



Επιστημονικός  
υπεύθυνος:  
Δ. Κουτσογιάννης,  
Αναπληρωτής  
Καθηγητής ΕΜΠ

Σύνταξη:  
Δ. Κουτσογιάννης  
Ν. Μαμάσης  
Α. Κουκουβίνος  
Α. Ευστρατιάδης

**ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακών  
Προγραμμάτων Θεσσαλίας

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ  
ΣΜΟΚΟΒΟΥ**

**Τεύχος 4**  
**Τελική έκθεση**



**Αθήνα, Φεβρουάριος 2008**



## **Περίληψη**

Παρουσιάζονται το αντικείμενο και οι στόχοι ερευνητικού έργου, που περιλαμβάνει: (α) τη συλλογή υδρολογικών και γεωγραφικών δεδομένων, δεδομένων χρήσεων νερού και χαρακτηριστικών του υδροσυστήματος, (β) τη διερεύνηση του προτεινόμενου νομικού, οικονομικού και κοινωνικού πλαισίου που θα διέπει τη λειτουργία και διαχείριση του ταμιευτήρα Σμοκόβου, (γ) τη διερεύνηση του πλαισίου λειτουργίας άλλων ταμιευτήρων, (δ) τη διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης και λειτουργίας του Φορέα Διαχείρισης, (ε) την κατάρτιση επιχειρησιακού σχεδίου διαχείρισης των υδατικών αποθεμάτων του ταμιευτήρα, (στ) τη σύνταξη εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης και βέλτιστης λειτουργίας του ταμιευτήρα για διάφορα επίπεδα ανάπτυξης του υδροσυστήματος, και (ζ) την ολοκλήρωση των δεδομένων και επεξεργασιών σε πληροφοριακό σύστημα.

## **Abstract**

The subject and the objectives of the research project are presented, comprising: (a) collection of hydrological, geographical and water use data and hydrosystem properties; (b) investigation of a proposed legal, financial and social framework for the management of Smokovo reservoir; (c) investigation of the operational framework of other reservoirs; (d) investigation of alternative means for the organization and operation of the Water Management Body; (e) formulation of an operational plan for water resources management; (f) formulation of alternative management scenarios and optimal operation of the reservoir, according various levels of hydrosystem development, and (h) the integration of data and processes to a computer system.



# Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>7</b>
1.1	Ιστορικό - Αντικείμενο της μελέτης.....	7
1.2	Διάρθρωση του τεύχους.....	8
1.3	Ομάδα μελέτης.....	8
<b>2</b>	<b>Περιγραφή του υδροσυστήματος</b>	<b>9</b>
2.1	Περιοχή μελέτης.....	9
2.2	Φυσικό υδατικό σύστημα.....	9
2.3	Σύστημα τεχνικών έργων.....	10
<b>3</b>	<b>Μορφή και λειτουργία του Φορέα Διαχείρισης</b>	<b>13</b>
3.1	Ισχύουσα νομοθεσία.....	13
3.2	Νομικό πλαίσιο φορέα διαχείρισης.....	14
3.3	Θεσμικό και διοικητικό καθεστώς.....	15
3.4	Χρηματοοικονομική ανάλυση.....	16
3.5	Δημόσια διαβούλευση.....	18
3.5.1	Ιστορικό.....	18
3.5.2	Προτάσεις τεχνοκρατικής ομάδας εργασίας.....	19
<b>4</b>	<b>Υδρολογικά δεδομένα και επεξεργασίες</b>	<b>23</b>
4.1	Εκτίμηση επιφανειακής βροχόπτωσης.....	23
4.2	Εκτίμηση εξατμοδιαπνοής.....	24
4.3	Ανάλυση υδρομετρικών δεδομένων.....	25
4.3.1	Υδρομετρικοί σταθμοί και δεδομένα.....	25
4.3.2	Εκτίμηση απορροής υπολεκάνης Σμοκόβου με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα.....	26
<b>5</b>	<b>Εκτίμηση εισροών ταμιευτήρα με το μοντέλο ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ</b>	<b>29</b>
5.1	Σκοπός και μεθοδολογία.....	29
5.1.1	Γενικά.....	29
5.1.2	Το μοντέλο ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ.....	29
5.2	Σχηματοποίηση φυσικού συστήματος.....	31
5.2.1	Υδρογραφικό δίκτυο – Υπολεκάνες απορροής.....	31
5.2.2	Μονάδες υδρολογικής απόκρισης.....	32
5.2.3	Μοντελοποίηση αρδευτικών απολήψεων Ξυνιάδας.....	34
5.3	Βαθμονόμηση μοντέλου.....	34
5.3.1	Περίοδος ελέγχου και χρονοσειρές εισόδου.....	34

5.3.2	Διατύπωση προβλήματος βαθμονόμησης .....	35
5.3.3	Αποτελέσματα βαθμονόμησης και επαλήθευσης.....	35
5.3.4	Βελτιστοποιημένες τιμές παραμέτρων .....	38
5.4	Διερεύνηση αποτελεσμάτων μοντέλου.....	39
5.4.1	Ιστορικό δείγμα απορροής υπολεκάνης Σμοκόβου.....	39
5.4.2	Υδρολογική δίαιτα υπολεκανών ενδιαφέροντος.....	39
<b>6</b>	<b>Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης ταμιευτήρα με εφαρμογή του μοντέλου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ</b>	<b>41</b>
6.1	Σκοπός και μεθοδολογία.....	41
6.1.1	Γενικά.....	41
6.1.2	Το μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ.....	41
6.1.3	Γέννηση σεναρίων στοχαστικής προσομοίωσης με το μοντέλο ΚΑΣΤΑΛΙΑ .....	42
6.2	Σχηματοποίηση και δεδομένα εισόδου υδροσυστήματος Σμοκόβου .....	43
6.2.1	Σχηματοποίηση δικτύου.....	43
6.2.2	Χαρακτηριστικά μεγέθη έργων.....	44
6.2.3	Υδρολογικές χρονοσειρές .....	44
6.2.4	Χρήσεις νερού και περιορισμοί.....	45
6.3	Σενάρια διαχείρισης.....	47
6.3.1	Τοποθέτηση διαχειριστικού προβλήματος.....	47
6.3.2	Διαχειριστικά σενάρια.....	47
6.4	Συμπεράσματα.....	51
6.4.1	Υφιστάμενη κατάσταση.....	51
6.4.2	Βραχυπρόθεσμη κατάσταση .....	52
6.4.3	Μελλοντική κατάσταση .....	52
<b>7</b>	<b>Πληροφοριακό σύστημα</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Συμπεράσματα – Προτάσεις</b>	<b>57</b>
8.1	Συμπεράσματα.....	57
8.1.1	Υδρολογικές και διαχειριστικές αναλύσεις.....	57
8.1.2	Νομική μορφή και πλαίσιο λειτουργίας Φορέα Διαχείρισης .....	58
8.2	Προτάσεις .....	59
8.2.1	Εποπτεία και διαχείριση υδροσυστήματος.....	59
8.2.2	Ολοκλήρωση δημιουργίας Φορέα Διαχείρισης.....	60
	<b>Αναφορές</b>	<b>61</b>

# 1 Εισαγωγή

---

## 1.1 Ιστορικό - Αντικείμενο της μελέτης

Στα πλαίσια της πράξης «*Επιχειρησιακά Σχέδια Διαχείρισης Δικτύων Σμοκόβου*», η Ειδική Υπηρεσία Επιχειρησιακού Προγράμματος Θεσσαλίας ανέθεσε, με την υπ. Αριθμ. ? απόφαση της, στον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του ΕΜΠ, το ερευνητικό έργο «*Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του ταμιευτήρα του Σμοκόβου*», με επιστημονικό υπεύθυνο τον Αναπληρωτή Καθηγητή Δ. Κουτσογιάννη.

Το αντικείμενο του έργου, σύμφωνα με τη σύμβαση, είναι συνοπτικά:

- (α) η συλλογή υδρολογικών δεδομένων, δεδομένων χρήσεων νερού και τεχνικών χαρακτηριστικών του συστήματος·
- (β) η διερεύνηση του νομικού, οικονομικού και κοινωνικού πλαισίου που θα διέπει τη λειτουργία και διαχείριση του ταμιευτήρα·
- (γ) η διερεύνηση του νομικού και οικονομικού πλαισίου λειτουργίας άλλων ταμιευτήρων·
- (δ) η διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης και λειτουργίας του Φορέα Διαχείρισης·
- (ε) η κατάρτιση επιχειρησιακού Σχεδίου Διαχείρισης των υδατικών αποθεμάτων του ταμιευτήρα·
- (στ) η σύνταξη εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης βέλτιστης λειτουργίας του ταμιευτήρα για διάφορα επίπεδα ολοκλήρωσης των έργων·
- (ζ) η ολοκλήρωση δεδομένων και επεξεργασιών σε πληροφοριακό σύστημα.

Τα παραδοτέα του έργου είναι:

- (1) Προκαταρκτική έκθεση με τα απαραίτητα δεδομένα.
- (2) Τεύχος νομικού και οικονομικού πλαισίου διαχείρισης ταμιευτήρων και εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης και λειτουργίας του Φορέα Διαχείρισης.
- (3) Τεύχος τεχνικού πλαισίου διαχείρισης του ταμιευτήρα.
- (4) Πληροφοριακό σύστημα (δεδομένα και τυποποιημένες επεξεργασίες διαχείρισης του υδροσυστήματος).
- (5) Τελική έκθεση.

Τα παραδοτέα 1 και 2 και 3 είναι αντίστοιχα τα τεύχη «*Έκθεση Δεδομένων*», (Κουκουβίνος κ.ά., 2006), «*Διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης και λειτουργίας Φορέα Διαχείρισης έργων Σμοκόβου*», (Μαμάσης κ.ά., 2006) και «*Εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης και βέλτιστης λειτουργίας του ταμιευτήρα και των συναφών έργων*», (Ευστρατιάδης κ.ά., 2007), ενώ η παρούσα «*Τελική έκθεση*» είναι το παραδοτέο 5. Το παραδοτέο 4 είναι το πληροφοριακό σύστημα, που περιγράφεται αναλυτικά στο Τεύχος 3.

## 1.2 Διάρθρωση του τεύχους

Το παρόν τεύχος αποτελείται από οκτώ κεφάλαια.

Το **πρώτο** κεφάλαιο είναι η εισαγωγή.

Στο **δεύτερο** κεφάλαιο περιγράφονται οι συνιστώσες του υδροσυστήματος του Σμοκόβου, δηλαδή το φυσικό υδατικό σύστημα, τα υφιστάμενα και προγραμματισμένα έργα της περιοχής μελέτης, καθώς και η κατάσταση των χρήσεων των υδατικών πόρων και τα σχετικά τους μεγέθη.

Στο **τρίτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν σχετικά με τη μορφή και τη λειτουργία του φορέα διαχείρισης που θα συσταθεί για τη διαχείριση του ταμιευτήρα και των συναφών έργων.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων (υδρολογικών, μετεωρολογικών, υδρομετρικών) και οι επεξεργασίες τους (εκτίμηση επιφανειακής βροχόπτωσης και δυναμικής εξατμοδιαπνοής υπολεκανών, υδατικό ισοζύγιο ταμιευτήρα).

Στο **πέμπτο** κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ώστε να παραχθεί το ιστορικό δείγμα των εισροών στον ταμιευτήρα Σμοκόβου, με εφαρμογή του μοντέλου ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ, οι παράμετροι του οποίου προσαρμόστηκαν στα ιστορικά δείγματα παροχής και τα φυσικά χαρακτηριστικά του συστήματος.

Στο **έκτο** κεφάλαιο παρουσιάζεται η διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του ταμιευτήρα, με εφαρμογή του λογισμικού ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ, για διάφορα σενάρια εξέλιξης του υδροσυστήματος, και δεδομένα εισόδου τη ζήτηση νερού, τους λειτουργικούς περιορισμούς και τις υδρολογικές χρονοσειρές.

Στο **έβδομο** κεφάλαιο παρουσιάζεται, συνοπτικά, το πληροφοριακό σύστημα και οι συνιστώσες του.

Τέλος, στο **όγδοο** κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το ερευνητικό έργο και προτάσεις για τη λειτουργία του ταμιευτήρα και των συναφών έργων, καθώς και τη μορφή του Φορέα Διαχείρισης.

## 1.3 Ομάδα μελέτης

Την ομάδα μελέτης του έργου αποτέλεσαν οι:

- Δημήτρης Κουτσογιάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ
- Νίκος Μαμάσης, Λέκτορας ΕΜΠ
- Ανδρέας Ευστρατιάδης, Πολιτικός Μηχανικός, MSc, Υποψ. Δρ. ΕΜΠ
- Αντώνης Κουκουβίνος, Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, MSc
- Αργυρώ Μαυροδήμου, Αρχιτέκτονας-Χωροτάκτης Μηχανικός ΕΜΠ
- Παρασκευή Λαζαρίδου, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc, Μελετήτρια Υδραυλικών Έργων
- Αριστοτέλης Τέγος, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc
- Μάριος Χαϊνταρλής, Δικηγόρος
- Μαρία Μαγαλιού, Δικηγόρος, MSc

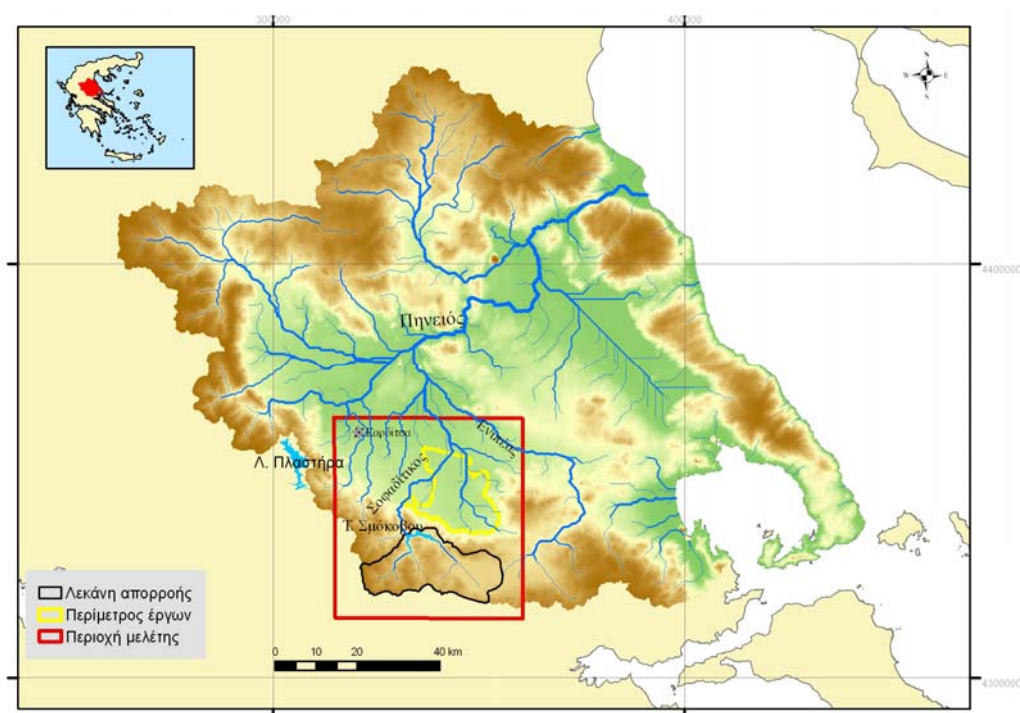
Ο Δημήτρης Κουτσογιάννης είχε και την επιστημονική ευθύνη του συνόλου του έργου, ενώ ο Νίκος Μαμάσης ήταν ο κύριος ερευνητής. Τη γραμματειακή και οικονομική υποστήριξη ανέλαβε η Όλγα Κίτσου, MSc.

## 2 Περιγραφή του υδροσυστήματος

Παρουσιάζεται μία σύντομη περιγραφή τόσο του φυσικού συστήματος που αφορά τη διαχείριση του ταμιευτήρα Σμοκόβου (λεκάνες απορροής, υδρογραφικό δίκτυο, κτλ.) και των συναφών έργων (φράγμα, ΥΗΣ, αρδευτικό δίκτυο, κτλ.). Αναλυτική καταγραφή τους γίνεται στην Έκθεση Δεδομένων (Κουκουβίνος κ.ά., 2006).

### 2.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή των έργων Σμοκόβου βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1. Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τη λεκάνη απορροής ανάντη του φράγματος, έκτασης 376.6 km<sup>2</sup>, την περιοχή που προβλέπεται να αρδευτεί μέσω μόνιμων κλειστών δικτύων και προσωρινών έργων, έκτασης 258.2 km<sup>2</sup>, την παραποτάμια ζώνη κατάντη του φράγματος, όπου διοχετεύεται η οικολογική παροχή κατά μήκος του Σοφαδίτη, εξυπηρετώντας, σε μεταβατικό στάδιο, και αρδευτικές χρήσεις, καθώς και την περιοχή των οικισμών που θα υδρεύονται από τον ταμιευτήρα.



Σχήμα 2.1: Θέση περιοχής μελέτης στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας.

