hm³.



Σχήμα 8.6: Σύγκριση θεωρητικής και πραγματικής ασφαλούς απόληψης (για το υφιστάμενο και το μελλοντικό δίκτυο υδραγωγείων) σε σχέση με διάφορα σενάρια ζήτησης του έτους 2020 (βλ. 3.8.6).

8.5 Διερεύνηση βέλτιστης πολιτικής διαχείρισης έτους 2009

8.5.1 Χαρακτηριστικά της τρέχουσας συγκυρίας

Το διαρρέυσαν υδρολογικό έτος 2007-08, όπως και το 2006-07 ήταν εξαιρετικά φτωχό σε υδροφορία, καθώς το σύνολο της απορροής στις τρεις κύριες υδρολογικές λεκάνες του συστήματος (Μόρνο, Εύηνο και Βοιωτικού Κηφισού) ανήλθε στο μόλις 53.1% της μέσης ιστορικής τιμή της, ήτοι 369.5 hm³ έναντι 787.6 hm³ (Πίνακας 8.6). Η ιδιαίτερα χαμηλή υδροφορία συνεχίστηκε μέχρι και τις αρχές του Δεκεμβρίου 2008, με συνέπεια τα αποθέματα των τεσσάρων ταμιευτήρων να προσεγγίσουν το αρνητικό ρεκόρ του 2001. Ωστόσο, τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο του 2009 πραγματοποιήθηκαν σημαντικές εισροές, ιδιαίτερα στον Εύηνο, και λιγότερο στο Μόρνο και την Υλίκη, με αποτέλεσμα τα αποθέματα να φτάσουν (Μάρτιος 2009) στα περσινά, περίπου, επίπεδα.

Συγκεκριμένα, την 1/3/2009 οι στάθμες των ταμιευτήρων ήταν (εντός παρενθέσεως αναγράφεται το μικτό απόθεμα): Εύηνος +496.20 m (107.8 hm³), Μόρνος +411.33 m (389.0 hm³), Υλίκη +62.54 m (245.2 hm³) και Μαραθώνας +217.61 m (28.5 hm³). Συνεπώς, το τρέχον συνολικό μικτό απόθεμα των ταμιευτήρων ανέρχεται σε 770.5 hm³, ενώ το συνολικό απολήψιμο απόθεμα (χωρίς να υπολογίζεται η δυνατότητα χρήσης πλωτών αντλιοστασίων στον Μόρνο) φτάνει τα 617.3 hm³. Οι προαναφερθείσες στάθμες τέθηκαν ως αρχικές συνθήκες στα διάφορα σενάρια που εξετάστηκαν, με σκοπό τον εντοπισμό της βέλτιστης διαχειριστικής πολιτικής του τρέχοντος έτους.

Πίνακας 8.6: Μηνιαία επιφανειακή απορροή των τριών κύριων λεκανών του υδροσυστήματος κατά το υδρολογικό έτος 2007-08 (σε hm^3). Στην δεύτερη στήλη, με πλάγιους χαρακτήρες, αναγράφονται οι αντίστοιχες μέσες τιμές των ιστορικών δειγμάτων.

Μήνας	Εύηνος		Μόρνος		B. Κηφισός		Σύνολο	
Οκτώβριος	6.0	7.3	0.0	6.3	6.6	14.6	12.5	28.3
Νοέμβριος	33.9	26.1	22.4	20.9	13.1	20.9	69.4	68.0
Δεκέμβριος	26.8	50.9	12.6	35.7	15.2	30.6	54.6	117.2
Ιανουάριος	15.6	39.0	8.1	30.5	16.7	44.6	40.4	114.0
Φεβρουάριος	12.6	42.4	6.1	31.6	15.6	47.3	34.3	121.3
Μάρτιος	26.0	40.4	15.0	33.8	12.3	55.0	53.3	129.2
Απρίλιος	22.3	32.6	18.5	28.3	7.8	37.2	48.6	98.1
Μάιος	10.2	18.6	8.1	20.1	4.2	15.8	22.5	54.6
Ιούνιος	5.1	7.6	5.3	10.3	0.5	4.3	10.9	22.1
Ιούλιος	3.5	4.6	4.6	6.7	0.0	0.6	8.1	11.9
Αύγουστος	3.4	3.4	3.6	4.8	0.0	0.9	6.9	9.0
Σεπτέμβριος	3.6	3.2	4.5	5.0	0.0	5.8	8.0	14.1
Σύνολο	168.9	276.1	108.7	234.0	91.9	277.5	369.5	787.6

Όσον αφορά στη ζήτηση νερού στην Αθήνα, η κατανάλωση του έτους 2008, μετρημένη στην είσοδο των διωλιστηρίων, ανήλθε σε 431.4 hm^3 , παρουσιάζοντας αύξηση κατά 2.4% σε σχέση με το 2007, οπότε έφτασε τα 421.1 hm^3 . Η εκτίμηση για το έτος 2009 είναι στα ίδια επίπεδα, ήτοι 430.0 hm^3 (βλ. 3.8.6). Η τιμή της ζήτησης ελήφθη σταθερή για όλο το χρονικό ορίζοντα της προσομοίωσης (10 έτη).

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που διέπει τη λειτουργία του συστήματος κατά την παρούσα φάση αφορά στη μακροχρόνια βλάβη του ενωτικού υδραγωγείου. Το εν λόγω υδραγωγείο είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για την ασφάλεια του υδροσυστήματος, καθώς εξασφαλίζει αμφίδρομη επικοινωνία των υδραγωγείων Μόρνου και Υλίκης. Ωστόσο, το συγκεκριμένο έργο, το οποίο αποτελείται από τμήματα αγωγών κατασκευασμένων από προεντεταμένο σκυρόδεμα, είναι από τα πλέον προβληματικά του δικτύου, όπως έχει φανεί μετά τα επανειλημμένα περιστατικά θραύσης σε διάφορα σημεία του αγωγού κατά τα τελευταία χρόνια, λόγω φθοράς του οπλισμού προέντασής του. Για το λόγο αυτό, το υδραγωγείο θεωρείται ότι λειτουργεί μόνο προς την κανονική φορά, στέλνοντας νερό από το κανάλι του Μόρνου προς το Κλειδί με ελεύθερη ροή και με δυνατότητα μέγιστης παροχής $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

8.5.2 Γενικές παραδοχές

Αν και η μελέτη εστιάζει στο τρέχον έτος (2009), ο χρονική περίοδος των αναλύσεων εκτείνεται σε ορίζοντα δεκαετίας, γεγονός που επιτρέπει για την αποτίμηση των επιπτώσεων των εξεταζόμενων διαχειριστικών πολιτικών στην αξιοπιστία του συστήματος και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων. Σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν, οι προσομοιώσεις ξεκινούν τον Μάρτιο του 2009 (με αρχικές συνθήκες τις στάθμες ταμιεντήρων της 1/3/2009) και λήξη τον Δεκέμβριο του 2017. Για τη στοχαστική πρόγνωση των υδρολογικών εισροών του παραπάνω χρονικού διαστήματος παρήχθησαν 200 σενάρια καταληκτικής προσομοίωσης, μέσω του μοντέλου Κασταλία (βλ. 8.2.2). Στο μοντέλο του Υδρονομέα, η προσομοίωση κάθε σεναρίου εκτελείται ξεχωριστά για όλο το χρονικό ορίζοντα, ξεκινώντας από τις ίδιες τιμές στάθμης. Στο πέρας της προσομοίωσης όλων των σεναρίων, συγκεντρώνονται τα επιμέρους αποτελέσματα και εκτιμώνται τα διάφορα μεγέθη ενδιαφέροντος ανά μήνα και ανά έτος, με βάση ένα δείγμα 200 μηνιαίων τιμών αποθεμάτων, εκροών, κτλ.

Ως προς τους υπόγειους υδατικούς πόρους, υιοθετήθηκε η κανονική (συντηρητική) πολιτική χρήσης των ομάδων γεωτρήσεων Μαυροσουβάλας, Ούγγρων-ΝΔ Υλίκης, Νο 3 και 10ου Σίφωνα, με τιμές παραμέτρων 25% (όριο ενεργοποίησης κατά προτεραιότητα) και 40% (όριο διακοπής λειτουργίας). Οι

γεωτρήσεις αυτές θεωρούνται διαθέσιμες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αντίθετα, οι γεωτρήσεις Ταξιάρχων θεωρήθηκαν μη διαθέσιμες, καθώς βρίσκονται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με την Υλίκη, υδρομαστεύοντας, στην πραγματικότητα, τους ίδιους υδατικούς πόρους της λίμνης. Ομοίως, οι γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου θεωρήθηκαν μη διαθέσιμες ακόμα και κατά τη χειμερινή περίοδο, με εξαίρεση το σενάριο Γ5.

Το μέτρο επίδοσης του συστήματος, που αποτελεί και την στοχική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση, ορίστηκε ως το σταθμισμένο άθροισμα δύο κριτηρίων:

- της μέσης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από τους καταθλιπτικούς αγωγούς και τις γεωτρήσεις, με συντελεστή βάρους 0.1·
- της δυσμενέστερης από τις μέγιστες ετήσιες πιθανότητες αστοχίας των στόχων ζήτησης Μενιδίου, Γαλατσίου, Κιούρκων και Μάνδρας, με συντελεστή βάρους 1000.

Η παραπάνω σχέση διατυπώνεται μαθηματικά ως εξής:

$$\text{minimize } f = 0.1 (E_Y + E_\Gamma) + 1000 \max(P_{\text{ΜΕΝΙΔΙ}}^*, P_{\text{ΓΑΛΑΤΣΙ}}^*, P_{\text{ΚΟΥΡΚΑ}}^*, P_{\text{ΜΑΝΔΡΑ}}^*) \quad (8.3)$$

όπου E_Y , E_Γ η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας από τα υδραγωγεία και τις γεωτρήσεις, αντίστοιχα, και $P_{(\dots)}^*$ η μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας του αντίστοιχου υδρευτικού στόχου. Υπενθυμίζεται ότι η μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας στην καταληκτική προσομοίωση εκτιμάται εμπειρικά, ως το ποσοστό των σεναρίων που εμφάνισαν έλλειμμα κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους προς το σύνολο των σεναρίων που προσομοιώθηκαν, ήτοι 200. Ωστόσο, για την αποτίμηση της επίδοσης του συστήματος λαμβάνεται ως μέτρο αστοχίας αυτή που καταγράφεται το δυσμενέστερο έτος, ήτοι το έτος που εμφάνισαν έλλειμμα τα περισσότερα σενάρια, έστω και αν το έλλειμμα αυτό κατανέμεται σε διαφορετικούς μήνες του έτους. Για το λόγο αυτό, η μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας αποτελεί πιο συντηρητικό δείκτη τόσο σε σχέση με τη μέση ετήσια όσο και σε σχέση με τη μέγιστη μηνιαία, που αναφέρεται στο μήνα κατά τον οποίο εμφανίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό ελλειμματικών σεναρίων.

Εκτός από τη μέγιστη πιθανότητα αστοχίας του συστήματος σε χρονικό ορίζοντα δεκαετίας (η οποία στη συνέχεια αναφέρεται και ως *μεσοπρόθεσμη πιθανότητα αστοχίας*), στις διαχειριστικές αναλύσεις εκτιμάται (χωρίς να βελτιστοποιείται) και η πιθανότητα αστοχίας του υδρολογικού έτους 2009-10, που αναφέρεται ως *βραχυπρόθεσμη πιθανότητα αστοχίας*. Προφανώς, η μεσοπρόθεσμη πιθανότητα αστοχίας αποτελεί δυσμενέστερο κριτήριο σε σχέση με τη βραχυπρόθεσμη.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, εξετάστηκαν τα ακόλουθα σενάρια λειτουργίας του συστήματος:

- Στο Σενάριο Γ1 επιτρέπεται πλήρης αξιοποίηση της Υλίκης, ενώ απαγορεύεται εντελώς η χρήση των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης..
- Στο Σενάριο Γ2 εξετάζεται η δυνατότητα περιορισμού των εκροών από την Υλίκη, στα επίπεδα των 280 000 m³/d. Για το σκοπό αυτό, στο μοντέλο προσομοίωσης η παροχτευτικότητα του υδραγωγείου Μουρίκι-Κρεμμάδα μειώνεται τεχνητά, από τα 7.5 m³/s που είναι η πραγματική της τιμή (περίπου 650 000 m³/d) στα 3.0 m³/s. Το σενάριο αυτό κρίνεται ως το πλέον ρεαλιστικό, με βάση την τρέχουσα συγκυρία.
- Στο Σενάριο Γ3, η παροχτευτικότητα του υδραγωγείου Μουρίκι-Κρεμμάδα περιορίζεται περαιτέρω, στα 2.0 m³/s (περίπου 170 000 m³/d), ώστε να διερευνηθούν οι επιπτώσεις μιας ακόμα πιο οικονομικής λειτουργίας του υδροσυστήματος.
- Στο Σενάριο Γ4 εξετάζονται οι θεωρητικές επιπτώσεις της πλέον οικονομικής λειτουργίας του υδροσυστήματος, με πλήρη διακοπή της λειτουργίας της Υλίκης. Για το σκοπό αυτό, στο μοντέλο προσομοίωσης, μηδενίζεται πλήρως η παροχτευτικότητα των αντλιοστασίων της Υλίκης.
- Επειδή με τις παραδοχές ακόμα και του σεναρίου εντατικής εκμετάλλευσης της Υλίκης (Γ1) δεν εξασφαλίζεται το απαιτούμενο επίπεδο αξιοπιστίας (η μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας είναι 4.0%, έναντι του επιθυμητού 1.0%), διατυπώνεται το «ασφαλές» Σενάριο Γ5, βάσει του οποίου

επιδιώκεται αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος, με διακοπή των αρδευτικών εκροών μέσω του υδραγωγείου Διστόμου και επανένταξη των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου στο δίκτυο, με διαθεσιμότητα όλους τους μήνες του έτους.

Τα αποτελέσματα και η επιλογή της βέλτιστης διαχειριστικής πολιτικής συζητώνται στη συνέχεια.

8.5.3 Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 8.7 συνοψίζονται οι παραδοχές και τα κύρια μεγέθη των πέντε διαχειριστικών σεναρίων που εξετάστηκαν. Ακόμη, στους Πίνακες 8.8 και 8.9 δίνεται η πρόγνωση ελάχιστης ετήσιας στάθμης (έως το τέλος του 2009) των ταμιευτήρων Υλίκης και Μόρνου, αντίστοιχα, για διάφορες πιθανότητες μη υπέρβασης, που προκύπτει με στατιστική ανάλυση του δείγματος των 200 σεναρίων εισροών. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι στάθμες των δύο ταμιευτήρων αναμένεται να εμφανίσουν τη χαμηλότερη ετήσια τιμή τους το Νοέμβριο. Εξαιρέση αποτελεί το Σενάριο Γ4, για το οποίο η στάθμη της Υλίκης ελαχιστοποιείται τον Οκτώβριο του 2009 (στο σενάριο αυτό δεν πραγματοποιούνται αντλήσεις).

Πίνακας 8.7: Κύριες παραδοχές και συνοπτικά αποτελέσματα (δεκαετίας και δεκαμήνου Μαρτίου-Δεκεμβρίου 2009) σεναρίων διερεύνησης της βέλτιστης διαχειριστικής πολιτικής του έτους 2009.