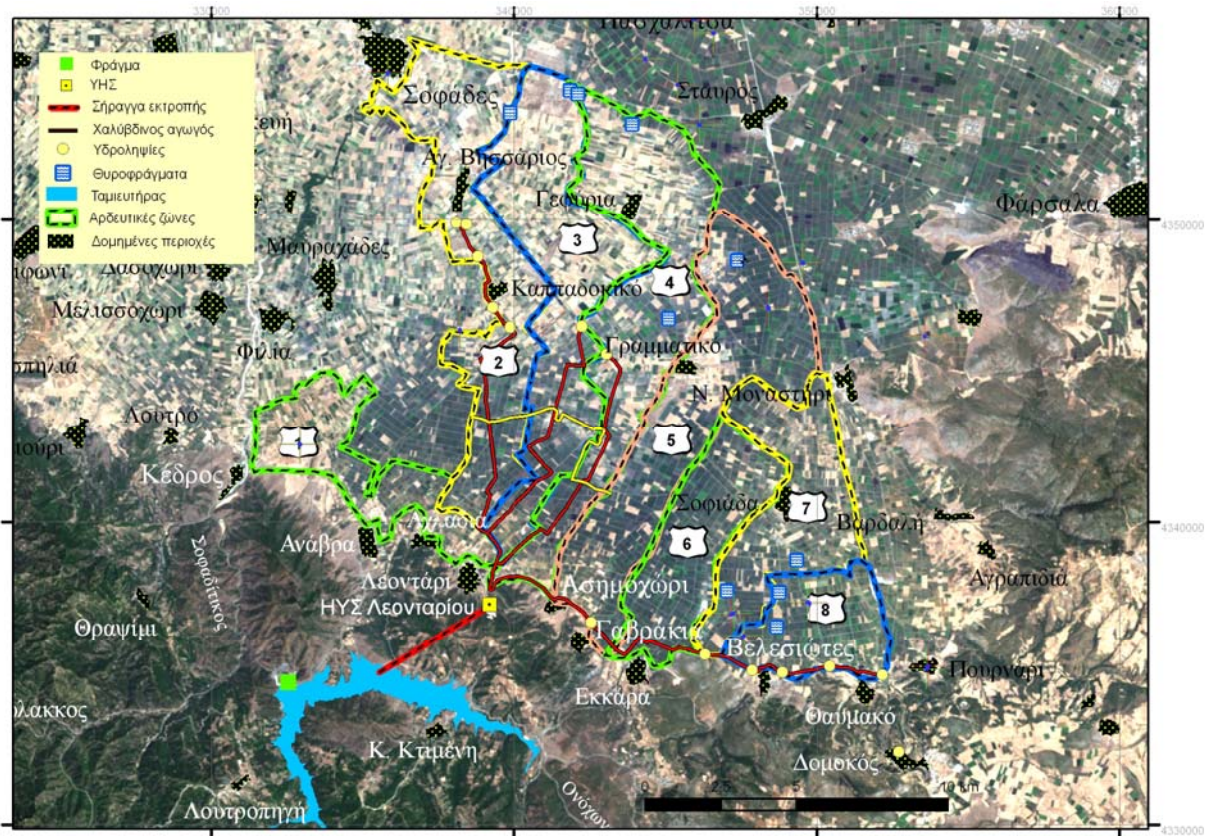
### 2.2 Φυσικό υδατικό σύστημα

Ο ταμιευτήρας Σμοκόβου βρίσκεται στη συμβολή δύο υδατορευμάτων, του Ρεντινιώτικου, στα νότια, και του Ονόχωνου, στα ανατολικά, από τα οποία σχηματίζεται ο Σοφαδίτης, που μέσω του Ενιπέα καταλήγει στον Πηνειό. Η συνολική λεκάνη τροφοδοσίας του ταμιευτήρα έχει έκταση 376.6 km<sup>2</sup> και μέσο υψόμετρο 619 m.



Ο υδροηλεκτρικός σταθμός (ΥΗΣ) Λεονταρίου, που λειτουργεί υπό την εποπτεία της ΔΕΗ, βρίσκεται στην έξοδο της σήραγγας και σε απόσταση περίπου 1.5 km από τον ομώνυμο οικισμό. Ο σταθμός περιλαμβάνει τρεις στροβίλους τύπου Francis, με παροχές λειτουργίας 2-5 m<sup>3</sup>/s, 5-10 m<sup>3</sup>/s, και 5-10 m<sup>3</sup>/s αντίστοιχα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των στροβίλων είναι 10 MW.

Το αρδευτικό δίκτυο της περιοχής, στην πλήρη ανάπτυξή του, φαίνεται στο Σχήμα 2.3. Έχει συνολική δεσποζόμενη έκταση 252 600 στρέμματα, περίπου, ενώ η καθαρή γεωργική γη εκτιμάται σε περίπου 224 700 στρέμματα. Χωρίζεται σε δύο Περιοχές και οχτώ Ζώνες (Σ1 έως Σ8), με τις πρώτες τέσσερις Ζώνες να υπάγονται στην Περιοχή 1, ενώ τις υπόλοιπες στην Περιοχή 2. Από την παροχή εξόδου της σήραγγας Λεονταρίου, ένα μέρος θα τροφοδοτεί απ' ευθείας το σύστημα των κυρίων σωληνώσεων (Ζώνες Σ1, Σ2, Σ3, Σ4), που προορίζεται για τα δίκτυα μεταξύ Λεονταρίου και Κέδρου, ενώ ένα άλλο μέρος διοχετεύεται στον Ανατολικό Αγωγό, προκειμένου να τροφοδοτήσει τις υπόλοιπες κύριες σωληνώσεις που έχουν αφετηρία στη διάφυρα (Ζώνες Σ5, Σ6, Σ7, Σ8).



Σχήμα 2.3: Όρια αρδευτικού δικτύου.



## 3 Μορφή και λειτουργία του Φορέα Διαχείρισης

---

Παρουσιάζονται τα κύρια σημεία και τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν σχετικά με τη μορφή και τη λειτουργία του φορέα διαχείρισης που θα συσταθεί για τη διαχείριση του ταμιευτήρα και των συναφών έργων. Αναλυτική καταγραφή παρουσιάζεται στο τεύχος 2 (Μαμάσης κ.ά., 2006).

### 3.1 Ισχύουσα νομοθεσία

Οι σημαντικότερες νομοθετικές ρυθμίσεις που ισχύουν σήμερα και αφορούν στην ίδρυση, την σύσταση, τις αρμοδιότητες, τη λειτουργία, την οικονομική διαχείριση και λοιπά θέματα σύστασης και λειτουργίας ενός Φορέα Διαχείρισης είναι:

- Ν. 1650/86 (ΦΕΚ 160 Α/18-10-86) «Για την προστασία του περιβάλλοντος»: Με το νόμο αυτό επιχειρείται η σφαιρική προσέγγιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων και τίθενται τα θεμέλια της ελληνικής περιβαλλοντικής πολιτικής.
- Υ.Α. 71961/3670/1991 (ΦΕΚ 541/Β/1991): Σκοπός της απόφασης αυτής είναι η παροχή στους πολίτες και στους φορείς εκπροσώπησής τους, μέσω της κατάλληλης πληροφόρησης, της δυνατότητας έκφρασης γνώμης για τον σχεδιαζόμενο, από τις αρμόδιες αρχές, χαρακτηρισμό χερσαίων, υδάτινων ή μικτού χαρακτήρα περιοχών και μεμονωμένων στοιχείων ή συνόλων της φύσης και του τοπίου ως προστατευομένων, σύμφωνα με τις διακρίσεις, τα κριτήρια και τις αρχές προστασίας, που καθορίζονται στα άρθρα 18 και 19 του νόμου 1650/1996.
- Ν. 1739/87 (ΦΕΚ 201 Α/20-11-87) «Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις»: Αποτελεί την πρώτη επίσημη κρατική παρέμβαση για την προστασία και την ορθολογική αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού της χώρας. Ο νόμος αυτός επιχειρεί, καταρχήν, να δημιουργήσει ένα πλαίσιο για την επίλυση της σύγκρουσης των αρμοδιοτήτων που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδατικών πόρων και τη χάραξη ενιαίας πολιτικής. Προς αυτήν την κατεύθυνση, ορίζει τις αρμόδιες αρχές για τη διαχείριση των υδατικών πόρων ανάλογα με τη χρήση του νερού και υποδιαιρεί την επικράτεια σε 14 υδατικά διαμερίσματα.
- Ν. 2742/99 (ΦΕΚ 207/Α/7-10-99) «Χωροταξικός σχεδιασμός και αειφόρος ανάπτυξη»: Με το νόμο αυτό θεσπίζονται θεμελιώδεις αρχές και θεσμοθετούνται σύγχρονα όργανα, διαδικασίες και μέσα άσκησης χωροταξικού σχεδιασμού για την προώθηση της αειφόρου και ισόρροπης ανάπτυξης, την κατοχύρωση της παραγωγικής και κοινωνικής συνοχής και τη διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος στο σύνολο του εθνικού χώρου και στις επί μέρους ενότητες του.
- Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60 ΕΕ «Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων»: Με την Οδηγία-Πλαίσιο επιχειρείται μια ολοκληρωμένη και συνθετική προσέγγιση της διαχείρισης των υδατικών πόρων με την υιοθέτηση ενός διαχειριστικού μοντέλου που ενσωματώνει ταυτόχρονα κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Αποτελεί το εργαλείο για μια μακροπρόθεσμη, αειφόρο διαχείριση των υδάτων και των οικοσυστημάτων στην Ευρώπη, η οποία θα επιτευχθεί αφενός με την εναρμόνιση όλων των φυσικών διεργασιών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τον κύκλο του νερού μέσα στα χωρικά πλαίσια μιας υδρολογικής λεκάνης και αφετέρου με την έγκαιρη λήψη κατάλληλων διαχειριστικών μέτρων που θα εξασφαλίζουν την

επιθυμητή «καλή κατάσταση» – ποσοτικά και ποιοτικά – των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, μέσα στα επόμενα χρόνια.

- Ν. 3199/2003 για την «Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2000»: Ο νόμος αυτός ενσωματώνει στην ελληνική έννομη τάξη την Οδηγία 2000/60 ΕΕ, ορίζοντας τις αρμόδιες διοικητικές αρχές για την προστασία και διαχείριση του υδατικού δυναμικού της χώρας, προσδιορίζοντας παράλληλα τις ειδικότερες αρμοδιότητές τους, σύμφωνα πάντα με τις κατευθύνσεις και τις απαιτήσεις της Οδηγίας-πλαίσιο.
- Ν. 1069/80 (ΦΕΚ 191/Α/1980) «Περί κινήτρων δια την ίδρυσιν Επιχειρήσεων Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως»: Με το νόμο αυτό παρέχεται η δυνατότητα της σύστασης σε έναν ή σε περισσότερους Δήμους ή/και Κοινότητες ενιαίων επιχειρήσεων ύδρευσης και αποχέτευσης, οι οποίες αποτελούν Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου κοινωφελούς χαρακτήρα, λειτουργούν υπό τη μορφή Δημοτικής ή Κοινοτικής επιχείρησης με τους κανόνες της ιδιωτικής οικονομίας και είναι αρμόδιες για την άσκηση των πάσης φύσεως δραστηριοτήτων του κυκλώματος υδρεύσεως και αποχετεύσεως της περιοχής ευθύνης τους.
- Ν. 1069/80, Δημοτικός και Κοινοτικός Κώδικας, Κώδικας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης.
- *Σχέδιο Νέου Δημοτικού και Κοινοτικού Κώδικα*: Με το νέο νομοθετικό πλαίσιο, που εισάγεται, ιδίως με τα άρθρα 251-270 του σχεδίου, αναμορφώνεται και εξορθολογίζεται πλήρως το καθεστώς ίδρυσης και λειτουργίας των δημοτικών επιχειρήσεων. Γνώμονας είναι η εξασφάλιση της οικονομικής τους βιωσιμότητας, η συνεχής εποπτεία λειτουργίας τους από το δημοτικό ή κοινοτικό συμβούλιο, η στελέχωσή τους με ικανό προσωπικό και η αποτροπή προσλήψεων καθ' υπέρβαση των λειτουργικών τους αναγκών.

Οι μορφές των δημοτικών και κοινοτικών επιχειρήσεων προσδιορίζονται, πλέον, περιοριστικά και είναι οι ακόλουθες:

- Δημοτικές ή κοινοτικές κοινωφελείς επιχειρήσεις·
- Ανώνυμες εταιρίες·
- Κοινωφελείς επιχειρήσεις.

Οι επιχειρήσεις που έχουν συσταθεί με ειδικές διατάξεις νόμου (όπως οι ΔΕΥΑ) εξακολουθούν να λειτουργούν σύμφωνα με το καθεστώς ίδρυσής τους, χωρίς να αποκλείεται στο μέλλον η ίδρυση δημοτικών επιχειρήσεων ειδικού σκοπού.

### **3.2 Νομικό πλαίσιο φορέα διαχείρισης**

Η λειτουργία ενός σύνθετου υδροσυστήματος, με πολλαπλές και ανταγωνιστικές χρήσεις νερού, σε συνδυασμό με το νέο νομικό πλαίσιο για τα νερά, επιβάλλει τη σύσταση ενός φορέα διαχείρισης του ταμειυτήρα και των συναφών έργων, για τον οποίο τέθηκαν εξαρχής οι εξής απαιτήσεις:

- να παρακολουθεί την κατάσταση των έργων και την τήρηση των περιβαλλοντικών όρων τους·
- να εξασφαλίζει την εξυπηρέτηση των αναγκών των υφιστάμενων και μελλοντικών χρήσεων της περιοχής, σε συνδυασμό και με άλλους υδατικούς πόρους, επιφανειακούς και υπόγειους·
- να εξασφαλίζει καλή ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων και του περιβάλλοντος·
- να έχει τη δυνατότητα να επιβάλλει την ορθολογική χρήση και την δίκαιη κατανομή του νερού·
- να έχει αναπτυξιακό χαρακτήρα, ώστε με τις παρεμβάσεις και δραστηριότητές του, να συμβάλλει στην ανάπτυξη της περιοχής και την ενδυνάμωση του εισοδήματος των κατοίκων της.

Για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων, εξετάστηκαν όλες οι δυνατές νομικές μορφές του φορέα, λαμβάνοντας υπόψη το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο καθώς και την εμπειρία από σχετικούς φορείς στην ευρύτερη περιοχή, γενικότερα στην Ελλάδα, καθώς και στο εξωτερικό. Η μελέτη κατέληξε στις ακόλουθες εναλλακτικές λύσεις:

- (1) Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.), με ανάθεση ορισμένων αρμοδιοτήτων δημόσιας εξουσίας του οποίου η σύσταση, οργάνωση και λειτουργία θα γίνει με ad hoc νομοθετική ρύθμιση
- (2) Φορέας Διαχείρισης, με βάση το Ν. 2742/1999 (άρθρο 15 παρ. 9) «Χωροταξικός σχεδιασμός και αιφόρος ανάπτυξη και άλλες διατάξεις»
- (3) Ανώνυμη Εταιρεία (Α.Ε.):
  - (3α) Κατ' εφαρμογή του άρθρου 36 (Σύσταση Τοπικών Οργανισμών) του Ν. 849/1978 «Περί παροχής κινήτρων δια την ενίσχυσιν της περιφερειακής και οικονομικής αναπτύξεως της Χώρας» (ΦΕΚ 232/Α'/1978)
  - (3β) Κατ' εφαρμογή του άρθρου 289 του Π.Δ. 410/1995 «Κώδικας Δήμων και Κοινοτήτων» (ΦΕΚ 231/Α'/1995) και του άρθρου 277, παρ. 6, που σημαίνει ότι ο φορέας θα συσταθεί ως Δημοσυνεταιριστική Α.Ε. (είτε αυτοτελής είτε με ανάθεση των αρμοδιοτήτων του σε υφιστάμενα σχήματα στην περιοχή μελέτης)

Ειδικότερα, η τελευταία λύση φαίνεται ότι ικανοποιεί τρία βασικά κριτήρια, που είναι η ευελιξία όσον αφορά στη λήψη των αποφάσεων και την υλοποίηση δράσεων, το εύρος των αρμοδιοτήτων καθώς και η δυνατότητα συμμετοχής του δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα και της τοπικής κοινωνίας.

Πέρα των παραπάνω, εξετάστηκαν και δύο ακόμη λύσεις. Η πρώτη, που χαρακτηρίζεται ως «μηδενική» λύση, δεν προβλέπει τη σύσταση φορέα, αλλά μεταφέρει την ευθύνη προγραμματισμού και συντονισμού στη Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Θεσσαλίας, ενώ η παρακολούθηση και λειτουργία των έργων, με ανάθεση αρμοδιοτήτων μέσω προγραμματικών συμβάσεων, γίνεται από τη ΔΕΗ και τους υπό σύσταση ΤΟΕΒ και ΔΕΥΑ Σμοκόβου. Η άλλη δυνατότητα προβλέπει την αξιοποίηση του θεσμού των Συμπράξεων Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (Σ.Δ.Ι.Τ.). Στην περίπτωση αυτή, το Δημόσιο θα διαπραγματευτεί με τον ιδιώτη την παραχώρηση και εκμετάλλευση του φράγματος και του ταμιευτήρα Σμοκόβου με «αντάλλαγμα» την κατασκευή των κατόπιν έργων, κυρίως των αρδευτικών δικτύων, έχοντας συμφωνήσει και δεσμευτεί για την τιμή πώλησης του νερού άρδευσης και ύδρευσης, καθώς και τον χρονικό ορίζοντα της σύμβασης.