Σενάριο	Γ1	Γ2	Γ3	Γ4	Γ5
<i>Βασικές παραδοχές</i>					
Παροχευτικότητα υδραγωγείου Υλίκης (m ³ /s)	7.5	3.0	2.0	0.0	7.5
Μέγιστη ημερήσια εκροή Υλίκης (1000 m ³)	650	280	170	-	650
Υδρευτική χρήση Βασιλικών-Παρορίου	Καμία	Καμία	Καμία	Καμία	Πλήρης
Ετήσια αρδευτική ζήτηση Διστόμου	7.0	7.0	7.0	7.0	0.0
Ετήσια υδρευτική ζήτηση Αθήνας (hm ³)	430.0	430.0	430.0	430.0	410.0
<i>Γενικά αποτελέσματα</i>					
Μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας (%)	4.0	8.5	12.5	21.0	1.5
Μέγιστο μηνιαίο έλλειμμα Αθήνας ⁽¹⁾ (hm ³)	36.1	32.7	34.2	34.4	33.8
Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας (GWh)	123.4	80.5	69.4	58.6	80.3
Πιθανότητα αστοχίας υδρολ. έτους 2009-10 (%)	2.0	3.5	6.0	12.0	0.5
Μέγιστο μηνιαίο έλλειμμα Αθήνας κατά το υδρολογικό έτος 2009-10 ⁽¹⁾ (hm ³)	29.8	31.4	30.8	30.2	21.8
<i>Μέσες τιμές περιόδου Μαρτίου – Δεκεμβρίου 2009</i>					
Απόληψη από Μόρνο (hm ³)	288.1	341.6	367.2	411.7	319.1
Απόληψη από Υλίκη (hm ³)	144.4	77.6	51.4	0.0	81.8
Απόληψη από γεωτρήσεις (hm ³)	2.7	21.3	21.7	25.3	10.8
Μεταφορά νερού από ενωτικό υδραγωγείο (hm ³)	0.2	0.4	3.1	39.0	18.4
Απώλειες λόγω διαφυγών ταμιευτήρων (hm ³)	95.9	104.8	108.0	114.2	107.2
Απώλειες λόγω διαρροών υδραγωγείων (hm ³)	59.8	61.2	62.1	64.2	59.9
Κατανάλωση ενέργειας (GWh)	161.0	82.3	62.4	32.7	104.7
Κόστος κατανάλωσης ενέργειας ⁽²⁾ (Μ€)	12.9	6.6	5.0	2.6	8.4

(1) Εκτιμάται ως η μέση τιμή του ελλείμματος ύδρευσης στη διάρκεια του δυσμενέστερου μήνα της περιόδου αναφοράς (δεκαετία ή διετία), δηλαδή του μήνα που μεγιστοποιείται το πλήθος των ελλειμματικών σεναρίων και, συνακόλουθα, η πιθανότητα αστοχίας.

(2) Θεωρείται μέση τιμή μονάδας 0.08 €/kWh.

Πίνακας 8.8: Πρόγνωση ελάχιστης ετήσιας στάθμης ταμειυτήρα Υλίκης, για διάφορες πιθανότητες μη υπέρβασης⁽¹⁾ (απόλυτες στάθμες, σε m).

Σενάριο	Γ1	Γ2	Γ3	Γ4	Γ5
Πιθανότητα μη υπέρβασης 5%	49.2	53.0	54.4	56.5	51.0
Πιθανότητα μη υπέρβασης 20%	52.2	56.2	56.8	58.9	54.7
Πιθανότητα μη υπέρβασης 50%	56.5	60.1	60.7	62.8	59.4
Πιθανότητα μη υπέρβασης 80%	60.3	63.5	64.0	65.8	63.6
Πιθανότητα μη υπέρβασης 95%	63.2	66.2	66.8	68.5	67.4

(1) Ποσοστό υδρολογικών σεναρίων στα οποία η στάθμη της Υλίκης κατά το δυσμενέστερο μήνα του 2009 κατέρχεται της αντίστοιχης τιμής αναφοράς. Υπενθυμίζεται ότι η Υλίκη περιλαμβάνει διάφορες θέσεις και στάθμες λειτουργίας των αντλιοστασίων, που δίνονται στον Πίνακα 5.4.

Πίνακας 8.9: Πρόγνωση ελάχιστης ετήσιας στάθμης ταμειυτήρα Μόρνου, για διάφορες πιθανότητες μη υπέρβασης⁽¹⁾ (απόλυτες στάθμες, σε m).

Σενάριο	Γ1	Γ2	Γ3	Γ4	Γ5
Πιθανότητα μη υπέρβασης 5%	406.3	403.9	401.0	397.4	406.6
Πιθανότητα μη υπέρβασης 20%	409.4	406.3	406.3	401.9	409.5
Πιθανότητα μη υπέρβασης 50%	414.8	411.0	412.5	406.3	413.0
Πιθανότητα μη υπέρβασης 80%	418.6	415.4	417.2	409.4	415.9
Πιθανότητα μη υπέρβασης 95%	420.6	419.1	421.2	413.7	418.5

(1) Ποσοστό υδρολογικών σεναρίων στα οποία η στάθμη του Μόρνου κατά το δυσμενέστερο μήνα του 2009 κατέρχεται της αντίστοιχης τιμής αναφοράς. Υπενθυμίζεται ότι η στάθμη υδροληψίας του φράγματος είναι +384.0 m.

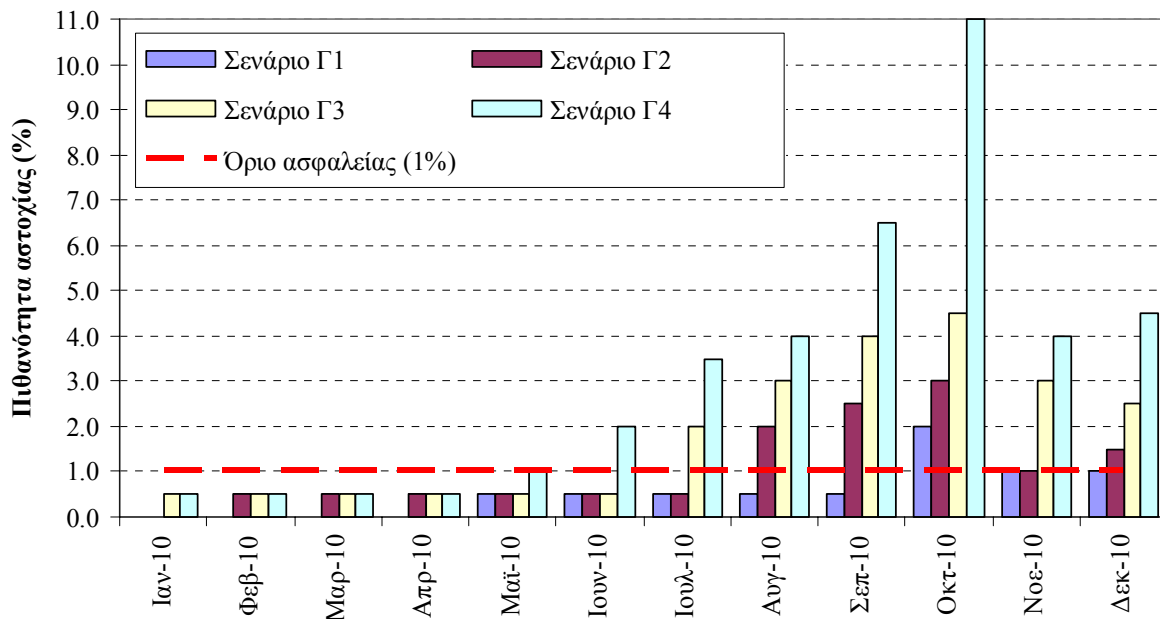
Τα κύρια συμπεράσματα των αναλύσεων συνοψίζονται ως εξής:

Σύμφωνα με το Σενάριο Γ1, η κάλυψη της τρέχουσας ετήσιας ζήτησης των 430 hm³ δεν μπορεί να επιτευχθεί με την απαιτούμενη αξιοπιστία, ακόμα και με εντατική χρήση της Υλίκης. Συγκεκριμένα, η μεσοπρόθεσμη πιθανότητα αστοχίας του υδροσυστήματος (σε χρονικό ορίζοντα δεκαετίας) ανέρχεται σε 4.0%, ενώ για το ερχόμενο υδρολογικό έτος (2009-10) η εν λόγω πιθανότητα εκτιμάται σε 2.0%. Το γεγονός αυτό δεν πρέπει να αποδοθεί αποκλειστικά στη διαδοχή των δύο τελευταίων υδρολογικών ετών με πολύ χαμηλές (αλλά όχι στατιστικά ασυνήθιστες) εισροές. Αντίθετα, και ανεξάρτητα από τη συγκυριακή κατάσταση των εισροών και, συνακόλουθα, των αποθεμάτων, υπάρχουν τρεις καίριοι παράγοντες που καθιστούν επισφαλή τη λειτουργία του υδροσυστήματος, τόσο σε βραχυπρόθεσμο όσο και σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, ήτοι:

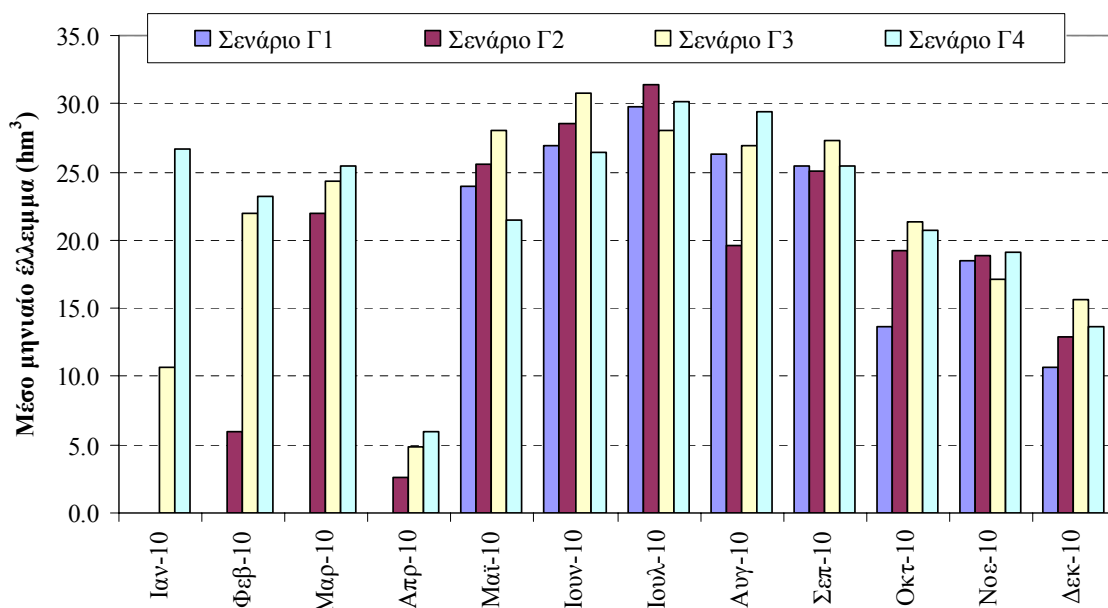
- η μακροχρόνια διακοπή λειτουργίας του ενωτικού υδραγωγείου προς την ανάστροφη κατεύθυνση·
- η διακοπή λειτουργίας των υδρευτικών γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου, προς όφελος μάλιστα της παροχέτευσης αρδευτικού νερού από το Μόρνο μέσω του υδραγωγείου Διστόμου·
- οι σημαντικές απώλειες νερού κατά μήκος των εξωτερικών υδραγωγείων.

Με τις υπάρχουσες παραδοχές λειτουργίας του συστήματος (όπως αποτυπώνονται στο Σενάριο Γ1), προκειμένου να περιοριστεί η ετήσια πιθανότητα αστοχίας έστω και στα μη αποδεκτά επίπεδα του 4.0%, απαιτείται εντατική χρήση της Υλίκης. Συγκεκριμένα, η μέση εκροή του δεκαμήνου Μαρτίου-Δεκεμβρίου ανέρχεται σε 144.4 hm³, που συνεπάγεται μέση απόληψη της τάξης του 470 000 m³/d. Αν η άντληση περιοριστεί στα 280 000 m³/d, όπως υποθέτει το Σενάριο Γ2, τότε η πιθανότητα αστοχίας διπλασιάζεται από 4.0% σε 8.5%, ενώ ειδικά για το υδρολογικό έτος 2009-10 αυξάνεται από 2.0% σε 3.5% (που σημαίνει ότι 7 από τα 200 σεναρία προσομοίωσης του συστήματος, τα οποία προφανώς

αναφέρονται σε σενάρια χαμηλών υδρολογικών εισροών, εμφανίζουν έλλειμμα κατά τους θερινούς μήνες). Αντίθετα, η μέση κατανάλωση ενέργειας το τρέχον έτος (και το σχετικό κόστος) μειώνεται στο μισό (από 161.0 σε 82.3 GWh). Η σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στο Σενάριο Γ2 έναντι του Γ1 εξηγείται από η διατήρηση της Υλίκης σε υψηλότερη στάθμη (βλ. Πίνακα 8.8 και Σχήματα 8.11 και 8.12). Από την άλλη πλευρά, οι απώλειες νερού από το σύστημα λόγω των αυξημένων διαφυγών της Υλίκης δεν κρίνεται σημαντική (οι εν λόγω απώλειες εκτιμώνται σε 104.8 έναντι 95.9 hm³, κατά μέσο όρο). Συνεπώς, για την επιλογή της πλέον πρόσφορης, μεταξύ των δύο, διαχειριστικής πολιτικής απαιτείται συμβιβασμός μεταξύ του ρίσκου και της οικονομικότητας.



Σχήμα 8.7: Μηνιαία κατανομή πιθανότητας αστοχίας στη διάρκεια του έτους 2010, για τα διαχειριστικά σενάρια Γ1, Γ2, Γ3 και Γ4.



Σχήμα 8.8: Μηνιαία κατανομή μέσου υδρευτικού ελλείμματος στη διάρκεια του έτους 2010, για τα διαχειριστικά σενάρια Γ1, Γ2, Γ3 και Γ4.

Στο Σχήμα 8.7 απεικονίζονται η μηνιαία κατανομή της πιθανότητας αστοχίας κατά τη διάρκεια του 2010. Για όλα τα διαχειριστικά σενάρια, ο δυσμενέστερος μήνας είναι ο Οκτώβριος του 2010, κατά τον οποίο μεγιστοποιείται το πλήθος των ελλειμματικών σεναρίων, και συνακόλουθα η πιθανότητα αστοχίας. Παρατηρείται ότι υπάρχει προφανής συσχέτιση του ποσοστού αξιοποίησης της Υλίκης και του αντίστοιχου ρίσκου. Εφόσον επιτραπεί πλήρης αξιοποίηση της Υλίκης και η μεγιστοποίηση των σχετικών εκροών (Σενάριο Γ1), προκύπτει μόνο μία υπέρβαση του ορίου ασφαλείας 1%, τον Οκτώβριο του 2010. Εφόσον περιοριστούν οι αντλήσεις στα επίπεδα που προβλέπει το Σενάριο Γ2, ήτοι στα 280 000 m³, προκύπτει αστοχία μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη μόνο κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, ενώ με περαιτέρω μείωση (Σενάριο Γ3) ή ακόμα και μηδενισμό (Σενάριο Γ4) των αντλήσεων, το ρίσκο εκτιμάται σε πολύ μεγαλύτερα του επιθυμητού επίπεδα μέχρι τα τέλη του 2010, ενώ βαίνει αυξανόμενο σε βάθος χρόνου. Συγκεκριμένα, με βάση το Σενάριο Γ3 η μεσοπρόθεσμη πιθανότητα αστοχίας της ύδρευσης της Αθήνας φτάνει, σε ορίζοντα δεκαετίας, στο 12.5%, ενώ στην ακραία υπόθεση πλήρους διακοπής της Υλίκης (Σενάριο Γ4), η εν λόγω πιθανότητα εκτοξεύεται στο 21.0%. Προφανώς, θα πρέπει να αποκλειστεί κάθε ενδεχόμενο υιοθέτησης των διαχειριστικών πολιτικών των δύο τελευταίων σεναρίων.