### **3.3 Θεσμικό και διοικητικό καθεστώς**

Με την προϋπόθεση ότι δημιουργείται αυτόνομος φορέας, οπότε δεν λαμβάνονται υπόψη η «μηδενική λύση» και σχήματα τύπου Σ.Δ.Ι.Τ., τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά του συνοψίζονται ως εξής:

- Επωνυμία: «Αναπτυξιακός Οργανισμός Σμοκόβου» (ΑΝ.Ο.Σ.)
- Νομική μορφή: Μία από τις τέσσερις αρχικές εναλλακτικές μορφές που εξετάστηκαν
- Θεσμικό καθεστώς: Διαθέτει διοικητική και οικονομική αυτοτέλεια και έχει αναπτυξιακό και κοινωνικό ή κοινωφελή χαρακτήρα
- Οικονομικό καθεστώς: Μη κερδοσκοπικός οργανισμός, τα έσοδα του οποίου διατίθενται αποκλειστικά για την υλοποίηση των σκοπών του
- Διοικητικό καθεστώς: Διοικητικό Συμβούλιο (Δ.Σ.), με 7-11 μέλη, τετραετούς θητείας
- Διάρκεια λειτουργίας: 50 έτη
- Έδρα: Λεοντάριο
- Περιοχή ευθύνης: φράγμα και λίμνη Σμοκόβου, λεκάνη τροφοδοσίας ταμιευτήρα, και έργα εκτροπής μέχρι την κεφαλή των δικτύων

- Περιοχή αρμοδιότητας: περιοχή ευθύνης, καθώς και περιοχή ανάπτυξης αρδευτικού δικτύου, περιοχή υδρευόμενων οικισμών, και παραποτάμια ζώνη κατά μήκος του Σοφαδίτη

Στο Δ.Σ. προτείνεται να συμμετέχουν εκπρόσωποι των τεσσάρων Δήμων της περιοχής αρμοδιότητας, των ΤΟΕΒ Θεσσαλιώτιδος και Σμοκόβου (όταν συσταθεί), της ΔΕΗ, μιας μη κυβερνητικής οργάνωσης της ευρύτερης περιοχής, του αρμόδιου φορέα ύδρευσης, της αρμόδιας Υπηρεσίας Υδάτων, των εργαζομένων στο φορέα, καθώς και ένας Διευθυντής ή Διευθύνων Σύμβουλος (ανάλογα με τη νομική μορφή του φορέα), που επιλέγεται μετά από ανοιχτή προκήρυξη.

Ο φορέας θα αναλάβει ένα ευρύ φάσμα αρμοδιοτήτων, που εντάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Λειτουργικές δραστηριότητες·
- Παρακολούθηση υδατικών πόρων και περιβάλλοντος·
- Διαχείριση υδατικών πόρων·
- Συνεργασία με άλλους φορείς και οργανισμούς·
- Ανάπτυξη περιοχής ευθύνης και αρμοδιότητας·
- Ενημέρωση και υποβοήθηση τοπικής κοινωνίας.

Το οργανωτικό σχήμα που θα υλοποιεί τα παραπάνω περιλαμβάνει τέσσερις κύριες λειτουργίες που θα υπάγονται στο Δ.Σ., και συγκεκριμένα τον Διευθύνοντα Σύμβουλο (ή Διευθυντή), την Υποστήριξη της Διεύθυνσης, τον Οικονομικό Τομέα και τον Τεχνικό Τομέα. Η στελέχωση και, συνακόλουθα, η ένταση δραστηριοποίησης του φορέα διαρθρώνεται σε δύο στάδια, που αντιστοιχούν στο βαθμό εξέλιξης των κατάντη έργων (αρδευτικό δίκτυο, δίκτυα διανομής υδρευτικού νερού).

Ειδικότερα, ο τεχνικός τομέας, που θα είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση και συντήρηση του φράγματος και των συναφών έργων, προτείνεται να αναθέσει μέρος των λειτουργιών του στη ΔΕΗ, που διαθέτει επαρκή εμπειρία στο εν λόγω αντικείμενο, ως αντισταθμιστικό όφελος για την εκμετάλλευση, από τη ΔΕΗ, του ΥΗΣ Λεονταρίου.

### 3.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση

Πέρα από τη διερεύνηση του νομικού, θεσμικού και διοικητικού πλαισίου του φορέα, επιχειρήθηκε και μια αρχική χρηματοοικονομική ανάλυση, για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητάς του. Στην ανάλυση αυτή εκτιμήθηκαν τα ετήσια έξοδα και έσοδα του φορέα, για τα δύο στάδια ανάπτυξης. Στα έξοδα περιλαμβάνονται το κόστος εγκατάστασης (μόνο για το πρώτο έτος), το κόστος προσωπικού και το λειτουργικό κόστος. Τα έσοδα το φορέα προέρχονται, κατά κύριο λόγο, από την πώληση νερού για άρδευση<sup>1</sup> και ύδρευση, καθώς και από την πώληση δικαιωμάτων παραγωγής ενέργειας, τις τουριστικές δραστηριότητες που θα αναπτυχθούν στην παραλίμνια περιοχή και τη λεκάνη απορροής, υπηρεσίες που παρέχει σε τρίτους, εθνικούς και κοινοτικούς πόρους, επιχορηγήσεις, εισφορές δήμων και κοινοτήτων, κληρονομίες, δωρεές, κτλ.

Οι ποσοτικές εκτιμήσεις αφορούν αποκλειστικά στα έσοδα από την πώληση νερού για καταναλωτικές χρήσεις (άρδευση, ύδρευση). Εξετάστηκαν δύο σενάρια ανάπτυξης του υδροσυστήματος. Το πρώτο αφορά στην υφιστάμενη κατάσταση, που υποθέτει την ανάπτυξη προσωρινών αρδευτικών έργων στις ζώνες Σ1 και Σ2. Το δεύτερο σενάριο υποθέτει ανάπτυξη κλειστών αρδευτικών δικτύων στις ζώνες Σ1-Σ4, καθώς και εκροή νερού για ύδρευση των οικισμών της Ανατολικής Καρδίτσας. Τα μεγέθη των αντίστοιχων ετήσιων απολήψεων συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1, και αναφέρονται στα διαχειριστικά σενάρια Α1 και Δ (βλ. 6.3 και 6.4).

<sup>1</sup> Τα μεγέθη των απολήψεων έχουν επικαιροποιηθεί με βάση τα συμπεράσματα των διαχειριστικών αναλύσεων του Τεύχους 3 (Ευστρατιάδης κ.ά., 2007).

Ως προς την τιμολόγηση του νερού, εξετάστηκαν δύο σενάρια για τις ακόλουθες κατηγορίες χρήσεων:

- Νερό για άρδευση μέσω μόνιμων σωληνωτών δικτύων, με τιμές μονάδας 0.010 και 0.040 €/m<sup>3</sup>.
- Νερό για άρδευση μέσω προσωρινών έργων, με τιμές μονάδας 0.005 και 0.020 €/m<sup>3</sup>.
- Νερό για άρδευση κατάντη ταμιευτήρα, με τιμές μονάδας 0.005 και 0.010 €/m<sup>3</sup>.
- Αδιύλιστο νερό για ύδρευση, με τιμές μονάδας 0.050 και 0.100 €/m<sup>3</sup>.

Στους Πίνακες 3.2 και 3.3 συγκεντρώνονται οι κύριες συνιστώσες κόστους και οφέλους του φορέα, σε ετήσια κλίμακα, για το χαμηλό και κανονικό τιμολόγιο πώλησης του αρδευτικού και υδρευτικού νερού, αντίστοιχα. Από τις αναλύσεις προκύπτει, ότι θα απαιτηθεί ένα αρχικό κεφάλαιο 990 000 €, που περιλαμβάνει το πάγιο κόστος εγκατάστασης του φορέα, καθώς και τις αμοιβές προσωπικού και τα λειτουργικά έξοδα ενός έτους. Το κεφάλαιο αυτό είτε θα δοθεί από το Δημόσιο με τη μορφή επιχορήγησης, αμέσως μετά την σύσταση του φορέα, είτε θα αποκτηθεί μέσω δανεισμού (στην τελευταία περίπτωση, στα έξοδα θα πρέπει να περιληφθεί η ετήσια αποπληρωμή του δανείου, που μπορεί να γίνει γρήγορα και χωρίς να επιβαρύνει σημαντικά τον προϋπολογισμό του φορέα).

Πίνακας 3.1: Κατανομή εκροών νερού (σε hm<sup>3</sup>/έτος) για το υφιστάμενο και το μελλοντικό σενάριο ανάπτυξης του υδροσυστήματος.

	Υφιστάμενο σενάριο	Μελλοντικό σενάριο
Εκροή νερού σε μόνιμα αρδευτικά δίκτυα	-	66.1
Εκροή νερού σε προσωρινά αρδευτικά έργα	35.3	-
Εκροή αρδευτικού νερού κατάντη ταμιευτήρα	35.0	-
Εκροή νερού για ύδρευση	-	10.0

Πίνακας 3.2: Ανάλυση ετήσιων εξόδων και εσόδων, για την αρχική, μερική και πλήρη ανάπτυξη του φορέα, με βάση το χαμηλό τιμολόγιο του αρδευτικού νερού (ποσά σε €).

	Αρχικό κεφάλαιο	Υφιστάμενο σενάριο	Μελλοντικό σενάριο
Κατασκευή κτηρίου	300 000	-	-
Κόστος εγκατάστασης	150 000	-	-
Αμοιβές προσωπικού	240 000	240 000	395 000
Λειτουργικά έξοδα	300 000	300 000	350 000
<b>Σύνολο ετήσιων εξόδων</b>	<b>990 000</b>	<b>540 000</b>	<b>745 000</b>
Δάνειο ή επιχορήγηση από Δημόσιο	990 000	-	-
Αποπληρωμή δανείου		Κατά περίπτωση	-
Πώληση νερού σε αρδευτικό δίκτυο	-	-	661 000
Πώληση νερού σε προσωρινά έργα	-	176 500	-
Πώληση νερού κατάντη ταμιευτήρα	-	175 000	-
Πώληση νερού για ύδρευση	-	-	500 000
<b>Σύνολο ετήσιων εσόδων</b>	<b>990 000</b>	<b>351 500</b>	<b>1 161 000</b>

Πίνακας 3.3: Ανάλυση ετήσιων εξόδων και εσόδων, για την αρχική, μερική και πλήρη ανάπτυξη του φορέα, με βάση το υψηλό τιμολόγιο του αρδευτικού νερού (ποσά σε €).

	<b>Αρχικό κεφάλαιο</b>	<b>Υφιστάμενο σενάριο</b>	<b>Μελλοντικό σενάριο</b>
Κατασκευή κτηρίου	300 000	-	-
Κόστος εγκατάστασης	150 000	-	-
Αμοιβές προσωπικού	240 000	240 000	395 000
Λειτουργικά έξοδα	300 000	300 000	350 000
<b>Σύνολο ετήσιων εξόδων</b>	<b>990 000</b>	<b>540 000</b>	<b>745 000</b>
Δάνειο ή επιχορήγηση από Δημόσιο	990 000	-	-
Αποπληρωμή δανείου		Κατά περίπτωση	-
Πώληση νερού σε αρδευτικό δίκτυο	-		2 644 000
Πώληση νερού σε προσωρινά έργα	-	706 000	-
Πώληση νερού κατάντη ταμιευτήρα	-	350 000	-
Πώληση νερού για ύδρευση	-	-	1 000 000
<b>Σύνολο ετήσιων εσόδων</b>	<b>990 000</b>	<b>1 056 000</b>	<b>3 644 400</b>

Στην παρούσα κατάσταση, που δεν θα υπάρχει η δυνατότητα παροχής υδρευτικού νερού, τα έσοδα θα προέρχονται αποκλειστικά από την πώληση αρδευτικού νερού σε προσωρινά δίκτυα και στην περιοχή κατάντη του φράγματος. Στην φάση αυτή, ο φορέας δεν θα είναι οικονομικά βιώσιμος, εφόσον υιοθετηθεί η πολιτική υψηλότερων τιμολογίων, ενώ θα είναι εμφανώς βιώσιμος, στην περίπτωση που υιοθετηθεί η πολιτική των κανονικών τιμολογίων. Αντίθετα, στο μέλλον, με την προϋπόθεση ανάπτυξης κλειστού αρδευτικού δικτύου στις ζώνες Σ1-Σ4, τα έσοδα του φορέα θα υπερσκελίζουν κατά πολύ τα έξοδά του, που αποδεικνύει ότι ο εν λόγω φορέας θα είναι οικονομικά βιώσιμος, ακόμη και για το σενάριο χαμηλής τιμολόγησης.

Δεδομένου ότι ο φορέας που προτείνεται είναι μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, το πλεόνασμα που θα προκύπτει από τη διαφορά εσόδων-εξόδων θα αξιοποιείται σε τρεις άξονες:

- στην χρηματοδότηση έργων επέκτασης του αρδευτικού και υδρευτικού δικτύου·
- σε επενδύσεις που αφορούν σε έργα και δράσεις αναπτυξιακού και περιβαλλοντικού χαρακτήρα, στην περιοχή αρμοδιότητας του φορέα·
- στην συντήρηση ενός αποθεματικού κεφαλαίου που θα χρησιμοποιείται τα ξηρά έτη, κατά τα οποία τα έσοδα από την πώληση αρδευτικού νερού θα είναι μικρότερα από τα προβλεπόμενα.

## 3.5 Δημόσια διαβούλευση

### 3.5.1 Ιστορικό

Μετά το πέρας της Α΄ φάσης του έργου, όπως εξάλλου προβλεπόταν από τη σχετική σύμβαση, πραγματοποιήθηκε μια σειρά διαβουλεύσεων, μεταξύ των οποίων δύο ήταν δημόσιες, με ευρεία συμμετοχή των τοπικών φορέων και κοινωνικών ομάδων. Σημειώνεται ότι στο δημόσια διάλογο συνέβαλε και η ιστοσελίδα που υλοποιήθηκε στη διεύθυνση <http://www.itia.ntua.gr/smokovo>, που αποκοπεί στη δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου.

Η πρώτη δημόσια διαβούλευση έγινε στη Λάρισα στις 13/12/2006, με πρωτοβουλία της Περιφέρειας Θεσσαλίας, στην οποία κλήθηκαν και τοποθετήθηκαν οι εκπρόσωποι όλων των εμπλεκόμενων με τους υδατικούς πόρους και χρήσεις νερού, τοπικών φορέων και οργανισμών. Στη συνέχεια, οι

εκπρόσωποι των φορέων έστειλαν εγγράφως τις απόψεις και παρατηρήσεις τους, που συνοψίζονται στον Πίνακα 4.4.

Η δεύτερη δημόσια διαβούλευση πραγματοποιήθηκε στις 19/7/2007, από την οποία αποφασίστηκε η διαμόρφωση ομάδων εργασίας από τους εμπλεκόμενους φορείς, με κύριο στόχο την οριστικοποίηση του καταστατικού του φορέα. Στη διαβούλευση χρησιμοποιήθηκε προσχέδιο του καταστατικού, που είχε προετοιμαστεί από την ερευνητική ομάδα του έργου, χωρίς να ανήκει στα συμβατικά παραδοτέα.