Στο Σχήμα 8.8 απεικονίζονται η μηνιαία κατανομή του υδρευτικού ελλείματος της Αθήνας, κατά τη διάρκεια του 2010 (το έλλειμμα κάθε μήνα εκτιμάται ως ο μέσος όρος όλων των αντίστοιχων ελλειμματικών υδρολογικών σεναρίων). Επισημαίνεται ότι τα μεγέθη του ελλείματος δεν είναι πλήρως συγκρίσιμα, καθώς αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα αστοχίας. Γενικά, οι μέγιστες τιμές του ελλείματος ξεπερνούν τα 30.0 hm³, τιμή που αντιστοιχεί στην υδρευτική κατανάλωση 20 ημερών. Τονίζεται ότι μια τέτοια κατάσταση δεν συνεπάγεται, κατ' ανάγκη, ολοκληρωτική αστοχία του συστήματος. Αντίθετα, θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με αξιοποίηση των αποθεμάτων του Μόρνου κάτω από τη στάθμη υδροληψίας (που προϋποθέτει τη χρήση πλωτών αντλιοστασίων), σε συνδυασμό με τη λήψη μέτρων διαχείρισης του εσωτερικού δικτύου διανομής (π.χ. εκ περιτροπής διακοπή της υδροδότησης για λίγες ώρες).

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, το Σενάριο Γ2 μπορεί να θεωρηθεί οριακά αποδεκτό (υπερβαίνει το επιθυμητό ρίσκο σε σχέση με το Γ1 αλλά είναι σαφώς πιο οικονομικό), υπό την προϋπόθεση της συνεχούς παρακολούθησης της πορείας των αποθεμάτων, των καταναλώσεων για τις διάφορες χρήσεις αλλά και των απωλειών του υδροδοτικού συστήματος, ώστε να αποκλειστεί κάθε ενδεχόμενο αύξησης της πιθανότητας αστοχίας.

Το (θεωρητικό) Σενάριο Γ5 αποτελεί μια ασφαλή και ορθολογική επιλογή, προκειμένου η πιθανότητα αστοχίας του συστήματος να διατηρηθεί στα αποδεκτά επίπεδα του 1%. Η διαχειριστική πολιτική του βασίζεται στις εξής παραδοχές:

- επαναφορά των υδρευτικών γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου στο σύστημα, με δυνατότητα αξιοποίησής τους όλους τους μήνες του έτους·
- αμετάκλητη διακοπή της αρδευτικής χρήσης του υδραγωγείου Διστόμου·
- συγκράτηση της κατανάλωσης στα 410 hm³/έτος, ήτοι μείωση της τρέχουσας ζήτησης κατά 5%.

Βεβαίως, στην παρούσα συγκυρία, κανένα από τα παραπάνω μέτρα δεν θεωρείται ότι μπορεί να υλοποιηθεί σε άμεσο, τουλάχιστον, χρονικό ορίζοντα.

Όπως προκύπτει από τα συγκριτικά αποτελέσματα του Πίνακα 8.7, η επανένταξη των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου στο σύστημα, σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση νερού από τη διακοπή των αρδευτικών χρήσεων μέσω του υδραγωγείου Διστόμου και την οριακή μείωση της κατανάλωσης στην Αθήνα, λειτουργεί όχι μόνο προς όφελος της ασφάλειας του συστήματος αλλά και προς όφελος της οικονομικότητας. Το τελευταίο αποδίδεται στην εντυπωσιακή (σε σχέση με το Σενάριο Γ1) μείωση των αντλήσεων από την Υλίκη κατά την περίοδο Μαρτίου-Δεκεμβρίου, από 144.4 hm³ σε μόλις 81.8 hm³, ήτοι στα επίπεδα του Σεναρίου Γ2. Η διαφορά αυτή καλύπτεται με αυξημένες απολήψεις από το

σύστημα Μόρνου-Ευήνου (319.1 hm^3 έναντι 288.1 hm^3) και με μεγαλύτερη συνεισφορά των γεωτρήσεων (10.8 hm^3 έναντι μόλις 2.7 hm^3).

Υπενθυμίζεται ότι όλα τα παραπάνω μεγέθη και συμπεράσματα βασίζονται στην υπόθεση σταθερής κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας. Αν υποθεθεί έστω και οριακός ρυθμός αύξησης της ζήτησης, π.χ. 1.0% σε ετήσια βάση, οι τιμές αστοχίας θα είναι προφανώς ακόμα πιο δυσμενείς, και επιπλέον ενδέχεται σε ορίζοντα λίγων μόνο ετών να δημιουργηθούν προβλήματα στη μεταφορά νερού κατά τη θερινή περίοδο, λόγω εξάντλησης της παροχετευτικότητας των εξωτερικών υδραγωγείων (και εφόσον δεν προχωρήσουν τα έργα ενίσχυσης).

8.5.4 Ανάλυση διαχειριστικών πολιτικών έτους 2009

Στη συνέχεια εξετάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια ορισμένες κρίσιμες πτυχές της διαχειριστικής πολιτικής των Σεναρίων Γ1, Γ2, Γ3 και Γ5 κατά το δεκάμηνο Μαρτίου-Δεκεμβρίου 2009 (το Γ4, στο οποίο μηδενίζεται η χρήση της Υλίκης, δεν αναλύεται περαιτέρω γιατί είναι εξαιρετικά επισφαλές). Υπενθυμίζεται ότι τα τρία πρώτα σενάρια έχουν διαμορφωθεί λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα ζήτηση και την τρέχουσα πολιτική διαχείρισης του υδραγωγείου Διστόμου, ενώ το θεωρητικό Σενάριο Γ5 επιτυγχάνει ελαχιστοποίηση του ρίσκου στα επιθυμητά επίπεδα του 1%, με την υπόθεση μείωσης της υδρευτικής κατανάλωσης κατά 5% και αξιοποίησης του υδραγωγείου Διστόμου αποκλειστικά για υδρευτικούς σκοπούς.

Στο διάγραμμα των Σχημάτων 8.9 και 8.10 συγκρίνονται, για τα τρία σενάρια, οι πολιτικές μηνιαίων εκροών από την Υλίκη και το Μόρνο, αντίστοιχα, μέχρι και το Δεκέμβριο του 2009. Οι αναλυτικές τιμές τους, σε μέση ημερήσια κλίμακα, δίνονται στους Πίνακες 8.10 (Υλίκη) και 8.11 (Μόρνος). Παρατηρείται ότι σύμφωνα με το Σενάριο Γ1 επιβάλλεται σταθερή, πρακτικά, άντληση $480\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ από την Υλίκη, και κλιμακούμενη εκροή από το Μόρνο, από $800\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ (Μάρτιος) ως $1\,200\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ (Ιούλιος). Στα δύο Σενάρια μειωμένης χρήσης της Υλίκης η κατανομή είναι παρόμοια, αλλά με μείωση της άντλησης από την Υλίκη σε $260\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ (Σενάριο Γ2) ή $170\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ (Σενάριο Γ3), και αντίστοιχη αύξηση των απολήψεων από το Μόρνο. Αντίθετα, στο Σενάριο Γ5, επιβάλλεται ριζικά διαφορετική πολιτική εκροών. Συγκεκριμένα, επιδιώκεται πολύ μικρότερη άντληση από την Υλίκη την εαρινή περίοδο, με σταδιακή αύξηση των αντλήσεων μετά τον Ιούνιο. Από την άλλη πλευρά, οι απολήψεις από το Μόρνο μεγιστοποιούνται μέχρι και το μήνα Μάιο, και στη συνέχεια μειώνονται σημαντικά, από $1\,400\,000$ σε μόλις $760\,000 \text{ m}^3/\text{d}$.

Είναι προφανές ότι οι διαφορετικές πολιτικές αξιοποίησης της Υλίκης έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στις υπόγειες διαφυγές όσο, κυρίως, στο κόστος των αντλήσεων. Και τα δύο μεγέθη σχετίζονται με τη διακύμανση της στάθμης. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως (εδάφιο 8.5.3), οι εντατικές αντλήσεις που επιβάλλει το Σενάριο Γ1 οδηγούν σε γρηγορότερη ταπείνωση της στάθμης, άρα και σε μεγαλύτερο κόστος άντλησης αλλά και σε όχι αμελητέα εξοικονόμηση νερού από τη μείωση των διαφυγών. Αντίθετα, με τη μείωση των αντλήσεων που επιβάλλουν τα σενάρια μειωμένης χρήσης της Υλίκης (Γ2 και Γ3), καθώς και το θεωρητικό Σενάριο Γ5, η στάθμη διατηρείται από 3.0 έως 5.0 m πιο ψηλά, όλους τους μήνες του έτους.

Η στατιστική πρόγνωση της εξέλιξης της στάθμης της Υλίκης μέχρι τον Ιανουάριο του 2010, για πιθανότητες μη υπέρβασης 5, 50 και 95%, απεικονίζεται στα διαγράμματα των Σχημάτων 8.11 (Σενάριο Γ1), 8.12 (Σενάριο Γ2), 8.13 (Σενάριο Γ3) και 8.14 (Σενάριο Γ5). Οι εν λόγω πιθανότητες αντιστοιχούν σε ένα δυσμενές, ένα μέσο και ένα ευνοϊκό σενάριο εισροών, αντίστοιχα. Ακόμη, στα διαγράμματα απεικονίζονται οι χαρακτηριστικές στάθμες της λίμνης, που αντιπροσωπεύουν τις θέσεις έναρξης και παύσης της λειτουργίας αντλιοστασίων (βλ. Πίνακα 5.4).

Όσον αφορά στους υπόγειους υδατικούς πόρους, επιβάλλεται αξιόλογη χρήση των γεωτρήσεων στα σενάρια Γ2, Γ3 και Γ5, με μέση συνολική απόληψη δεκαμήνου 15.2, 15.6 και 10.8 hm^3 , αντίστοιχα. Η

κατανομή των απολήψεων ανά ομάδα γεωτρήσεων δίνεται στον Πίνακα 8.12. Σύμφωνα με τα Σενάρια Γ2 και Γ3, εντατικοποιούνται οι αντλήσεις από τη Μαυροσουβάλα (με απολήψεις 11.5 και 11.8 hm³, αντίστοιχα) ενώ με βάση το Σενάριο Γ5, η έμφαση δίνεται στην αξιοποίηση των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου, με μέση απόληψη δεκαμήνου 8.9 hm³. Βεβαίως, στο συγκεκριμένο σενάριο δίνεται η δυνατότητα συνεχούς χρήσης των εν λόγω γεωτρήσεων, ακόμα και τη θερινή περίοδο, προοπτική που δεν κρίνεται ρεαλιστική.

Η ριζικά διαφορετική διαχειριστική πολιτική των Σεναρίων Γ1 και Γ2 σε σχέση με το Γ5 ερμηνεύεται από την προσπάθεια ελαχιστοποίησης του ρίσκου, σε βάρος της οικονομικότητας, που προϋποθέτει εντατικοποίηση των απολήψεων από την Υλίκη. Αντίθετα, επειδή στο Σενάριο Γ5 η βιωσιμότητα των υδατικών πόρων είναι εγγυημένη (το ρίσκο διατηρείται σε αποδεκτά επίπεδα), δίνεται έμφαση στην οικονομικότητα, επιδιώκοντας μείωση των αντλήσεων. Στα Σχήματα 8.15 έως 8.17 απεικονίζονται οι βέλτιστοι κανόνες λειτουργίας των τριών σεναρίων, οι οποίοι αποτυπώνουν την παραπάνω διαφορά στρατηγικής. Πράγματι, ο κανόνας του Σεναρίου Γ1 εξασφαλίζει την μέγιστη αξιοποίηση της Υλίκης, αποθηκεύοντας το σύνολο των επιφανειακών αποθεμάτων στο Μόρνο, μέχρι το επιθυμητό όριο των 650 hm³. Στο Σενάριο Γ2, λόγω του περιορισμού μείωσης των αντλήσεων από την Υλίκη σε 3.0 m³/s κατά μέγιστο, ο κανόνας διαφοροποιείται ελαφρά, καθώς το όριο απόλυτης εκμετάλλευσης της Υλίκης σε σχέση με το Μόρνο μειώνεται στα 600 hm³. Το εν λόγω όριο εντατικής λειτουργίας της Υλίκης μειώνεται περαιτέρω, στα επίπεδα των 500 hm³, καθώς η επαναφορά της αξιοπιστίας στα επιθυμητά επίπεδα, ως αποτέλεσμα της έστω και οριακής μείωσης της κατανάλωσης (υδρευτικής και αρδευτικής), επιτρέπει μια λιγότερο συντηρητική διαχείριση του υδροσυστήματος.

Πίνακας 8.10: Ημερήσιες αντλήσεις από την Υλίκη (μέσες μηνιαίες τιμές 200 υδρολογικών σεναρίων), για τα διαχειριστικά σενάρια Γ1, Γ2, Γ3 και Γ5 (τιμές σε m³).

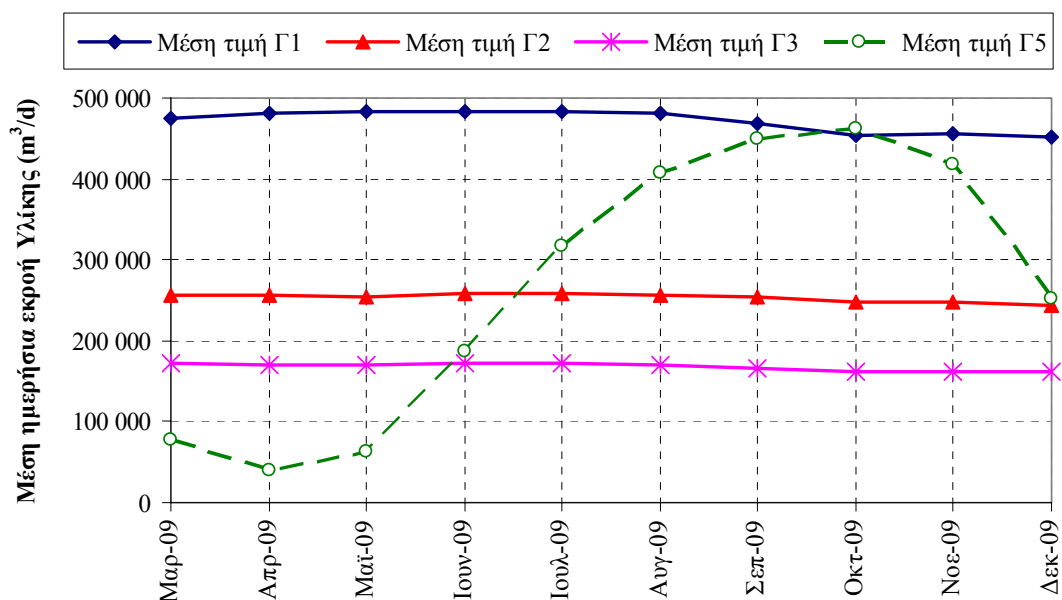
Μήνας	Σενάριο Γ1	Σενάριο Γ2	Σενάριο Γ3	Σενάριο Γ5
Μαρ-09	475 161	257 097	171 935	77 742
Απρ-09	482 000	255 333	170 333	39 333
Μαΐ-09	483 226	255 161	170 323	63 871
Ιουν-09	483 667	258 333	172 667	188 000
Ιουλ-09	483 871	259 355	172 903	316 452
Αυγ-09	480 645	257 097	170 968	408 387
Σεπ-09	467 667	253 333	166 333	449 333
Οκτ-09	454 516	248 065	161 290	461 613
Νοε-09	456 000	248 333	161 667	417 333
Δεκ-09	452 581	242 903	162 581	251 290

Πίνακας 8.11: Ημερήσιες εκροές από το Μόρνο (μέσες μηνιαίες τιμές 200 υδρολογικών σεναρίων), για τα διαχειριστικά σενάρια Γ1, Γ2, Γ3 και Γ5 (τιμές σε m³).

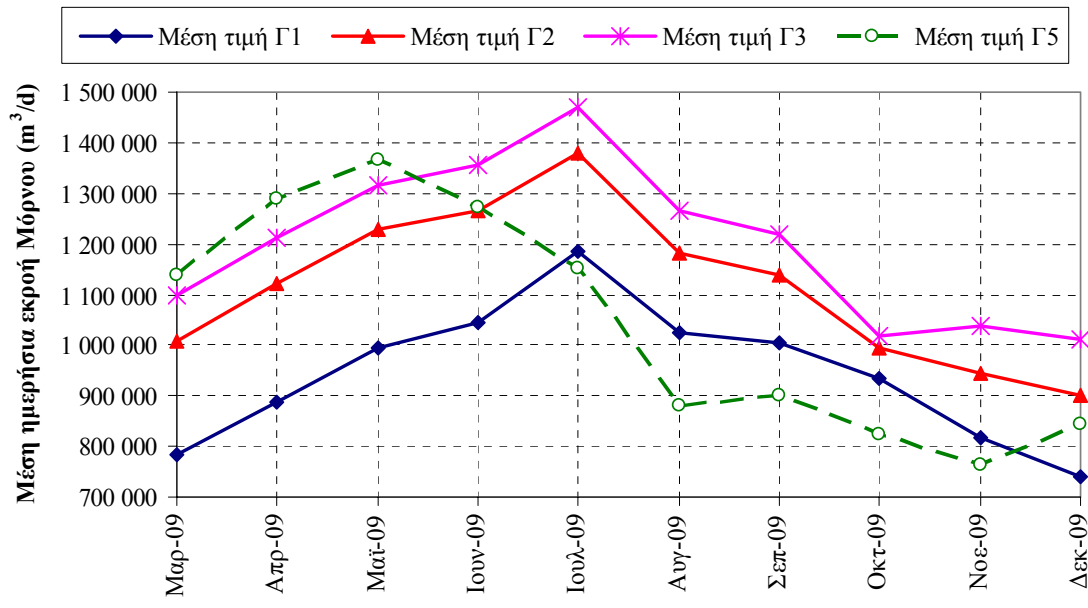
Μήνας	Σενάριο Γ1	Σενάριο Γ2	Σενάριο Γ3	Σενάριο Γ5
Μαρ-09	782 258	1 008 387	1 097 742	1 140 000
Απρ-09	886 000	1 122 667	1 211 667	1 287 667
Μαϊ-09	994 839	1 228 065	1 317 097	1 365 484
Ιουν-09	1 045 667	1 265 333	1 354 667	1 272 333
Ιουλ-09	1 184 516	1 380 000	1 470 645	1 153 226
Αυγ-09	1 024 839	1 180 968	1 267 097	881 290
Σεπ-09	1 004 000	1 137 000	1 218 333	899 333
Οκτ-09	935 806	994 194	1 016 452	824 194
Νοε-09	816 667	945 000	1 036 667	762 000
Δεκ-09	739 032	900 323	1 010 000	844 516

Πίνακας 8.12: Συνολική μέση απόληψη από τις γεωτρήσεις κατά την περίοδο Μαρτίου-Δεκεμβρίου 2009, για τα διαχειριστικά σενάρια Γ1, Γ2 και Γ5 (τιμές σε hm³).

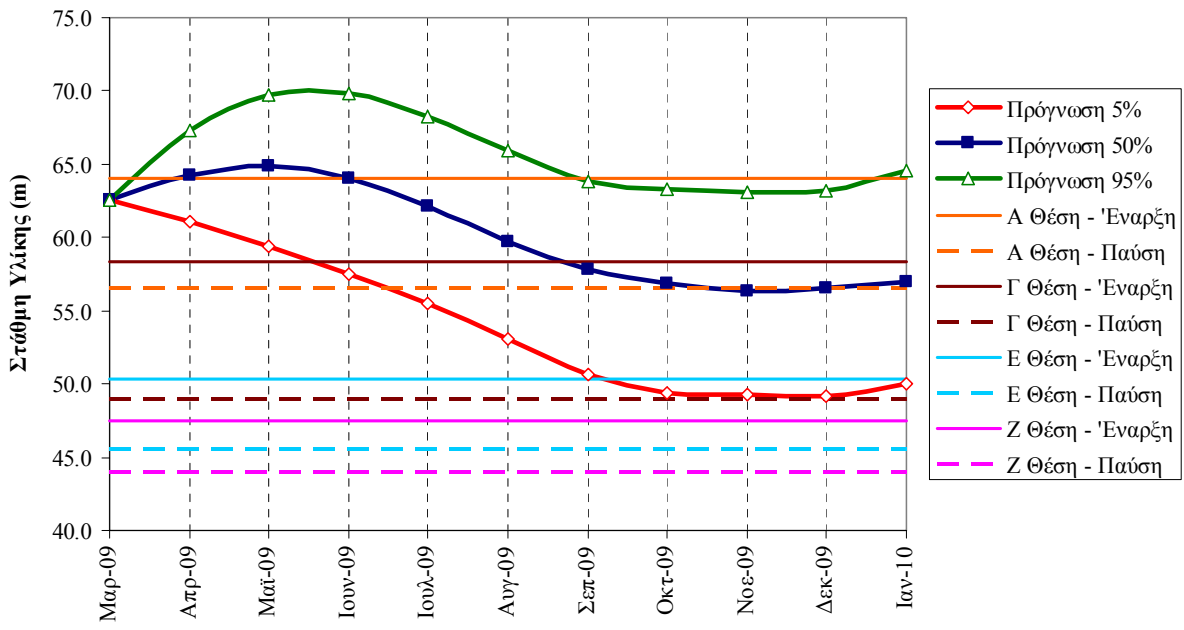
Γεώτρηση	Σενάριο Γ1	Σενάριο Γ2	Σενάριο Γ3	Σενάριο Γ5
Ούγγρα-Ν.Δ. Υλίκη	1.2	1.1	1.1	0.9
Βασιλικά-Παρόρι	0.0	0.0	0.0	8.9
Νο 3	0.1	1.2	1.3	0.1
Μαυροσουβάλα	1.1	11.5	11.8	0.8
10ου Σίφωνα	0.2	1.4	1.4	0.1
Σύνολο	2.6	15.2	15.6	10.8



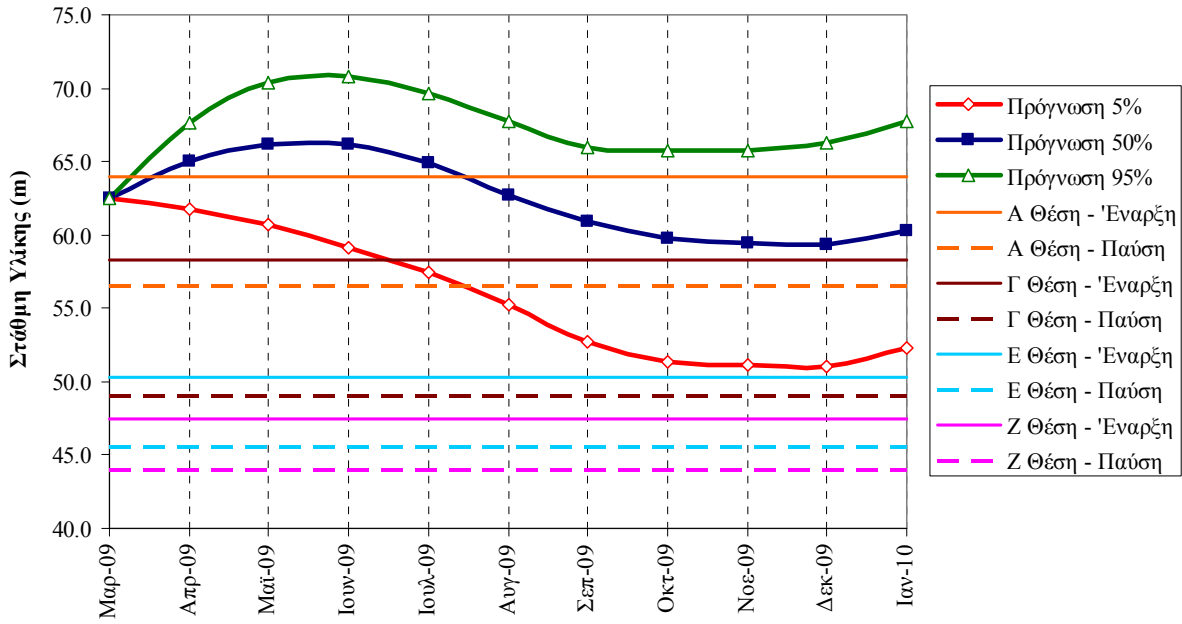
Σχήμα 8.9: Συγκριτικά διαγράμματα ημερήσιων εκροών από την Υλίκη (μέση εκροή 200 υδρολογικών σεναρίων), για τα διαχειριστικά σενάρια Γ1, Γ2, Γ3 και Γ5.



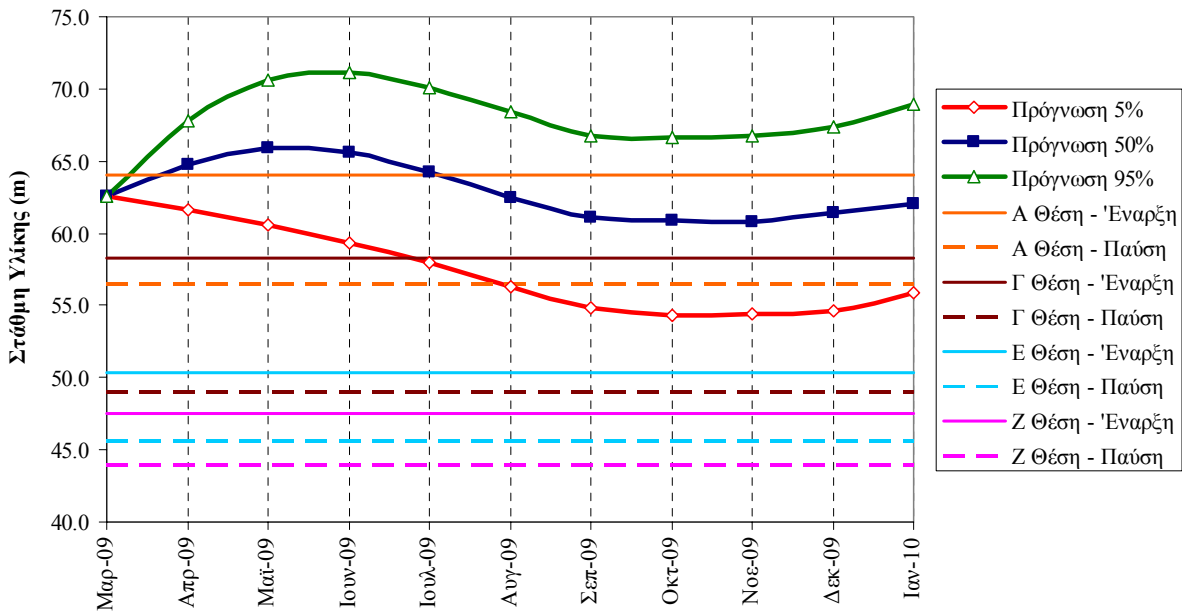
Σχήμα 8.10: Συγκριτικά διαγράμματα ημερήσιων εκροών από το Μόρνο (μέση εκροή 200 υδρολογικών σεναρίων), για τα διαχειριστικά σενάρια Γ1, Γ2, Γ3 και Γ5.



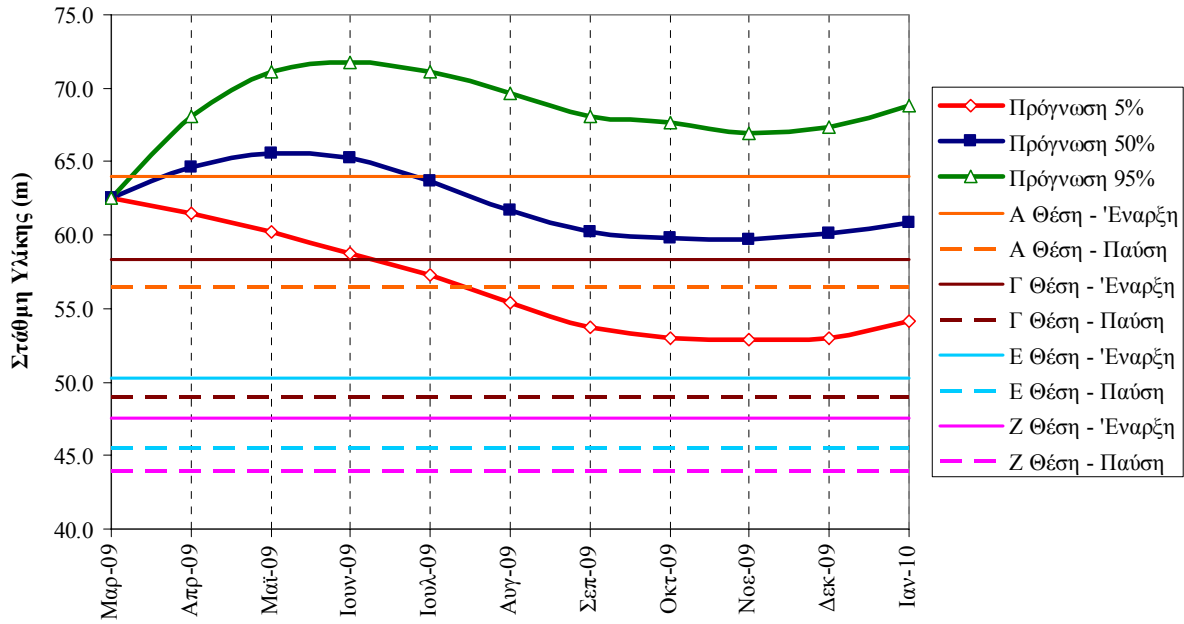
Σχήμα 8.11: Εξέλιξη στάθμης Υλικής από το Μάρτιο του 2009 έως τον Ιανουάριο του 2010 για το διαχειριστικό σενάριο Γ1 (εντατική χρήση Υλικής). Στο διάγραμμα απεικονίζονται οι καμπύλες πρόγνωσης που αντιστοιχούν σε πιθανότητες μη υπέρβασης 5, 50, και 95%, καθώς και χαρακτηριστικές στάθμες έναρξης και παύσης λειτουργίας των αντλιοστασίων.