### **3.5.2 Προτάσεις τεχνοκρατικής ομάδας εργασίας**

Προκειμένου να αποκρυσταλλωθούν οι απόψεις που εκφράστηκαν στα πλαίσια των δύο δημόσιων διαβουλεύσεων, η Περιφέρεια Θεσσαλίας όρισε μια 12μελή τεχνοκρατική ομάδα εργασίας, η οποία συνεδρίασε στις 30/7/2007 και κατέληξε στις εξής προτάσεις:

- Ο Φορέας Διαχείρισης θα συσταθεί ως μη κερδοσκοπική Ανώνυμη Εταιρεία, με αναπτυξιακό χαρακτήρα.
- Ενιαία περιοχή ευθύνης και αρμοδιότητας του φορέα ορίζεται η λεκάνη απορροής του ταμειυτήρα, η λίμνη και η συνολική έκταση που αρδεύεται η πρόκειται να αρδευτεί μελλοντικά, τόσο με κλειστά όσο και με ανοιχτά δίκτυα. Στην περιοχή που θα αρδεύεται μέσω κλειστών δικτύων, ο φορέας θα έχει την αποκλειστική ευθύνη για όλα τα θέματα (π.χ. έργα αποστράγγισης, οδοποιία), ενώ στις περιοχές άρδευσης μέσω ανοιχτών δικτύων θα υπάρχει παράλληλη ευθύνη του ΤΟΕΒ. Αυτό απαιτεί νομοθετική ρύθμιση, στην οποία θα γίνεται πρόβλεψη για μελλοντική και σταδιακή απορρόφηση του ΤΟΕΒ, όσο θα επεκτείνονται στα κλειστά δίκτυα.
- Ως προς τη σύσταση του Διοικητικού Συμβουλίου (Δ.Σ.), θα εκπροσωπούνται κρατικοί οργανισμοί και τελικοί δικαιούχοι, ως εξής (σε παρένθεση δίνεται ο αριθμός των εκπροσώπων): Περιφέρεια Θεσσαλίας – Διεύθυνση Υδάτων (1), Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας – Διεύθυνση Υδάτων (1), Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας, Καρδίτσας, Φθιώτιδας (3), Δήμος Ταμασίου (1), Σύνδεσμος Ύδρευσης Σμοκόβου (1), ΤΟΕΒ 5<sup>ης</sup> & 6<sup>ης</sup> ζώνης Θεσσαλιώτιδας και Ενιπέα Φαρσάλων (3), ιδιώτες χρήστες αρδευτικών υδάτων (1), ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε. (1).
- Το αρχικό μετοχικό κεφάλαιο καθορίστηκε σε 1 000 000 €, για την προέλευση του οποίου εξετάστηκαν σενάρια συμμετοχής του κράτους (μηδενική, πλήρης, μερική) και καθορίστηκαν τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής κάθε φορέα στην κάλυψη του εν λόγω κεφαλαίου. Εφόσον το μετοχικό κεφάλαιο προέρχεται εξ ολοκλήρου από τους εμπλεκόμενους φορείς, το κόστος των κτηριακών υποδομών (300 000 €) θα επιβαρύνει το Δήμο Ταμασίου, που έχει δεσμευτεί για την παραχώρηση κτηρίου στον Φορέα, ενώ για τα αρχικά λειτουργικά έξοδα (300 000 €) θα διερευνηθεί η δυνατότητα κάλυψής του από κοινοτικά προγράμματα.
- Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., αν και θα συμμετέχει στο Δ.Σ. του Φορέα, βάσει του καταστατικού της, δεν θα συμμετέχει στο μετοχικό κεφάλαιο.
- Η συμμετοχή όλων των μελών του Δ.Σ. θα είναι ad hoc, ώστε οι αποφάσεις του να μην επηρεάζονται από μεμονωμένους μετόχους με υψηλά ποσοστά συμμετοχής. Το μόνο μέλος που θα εκλέγεται απευθείας θα είναι ο εκπρόσωπος των ιδιωτών χρηστών του αρδευτικού δικτύου.
- Η τιμολογιακή πολιτική θα είναι ενιαία και ανάλογη με τις διαφορετικές χρήσεις νερού. Η είσπραξη των τιμολογίων θα γίνεται μέσω του λογαριασμού της ΔΕΗ, με διχρέωση.

Τέλος, συμφωνήθηκε ότι το ζήτημα της τιμολογιακής πολιτικής και του τρόπου είσπραξης απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση, καθώς άπτεται της επιχειρησιακής διαχείρισης του συστήματος.

Πίνακας 4.4: Σύνοψη των απόψεων των φορέων, στα πλαίσια της πρώτης δημόσιας διαβούλευσης (Λάρισα, 13/12/2006).

	Νομική μορφή	Συνεργασία με ΔΕΗ	Οικονομική αυτοτέλεια- Τιμολόγηση	Ενιαία διαχείριση με Πλαστήρα	Συμμετοχή στο φορέα-ΔΣ	Άλλα σχόλια
<b>Νομάρχης Καρδίτσας</b>	Το έργο να προχωρήσει οπωσδήποτε ακόμα και με ΣΔΙΤ	ΝΑΙ	Η τιμολογιακή πολιτική πρέπει να αποφασιστεί με βάση την απόδοση των δικτύων	ΝΑΙ		Έδρα: Λεοντάρι Συντονιστής: Ν. Καρδίτσας
<b>Νεοεκλεγείς Νομάρχης Καρδίτσας</b>	ΟΧΙ ΣΔΙΤ ΟΧΙ θυγατρική της ANKA	ΝΑΙ	Η τιμολόγηση που παρουσιάστηκε είναι σε σωστή διάσταση.	ΝΑΙ, αλλά αργότερα		Έδρα: Λεοντάρι Συντονιστής: Ν. Καρδίτσας Να διερευνηθούν τα νομικά ζητήματα
<b>Αντινομάρχης Λάρισας</b>	Μη κερδοσκοπική εταιρία αναπτυξιακού χαρακτήρα	ΝΑΙ			3 νομαρχίες, ΔΕΗ Να έχει το πολύ 11 μέλη	Συντονιστής: Ν. Καρδίτσας
<b>Αντινομάρχης Φθιώτιδος</b>			Η είσπραξη για τη χρήση νερού να γίνεται από το φορέα. Οι ΤΟΕΒ δεν καλύπτονται νομικά για ένα τέτοιο ρόλο. Είναι νωρίς για την τιμολόγηση, αλλά η πρόταση είναι σε σωστή κατεύθυνση		Συμμετοχή της Νομαρχίας Φθιώτιδας	Συντονιστής: Ν. Καρδίτσας
<b>Δήμαρχος Σοφάδων</b>	Δημοσυνεταιριστική				Ο Σύνδεσμος Ύδρευσης Σμοκόβου	

<b>Δήμαρχος Ταμασίου</b>	Όχι στη μηδενική λύση, όχι στη δημιουργία ΣΔΙΤ, ναι στη δημιουργία Α.Ε. αναπτυξιακού χαρακτήρα		Στις περιοχές κλειστών δικτύων να έχει ολοκληρωτική ευθύνη είσπραξης ο Φορέας. Στα ανοιχτά δίκτυα που διαχειρίζονται οι ΤΟΕΒ θα πρέπει να βρεθεί άλλη φόρμουλα είσπραξης.		Συμμετοχή: Τρεις νομαρχίες, σύνδεσμοι ύδρευσης, ΔΕΗ, ΥΠΕΧΩΔΕ, Περιφέρεια, ΤΟΕΒ, αγρότες. Η ΑΝ.ΚΑ ως τεχνικός σύμβουλος.	Δεσμεύτηκε να προσφέρει στέγη 1000 τ.μ. για το Φορέα.
<b>Δήμαρχος Θεσσαλιώτιδας</b>	Πρέπει να συμμετέχει το ελληνικό δημόσιο Η ΣΔΙΤ είναι μια καλή λύση.		Η τιμολόγηση δεν μπορεί να γίνει από τους ΤΟΕΒ, δεν έχουν εισπρακτικό μηχανισμό.			Ο Φορέας θα πρέπει να καλύπτει την έκταση που αναφέρεται στην μελέτη Μαχαίρα
<b>Δήμος Μενελαίδας</b>			Οι χρήστες να καταθέτουν αρχική εγγύηση όπως και στη ΔΕΗ.			Η ασφάλεια του φράγματος είναι πολύ σημαντική για το Δήμο Μενελαίδας.
<b>ΤΟΕΒ Θεσσαλιώτιδας</b>	Απορρίπτει τη μηδενική λύση		Ο φορέας θα έχει αρμοδιότητα και ευθύνη είσπραξης για όλα τα έργα			Ο ΤΟΕΒ προτείνει να συγχωνευτεί στο Φορέα
<b>ΤΟΕΒ Ενιπέα Φαρσάλων</b>			Η τιμολόγηση πρέπει να γίνεται από τους ΤΟΕΒ.		Συμμετοχή των τριών νομαρχιών, Δήμων, και ΤΟΕΒ	
<b>ΤΟΕΒ Πηνειού</b>				ΝΑΙ		
<b>ΓΕΩΤΕΕ</b>			Για την τιμολόγηση του αρδευτικού νερού, οι χρήστες θα πρέπει ανταποδοτικά να πληρώνουν κόστος παραγωγής ενέργειας / m <sup>3</sup> .	ΝΑΙ		

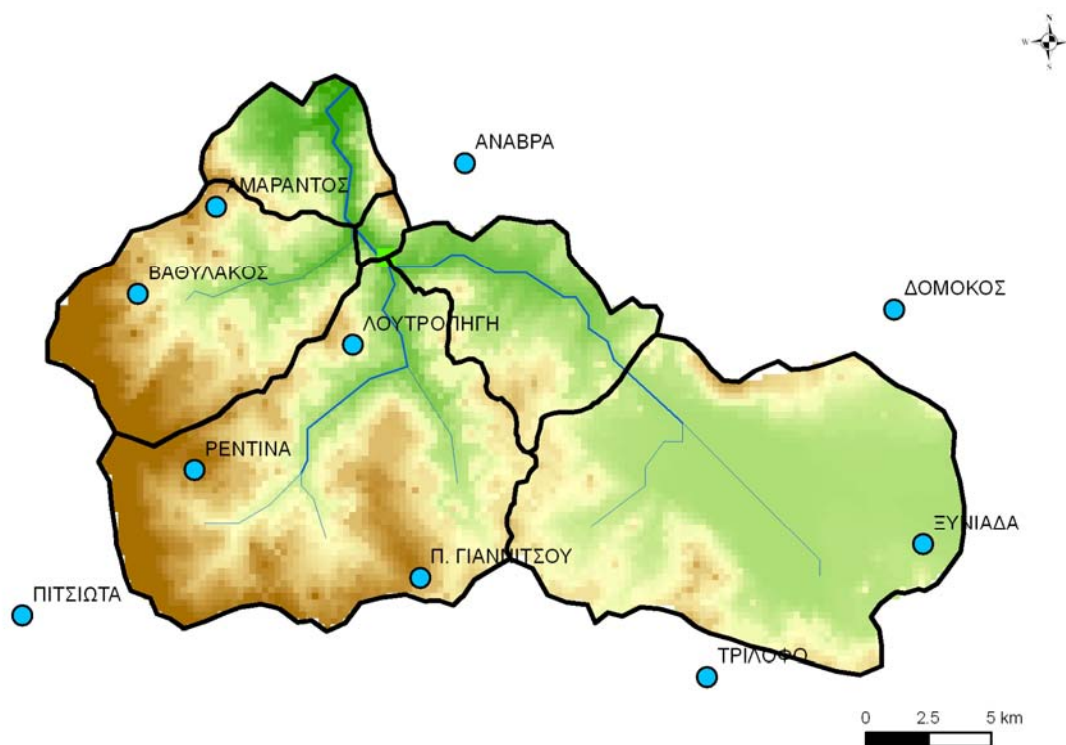
<b>ΤΕΕ</b>	Η ΣΔΙΤ είναι καλή λύση. Καλή και η Α.Ε. συμμετοχικού χαρακτήρα για τους χρήστες νερού	ΣΔΙΤ με ΔΕΗ		ΝΑΙ	Συμμετοχή ΤΕΕ και ΓΕΩΤΕΕ	
<b>Δ/ση Υδάτων Περιφέρειας Θεσσαλίας</b>	Μορφή Α.Ε.	ΝΑΙ	Η συμμετοχή των δήμων στην είσπραξη πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη			Για την παραγωγή ενέργειας θα πρέπει να υπάρχει ξεχωριστή χρέωση.
<b>ΔΕΗ</b>	Η ΔΕΗ είναι σε φάση αδειοδότησης και για άλλες μονάδες. Είναι απαραίτητη η λειτουργία ΥΗΣ στην οικολογική παροχή για τεχνικούς λόγους. Ο Ταυρωπός λειτουργεί με κριτήρια αρδευτικά και καθόλου ενεργειακά.					

## 4 Υδρολογικά δεδομένα και επεξεργασίες

Παρουσιάζονται, συνοπτικά, τα δεδομένα που συλλέχτηκαν και αποθηκεύτηκαν σε βάσεις δεδομένων και οι επεξεργασίες τους, με σκοπό την κατάρτιση μηνιαίων δειγμάτων επιφανειακής βροχόπτωσης, εξάτμισης και απορροής, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από το υδρολογικό μοντέλο ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ και το διαχειριστικό μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ. Οι σχετικές αναλύσεις περιγράφονται στο Τεύχος 3 (Ευστρατιάδης κ.ά., 2007).

### 4.1 Εκτίμηση επιφανειακής βροχόπτωσης

Συλλέχθηκαν οι χρονοσειρές σημειακών βροχοπτώσεων από 11 σταθμούς της ευρύτερης περιοχής, που φαίνονται στο χάρτη του Σχήματος 4.1. Τα δείγματα συμπληρώθηκαν και επεκτάθηκαν, ώστε να καλύπτουν πλήρως την περίοδο 1960-2007. Η συμπλήρωση των κενών έγινε με τη μέθοδο γραμμικής παλινδρόμησης, επιλέγοντας για κάθε μήνα το δείγμα αναφοράς με το οποίο ο προς συμπλήρωση σταθμός εμφανίζει την υψηλότερη γραμμική συσχέτιση. Από το σύνολο των σταθμών, στις περαιτέρω επεξεργασίες χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα στις θέσεις Ανάβρα, Αμάραντος, Βαθύλακος, Δομοκός, Λουτροπηγή, Ξυνιάδα, Ρεντίνα και Τρίλοφο.



Σχήμα 4.1: Όρια υπολεκανών και θέσεις βροχομετρικών σταθμών περιοχής μελέτης.

Τα σημειακά δείγματα των παραπάνω σταθμών ολοκληρώθηκαν στις επιφάνειες των έξι υπολεκανών στις οποίες χωρίστηκε το υδροσύστημα Σμοκόβου. Η χωρική ολοκλήρωση έγινε με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen και με τη βοήθεια Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας. Στη συνέχεια, έγινε υψομετρική διόρθωση των αρχικών επιφανειακών δειγμάτων, με τη μέθοδο του συντελεστή

υψομετρικής αναγωγής. Σε όλη την περιοχή θεωρήθηκε ενιαία βροχοβαθμίδα, ίση με  $\beta = 1.29 \text{ mm/m}$ . Τα μέσα μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής των υπολεκανών δίνονται στον Πίνακα 4.1.

Από τις αναλύσεις προέκυψε ότι η χωρική μεταβλητότητα της βροχόπτωσης στην περιοχή είναι πολύ σημαντική, μεταβαίνοντας από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Χαρακτηριστικά επισημαίνεται ότι το ετήσιο μέσος ύψος βροχής στην υπολεκάνη του Ρεντινιώτικου (που είναι η πλέον ορεινή), είναι σχεδόν διπλάσιος σε σχέση με την υπολεκάνη Ξυνιάδας, κάτι που δεν δικαιολογείται από τη διαφορά των υψομέτρων τους.

Πίνακας 4.1: Μέσες τιμές επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκανών υδροσυστήματος, για την περίοδο 1960-2007 (mm).

Λεκάνη	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1	115.9	99.7	111.0	96.4	100.7	88.4	74.7	52.5	25.8	16.9	16.9	34.2	837.1
2	127.8	139.4	147.3	123.6	122.1	107.2	93.1	64.5	37.2	23.9	24.5	46.6	1064.2
3	106.8	116.3	122.7	113.5	106.2	101.8	75.4	60.5	32.2	23.0	23.2	41.1	930.5
4	102.2	111.5	117.9	109.3	101.6	96.6	72.7	57.7	30.7	21.9	22.5	39.6	891.5
5	124.6	138.6	139.6	129.3	132.3	110.4	107.3	75.4	46.0	28.0	31.2	49.9	1122.2
6	60.6	79.7	74.2	61.6	55.0	60.8	47.1	41.3	22.9	20.3	17.9	26.0	570.7

Αρίθμηση υπολεκανών: (1) ανάντη Κέδρου, (2) Σμοκοβίτικου, (3) κατάντη φράγματος, (4) Ονόχωνου, (5) Ρεντινιώτικου, (6) Ξυνιάδας.

## 4.2 Εκτίμηση εξατμοδιαπνοής

Για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμοδιαπνοής στις υπολεκάνες χρησιμοποιήθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα θερμοκρασίας του σταθμού Δομοκού της ΕΜΥ, που βρίσκεται σε υψόμετρο 615 m και καλύπτει την περίοδο 1969-1996, με κενά. Οι συμπληρώσεις των κενών και η επέκταση του δείγματος για το χρονικό ορίζοντα εφαρμογής του μοντέλου (1960-2007) έγινε με χρήση των μέσων τιμών.

Ο υπολογισμός της δυνητικής εξατμοδιαπνοής έγινε με εφαρμογή της ακόλουθης ημιεμπειρικής σχέσης (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999, σ. 222-224):

$$E = \frac{0.000059 S_0}{1 - 0.0229T} \quad (4.1)$$

όπου οι τιμές των συντελεστών αναφέρονται στην περιοχή του Δομοκού, και εκτιμήθηκαν μέσω παρεμβολής σε ΣΓΠ, προσαρμόζοντας αντίστοιχες παραμέτρους που βαθμονομήθηκαν με βάση δείγματα εξατμοδιαπνοής κατά Penman-Monteith (Τέγος, 2007). Οι μηνιαίες τιμές της εξωγήινης ακτινοβολίας  $S_0$  υπολογίστηκαν για γεωγραφικό πλάτος  $39.1^\circ$ , ενώ χρησιμοποιήθηκε διαφορετικές τιμές μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας  $T$  σε κάθε υπολεκάνη, λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβολή της τελευταίας με το υψόμετρο, βάσει των τυπικών τιμών θερμοβαθμίδας κατά Giandotti.

Πίνακας 4.2: Μέσες τιμές ανηγμένης δυνητικής εξατμοδιαπνοής υπολεκανών (mm).