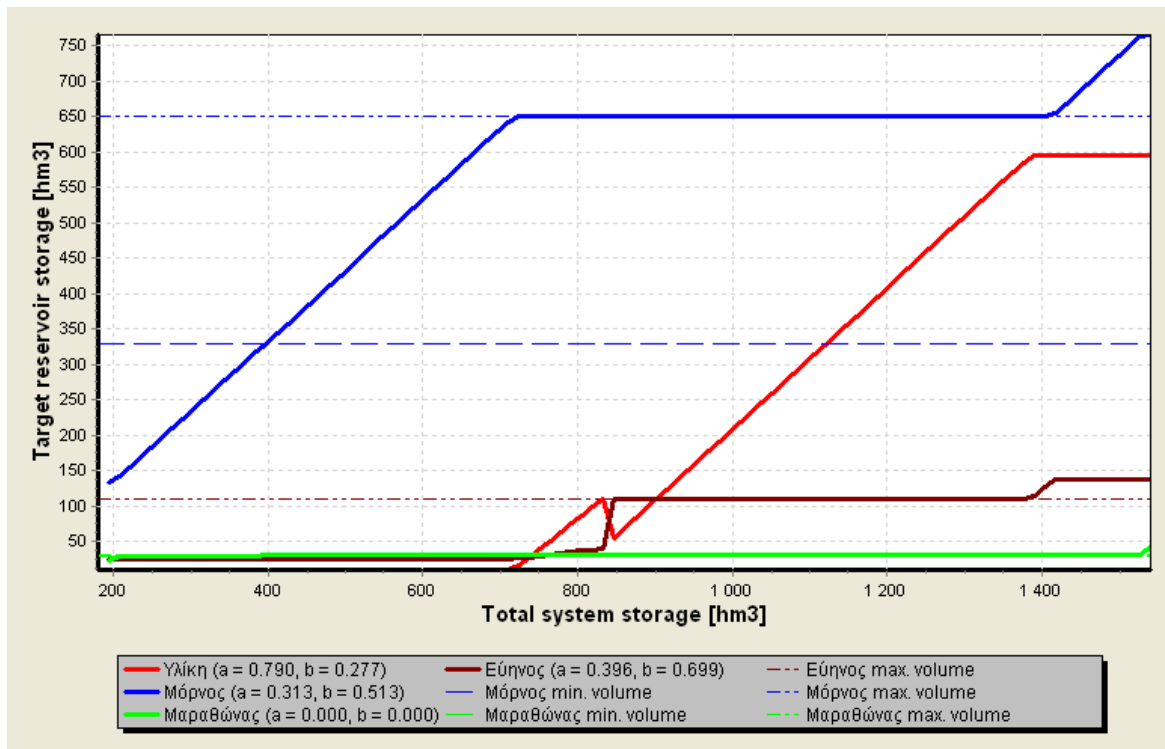
Σχήμα 8.12: Εξέλιξη στάθμης Υλίκης από το Μάρτιο του 2009 έως τον Ιανουάριο του 2010 για το διαχειριστικό σενάριο Γ2. Στο διάγραμμα απεικονίζονται οι καμπύλες πρόγνωσης που αντιστοιχούν σε πιθανότητες μη υπέρβασης 5, 50, και 95%, καθώς και χαρακτηριστικές στάθμες έναρξης και παύσης λειτουργίας των αντλιοστασίων.



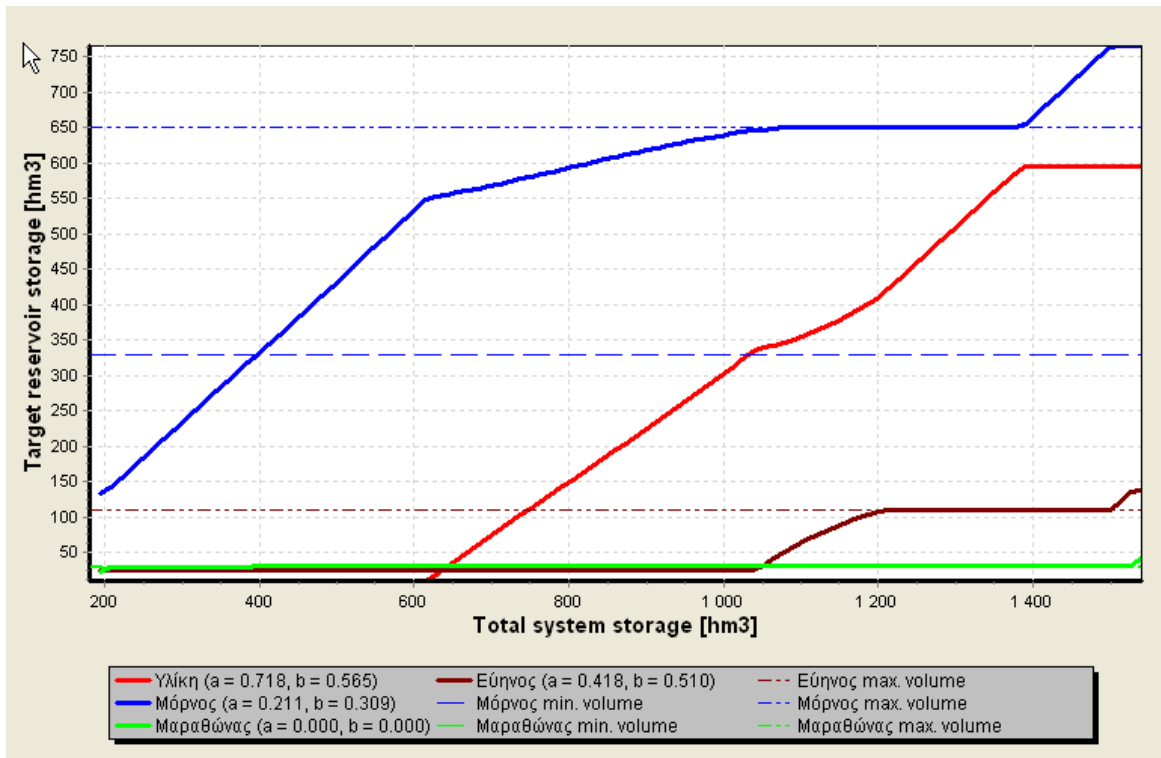
Σχήμα 8.13: Εξέλιξη στάθμης Υλίκης από το Μάρτιο του 2009 έως τον Ιανουάριο του 2010 για το διαχειριστικό σενάριο Γ3. Στο διάγραμμα απεικονίζονται οι καμπύλες πρόγνωσης που αντιστοιχούν σε πιθανότητες μη υπέρβασης 5, 50, και 95%, καθώς και χαρακτηριστικές στάθμες έναρξης και παύσης λειτουργίας των αντλιοστασίων.



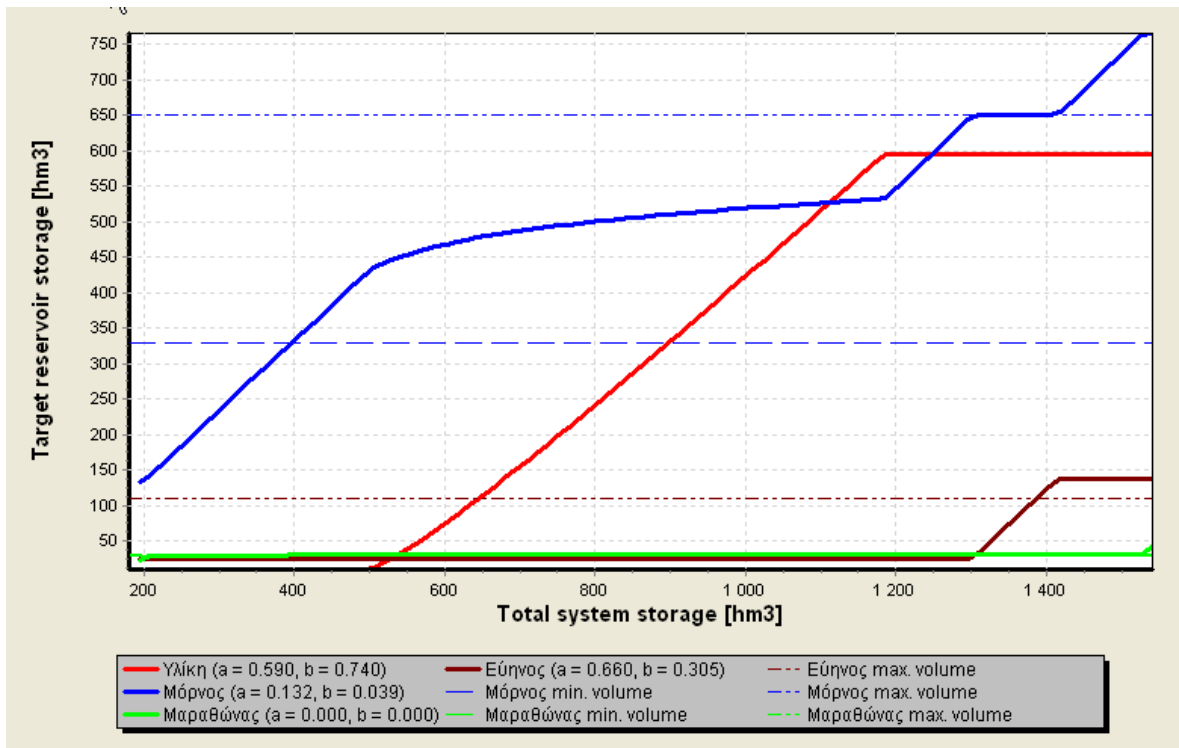
Σχήμα 8.14: Εξέλιξη στάθμης Υλίκης από το Μάρτιο του 2009 έως τον Ιανουάριο του 2010 για το διαχειριστικό σενάριο Γ5. Στο διάγραμμα απεικονίζονται οι καμπύλες πρόγνωσης που αντιστοιχούν σε πιθανότητες μη υπέρβασης 5, 50, και 95%, καθώς και χαρακτηριστικές στάθμες έναρξης και παύσης λειτουργίας των αντλιοστασίων.



Σχήμα 8.15: Βέλτιστοι κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων για το διαχειριστικό σενάριο Γ1.



Σχήμα 8.16: Βέλτιστοι κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων για το διαχειριστικό σενάριο Γ2.



Σχήμα 8.17: Βέλτιστοι κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων για το διαχειριστικό σενάριο Γ5.

9 Ασφάλεια του υδροδοτικού συστήματος έναντι έκτακτων περιστατικών

9.1 Γενικά

Στα πλαίσια του διαχειριστικού σχεδίου αντιμετωπίζονται και θέματα ασφάλειας του υδροδοτικού συστήματος έναντι έκτακτων περιστατικών. Ως έκτακτο περιστατικό νοείται, η μερική ή ολική διακοπή της λειτουργίας ενός υδραγωγείου, ενός μεγάλου τροφοδοτικού αντλιοστασίου ή μιας υδροληψίας ταμιευτήρα, λόγω βλάβης.

Στο παρόν εξετάζονται οι πιθανότερες αστοχίες που είναι δυνατό να παρουσιαστούν και αφορούν κυρίως βλάβες υδραγωγείων ενώ δεν εξετάζονται ακραία και απίθανα περιστατικά όπως, για παράδειγμα, η ολοκληρωτική παύση λειτουργίας της υδροληψίας ενός φράγματος.

Σε ό,τι αφορά στα μεγάλα τροφοδοτικά αντλιοστάσια, η ολοκληρωτική διακοπή λειτουργίας τους οφείλεται κυρίως σε προβλήματα ηλεκτρικής τροφοδοσίας από το δίκτυο της ΔΕΗ (συνήθως ολιγόωρης διάρκειας), ενώ πιθανότερες θεωρούνται βλάβες του εξοπλισμού που στη χειρότερη περίπτωση έχουν ως συνέπεια τη μείωση της παροχής του αντλιοστασίου, εφόσον αυτό λειτουργεί με όλη τη δυναμικότητά του.

Για την αύξηση της ασφάλειας του συστήματος, η ΕΥΔΑΠ επιδιώκει να έχει σε ετοιμότητα το σύνολο των εφεδρικών πηγών της (υπόγεια νερά). Η εταιρεία θεωρεί κρίσιμη την πλήρη ετοιμότητα του συστήματος των γεωτρήσεων σε συνδυασμό με την εξασφάλιση επαρκούς παροχαρακτηριστικής των αντίστοιχων υδραγωγείων ώστε να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω έκτακτα περιστατικά.

9.2 Εφεδρικές πηγές

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 2.1, ως εφεδρικές πηγές θεωρούνται τα υπόγεια νερά που λαμβάνονται μέσω γεωτρήσεων. Η ΕΥΔΑΠ διαθέτει μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων που έχουν διανοιχτεί σε τρεις καρστικούς υδροφορείς :

- τον υδροφορέα της Βορειοανατολικής Πάρνηθας με τις ομάδες γεωτρήσεων Μαυροσουβάλας, Βίλιζας (No 10), No 3, Αυλώνα·
- τον υδροφορέα της περιοχής Υλίκης με μία μόνον ομάδα γεωτρήσεων, στα Ούγγρα που να μην αντλεί νερό που διαφεύγει από τη λίμνη Υλίκη·
- τον υδροφορέα της λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού με κύρια ομάδα γεωτρήσεων στην περιοχή Βασιλικών-Παρορίου.

Η ετήσια δυναμικότητα των τριών ομάδων γεωτρήσεων εκτιμάται σε 55, 20 και 44 hm³, αντίστοιχα (βλ. υποκεφάλαιο 4.2).

Από τις γεωτρήσεις έχουν αντληθεί κατά την περίοδο της λειψυδρίας 1989-93 οι ποσότητες που αναφέρονται στο υποκεφάλαιο 4.2. Οι ποσότητες αυτές αποτελούν ένα κάτω όριο ασφαλούς απόληψης από τις εφεδρικές πηγές, καθόσον, με τη διακοπή της λειτουργίας των γεωτρήσεων, οι υδροφορείς επανήλθαν στην προ της λειψυδρίας κατάσταση σε μικρό χρονικό διάστημα.

Ιδιαίτερα από τις γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου αντλούνται σήμερα υπόγεια νερά του υδροφορέα του μέσου ρου Βοιωτικού Κηφισού, τα οποία χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς. Σε περίπτωση έκτακτου περιστατικού βλάβης μικρής διάρκειας (της τάξης του ενός μήνα) μέσα στην αρδευτική περίοδο, κατά το οποίο θα απαιτηθεί υδρευτική χρήση των γεωτρήσεων, θεωρείται ότι θα υπάρξουν αντιδράσεις τοπικών παραγόντων και αγροτών.

9.3 Επιπτώσεις βλαβών και κάλυψη της ζήτησης.

Η κατάρτιση σεναρίων εναλλακτικών οδεύσεων του νερού σε κάθε περίπτωση βλάβης ενός κλάδου του δικτύου εξωτερικών υδραγωγείων, έχει γίνει με τη χρήση ενός απλού λογισμικού. Τα κύρια σενάρια βλάβης περιλαμβάνουν, το καθένα, διακοπή της ροής σε ένα σημείο του δικτύου. Τα σενάρια αυτά είναι:

1. Κανονική Λειτουργία
2. Βλάβη Υδραγωγείου Υλίκης
3. Βλάβη Υδραγωγείου Κακοσάλεσι
4. Βλάβη Ενωτικού Υδραγωγείου
5. Βλάβη Σήραγγας Μπογιατίου
6. Βλάβη Υδραγωγείου Κιούρκων
7. Βλάβη Υδραγωγείου Μόρνου στη Διώρυγα Θηβών
8. Βλάβη Υδραγωγείου Μόρνου κατάντη Σήραγγας Κιθαιρώνα & ανάντη Μάνδρας
9. Βλάβη Υδραγωγείου Μόρνου κατάντη Μάνδρας
10. Βλάβη τροφοδοτικού αγωγού DN1700, Χελιδονούς-Περισσού

Οι επιπτώσεις των βλαβών σύμφωνα με τα παραπάνω σενάρια, φαίνονται στον Πίνακα 9.1 ο οποίος καταρτίστηκε με τις παρακάτω ενδεικτικές ημερήσιες παροχές που αντιστοιχούν στον υψηλότερο από πλευράς καταναλώσεων μήνα, τον Ιούλιο, με συνολική ημερήσια διύλιση 1 375 000 m³:

- MEN Γαλατσίου 360 000 m³/d
- MEN Μενιδίου 605 000 m³/d
- MEN Μάνδρας 160 000 m³/d
- MEN Κιούρκων 250 000 m³/d

Πίνακας 9.1: Επιπτώσεις βλαβών στην κάλυψη της ζήτησης στις ΜΕΝ (με τα υφιστάμενα έργα).

Σενάριο Λειτουργίας	Κάλυψη δυναμικότητας ΜΕΝ (× 1000 m ³ /d)					Έλλειμμα (×1000 m ³ /d)	Επάρκεια Μαραθώνα (ημέρες)
	Γαλατσίου	Μενιδίου	Κιούρκων	Μάνδρας	Σύνολο		
1	360	605	250	160	1375	0 (0%)	>200
2	360	605	250	160	1375	0 (0%)	>200
3	360	605	250	160	1375	0 (0%)	>200
4	360	605	250	160	1375	0 (0%)	>200
5	360	605	250	160	1375	0 (0%)	-
6	360	696	0	160	1216	159(12%)	>55
7	360	220	300	0	880	495(36%)	>55
8	360	220	300	0	880	495(36%)	>55
9	360	220	300	160	1040	335(24%)	>55
10	200	695	250	230	1375	0 (0%)	>55

Για τον υπολογισμό της επάρκειας των αποθεμάτων του ταμιευτήρα Μαραθώνα, έχει ληφθεί αρχικός όγκος 28 hm³. Για το σενάριο της βλάβης του υδραγωγείου Μόρνου στη Διώρυγα Θηβών, δεν έχει ληφθεί υπ' όψη η δυνατότητα ανάστροφης λειτουργίας του ενωτικού υδραγωγείου λόγω της μεγάλης επισφάλειας που αυτή συνεπάγεται. Επιπλέον, η χρονική επάρκεια των αποθεμάτων του Μαραθώνα είναι δυνατόν να αυξηθεί ή να μειωθεί, ανάλογα με τη παροχή των μεγάλων τροφοδοτικών αντλιοστασίων ή λειτουργώντας ορισμένες ομάδες γεωτρήσεων, εφόσον αυτό κριθεί αναγκαίο (κυρίως θα εξαρτηθεί από τον χρόνο αποκατάστασης της βλάβης), με την αντίστοιχη οικονομική επιβάρυνση.

Τονίζεται ότι οι επιπτώσεις των βλαβών στην κάλυψη της ζήτησης ισχύουν με τη σημερινή κατάσταση των υδραγωγείων και αντλιοστασίων του υδροσυστήματος. Επίσης, υποχρεωτικές – λόγω βλαβών – δυσμενείς αλλοιώσεις της επιθυμητής κατανομής του ακατέργαστου νερού στις ΜΕΝ είναι δυνατόν να εξομαλυνθούν με εκμετάλλευση των αποθεμάτων διυλισμένου νερού στις δεξαμενές και τους κατάλληλους χειρισμούς του εσωτερικού δικτύου διανομής.

Είναι προφανές ότι με τα παραπάνω μεγέθη ζήτησης και τη σημερινή κατάσταση των υδραγωγείων, το υδροδοτικό σύστημα λειτουργεί οριακά και χωρίς καμία εναλλακτική οδό τροφοδοσίας σε περίπτωση συγκεκριμένων βλαβών. Η μελλοντική ένταξη στο σύστημα των νέων έργων, καθώς και η αποκατάσταση της αμφίδρομης ροής του ενωτικού υδραγωγείου, εκτός του ότι θα αυξήσει την παροχτευτικότητα του τροφοδοτικού δικτύου, θα μειώσει σε μεγάλο βαθμό τις επιπτώσεις από τις διάφορες βλάβες. Τέλος, προκειμένου το εξωτερικό τροφοδοτικό σύστημα να βρίσκεται σε άμεση επιχειρησιακή ετοιμότητα κατά τη θερινή περίοδο, θεωρείται επιβεβλημένη η πραγματοποίηση όλων των αναγκαίων εργασιών συντήρησης του εξοπλισμού των μεγάλων τροφοδοτικών αντλιοστασίων και των σταθμών γεωτρήσεων, στη προηγούμενη χρονική περίοδο.

10 Συμπεράσματα

10.1 Γενικά συμπεράσματα

1. Για την ύδρευση της Αθήνας διατίθεται σήμερα ένα εκτεταμένο σύστημα υδατικών πόρων και αγωγών μεταφοράς, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα πολλαπλών εναλλακτικών λύσεων, τόσο ως προς τους υδατικούς πόρους (4 ταμειυτήρες και γεωτρήσεις, κύριοι, βοηθητικοί και εφεδρικοί υδατικοί πόροι) όσο και ως προς τις διαδρομές μεταφοράς (δύο κύριες διαδρομές με δυνατότητα αλληλοσυνδέσεων). Οι εναλλακτικές λύσεις συμβάλλουν θετικά στην αξιοπιστία του συστήματος, τόσο στις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας αλλά και για την κάλυψη περιπτώσεων έκτακτων αναγκών, είτε αυτές οφείλονται στην υδρολογική δίαιτα (ξηρασία) είτε σε άλλους λόγους (περιστατικά βλαβών). Από την άλλη πλευρά, η δυνατότητα εναλλακτικών λύσεων εγείρει την ανάγκη ορθής επιλογής της καλύτερης κάθε φορά λύσης και συνακόλουθα της χρήσης προχωρημένων μεθόδων διαχείρισης, που βασίζονται σε τεχνικές βελτιστοποίησης. Βεβαίως, τον τελευταίο καιρό, οι λύσεις αυτές έχουν περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό εξαιτίας της μακροχρόνιας βλάβης του ενωτικού υδραγωγείου Μόρνου-Υλίκης.
2. Από τις αρχές της δεκαετίας, οπότε και εντάχθηκε πλήρως ο ταμειυτήρας Ευήνου στο σύστημα, η ετήσια κατανάλωση νερού στην Αθήνα, μετρούμενη στην είσοδο των μονάδων επεξεργασίας, έχει ανέλθει από τα 395 hm³ του έτους 2000 στα 431 hm³ το έτος 2008, παρουσιάζοντας αύξηση 9.2% σε διάστημα μικρότερο των δέκα ετών. Η μεταβολή αυτή οφείλεται κυρίως στην αύξηση της κατανάλωσης στην περιοχή αρμοδιότητας της ΕΥΔΑΠ (ύδρευση ΟΤΑ), ενώ όσον αφορά στις κύριες κατηγορίες χρήσεων της περιοχής ευθύνης της (κοινή, βιομηχανική), η κατανάλωση δείχνει να έχει σχεδόν σταθεροποιηθεί.
3. Πέραν της αύξησης της υδρευτικής κατανάλωσης, προβληματισμό προκαλεί και η ένταξη νέων αρδευτικών χρήσεων (πέραν της θεσμοθετημένης άρδευσης της Κωπαΐδας μέσω της Υλίκης), και ειδικότερα η παροχέτευση αρδευτικού νερού από το Μόρνο, μέσω ανάστροφης λειτουργίας του υδραγωγείου Διστόμου. Η χρήση αυτή, όχι μόνο αφαιρεί πόρους από την ύδρευση, αλλά και καθιστά απαγορευτική την αξιοποίηση των υπόγειων υδατικών πόρων του Βοιωτικού Κηφισού, μέσω των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου. Μάλιστα, η λειτουργία των εν λόγω γεωτρήσεων παρεμποδίζεται όχι μόνο κατά την αρδευτική περίοδο αλλά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το γεγονός αυτό εντείνει την ανησυχία, καθώς οι διαχειριστικές αναλύσεις καταδεικνύουν ότι ειδικά οι συγκεκριμένες γεωτρήσεις αποτελούν κομβικό παράγοντα της αξιοπιστίας του συστήματος.
4. Τα τελευταία έτη, οι μετρούμενες εκροές των ταμειυτήρων και γεωτρήσεων ξεπερνούν κατά πολύ τις αντίστοιχες εισροές των διυλιστηρίων της Αθήνας και των λοιπών καταναλωτών κατά μήκος των εξωτερικών υδραγωγείων. Ως ποσοστό, η διαφορά αυτή έχει φτάσει ακόμα και στο 15% και αποδίδεται σε αυξημένες απώλειες τμημάτων των υδραγωγείων λόγω διαρροών, υπερχειλίσεων (υδραγωγείο Μόρνου), ακόμα και παράνομων απολήψεων. Ωστόσο, δεν αποκλείεται μέρος των διαρροών να αποτελούν εικονικές απώλειες, λόγω σφαλμάτων μέτρησης. Σε κάθε περίπτωση, το ζήτημα απαιτεί προσεκτική διερεύνηση, με δεδομένο ότι το σύστημα λειτουργεί πλέον στα όρια της παροχτευτικότητάς του, και με μειωμένη, σε σχέση με την επιθυμητή, αξιοπιστία (βλ. και σημείο 11).

5. Λαμβάνοντας υπόψη διάφορα σενάρια προβολής του πληθυσμού που έχει δημοσιεύσει η ΕΣΥΕ, διάφορα σενάρια ειδικής κατανάλωσης καθώς και τα σχέδια ανάπτυξης της ΕΥΔΑΠ για την υδροδότηση νέων περιοχών, εκτιμάται ότι η ετήσια κατανάλωση το 2020 μπορεί να φτάσει τα 527 hm³ (για το μέσο σενάριο αύξησης πληθυσμού-ειδικής κατανάλωσης) ή κατά μέγιστο τα 652 hm³ (για το υψηλό σενάριο αύξησης πληθυσμού-ειδικής κατανάλωσης). Ωστόσο, με κατάλληλη πολιτική, η οποία προϋποθέτει τη ανάληψη πολύπλευρων μέτρων και δράσεων, μπορεί να πραγματοποιηθούν μικρότεροι αυξητικοί ρυθμοί που θα περιορίσουν την κατανάλωση του 2020 λίγο πάνω από τα σημερινά επίπεδα, ήτοι 450 hm³ στις εξόδους των διυλιστηρίων και 530 hm³ κατάντη των υδατικών πόρων. Μάλιστα, στο σενάριο χαμηλής αύξησης πληθυσμού και χαμηλής ειδικής κατανάλωσης οι σχετικές προβλέψεις ζήτησης και εκροών είναι οριακά χαμηλότερες από τις τρέχουσες, ακόμη και με μερική επέκταση του δικτύου. Σε κάθε άλλη περίπτωση, τα μεγέθη της ζήτησης αυξάνουν σημαντικά σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα, καθιστώντας το υφιστάμενο δίκτυο των υδραγωγείων ή ακόμη και τα υφιστάμενα έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων ανεπαρκή, σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα (βλ. και σημείο 14).
6. Το συνολικό μέσο ετήσιο δυναμικό των επιφανειακών υδατικών πόρων του συστήματος εκτιμάται σε 818 hm³, τα οποία προέρχονται από την απορροή των υπολεκανών ανάντη των ταμιευτήρων και, σε πολύ μικρότερο ποσοστό, από τη βροχόπτωση στην επιφάνεια των ταμιευτήρων. Ωστόσο, η διακύμανση της φυσικής προσφοράς νερού είναι σημαντική, και μάλιστα σε όλες τις κλίμακες (μηνιαία, ετήσια, υπερετήσια). Ειδικότερα, η εμπειρία τόσο της περιόδου 1988-1994, όσο και των ετών 2000-2002 και 2006-2008, υποδεικνύει ότι οφείλει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στις εκτιμήσεις και προγνώσεις η γενικά διαπιστωμένη φυσική τάση ομαδοποίησης των ξηρών ετών (το αποκαλούμενο φαινόμενο Hurst ή φαινόμενο Ιωσήφ), που συνεπάγεται ακόμη μεγαλύτερη μείωση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού.
7. Γενικά, οι υπόγειοι υδατικοί πόροι αντιμετωπίζονται ως εφεδρικοί, για την κάλυψη δυσμενών υδρολογικών συνθηκών και έκτακτων περιστατικών. Η ανταγωνιστική χρήση των γεωτρήσεων Βοιωτικού Κηφισού και Υλίκης οδηγεί στην ανάγκη εύρεσης ολοκληρωμένης και βιώσιμης πολιτικής διαχείρισης, η οποία θα επιβάλλεται από τα αρμόδια όργανα της πολιτείας. Η χρήση των υπόγειων υδατικών πόρων πρέπει να ορίζεται εκ των προτέρων, με βάση την εξέλιξη των αποθεμάτων, και όχι όταν αυτά βρίσκονται σε οριακά επίπεδα. Η ενεργοποίηση των γεωτρήσεων οφείλει να ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες, όπως εξάλλου έχει οριστεί και στις διαχειριστικές αναλύσεις (εδάφιο 8.2.4).
8. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των θεωρητικών αναλύσεων του υποκεφαλαίου 8.4, αν δεν γίνει καθόλου εκμετάλλευση των γεωτρήσεων, το εκμεταλλεύσιμο για την υδροδότηση της Αθήνας επιφανειακό υδατικό δυναμικό με αξιοπιστία (ασφάλεια) 99% σε ετήσια βάση, λαμβάνοντας υπόψη και το φαινόμενο της μακροπρόθεσμης υδρολογικής εμμονής, εκτιμάται σε 430 hm³ (υδρευτική εκροή ταμιευτήρων), ταυτίζεται δηλαδή με την κατανάλωση του 2008. Λαμβάνοντας, ωστόσο, υπόψη το τρέχον ποσοστό απωλειών στο δίκτυο των εξωτερικών υδραγωγείων (ήτοι 13%), η αντίστοιχη ποσότητα στα διυλιστήρια ανέρχεται σε μόλις 374 hm³ ετησίως. Η διαφορά του φυσικού μείον το απολήψιμο επιφανειακό υδατικό δυναμικό αναλύσκεται σε απώλειες λόγω εξάτμισης, υπόγειες διαφυγές (ως επί το πλείστον στην Υλίκη) και υπερχειλίσσεις, ή διατίθεται για περιβαλλοντική ροή (Εύηνος) και αρδευτική χρήση (Υλίκη).
9. Η παραπάνω ποσότητα αποτελεί ένα κατώτατο όριο του απολήψιμου δυναμικού του συστήματος, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η παροχετευτικότητα των υδραγωγείων, και αυξάνεται ανάλογα με την πολιτική εκμετάλλευσης των γεωτρήσεων. Με εντατική εκμετάλλευση των γεωτρήσεων, με τρόπο ώστε το σύνολο των γεωτρήσεων να λειτουργεί υποχρεωτικά (ανεξαρτήτως κόστους) όταν το συνολικό ωφέλιμο απόθεμα των ταμιευτήρων μειωθεί κάτω από το κατώφλι του 50% της