Λεκάνη	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1	42.8	19.6	10.0	15.1	24.5	44.1	60.3	78.8	94.7	107.6	102.0	72.5	671.8
2	54.6	25.3	13.0	19.9	32.5	58.0	77.5	99.4	117.4	132.3	126.1	91.1	847.1
3	42.3	19.4	9.9	15.0	24.4	43.8	59.7	77.8	93.1	105.6	100.2	71.4	662.7
4	47.8	21.9	11.2	16.9	27.6	49.5	67.5	87.9	105.3	119.6	113.4	80.8	749.5
5	56.5	26.2	13.5	20.6	33.6	59.9	80.3	103.1	121.8	137.3	130.8	94.4	877.9
6	42.6	19.6	10.0	15.1	24.7	44.3	60.2	78.2	93.4	105.9	100.5	71.8	666.3

Για την αναγωγή στις συνθήκες φυτοκάλυψης κάθε υπολεκάνης, θεωρήθηκε ότι οι ανάγκες σε εξατμοδιαπνοή των δασωδών εκτάσεων ταυτίζονται με αυτές της καλλιέργειας αναφοράς, ενώ στη περίπτωση χαμηλής βλάστησης ή αρδευόμενης επιφάνειας (Ξυνιάδα) οι εν λόγω ανάγκες αποτελούν το 70% της θεωρητικής ζήτησης της καλλιέργειας αναφοράς. Λαμβάνοντας υπόψη τα ποσοστά των εκτάσεων που καταλαμβάνει κάθε τύπος φυτοκάλυψης σε κάθε υπολεκάνη, προέκυψε ένας συντελεστής αναγωγής, με τον οποίο πολλαπλασιάστηκαν οι χρονοσειρές που υπολογίστηκαν από τη σχέση (4.1). Οι μέσες μηνιαίες τιμές των τελικών χρονοσειρών, που αναφέρονται στην περίοδο 1960-2007, δίνονται στον Πίνακα 4.2.

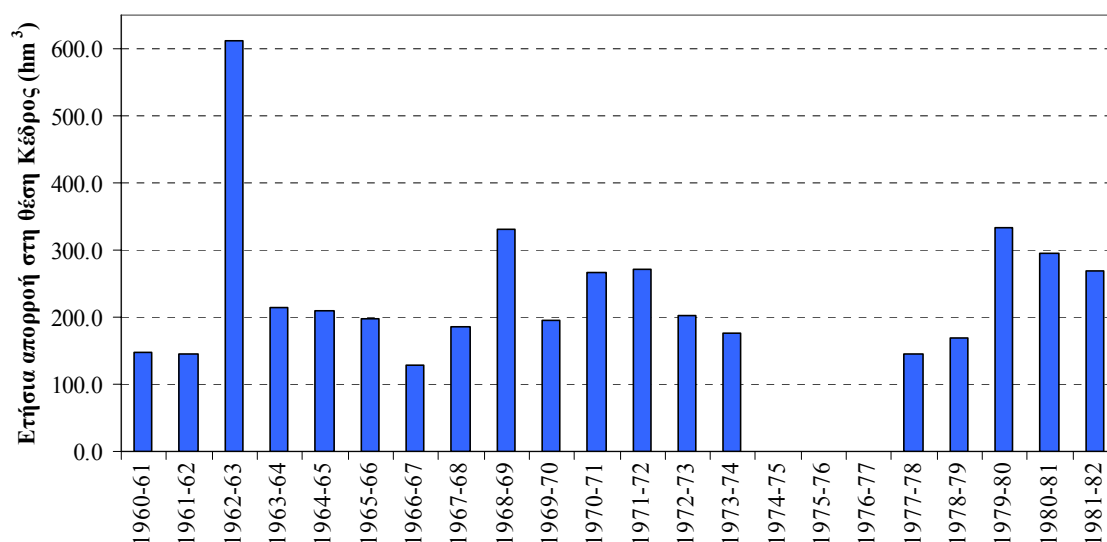
### 4.3 Ανάλυση υδρομετρικών δεδομένων

#### 4.3.1 Υδρομετρικοί σταθμοί και δεδομένα

Ο σημαντικότερος υδρομετρικός σταθμός είναι αυτός του Κέδρου, που λειτούργησε υπό την εποπτεία του τότε Υπουργείου Δημοσίων Έργων από το 1960 μέχρι το 1982, οπότε ξεκίνησε η κατασκευή του φράγματος. Στον σταθμό λαμβάνονταν καθημερινές παρατηρήσεις στάθμης και πραγματοποιούνταν τακτικές υδρομετρήσεις, με εξαίρεση την περίοδο 12/1974 έως 3/1978. Η επεξεργασία των δεδομένων και η παραγωγή του μηνιαίου δείγματος απορροής έγιναν στα πλαίσια μελετών της ELECTROWATT (1970) και των ΥΔΡΟΜΕΤ κ.ά. (1983). Τα κύρια στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος απορροής δίνονται στον Πίνακα 4.3, ενώ η ετήσια χρονοσειρά απεικονίζεται στο Σχήμα 4.2.

Πίνακας 4.3: Βασικά στατιστικά μεγέθη χρονοσειράς απορροής στη θέση Κέδρος του Σοφαδίτη, για την περίοδο 1960-1982 ( $\text{hm}^3$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	9.1	14.6	33.9	36.2	42.1	56.1	22.3	11.0	4.7	2.4	1.8	1.9	236.6
Τυπ. απόκ.	10.1	22.2	32.4	21.4	21.4	31.0	12.6	9.6	5.9	4.3	3.6	1.7	109.9
Ελάχιστη	1.0	1.0	3.0	7.0	11.0	16.0	7.0	2.5	0.5	0.5	0.5	0.5	128.7
Μέγιστη	34.5	96.1	148.2	89.6	109.7	133.2	48.1	37.1	21.5	19.5	16.0	7.0	610.9

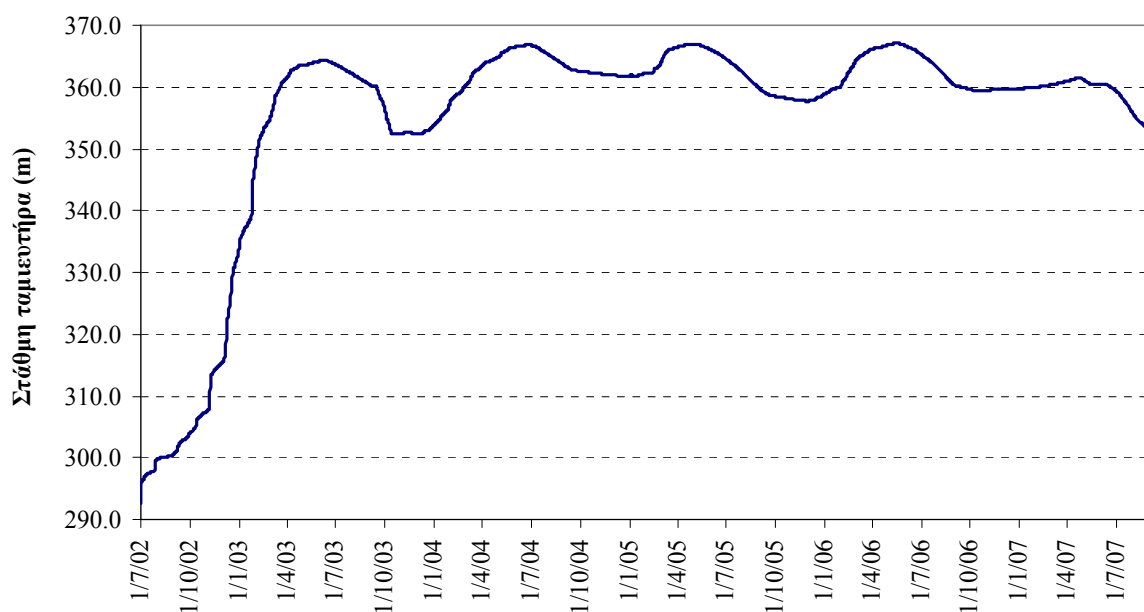


Σχήμα 4.2: Χρονοσειρά ετήσιας απορροής στον υδρομετρικό σταθμό Κέδρου.

Εκτός από τον Κέδρο, στις αναλύσεις ελήφθησαν υπόψη τα δεδομένα τακτικών (μία ανά μήνα) υδρομετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν τη δεκαετία του 1970, στην τωρινή θέση του φράγματος (Λουτροπηγή) και λίγο πριν την έξοδο της Ξυνιάδας, κοντά στον σιδηροδρομικό σταθμό Αγγειών. Η συχνότητα των μετρήσεων επιτρέπει την εξαγωγή χονδρικών πλην όμως χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με την υδρολογική δίαιτα των λεκανών. Τα πλήρη δείγματα δημοσιεύονται στο Παράρτημα Α της έκθεσης δεδομένων (Κουκουβίνος κ.ά., 2006).

#### 4.3.2 Εκτίμηση απορροής υπολεκάνης Σμοκόβου με βάση το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα

Για το διάστημα λειτουργίας των έργων Σμοκόβου, ξεκινώντας από τον Ιούλιο του 2002, εκτιμήθηκε η μηνιαία απορροή της υπολεκάνης ανάντη του φράγματος, με βάση του ισοζύγιο εισροών-εκροών του ταμιευτήρα. Για το σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν από την ΕΥΔΕ Σμοκόβου, για το διάστημα από 30/6/2002 έως τις 11/9/2007, οι καταγραφές στάθμης του ταμιευτήρα (Σχήμα 4.3) και εκροών, μέσω της βαλβίδας οικολογικής παροχής και της σήραγγας Λεονταρίου. Με γνωστά την ημερήσια τιμή της στάθμης (πραγματική ή εκτιμώμενη από γραμμική παρεμβολή), τις καμπύλες στάθμης-αποθέματος (Σχήμα 4.4), τα ύψη βροχόπτωσης στην επιφάνεια του ταμιευτήρα (από το σταθμό Λουτροπηγής), τις απώλειες λόγω εξάτμισης (Πίνακας 4.4) και τα, κατά κανόνα, προσεγγιστικά δεδομένα απολήψεων, κατασκευάστηκε το μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα.

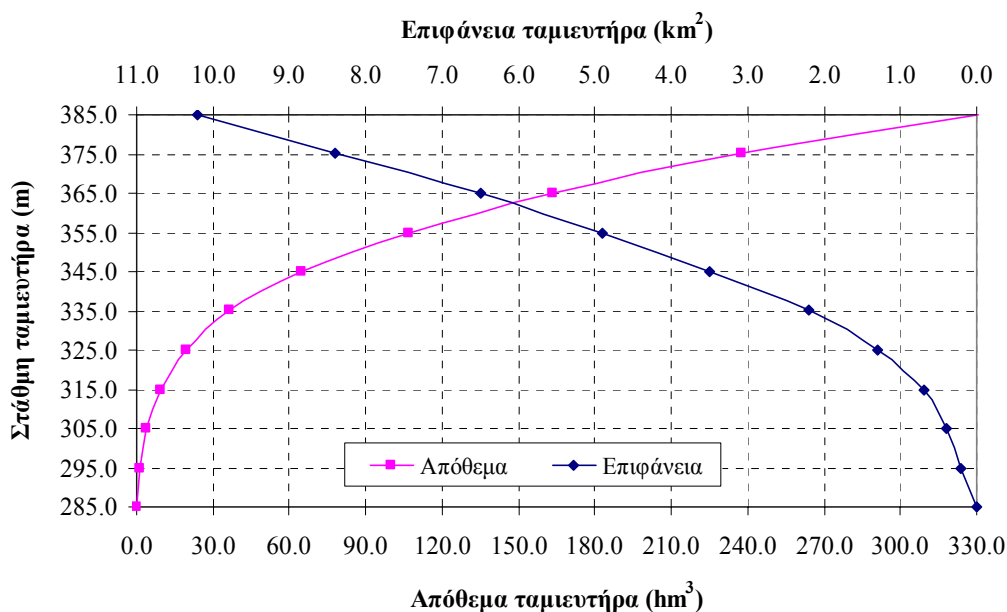


Σχήμα 4.3: Διακύμανση στάθμης ταμιευτήρα Σμοκόβου το διάστημα 30/6/2002-13/12/2005.

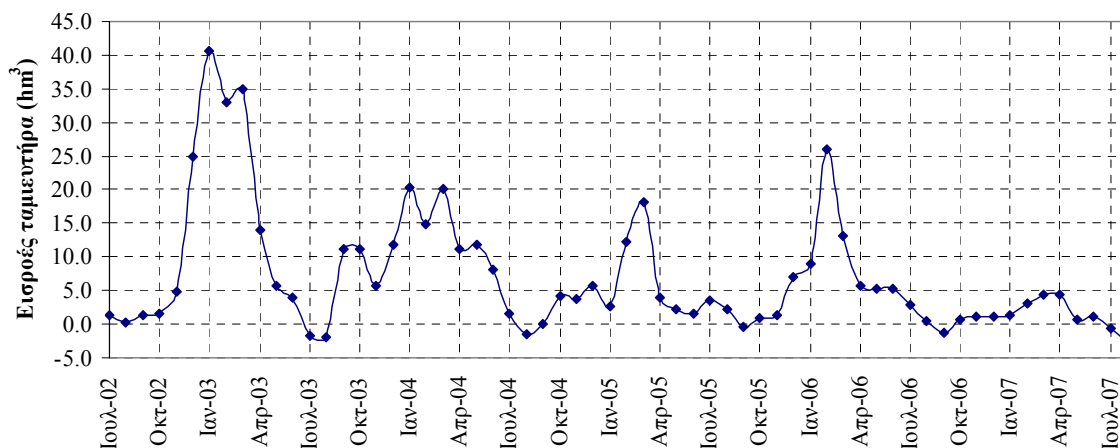
Η μηνιαία διακύμανση των εισροών λόγω απορροής απεικονίζεται στο Σχήμα 4.5. Οι αρνητικές τιμές που εμφανίζονται τους θερινούς μήνες αποδίδονται είτε σε λανθασμένη (μικρότερη της πραγματικής) καταγραφή των εκροών είτε σε, μη εντοπισμένες έως τώρα, απώλειες λόγω διαφυγών από τη λεκάνη κατάκλυσης ή/και τη σήραγγα Λεονταρίου. Μηδενίζοντας τις αρνητικές τιμές, προέκυψε το σχετικό δείγμα μηνιαίας απορροής, τα στατιστικά χαρακτηριστικά του οποίου δίνονται στον Πίνακα 4.5.

Σύμφωνα με την αποδελτίωση που έγινε στα πλαίσια της Α' φάση του έργου (Κουκουβίνος κ.ά., 2006), οι εκτιμήσεις διαφόρων μελετών σχετικά με τη μέση ετήσια εισροή στη θέση του φράγματος κυμαίνονται από 130 έως 175 hm<sup>3</sup>. από την άλλη πλευρά, με βάση το ισοζύγιο λειτουργίας του ταμιευτήρα, προκύπτει ότι η μέση τιμή της τελευταία πενταετίας ανέρχεται σε 81.4 hm<sup>3</sup>, που είναι σημαντικά χαμηλότερη όλων των παραπάνω προβλέψεων. Επισημαίνεται ότι οι εκτιμήσεις όλων των

μελετών προέρχονται από αναγωγή της χρονοσειρά απορροής του Κέδρου στη θέση του φράγματος. Ωστόσο, τόσο η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν όσο και η μεθοδολογία αναγωγής που υιοθετήθηκε φαίνεται ότι υπόκεινται σε σοβαρά σφάλματα, όπως κατέδειξε η σχετική υδρολογική διερεύνηση. Ειδικότερα, φαίνεται ότι στο δείγμα απορροής του Κέδρου γίνεται υπερεκτίμηση των υψηλών παροχών, καθώς σε αρκετούς χειμερινούς και εαρινούς μήνες ο συντελεστής απορροής που υπολογίζεται είναι ιδιαίτερα υψηλός (της τάξης του 70-80%), και σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα ξεπερνά κατά πολύ τη μονάδα. Τόσο υψηλές τιμές δεν μπορούν να ερμηνευτούν από τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, μεγάλο τμήμα της οποίας καταλαμβάνεται από τη πεδιάδα της Ξυνιάδας, η οποία έχει πολύ μικρές κλίσεις και, γενικά κακό στραγγιστικό δίκτυο. Επιπλέον, η έξοδος της Ξυνιάδας φράσσεται τους θερινούς μήνες με πρόχειρα αναχώματα για την πραγματοποίηση αρδευτικών απολήψεων, με συνέπεια τη διακοπή της ροής προς κατάντη. Αλλά ακόμη και τα τμήματα της λεκάνης που ευνοούν την πραγματοποίηση σημαντικής απορροής, ήτοι αυτά που εδράζονται σε γεωλογικούς σχηματισμούς χαμηλής περατότητας (φλύσχης), καλύπτονται από πυκνή βλάστηση (δάση), με συνέπεια την αύξηση των υδρολογικών απωλειών λόγω της εξατμοδιαπνοής.



Σχήμα 4.4: Καμπύλες στάθμης-αποθέματος και στάθμης-επιφάνειας ταμιευτήρα Σμοκόβου.



Σχήμα 4.5: Χρονοσειρά μηνιαίας απορροής υπολεκάνης ανάντη ταμιευτήρα Σμοκόβου.

Πίνακας 4.4: Μηνιαίες τιμές ύψους εξάτμισης από την επιφάνεια του ταμιευτήρα Σμοκόβου.

Μήνας	Ύψος εξάτμισης (mm)	Μήνας	Ύψος εξάτμισης (mm)
Οκτώβριος	72.3	Απρίλιος	102.2
Νοέμβριος	33.2	Μάιος	133.0
Δεκέμβριος	17.0	Ιούνιος	159.2
Ιανουάριος	25.7	Ιούλιος	180.6
Φεβρουάριος	41.8	Αύγουστος	171.4
Μάρτιος	75.0	Σεπτέμβριος	122.2

Πίνακας 4.5: Βασικά στατιστικά μεγέθη χρονοσειράς απορροής στη θέση του φράγματος για την περίοδο λειτουργίας του (Ιούλιος 2002-Σεπτέμβριος 2007), με μηδενισμό των αρνητικών τιμών που προκύπτουν από το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα ( $\text{hm}^3$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	3.7	3.4	10.1	14.8	17.8	18.2	7.9	5.1	4.0	1.5	0.5	2.5	89.3
Τυπ. απόκ.	4.4	2.0	9.1	16.3	11.8	11.2	4.5	4.3	2.9	1.4	0.8	4.9	59.7
Ελάχιστη	0.6	1.2	1.1	1.2	3.0	4.5	4.0	0.7	1.1	0.0	0.0	0.0	17.9
Μέγιστη	11.1	5.6	24.9	40.7	33.1	34.9	14.1	11.9	8.1	3.4	2.1	11.3	175.1

## 5 Εκτίμηση εισροών ταμιευτήρα με το μοντέλο ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ

---

### 5.1 Σκοπός και μεθοδολογία

#### 5.1.1 Γενικά

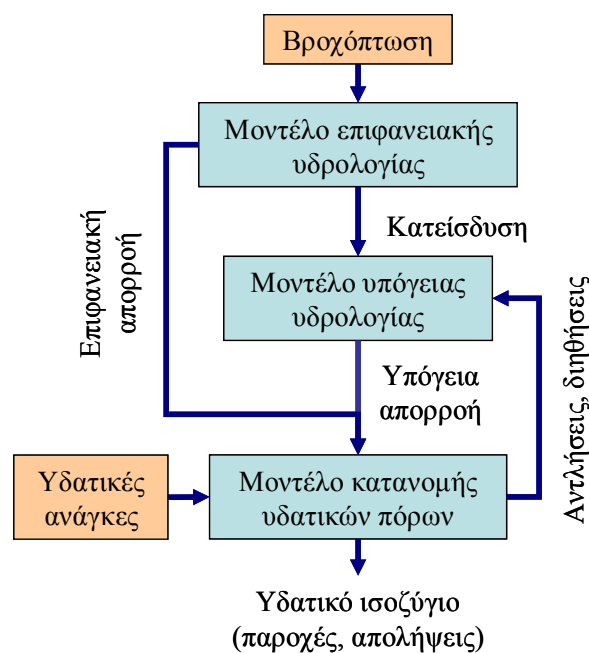
Για την εκτίμηση της απορροής της λεκάνης τροφοδοσίας του ταμιευτήρα Σμοκόβου προσαρμόστηκε το υδρολογικό μοντέλο ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ στη λεκάνη ανάντη του υδρομετρικού σταθμού Κέδρου, για τον υπολογισμό του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της, σε διάφορες θέσεις ελέγχου. Η εκτίμηση των εισροών στον ταμιευτήρα βασίστηκε στον επιμερισμό των απορροών που προέρχονται από τις κύριες υπολεκάνες τροφοδοσίας του, λαμβάνοντας υπόψη το καθεστώς απολήψεων στο οροπέδιο της Ξυνιάδας. Οι παράμετροι του μοντέλου ορίστηκαν με τρόπο ώστε να αντιπροσωπεύουν φυσικά χαρακτηριστικά του συστήματος, αξιοποιώντας την κατανεμημένη γεωγραφική πληροφορία της περιοχής. Η βαθμονόμησή τους έγινε με βάση το δείγμα απορροής στον Κέδρο, το πρόσφατο δείγμα απορροής στη θέση του φράγματος, καθώς και μεμονωμένες υδρομετρήσεις στη Λουτροπηγή και την έξοδο της λεκάνης της Ξυνιάδας.

#### 5.1.2 Το μοντέλο ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ

Το υπολογιστικό σύστημα ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ είναι ένα ολοκληρωμένο σχήμα προσομοίωσης, το οποίο αναπτύχθηκε πρόσφατα στο ΕΜΠ (Ευστρατιάδης κ.ά., 2006· Efstratiadis *et al.*, 2007), και υλοποιεί ένα συνδυαστικό (επιφανειακό και υπόγειο) υδρολογικό μοντέλο και ένα σχήμα διαχείρισης συστημικού προσανατολισμού, λαμβάνοντας υπόψη τα φυσικά χαρακτηριστικά του συστήματος και τους περιορισμούς των υδραυλικών έργων. Βασίζεται σε μια ημικατανεμημένη χωρική ανάλυση, εκτιμώντας το μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο σε διάφορα σημεία ελέγχου (κόμβοι υδρογραφικού δικτύου και λεκάνης, κύτταρα υδροφορέα). Η προσομοίωση των διεργασιών γίνεται με συνδυαστική λειτουργία τριών υπομοντέλων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1. Σε κάθε χρονικό βήμα θεωρούνται γνωστές οι φορτίσεις των υπολεκάνων (βροχόπτωση, δυνητική εξατμοδιαπνοή) και οι υδατικές ανάγκες στους κόμβους του υδροσυστήματος. Τα υπομοντέλα εκτελούνται σε μια επαναληπτική διαδικασία, καθώς ορισμένες από τις εισόδους του καθενός είναι έξοδοι του άλλου. Συγκεκριμένα:

Το *υπομοντέλο επιφανειακής υδρολογίας* υλοποιεί ένα εννοιολογικό σχήμα υδατικού ισοζυγίου, η δομή του οποίου απεικονίζεται στο Σχήμα 5.2. Η κατακράτηση της βροχόπτωσης στην επιφάνεια του εδάφους και ο επιμερισμός της σε άμεση εξατμοδιαπνοή, άμεση απορροή και διήθηση εξομοιώνεται με τη λειτουργία μιας δεξαμενής χωρητικότητας  $R$ , που αναπαριστά την παγίδευση του νερού στις μικροκοιλότητες του εδάφους και τα φυλλώματα, προτού αυτό εξατμιστεί. Ποσοστό  $c$  της περίσσειας νερού απορρέει άμεσα, ενώ το υπόλοιπο διηθείται στην ακόρεστη ζώνη. Η τελευταία αναπαρίσταται μέσω μιας δεξαμενής συγκέντρωσης εδαφικής υγρασίας, χωρητικότητας  $S_{max}$ . Η δεξαμενή χωρίζεται σε μια ανώτερη και μια κατώτερη ζώνη, το όριο των οποίων εκφράζεται ως ποσοστό  $\kappa$  της χωρητικότητας. Η εν λόγω διάταξη παρέχει τη δυνατότητα πλευρικής και κατακόρυφης εκροής νερού, καθώς και εκροής λόγω υπερχειλίσης. Η πλευρική εκροή, που αναπαριστά την υποδερμική απορροή, πραγματοποιείται μέσω οριζόντιας οπής που βρίσκεται στο όριο των δύο ζωνών, ενώ η κατακόρυφη εκροή, που αναπαριστά την κατείσδυση προς τον υδροφορέα, μέσω της οπής που βρίσκεται στον πυθμένα. Ο ρυθμός πραγματοποίησης της πλευρικής και κατακόρυφης εκροής ελέγχεται μέσω των

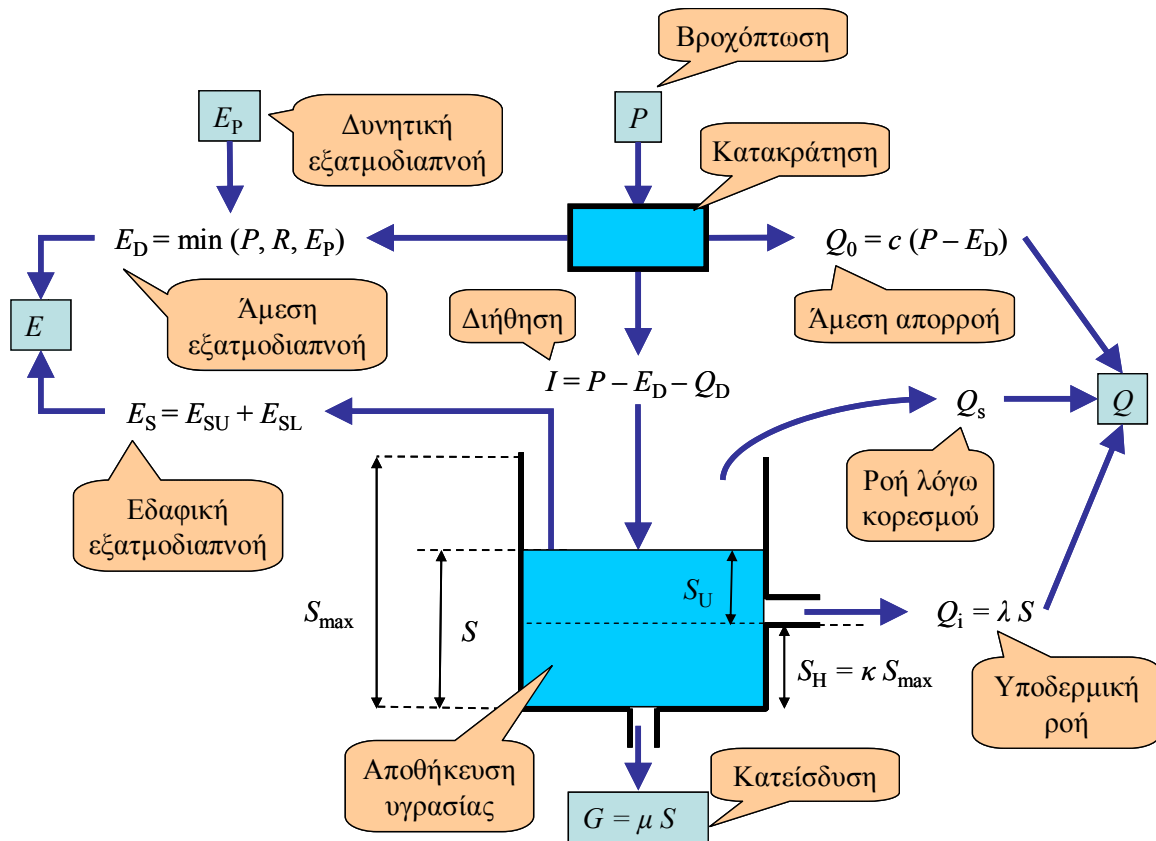
συντελεστών στείρευσης  $\lambda$  και  $\mu$ , αντίστοιχα. Οι λοιπές απώλειες υγρασίας οφείλονται στην εδαφική εξατμοδιαπνοή, που πραγματοποιείται με μεγαλύτερο ρυθμό στην ανώτερη σε σχέση με την κατώτερη ζώνη (η πρώτη θεωρείται ότι υποδηλώνει το βάθος του ριζοστρώματος). Τέλος, η υπερχειλίση της δεξαμενής αναπαριστά την ταχεία απορροή λόγω κορεσμού του εδάφους. Το παραπάνω σχήμα έχει έξι παραμέτρους ( $R, c, S_{max}, \kappa, \lambda, \mu$ ) που διαφοροποιούνται σε κάθε μονάδα υδρολογικής απόκρισης (ΜΥΑ). Οι ΜΥΑ αναφέρονται σε χωρικές ενότητες της λεκάνης απορροής, με κοινά υδρολογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά (π.χ. περατότητα, φυτοκάλυψη, κλίση, κτλ.), ενώ οι φορτίσεις του μοντέλου (βροχόπτωση, δυνητική εξατμοδιαπνοή) διαφοροποιούνται σε κάθε υπολεκάνη. Συνεπώς, η προσομοίωση των επιφανειακών υδρολογικών διεργασιών γίνεται σε ένα παράγωγο χωρικό επίπεδο, που είναι η ένωση υπολεκανών και μονάδων υδρολογικής απόκρισης. Η απορροή που υπολογίζεται σε κάθε χρονικό βήμα ολοκληρώνεται στην έκταση κάθε υπολεκάνης και μεταφέρεται, ως σημειακή εισροή στον αντίστοιχο κατάντη κόμβο του υδρογραφικού δικτύου, ενώ, αντίθετα, η κατείσδυση επιμερίζεται στην επιφάνεια των υποκείμενων κυττάρων στα οποία διαμερίζεται ο υδροφορέας.



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα ροής αλγορίθμου προσομοίωσης του μοντέλου ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ.

Το υπομοντέλο υπόγειας υδρολογίας βασίζεται σε μια διαμέριση του υδροφορέα σε κύτταρα τυχαίας γεωμετρίας, σε κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί μια εννοιολογική δεξαμενή υπόγειου νερού (Rozos and Koutsoyiannis, 2005, 2006). Είσοδος του μοντέλου είναι η προσφορά νερού από την ακόρεστη ζώνη (κατείσδυση) και το υδρογραφικό δίκτυο (διήθηση), και η απόληψη νερού από τις γεωτρήσεις (άντληση). Για δεδομένες αρχικές στάθμες, υπολογίζονται η μεταβολή αποθέματος στις δεξαμενές, οι εκροές των πηγών (βασική ροή) και τις διαφυγές εκτός λεκάνης.

Το υπομοντέλο κατανομής των υδατικών πόρων, που εκτιμά το υδατικό ισοζύγιο στα διάφορα σημεία ελέγχου του συστήματος, βασίζεται σε μια δικτυακή περιγραφή των συνιστωσών της λεκάνης, όπου οι θέσεις προσφοράς και ζήτησης (κόμβοι υδρογραφικού δικτύου, γεωτρήσεις, αρδευόμενες περιοχές) αναπαρίστανται ως κόμβοι, ενώ τα στοιχεία μεταφοράς (υδατορεύματα, υδραγωγεία) αναπαρίστανται ως κλάδοι. Με γνωστές τις εισροές στους κόμβους του υδρογραφικού δικτύου, οι οποίες προέρχονται από την επιφανειακή και υπόγεια απορροή, και την προσφορά νερού στις γεωτρήσεις, εκτιμάται η βέλτιστη κατανομή των υδατικών πόρων, λαμβάνοντας υπόψη τις προτεραιότητες των χρήσεων νερού και τα κόστη των υδραγωγείων και γεωτρήσεων, μέσω ενός σχήματος γραμμικού προγραμματισμού.



Σχήμα 5.2: Σχηματική παράσταση των διεργασιών του μοντέλου εδαφικής υγρασίας.

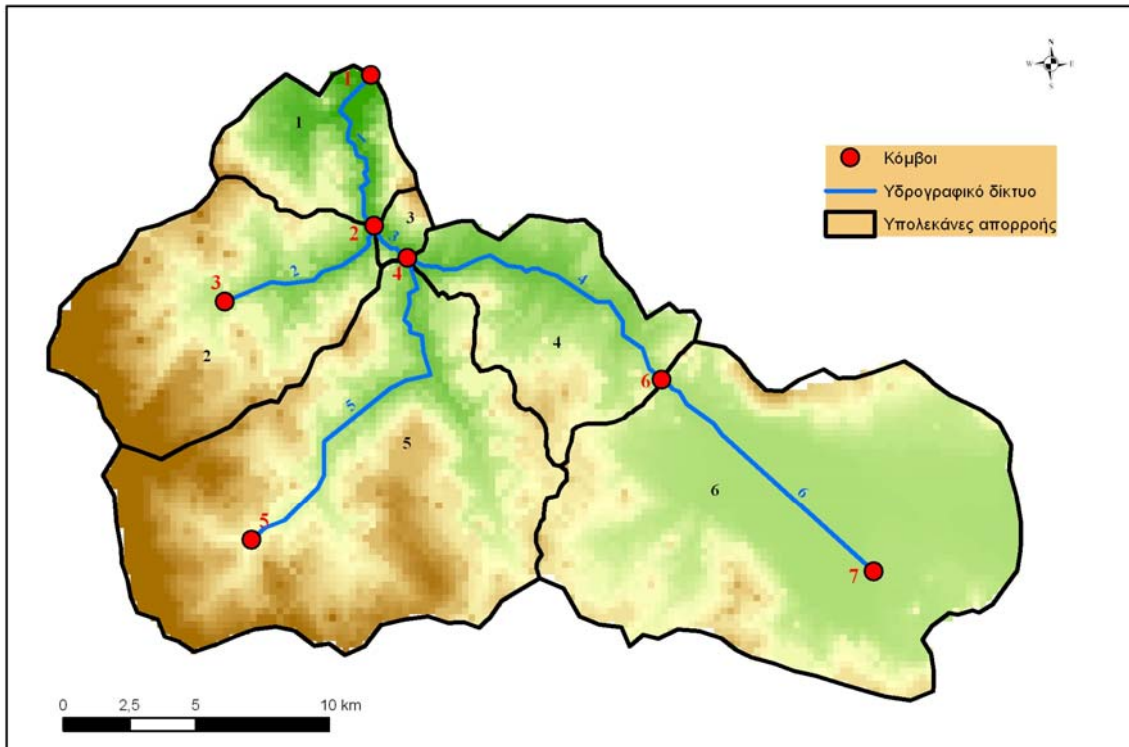
## 5.2 Σχηματοποίηση φυσικού συστήματος

### 5.2.1 Υδρογραφικό δίκτυο – Υπολεκάνες απορροής

Το υδρογραφικό δίκτυο (Σχήμα 5.3) ορίστηκε έτσι ώστε να αποδοθούν οι κύριοι κλάδοι που συνδέουν τους κόμβους, δηλαδή τα σημεία όπου υπάρχει υδρολογικό ενδιαφέρον (υδρομετρικός σταθμός Κέδρου, φράγμα, έξοδος Ξυνιάδας, κτλ.). Οι υπολεκάνες απορροής χαράχτηκαν ανάντη των κόμβων και τα χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά υπολεκανών απορροής.