ωφέλιμης χωρητικότητάς τους και δυνητικά (παίρνοντας υπόψη και το κόστος) όταν το συνολικό απόθεμα των ταμιευτήρων μειωθεί κάτω από το κατώφλι του 80% της χωρητικότητάς τους, το εκμεταλλεύσιμο για την υδροδότηση της Αθήνας υδατικό δυναμικό με αξιοπιστία (ασφάλεια) 99% σε ετήσια βάση, λαμβάνοντας υπόψη και το φαινόμενο της μακροπρόθεσμης υδρολογικής εμμονής, ανέρχεται στα 610 hm^3 στις πηγές ή 531 hm^3 ετησίως στις μονάδες επεξεργασίας. Στο μέγεθος αυτό περιλαμβάνεται το σύνολο των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων για την παραπάνω πολιτική χρήσης των τελευταίων. Ειδικότερα, η μέση ετήσια συνεισφορά των υπόγειων νερών στο συνολικό απολήψιμο υδατικό δυναμικό φτάνει τα 101 hm^3 ετησίως, ενώ η διαφορά $610 - 101 = 509 \text{ hm}^3$ αποτελεί τη συμβολή των επιφανειακών υδατικών πόρων (εκροές ταμιευτήρων). Παρατηρείται επομένως ότι η χρήση των γεωτρήσεων όχι μόνο αυξάνει το απολήψιμο δυναμικό κατά την ποσότητα των αντλήσεων από υπόγεια νερά, αλλά επαυξάνει την ποσότητα αξιοποίησης των επιφανειακών υδατικών πόρων κατά $509 - 430 = 79 \text{ hm}^3$ ετησίως.

10. Με μια πιο μετριοπαθή, οικονομικότερη και βιώσιμη πολιτική εκμετάλλευσης των υπόγειων υδατικών πόρων, όπου οι δύο ως άνω τιμές κατωφλίου που χαρακτηρίζουν τη χρήση των γεωτρήσεων επιλέγονται στο 25% και 40%, το απολήψιμο υδατικό δυναμικό ανέρχεται στα 560 hm^3 στις πηγές και στα 487 hm^3 στα διυλιστήρια, με συμμετοχή των υπόγειων νερών στα 24 hm^3 , κατά μέσο όρο. Αυτές οι ποσότητες (560 hm^3 στις πηγές και 487 hm^3 στα διυλιστήρια) θα πρέπει να θεωρούνται ως ασφαλή θεωρητικά όρια απόληψης από το σύστημα, υπό συνθήκες βιώσιμης διαχείρισης.
11. Το πραγματικό ασφαλές δυναμικό του συστήματος είναι προφανώς μικρότερο από το θεωρητικό, και η τιμή του εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των έργων μεταφοράς (παροχετευτικότητα, διαρροές). Με την υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου, ήτοι μονόδρομη λειτουργία του ενωτικού υδραγωγείου και ποσοστό απωλειών της τάξης του 13%, το ασφαλές υδατικό δυναμικό για την ύδρευση της Αθήνας εκτιμάται σε 415 hm^3 . Δεδομένου ότι η κατανάλωση κυμαίνεται πλέον στα 430 hm^3 , καθίσταται προφανές ότι η τρέχουσα διαχείριση του συστήματος γίνεται με αυξημένο, σε σχέση με το αποδεκτό, ρίσκο. Ωστόσο, αν οι απώλειες κατά τη μεταφορά νερού μειωθούν στο μισό, εκτιμάται ότι μπορούν να αξιοποιηθούν για ύδρευση 30 hm^3 επιπλέον, χωρίς αύξηση των εκροών από τους ταμιευτήρες και τις γεωτρήσεις.
12. Για τη μεγιστοποίηση του ασφαλούς υδατικού δυναμικού του συστήματος, σε συνθήκες βιώσιμης χρήσης των γεωτρήσεων, απαιτούνται αποκατάσταση της αμφίδρομης λειτουργίας του ενωτικού υδραγωγείου, με την οποία θα εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των υδατικών πόρων της Υλίκης, περιορισμός των απωλειών νερού στα εξωτερικά υδραγωγεία, και ολοκλήρωση των προγραμματισμένων έργων ενίσχυσης της παροχετευτικότητας κρίσιμων αγωγών του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό, εκτιμάται ότι η ασφαλής απόληψη στα διυλιστήρια θα αυξηθεί από τα 415 hm^3 στα 495 hm^3 , τιμή που αποτελεί το πραγματικό άνω όριο του μελλοντικού δικτύου (όπως προαναφέρθηκε, το θεωρητικό όριο ασφαλούς απόληψης του συστήματος, από την πλευρά των υφιστάμενων έργων σύλληψης και αποθήκευσης των υδατικών πόρων, ανέρχεται σε 560 hm^3).
13. Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι με τα έργα ενίσχυσης των υδραγωγείων που έχουν δρομολογηθεί από την ΕΥΔΑΠ, θα μπορούν στο μέλλον να μεταφέρονται αρκετά μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Επιπρόσθετα, τα εν λόγω έργα ενίσχυσης θα βελτιώσουν και την ασφάλεια του συστήματος έναντι περιστατικών βλάβης αλλά και θα μειώσουν το κόστος αντλήσεων. Ωστόσο, παρά την κρισιμότητα του ζητήματος, είναι γνωστό ότι ορισμένα έργα, με σημαντικότερα εκείνο της ενίσχυσης της παροχετευτικότητας του υδραγωγείου του Μόρνου και της αποκατάστασης του ενωτικού υδραγωγείου, παρουσιάζουν σημαντικές καθυστερήσεις στην υλοποίησή τους.
14. Συγκρίνοντας τη θεωρητική (560 hm^3) και την πραγματική ασφαλή απόληψη από το υφιστάμενο (415 hm^3) και το μελλοντικό (495 hm^3) δίκτυο υδραγωγείων, σε σχέση με τα σενάρια ζήτησης του

έτους 2020 που εξετάστηκαν, παρατηρείται ότι το υφιστάμενο δίκτυο μπορεί να καλύψει με ασφάλεια ένα μόνο σενάριο, ήτοι αυτό της χαμηλής αύξησης πληθυσμού, χαμηλής ειδικής κατανάλωσης και μηδενικής επέκτασης του συστήματος. Εφόσον γίνει επέκταση του δικτύου, το μελλοντικό δίκτυο θα μπορεί να καλύψει το προηγούμενο σενάριο, καθώς και τα σενάρια χαμηλής και μέσης αύξησης του πληθυσμού με μέση και χαμηλή ειδική κατανάλωση, αντίστοιχα. Ακόμη, θα μπορεί να καλύψει το σενάριο υψηλής αύξησης του πληθυσμού και χαμηλής ειδικής κατανάλωσης, αλλά χωρίς επέκταση του δικτύου. Τέλος, για τα υπόλοιπα σενάρια θα απαιτηθούν είτε περαιτέρω έργα ενίσχυσης των υδραγωγείων ή ακόμα και νέοι υδατικοί πόροι, εφόσον η ζήτηση ξεπεράσει το ασφαλές θεωρητικό όριο των 560 hm³.

15. Από τις διερευνήσεις συμπεραίνεται ότι το υπάρχον υδrosύστημα είναι αδύνατο να καλύψει την αυξανόμενη κατανάλωση, εφόσον αυτή δεν συγκρατηθεί σε μικρά σχετικά επίπεδα. Προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι να εφαρμοστεί μια επεξεργασμένη, ολοκληρωμένη και υπεύθυνη πολιτική διαχείρισης της ζήτησης, τόσο με ενημέρωση και συμμετοχή του κοινού όσο και με τη λήψη κατάλληλων τιμολογιακών μέτρων, με στόχο η κατανάλωση να μην ξεπερνά το ασφαλές όριο των 415 hm³ (που μπορεί να αυξηθεί στα 495 hm³, εφόσον υλοποιηθούν τα προαναφερθέντα έργα ενίσχυσης). Παράλληλα, κάθε προσπάθεια επέκτασης των υπηρεσιών της ΕΥΔΑΠ προς άλλες περιοχές θα πρέπει να συνδυάζεται με αξιοποίηση και περαιτέρω ανάπτυξη των τοπικών υδατικών πόρων, ώστε να περιοριστούν οι πιέσεις προς το σημερινό σύστημα.
16. Τα πιο πάνω μεγέθη εκτιμήθηκαν με βάση λογισμικά πακέτα που αναπτύχθηκαν από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο για την ΕΥΔΑΠ στα πλαίσια προηγούμενου ερευνητικού έργου (1999-2004), το οποίο είχε ως στόχο την ανάπτυξη ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση των υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας. Ειδικότερα, στα πλαίσια των αναλύσεων χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά Κασταλία (στοχαστική προσομοίωση και πρόγνωση εισροών) και Υδρονομέας (προσομοίωση και βελτιστοποίηση υδροδοτικού συστήματος), στην πλέον πρόσφατη έκδοσή τους, η οποία διαμορφώθηκε στα πλαίσια υφιστάμενου έργου συντήρησης. Τόσο τα εν λόγω λογισμικά όσο και το σύγχρονο σύστημα μέτρησης των υδατικών πόρων που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προηγούμενου έργου, λειτουργούν επιχειρησιακά, βελτιώνοντας την αξιοπιστία των εκτιμήσεων με βάση τα υπάρχοντα υδρολογικά δείγματα. Άλλωστε, τα μεγέθη που υπεισέρχονται στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι από τη φύση τους δυναμικά και επικαιροποιούνται σε συνεχή βάση.
17. Η διατήρηση της οικολογικής παροχής κατάντη του φράγματος Ευήνου που επιβάλλουν οι σχετικοί περιβαλλοντικοί όροι αποτελεί τον σημαντικότερο, από περιβαλλοντικής πλευράς, περιορισμό στη διαχείριση του συστήματος. Η τήρηση του όρου αυτού έχει βέβαια αρνητική συνέπεια για την υδροδότηση της Αθήνας, αφού αφαιρεί από το δυναμικό του συστήματος περί τα 30 hm³ ετησίως.
18. Σε ό,τι αφορά τα περιστατικά βλάβης, η διακοπή της λειτουργίας της σήραγγας Κιθαιρώνα ή της διώρυγας Θηβών, προέκυψαν ως τα δυσμενέστερα σενάρια, αφού οδηγούν σε σοβαρότατο έλλειμμα στην κάλυψη της ζήτησης.
19. Ο ταμιευτήρας Μαραθώνα, που είναι ο μόνος που βρίσκεται κοντά στην κατανάλωση, θεωρείται πρωταρχικής σημασίας όχι μόνο για τη ρυθμιστική του λειτουργία αλλά και για την ασφάλεια του όλου συστήματος έναντι έκτακτων περιστατικών. Όμως, η δόμηση στην κοίτη του Χάραδρου κατάντη του ταμιευτήρα δημιουργεί τον κίνδυνο καταστροφών σε περίπτωση υπερχείλισης μετά από έντονο πλημμυρικό επεισόδιο. Για τη μείωση αυτού του κινδύνου, ο οποίος βεβαίως δεν μπορεί να εξαλειφθεί, έχουν τεθεί ανώτατα όρια στην αποθήκευση νερού, τα οποία μάλιστα μεταβάλλονται εποχιακά (το χειμώνα που η πιθανότητα πλημμυρών είναι μεγαλύτερη τίθεται χαμηλότερο όριο αποθέματος). Το γεγονός αυτό, ωστόσο, μικραίνει κατά πολύ τη ρυθμιστική

δυνατότητα και το επίπεδο ασφάλειας του υδροδοτικού συστήματος έναντι περιστατικών βλάβης των υδραγωγείων. Το όλο ζήτημα θα πρέπει να αντιμετωπιστεί από την πολιτεία συνολικά, με διερεύνηση/διευθέτηση των συνθηκών δόμησης και λήψη των αναγκαίων μέτρων για την ασφαλή διόδευση των πλημμυρικών παροχών του χειμάρρου.

10.2 Ειδικά συμπεράσματα για τη διαχείριση κατά το έτος 2009

Τα χαρακτηριστικά που διέπουν τη διαχείριση για το τρέχον έτος, είναι τα ακόλουθα:

1. Τα δύο τελευταία υδρολογικά έτη (2006-07 και 2007-08) ήταν από τα πλέον φτωχά σε υδροφορία, γεγονός που συνέβαλε, μαζί και με άλλους παράγοντες, στην εντυπωσιακά γρήγορη μείωση των αποθεμάτων, από το ιστορικό υψηλό των 1350 hm³ τον Απρίλιο του 2006 στα επίπεδα των 620 hm³ (απολήψιμα αποθέματα 1/3/2009), ενώ στις αρχές Δεκεμβρίου 2008 τα αποθέματα είχαν μειωθεί μόλις στα 350 hm³.
2. Μετά από τη σταθεροποίηση ή και μικρή μείωση της κατανάλωσης στα μέσα της τρέχουσας δεκαετίας, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ξανά αυξητική τάση, με συνέπεια το 2008 να καταγραφεί η υψηλότερη ιστορική τιμή, ήτοι 431 hm³. Η ποσότητα αυτή ξεπερνά το μακροχρόνιο ασφαλές δυναμικό του συστήματος, με συνέπεια η διαχείριση των υδατικών πόρων της Αθήνας να γίνεται με ρίσκο πέρα από το αποδεκτό (ήτοι 1%, σε ετήσια βάση).
3. Η ανησυχία ως προς την ασφαλή λειτουργία του συστήματος, τόσο σε βραχυπρόθεσμο όσο και σε μεσοπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, εντείνεται περαιτέρω εξαιτίας: (α) της μακροχρόνιας βλάβης του ενωτικού υδραγωγείου, η οποία έχει ως συνέπεια τη μείωση της παροχρητευτικότητάς του προς την ορθή κατεύθυνση (από το υδραγωγείο Μόρνου προς το υδραγωγείο Υλίκης) και την πλήρη διακοπή λειτουργίας του προς την ανάστροφη κατεύθυνση, (β) της αναστολής λειτουργίας των υδρευτικών γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου, προς όφελος μάλιστα της διάθεσης αρδευτικού νερού από το υδραγωγείο Μόρνου, μέσω ανάστροφης λειτουργίας του υδραγωγείου Διστόμου, και (γ) των σημαντικών απωλειών νερού κατά μήκος των εξωτερικών υδραγωγείων, οι οποίες το 2007 ξεπέρασαν τα 80 hm³, ήτοι 15% των απολήψεων.
4. Λαμβάνοντας υπόψη τα τρέχοντα αποθέματα, την υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου, την υφιστάμενη πολιτική λειτουργίας του υδραγωγείου Διστόμου και με την παραδοχή ότι η ετήσια ζήτηση υδρευτικού νερού στην Αθήνα θα σταθεροποιηθεί στα επίπεδα των 430 hm³, εξετάστηκαν τέσσερα διαχειριστικά σενάρια, υποθέτοντας διαφορετικές πολιτικές χρήσης της Υλίκης. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι, ακόμα και με εντατική αξιοποίηση της Υλίκης, με συνεχή άντληση της τάξης των 480 000 m³/d μέχρι τα τέλη του 2009, η πιθανότητα αστοχίας του συστήματος ξεπερνά το ασφαλές όριο του 1%, φτάνοντας έως το 4.0% σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα (η εν λόγω αστοχία εκτιμάται σε 2.0% για το επόμενο έτος). Εφόσον η άντληση περιοριστεί στα επίπεδα των 280 000 m³/d κατά μέγιστο, η πιθανότητα αστοχίας αυξάνει σε 8.5% (3.5% το έτος 2010). Αν επιδιωχθεί περαιτέρω περιορισμός των εκροών της Υλίκης στα επίπεδα των 170 000 m³/d, η πιθανότητα αστοχίας αυξάνει στο 10.5% (5.0% το έτος 2010), ενώ στην υποθετική περίπτωση που διακοπεί πλήρως η λειτουργία της Υλίκης, το ρίσκο εκτινάσσεται στο 18.0% (7.0% το έτος 2010).
5. Μεταξύ των δύο πρώτων σεναρίων, και λαμβάνοντας υπόψη και τις εκτιμήσεις των ελλειμμάτων, κρίνεται ότι θα μπορούσε να γίνει, με επιφύλαξη, αποδεκτή η λειτουργία του υδροσυστήματος με ρίσκο της τάξης του 8.5%, προς όφελος μιας σαφώς πιο οικονομικής διαχείρισης (μέσο κόστος αντλήσεων 6.6 έναντι 12.9 εκατ. €, για το δεκάμηνο Μαρτίου-Δεκεμβρίου). Στην περίπτωση αυτή θα απαιτηθεί: (α) σταθερή άντληση 260 000 m³/d από την Υλίκη μέχρι το τέλος του έτους, (β) κλιμακωτή αύξηση των εκροών από το Μόρνο, με κορύφωσή τους τον Ιούλιο, και (γ) αξιολογη συνεισφορά των υπόγειων υδατικών πόρων, με 15.2 hm³, από τα οποία 11.5 hm³ προέρχονται από

τις γεωτρήσεις Μαυροσουβάλας. Προκειμένου να αποκλειστεί κάθε ενδεχόμενο αύξησης της πιθανότητας αστοχίας, αναγκαία προϋπόθεση αποτελούν η συνεχής παρακολούθηση της πορείας των αποθεμάτων των ταμιευτήρων, των καταναλώσεων για τις διάφορες χρήσεις καθώς και των απωλειών των υδραγωγείων.

6. Από τις διαχειριστικές αναλύσεις προκύπτει ότι η αξιοπιστία του υδροσυστήματος μπορεί να επανέλθει στα αποδεκτά επίπεδα, εφόσον υλοποιηθούν τα ακόλουθα μέτρα: (α) επαναφορά της λειτουργικότητας των υδρευτικών γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου, με δυνατότητα αξιοποίησής τους όλους τους μήνες του έτους, (β) οριστική διακοπή της αρδευτικής χρήσης του υδραγωγείου Διστόμου, και (γ) συγκράτηση της κατανάλωσης στην Αθήνα στα $410 \text{ hm}^3/\text{έτος}$, ήτοι μείωση της τρέχουσας ζήτησης κατά 5%.
7. Με τις παραπάνω υποθέσεις, αποδεικνύεται ότι είναι εφικτή η μείωση της πιθανότητας αστοχίας του συστήματος σε αποδεκτά επίπεδα, ταυτόχρονα με την εξασφάλιση μιας ικανοποιητικά οικονομικής λειτουργίας του (εκτίμηση μέσου κόστους αντλήσεων δεκαμήνου 8.4 εκατ. €). Στην περίπτωση αυτή, οι βελτιστοποιημένοι κανόνες λειτουργίας επιβάλλουν περιορισμένη λειτουργία της Υλίκης κατά την εαρινή περίοδο, και σταδιακή αύξηση των αντλήσεων μετά τον Ιούνιο, σε αντίθεση με τις εκροές από το Μόρνο, οι οποίες μειώνονται από τον Ιούνιο και μετά. Στο σενάριο αυτό, η μέση απόληψη από τα υπόγεια νερά ανέρχεται σε 10.8 hm^3 , όπου 8.9 hm^3 αποτελούν τη συνεισφορά των γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου.

Αναφορές

- ΑΔΚ, *Μελέτη συμπεριφοράς των υφιστάμενων δικτύων ύδρευσης της περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ και προτάσεις βελτίωσης της λειτουργίας τους και επέκτασης και ενίσχυσής τους*, Ενδιάμεση έκθεση για τα βασικά κριτήρια της μελέτης, Αθήνα, 1999.
- Γαβριηλίδης, Ι., Τ. Παπαθανασιάδης, και Γ. Σπαθόπουλος, Τελική Έκθεση - Μέρος Α, *Μελέτη υδρομετρικού συστήματος εξωτερικού δικτύου ΕΥΔΑΠ*, Τεύχος 3, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1995.
- Δαμιανόγλου, Ν., *Διαχείριση λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας στην μέση και χαμηλή τάση για αντλητικά συγκροτήματα*, Αθήνα, 1996.
- Δάνδολος, Η., *Υδρογεωλογική μελέτη παρακολούθησης των υδατικών πόρων σε περιοχές των γεωτρήσεων υδροληψίας της ΕΥΔΑΠ Α.Ε.*, Υδρογεωλογική έκθεση τρίτου τριμήνου 2002, Ινστιτούτο Γεωλογικών-Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα, Οκτώβριος 2002.
- Ε.Ε., *Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων*, PE-CONS 3639/00, Βρυξέλλες, 2000.
- ΕΥΔΑΠ και Montgomery-Watson-Harza, *Έργα της ΕΥΔΑΠ που συγχρηματοδοτούνται από το Ταμείο Συνοχής*, Έκθεση Προόδου Νο. 40, Αθήνα, 2001.
- ΕΥΔΑΠ, *Διαχειριστικό Σχέδιο Ύδρευσης* (μετάφραση από το αγγλικό πρωτότυπο), Τεχνική υποστήριξη: Knight Riésold, Αθήνα, 1996.
- ΕΥΔΑΠ, *Μητρώο λειτουργίας και εξοπλισμού εγκαταστάσεων*, Αθήνα, 1995.
- Ευστρατιάδης, Α., Γ. Καραβοκυρός, και Δ. Κουτσογιάννης, Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ», *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)*, Ανάδοχος: ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί και Μελετητές Α.Ε., Τεύχος 9, 91 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2007.
- Ευστρατιάδης, Α., *Διερεύνηση μεθόδων αναζήτησης ολικού βελτίστου σε προβλήματα υδατικών πόρων*, MSc thesis, 139 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2001.
- Ευστρατιάδης, Α., Ι. Ναλμπάντης, και Ε. Ρόζος, Μοντέλο προσομοίωσης του υδρολογικού κύκλου στη λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού - Υλίκης, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 21, 196 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.
- Ευστρατιάδης, Α., Ι. Ναλμπάντης, και Ν. Μαμάσης, *Υδρομετεωρολογικά δεδομένα και επεξεργασίες, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τεύχος 8, 129 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 2000.

- Ευστρατιάδης, Α., και Δ. Κουτσογιάννης, Κασταλία (έκδοση 2.0) - Σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 23, 103 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.
- Ευστρατιάδης, Α., και Ν. Μαμάσης, Υδρομετεωρολογικά δεδομένα και επεξεργασίες, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, Τεύχος 17, 72 σελίδες, *Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.
- Ευστρατιάδης, Α., *Μη γραμμικές μέθοδοι σε πολυκριτηριακά προβλήματα βελτιστοποίησης υδατικών πόρων, με έμφαση στη βαθμονόμηση υδρολογικών μοντέλων*, Διδακτορική διατριβή, 391 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008.
- Καραβοκυρός, Γ., Α. Ευστρατιάδης, και Δ. Κουτσογιάννης, Υδρονομείας (έκδοση 3.2) - Σύστημα υποστήριξης της διαχείρισης των υδατικών πόρων, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 24, 142 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.
- Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ευστρατιάδης, Γ. Καραβοκυρός, Α. Κουκουβίνος, Ν. Μαμάσης, Ι. Ναλμπάντης, Δ. Γκριντζιά, Ν. Δαμιανόγλου, Χ. Καρόπουλος, Σ. Ναλπαντίδου, Α. Νασίκας, Α. Νικολόπουλος, Α. Ξανθάκης, και Κ. Ρίπης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας — Έτος 2001–2002, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 13, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 2001.
- Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ευστρατιάδης, Γ. Καραβοκυρός, Α. Κουκουβίνος, Ν. Μαμάσης, Ι. Ναλμπάντης, Ε. Ρόζος, Χ. Καρόπουλος, Α. Νασίκας, Ε. Νεστορίδου, και Α. Νικολόπουλος, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας — Έτος 2002–2003, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 14, 215 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 2002.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Ναλμπάντης, και Κ. Τσολακίδης, Προγραμματισμός λειτουργίας του σημερινού υδροδοτικού συστήματος, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών - Φάση 2*, Τεύχος 16, 75 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούνιος 1990.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Ι. Ναλμπάντης, Εκτίμηση δυνατοτήτων του σημερινού υδροδοτικού συστήματος Μόρνου-Υλίκης, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών - Φάση 2*, Τεύχος 8, 87 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 1989.
- Μαλικοπούλου, Γ., Εκσυγχρονισμός και βελτιστοποίηση των μονάδων επεξεργασίας νερού της ΕΥΔΑΠ, *Πρακτικά ημερίδας ΕΥΔΑΠ «Νερό και Περιβάλλον»*, Αθήνα, 2000.
- Μαμάσης, Ν., Δεδομένα στάθμης και παροχής λεκάνης Ευήνου, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών - Φάση 1*, Τεύχος ΣΤ, 231 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 1988.

- Μαμάσης, Ν., Μετρητικό σύστημα, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 16, 88 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.
- Μποναζούνας, Μ., Γ. Κοττά, και Α. Πουρνάρας, *Ποιότητα υδατικών πόρων του συστήματος ύδρευσης της πρωτεύουσας*, 2000.
- ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, και ΚΕΠΕ, *Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Συμπλήρωση της ταξινόμησης ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών πόρων στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας*, Ανάδοχος: Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 549 σελίδες, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα, Ιανουάριος 2003.
- Ρώτη, Σ., Ν. Μαμάσης, και Κ. Τσολακίδης, Επεξεργασία υδρομετεωρολογικών δεδομένων λεκάνης Υλίκης, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών - Φάση 2*, Τεύχος 11, 167 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 1990.
- Σταυρίδης, Ν., Δ. Μπώκου, Αλεξοπούλου, Αναστασοπούλου, και Ν. Μαμάσης, Βροχομετρικοί και υδρομετρικοί σταθμοί και δεδομένα, *Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας - Φάση 1*, Τεύχος 2, 219 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 1992.
- Τζεράνης, Ι., Επισκόπηση δεδομένων διαφυγών και ισοζυγίου ταμιευτήρα Μόρνου, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών - Φάση 1*, Τεύχος 3, 102 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 1989.
- Τσακαλίας, Γ., και Δ. Κουτσογιάννης, Καμπύλες στάθμης-παροχής και εξαγωγή παροχών, *Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας - Φάση 2*, Τεύχος 19, 125 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 1995.
- ΥΒΕΤ, *Ο Νόμος 1739/1987 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων*, 47 σελίδες, 1987.
- ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΔΑΠ, *Σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της ΕΥΔΑΠ*, Αθήνα, 1999.
- Efstratiadis, A., and D. Koutsoyiannis, An evolutionary annealing-simplex algorithm for global optimisation of water resource systems, *Proceedings of the 5th International Conference on Hydroinformatics*, Cardiff, UK, July 2002, International Association of Hydraulic Research, International Water Association, International Association of Hydrological Sciences, 2002.
- Efstratiadis, A., D. Koutsoyiannis, and D. Xenos, Minimising water cost in the water resource management of Athens, *Urban Water Journal*, 1 (1), 3–15, 2004.
- Efstratiadis, A., I. Nalbantis, A. Koukouvinos, E. Rozos, and D. Koutsoyiannis, HYDROGEIOS: A semi-distributed GIS-based hydrological model for modified river basins, *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 989–1006, 2008.
- Kallis G. and H. Coccossis, *Metropolitan Areas and Sustainable Use of Water: the Case of Athens*, Final Report of METRON project (CEE contract ENV4-CT97-0565), University of the Aegean, European Commission DG XII, Environment and Climate Programme, 2000.

- Koutsoyiannis, D., A generalized mathematical framework for stochastic simulation and forecast of hydrologic time series, *Water Resources Research*, 36(6), 1519-1533, 2000.
- Koutsoyiannis, D., A. Efstratiadis, and G. Karavokiros, A decision support tool for the management of multi-reservoir systems, *Journal of the American Water Resources Association*, 38(4), 945-958, 2002.
- Koutsoyiannis, D., and A. Economou, Evaluation of the parameterization-simulation-optimization approach for the control of reservoir systems, *Water Resources Research*, 39 (6), 1170, doi:10.1029/2003WR002148, 2003.
- Koutsoyiannis, D., and A. Manetas, Simple disaggregation by accurate adjusting procedures, *Water Resources Research*, 32(7), 2105-2117, 1996.
- Koutsoyiannis, D., Climate change, the Hurst phenomenon, and hydrological statistics, *Hydrological Sciences Journal*, 48 (1), 3–24, 2003.
- Koutsoyiannis, D., Coupling stochastic models of different time scales, *Water Resources Research*, 37(2), 379-392, 2001.
- Koutsoyiannis, D., G. Karavokiros, A. Efstratiadis, N. Mamassis, A. Koukouvinos, and A. Christofides, A decision support system for the management of the water resource system of Athens, *Physics and Chemistry of the Earth*, 28 (14-15), 599–609, 2003.
- Koutsoyiannis, D., Hydrologic persistence and the Hurst phenomenon, *Water Encyclopedia*, Vol. 4, Surface and Agricultural Water, edited by J. H. Lehr and J. Keeley, 210–221, Wiley, New York, 2005.
- Koutsoyiannis, D., Optimal decomposition of covariance matrices for multivariate stochastic models in hydrology, *Water Resources Research*, 35(4), 1219-1229, 1999.
- Koutsoyiannis, D., The Hurst phenomenon and fractional Gaussian noise made easy, *Hydrological Sciences Journal*, 47(4), 573-595, 2002.
- Nalbantis, I., and D. Koutsoyiannis, A parametric rule for planning and management of multiple reservoir systems, *Water Resources Research*, 33(9), 2165-2177, 1997.
- Rozos, E., A. Efstratiadis, I. Nalbantis, and D. Koutsoyiannis, Calibration of a semi-distributed model for conjunctive simulation of surface and groundwater flows, *Hydrological Sciences Journal*, 49 (5), 819–842, 2004.