Κωδικός	Περιγραφή	Κατάντη κόμβος	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Μέσο υψόμετρο (m)	Μήκος κύριου υδατορεύματος (km)
1	Ανάντη Κέδρου	1	29.9	455	7.1
2	Σμοκοβίτικου	2	80.3	756	6.8
3	Κατάντη φράγματος	2	4.3	509	2.0
4	Ονόχωνου	4	51.3	500	12.1
5	Ρεντινιώτικου	4	155.3	737	15.0
6	Ξυνιάδα	6	170.7	544	10.9



Σχήμα 5.3: Υδρογραφικό δίκτυο και υπολεκάνες απορροής.

### 5.2.2 Μονάδες υδρολογικής απόκρισης

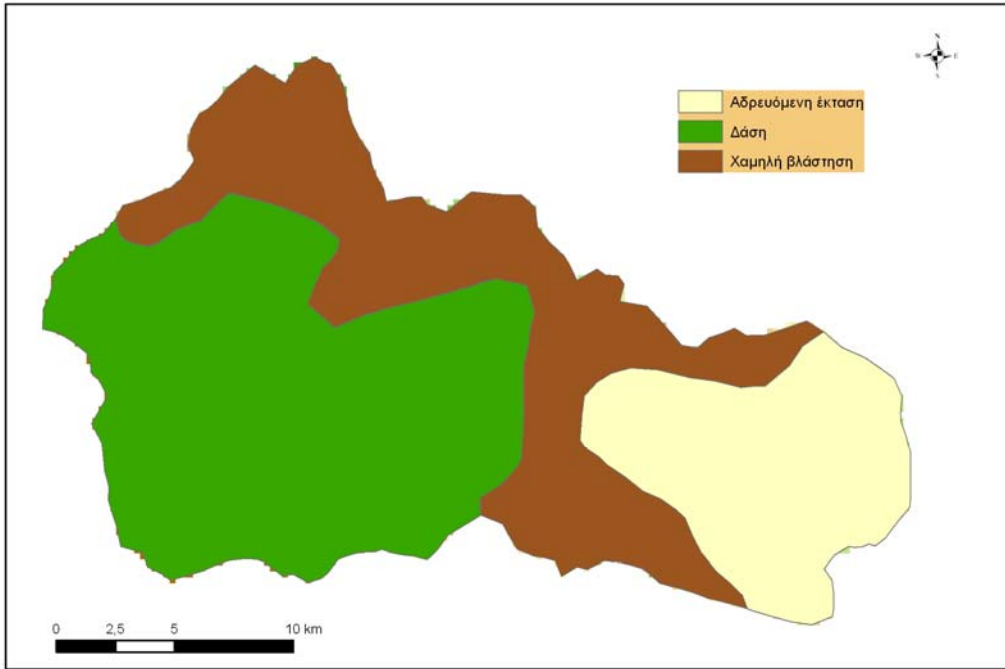
Οι μονάδες υδρολογικής απόκρισης (ΜΥΑ) συνιστούν την παραμετροποίηση του επιφανειακού συστήματος, με στόχο να περιγραφούν ρεαλιστικά οι τύποι εδάφους που χαρακτηρίζουν τις μείζονες υδρολογικές διεργασίες. Ωστόσο, η ακρίβεια στην περιγραφή των διεργασιών έρχεται σε αντίφαση με την ανάγκη διαμόρφωσης σχημάτων φειδωλών σε παραμέτρους, ειδικά όταν δεν υπάρχουν επαρκείς μετρήσεις για την εκτίμησή τους μέσω βαθμονόμησης. Στην προκειμένη περίπτωση, η έλλειψη αξιόπιστης υδρομετρικής πληροφορίας επέβαλε την ελαχιστοποίηση του αριθμού των ΜΥΑ, και συγκεκριμένα τη διαμόρφωσή τους με βάση τρεις τύπους κάλυψης γης (αρδευόμενη, χαμηλή βλάστηση, δασώδης). Με τον τρόπο αυτό, προέκυψαν τρεις ΜΥΑ, που απεικονίζονται στον χάρτη του Σχήματος 5.4, ενώ οι εκτάσεις που καταλαμβάνονται ανά υπολεκάνη δίνονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2: Τύπος φυτοκάλυψης ανά υπολεκάνη απορροής (εκτάσεις σε km<sup>2</sup>).

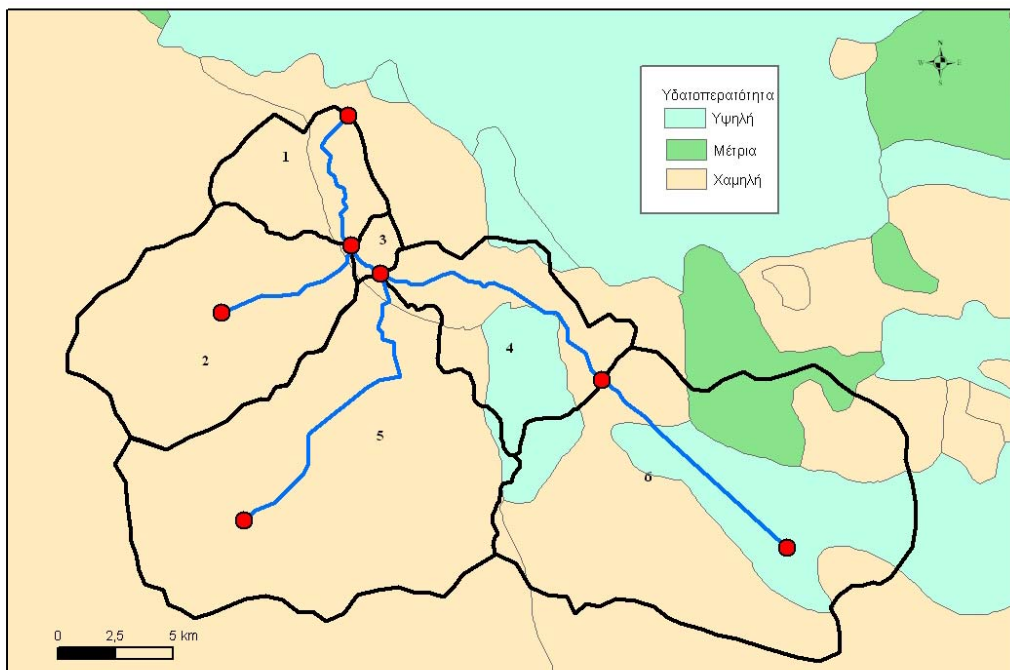
Υπολεκάνη	Δασώδης	Χαμηλή βλάστηση	Αρδευόμενη
Ανάτη Κέδρου	-	29.9	-
Σμοκοβίτικου	66.7	13.4	-
Κατάτη φράγματος	-	4.3	-
Ονόχωνου	14.7	36.6	-
Ρεντινιώτικου	142.9	12.0	-
Ξυριάδα	4.9	63.1	102.5

Εκτός της κάλυψης γης, μια σημαντική ιδιότητα του εδάφους, η οποία σαφώς επηρεάζει τις διεργασίες του υδρολογικού κύκλου, είναι η περατότητα των πετρωμάτων, όπως προκύπτει με βάση την τυπική υδρολιθολογική κατάταξη του ΙΓΜΕ (Σχήμα 5.5). Στην περιοχή μελέτης, παρατηρείται ότι οι εκτάσεις που καλύπτονται από δασώδη βλάστηση, ήτοι αυτές που αντιστοιχούν στη ΜΥΑ 1, ταυτίζονται, πρακτικά, με τις εκτάσεις όπου αναπτύσσεται ο φλύσχης (κατηγορία Α1), ενώ στις περιοχές χαμηλής

βλάστησης, που αντιστοιχούν στη ΜΥΑ 2, κυριαρχούν σχηματισμοί χαμηλής, επίσης, περατότητας (κατηγορία Α3). Τέλος, στο οροπέδιο της Ξυνιάδας, ήτοι στις αρδευόμενες εκτάσεις της περιοχής (ΜΥΑ 3), αναπτύσσονται διάφορες κατηγορίες πετρωμάτων, μεταξύ των οποίων και ασβεστόλιθοι. Με βάση τους παραπάνω τύπους υδατοπερατότητας, έγινε η παραδοχή ότι ο συντελεστής στέρησης για παραγωγή κατείδυσης των ΜΥΑ 1 και 2 είναι μηδενικός, ενώ ο αντίστοιχος συντελεστής της ΜΥΑ 3 είναι μη μηδενικός. Με τον τρόπο αυτό, περιορίστηκε ο αριθμός των προς βελτιστοποίηση μεταβλητών ελέγχου, καθώς σε δύο από τις τρεις ΜΥΑ εκτιμήθηκαν 5 αντί 6 παράμετροι.



Σχήμα 5.4: Διαμόρφωση μονάδων υδρολογικής απόκρισης, με βάση τρεις κατηγορίες κάλυψης γης.



Σχήμα 5.5: Κατηγορίες γεωλογικών σχηματισμών, με βάση την υδατοπερατότητα.

### 5.2.3 Μοντελοποίηση αρδευτικών απολήψεων Ξυνιάδας

Η μοναδική χρήση νερού στην περιοχή μελέτης είναι η άρδευση του οροπεδίου της Ξυνιάδας, η οποία πραγματοποιείται από επιφανειακά και υπόγεια νερά. Οι επιφανειακές απολήψεις πραγματοποιούνται κατά μήκος του αποστραγγιστικού δικτύου, έχοντας προηγουμένως φράξει με πρόχειρα αναχώματα την έξοδο της κεντρικής αποστραγγιστικής τάφρου.

Για την αναπαράσταση των παραπάνω διεργασιών, κάτω από την έκταση της υπολεκάνης της Ξυνιάδας (που ταυτίζεται με τη ΜΥΑ 3), θεωρήθηκε μια δεξαμενή υπόγειου νερού, η οποία εκρέει σε μια εικονική δεξαμενή πολύ μεγάλης επιφάνειας. Η εν λόγω δεξαμενή αναπαριστά διάφορες πηγές που αναπτύσσονται στην Ξυνιάδα, κυρίως στην περιοχή του Αγίου Στεφάνου, και, σύμφωνα με μαρτυρίες των κατοίκων, φαίνεται ότι διέθεταν αξιόλογο δυναμικό, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980. Στην υπολεκάνη, θεωρήθηκε ένας εικονικός κόμβος, ο οποίος συγκεντρώνει τις αρδευτικές απολήψεις. Ο κόμβος συνδέεται με μια εικονική γεώτρηση, που αντλεί νερό από τη δεξαμενή, και με ένα εικονικό υδραγωγείο, μέσω του οποίου εκτρέπονται τα νερά που καταλήγουν στην έξοδο της υπολεκάνης, και τα οποία προέρχονται από την επιφανειακή και την πηγαία απορροή.

Οι σημερινές αρδευτικές ανάγκες της περιοχής εκτιμώντας, σε ετήσια βάση σε περίπου 23.5 hm<sup>3</sup>. Η μηνιαία κατανομή τους φαίνεται στον Πίνακα 5.3. Στις προσομοιώσεις θεωρήθηκε ότι η εν λόγω ζήτηση αντιστοιχεί στο έτος 2006, και μειώνεται με σταθερό ρυθμό 1% τα προηγούμενα έτη. Με την υπόθεση αυτή, η ζήτηση του έτους 1960 (αρχή προσομοίωσης) φτάνει τα 14.9 hm<sup>3</sup>.

Οι αρδευτικές ανάγκες της Ξυνιάδας καλύπτονται από επιφανειακά και υπόγεια νερά (αντλήσεις), ωστόσο η κατανομή τους είναι άγνωστη. Στις προσομοιώσεις υποθέσαμε ότι μέχρι το έτος 1980, ο εννοιολογικός αγωγός που αναπαριστά τις εκτροπές νερού από την έξοδο του οροπεδίου δύναται να μεταφέρει έως 0.5 m<sup>3</sup>/s κατά την αρδευτική περίοδο, που σημαίνει ότι δεν κατακρατείται το σύνολο των επιφανειακών πόρων της υπολεκάνης, όπως εξάλλου επιβεβαιώνεται από τις θερινές μετρήσεις παροχής κατά τη δεκαετία του 1970 στη θέση Αγγειές. Μετά το 1980, θεωρήθηκε ότι την περίοδο αιχμής το σύνολο της θερινής παροχής της Ξυνιάδας εκτρέπεται για αρδευτική χρήση, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να τροφοδοτήσει το υδρογραφικό δίκτυο κατάντη, άρα και τον ταμιευτήρα Σμοκόβου.

Πίνακας 5.3: Υφιστάμενες αρδευτικές ανάγκες οροπεδίου Ξυνιάδας, σε μηνιαία και ετήσια βάση.

Μήνας	Αρδευτική ζήτηση (hm <sup>3</sup> )	Ποσοστό
Απρίλιος	1.551	0.066
Μάιος	2.954	0.126
Ιούνιος	4.764	0.203
Ιούλιος	5.672	0.242
Αύγουστος	5.098	0.217
Σεπτέμβριος	3.434	0.146
Σύνολο	23.472	1.000

## 5.3 Βαθμονόμηση μοντέλου

### 5.3.1 Περίοδος ελέγχου και χρονοσειρές εισόδου

Η προσαρμογή του μοντέλου έγινε για την περίοδο Οκτωβρίου 1960-Απριλίου 2007, κατά την οποία διατίθενται πλήρη δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής στις έξι υπολεκάνες. Η περίοδος ελέγχου χωρίστηκε σε δύο υποπερίόδους. Η πρώτη περιλαμβάνει τα έτη 1960-1982, κατά τα οποία πραγματοποιήθηκε η προσαρμογή (βαθμονόμηση) του μοντέλου, ενώ η

λοιπή περίοδος (στην πραγματικότητα, η περίοδος Ιουλίου 2002-Απριλίου 2007) χρησιμοποιήθηκε για την επαλήθευσή του. Οι χρονοσειρές ελέγχου αναφέρονται στις ακόλουθες θέσεις:

- Στον υδρομετρικό σταθμό Κέδρου (έξοδος υδροσυστήματος), όπου η προσαρμογή του μοντέλου έγινε με βάση το δείγμα μέσων μηνιαίων παροχών που δημοσιεύεται στη μελέτη των ΥΔΡΟΜΕΤ κ.ά. (1983). Από το δείγμα αφαιρέθηκαν οι μήνες με τιμές παροχής  $10.0 \text{ m}^3/\text{s}$  και, ταυτόχρονα, συντελεστή απορροής μεγαλύτερο του 0.80, η αξιοπιστία των οποίων είναι αμφισβητούμενη και, σε κάθε περίπτωση, δεν θα μπορούσαν να αναπαραχθούν από το μοντέλο. Το τελικό δείγμα που προέκυψε καλύπτει (με κενά) την περίοδο Οκτωβρίου 1960-Νοεμβρίου 1982, ενώ δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα υδρολογικά έτη 1974-75 έως 1976-77, δεν είναι αξιόπιστα.
- Στη θέση του φράγματος η βαθμονόμηση έγινε με βάση το δείγμα παροχών στον υδρομετρικό σταθμό Λουτροπηγής, ενώ η επαλήθευσή του με βάση τις πρόσφατες εκτιμήσεις που προέρχονται από την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα.
- Στην έξοδο της Ξυνιάδας χρησιμοποιήθηκε, σε αντιστοιχία με την περίπτωση της Λουτροπηγής, το δείγμα υδρομετρήσεων στον υδρομετρικού σταθμού Αγγειών.

Οι λοιπές χρονοσειρές εισόδου του μοντέλου αφορούν στην αρδευτική ζήτηση της Ξυνιάδας και τη μέγιστη παροχή που μπορεί να δοθεί από επιφανειακά έργα, μέσω του εικονικού αγωγού εκτροπής.

### 5.3.2 Διατύπωση προβλήματος βαθμονόμησης

Οι άγνωστες παράμετροι του μοντέλου, που αντιστοιχούν στις μεταβλητές ελέγχου του προβλήματος βαθμονόμησης, αναφέρονται στις παραμέτρους των τριών ΜΥΑ, που ορίστηκαν με βάση την κάλυψη γης, και στις παραμέτρους της δεξαμενής υπόγειου νερού που αναπαριστά τον υδροφορέα της Ξυνιάδας. Με δεδομένο ότι οι γεωλογικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των ΜΥΑ 1 και 2 χαρακτηρίζονται από χαμηλή περατότητα, θεωρήθηκε μηδενικός συντελεστής στείρευσης για παραγωγή κατείσδυσης. Επιπλέον, θεωρήθηκαν μηδενικοί οι συντελεστές διήθησης των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου. Με τις παραπάνω παραδοχές, ο αριθμός των μεταβλητών ελέγχου ήταν 18, εκ των οποίων οι 16 αφορούν στις επιφανειακές διεργασίες (5 για τις ΜΥΑ 1 και 2, 6 για τη ΜΥΑ 3) και 2 για τις υπόγειες διεργασίες της υπολεκάνης Ξυνιάδας.

Πίνακας 5.4: Συντελεστές βάρους κριτηρίων καλής προσαρμογής.

Θέση ελέγχου	Κωδικός κόμβου	Αποτελεσματικότητα	Μεροληψία
Κέδρος	1	2.0	0.1
Φράγμα	4	4.0	0.1
Έξοδος Ξυνιάδας	6	1.0	0.1

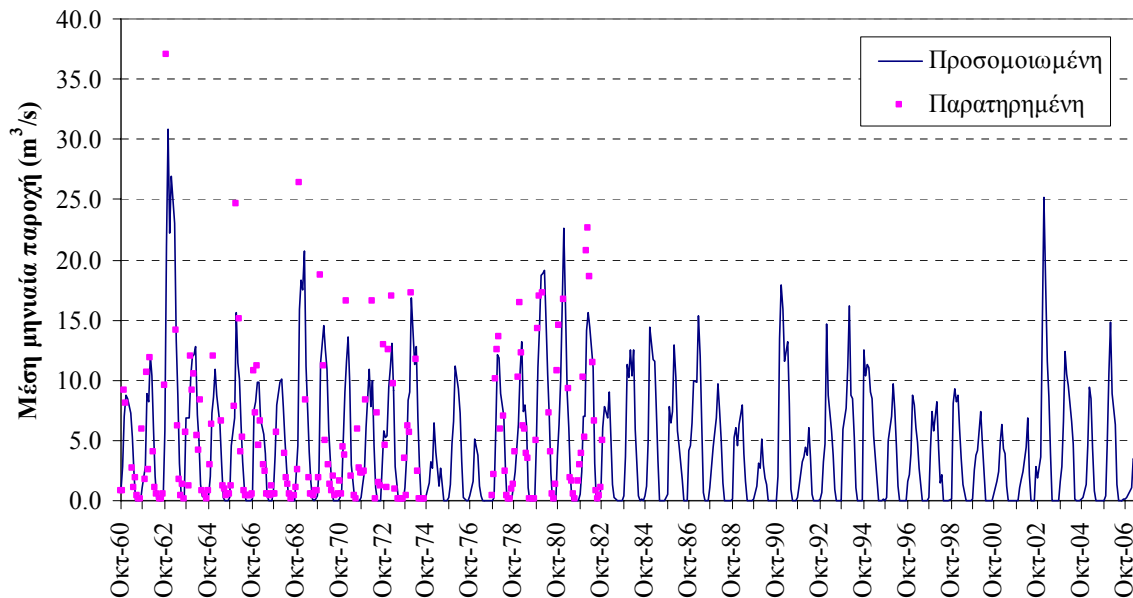
Ως κριτήρια προσαρμογής του μοντέλου τέθηκαν τα μέτρα αποτελεσματικότητας των μηνιαίων υδρογραφημάτων στις αντίστοιχες θέσεις ελέγχου, σε συνδυασμό με τη μεροληψία αναπαραγωγής της παρατηρημένης μέσης τιμής. Τα παραπάνω σταθμίστηκαν σε μια σύνθετη μαθηματική έκφραση, με συντελεστές βάρους που επιλέχθηκαν με βάση τη σημασία αναπαραγωγής των παρατηρημένων υδρογραφημάτων, η οποία είναι προφανώς μεγαλύτερη για τη θέση του φράγματος (Πίνακας 5.4).

### 5.3.3 Αποτελέσματα βαθμονόμησης και επαλήθευσης

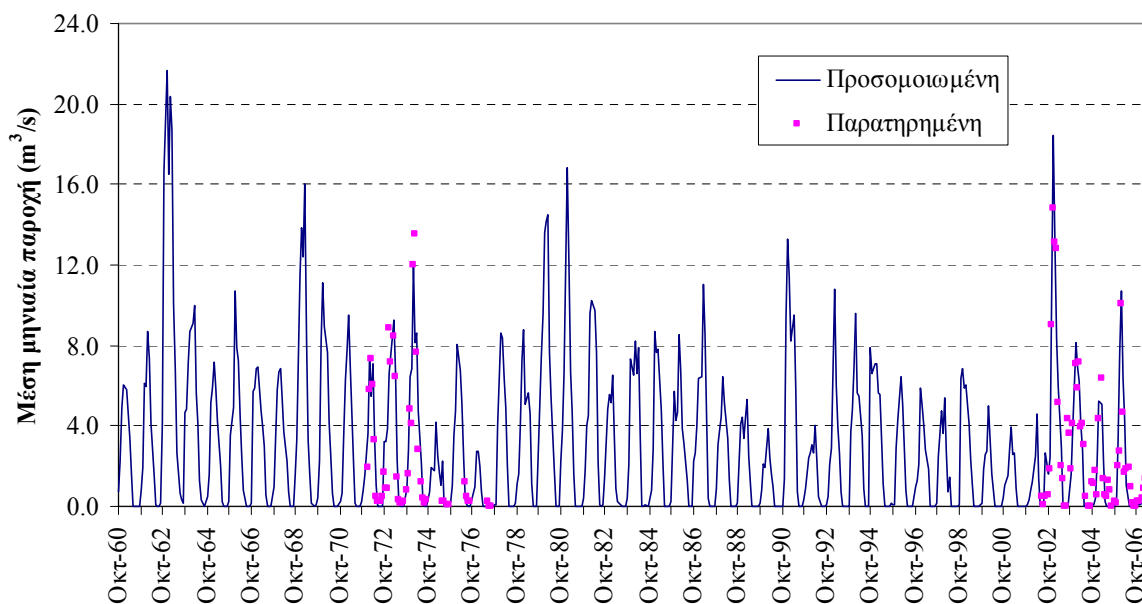
Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου έγινε κατά στάδια, βελτιστοποιώντας τις ανά ομάδες και αναπροσαρμόζοντας τους συντελεστές βάρους, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της μελέτης. Για τη βελτιστοποίηση χρησιμοποιήθηκε ο εξελικτικός αλγόριθμος ανόπτησης-απλόκου, που είναι κατάλληλος για πολύπλοκα, μη γραμμικά προβλήματα υδατικών πόρων με πολλαπλά ακρότατα (Efstratiadis and Koutsoyiannis, 2002· Rozos *et al.*, 2004). Οι βελτιστοποιημένες τιμές των κριτηρίων καλής προσαρμογής, για τις τρεις θέσεις ελέγχου, δίνονται Στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5: Βελτιστοποιημένες τιμές κριτηρίων καλής προσαρμογής για την περίοδο βαθμονόμησης του μοντέλου (1960-1982).

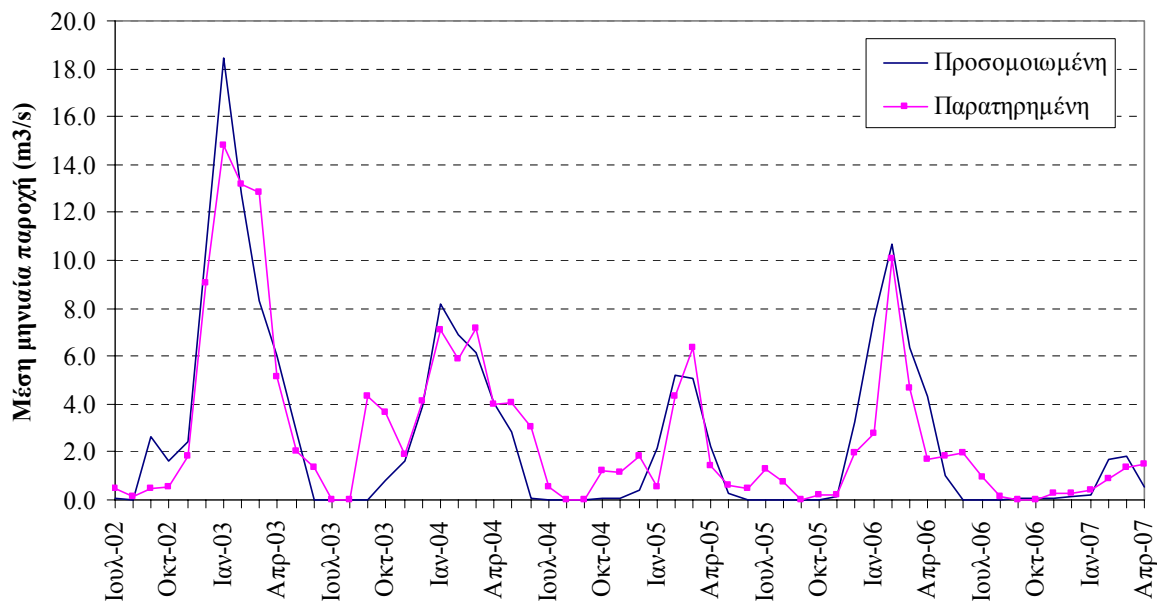
Θέση ελέγχου	Κωδικός κόμβου	Αποτελεσματικότητα	Μεροληψία
Κέδρος	1	0.754	-0.111
Φράγμα	4	0.838	0.096
Έξοδος Ξυνιάδας	6	0.527	-0.102



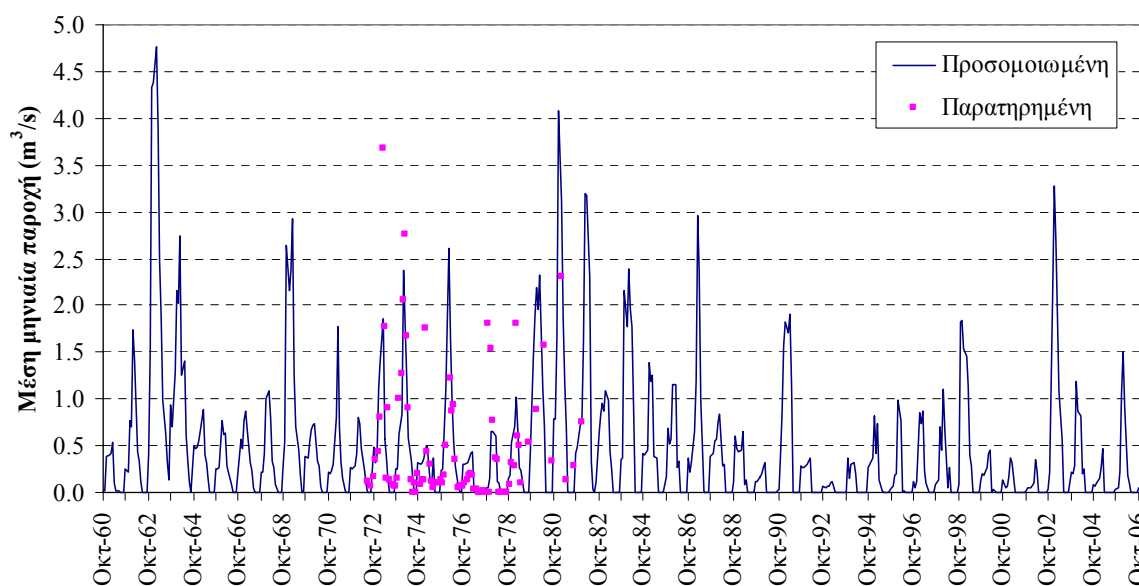
Σχήμα 5.6: Προσομοιωμένη και παρατηρημένη χρονοσειρά μέσης μηνιαίας παροχής στη θέση Κέδρος.



Σχήμα 5.7: Προσομοιωμένη και παρατηρημένη χρονοσειρά μέσης μηνιαίας παροχής στη θέση του φράγματος Σμοκόβου.



Σχήμα 5.8: Προσομοιωμένη και παρατηρημένη χρονοσειρά μέσης μηνιαίας παροχής στη θέση του φράγματος Σμοκόβου, για την περίοδο επαλήθευσης (Ιούλιος 2002-Απρίλιος 2007).



Σχήμα 5.9: Προσομοιωμένη και παρατηρημένη χρονοσειρά μέσης μηνιαίας παροχής στην έξοδο της Ξυνιάδας.

Στη θέση Κέδρος (Σχήμα 5.6), το μοντέλο αναπαριστά με αρκετά καλή ακρίβεια τις περιόδους μέσης και χαμηλής υδροφορίας, αδυνατεί ωστόσο να αναπαράξει τις ιδιαίτερα υψηλές τιμές της παροχής, για τις οποίες ωστόσο υπάρχει ισχυρή αβεβαιότητα ως προς την εκτίμησή τους. Η τιμή του δείκτη αποτελεσματικότητας στη συγκεκριμένη θέση ανέρχεται σε 75.4%, ενώ η μεροληψία της μέσης τιμής υπολογίζεται σε -11.1%, που σημαίνει ότι το μοντέλο υποεκτιμά ελαφρά την απορροή. Επιπλέον παράγοντες αβεβαιότητας αποτελούν η υδρολογική δίαιτα του Σμοκοβίτικου, λόγω της ύπαρξης σημαντικών πηγών που δεν προσομοιώνονται, ελλείπει σχετικής υδρογεωλογικής πληροφορίας, αλλά και η πιθανή υποεκτίμηση των κατακρημισμάτων, που προκύπτει από τους ασυνήθιστα υψηλούς συντελεστές απορροής που έχουν υπολογιστεί για τη συνολική λεκάνη ανάντη του Κέδρου.

Στη θέση του φράγματος επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή του μοντέλου (Σχήμα 5.7). Αυτό αφορά τόσο στις υδρομετρήσεις στη θέση Λουτροπηγή, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της βαθμονόμησης, όσο και στα πρόσφατα δεδομένα που προέρχονται από την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα. Η αποτελεσματικότητα του μοντέλου για την περίοδο βαθμονόμησης φτάνει στο 83.8%, ενώ με βάση τα υψηλότερης αξιοπιστίας δεδομένα της περιόδου 2002-2007, φτάνει στο 79.7% και η μεροληψία της μέσης τιμής μόλις το -2.5%. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.8, το μοντέλο επιβεβαιώνει με καλή ακρίβεια την εικόνα της τελευταίας πενταετίας, όταν τις σημαντικές εισροές της περιόδου 2002-03 ακολούθησε μια περίοδος μέτριας έως εξαιρετικά χαμηλής υδροφορίας.

Τέλος, στην έξοδο της Ξυνιάδας (Σχήμα 5.9) επιτυγχάνεται σχετικά ικανοποιητική προσαρμογή του μοντέλου στις μετρήσεις παροχής στον σταθμό Αγγειών, την περίοδο 1972-1982. Ο σχετικός δείκτης αποτελεσματικότητας φτάνει στο 52.7% και κρίνεται ικανοποιητικός, με βάση την ποιότητα των διαθέσιμων στοιχείων.

### 5.3.4 Βελτιστοποιημένες τιμές παραμέτρων

Στον Πίνακα 5.6 δίνονται οι βελτιστοποιημένες τιμές των παραμέτρων που κρίνονται εύλογες, με βάση τα φυσικά χαρακτηριστικά που αντιπροσωπεύουν οι τρεις ΜΥΑ. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη ποσότητα της απορροής (άμεσης και υποδερμικής) παράγεται από τις ΜΥΑ 1 και 2, στην πρώτη εξαιτίας του πρακτικά αδιαπέρατου υποβάθρου (φλύσχης), σε συνδυασμό με τις ισχυρές κλίσεις, ενώ στη δεύτερη εξαιτίας της χαμηλής βλάστησης, η οποία δεν ευνοεί την κατακράτηση του νερού της βροχής στο έδαφος. Οι δύο ΜΥΑ διαφέρουν ως προς τα χαρακτηριστικά της δεξαμενής εδαφικής υγρασίας. Η χωρητικότητα της δεξαμενής της ΜΥΑ 1 είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη ΜΥΑ 2 (336 έναντι 525 mm), γεγονός που ευνοεί την παραγωγή πλημμυρικής απορροής λόγω κορεσμού αλλά και την εξατμοδιαπνοή, χαρακτηριστικό που αιτιολογείται από την ύπαρξη δασικής βλάστησης. Επιπλέον, στη ΜΥΑ 1, η χωρητικότητα του κατώτερου τμήματος (κατώτερη ακόρεστη ζώνη) είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη ΜΥΑ 2 (84 έναντι 316 mm), καθώς το ριζόστρωμα είναι πολύ πιο βαθύ στις δασικές εκτάσεις σε σχέση με τις περιοχές χαμηλής βλάστησης. Τέλος, και στις δύο ΜΥΑ διατίθεται σημαντική χωρητικότητα κατακράτησης της βροχόπτωσης, προτού αυτή είναι διαθέσιμη για άμεση απορροή, με τη μεγαλύτερη τιμή να αναφέρεται στη ΜΥΑ 1 (130 mm), γεγονός που επίσης αιτιολογείται από τον τύπο της βλάστησης.

Όσον αφορά στη ΜΥΑ 3, που αντιπροσωπεύει τις αρδευόμενες εκτάσεις του οροπεδίου της Ξυνιάδας, το ποσοστό άμεσης απορροής είναι πολύ μικρό, εξαιτίας των πολύ ήπιων κλίσεων που επικρατούν στην εν λόγω περιοχή. Επιπλέον, η χρονική αναρρύθμιση της απορροής γίνεται κυρίως μέσω της βασικής ροής, όπως καταδεικνύει η τιμή του συντελεστή κατείσδυσης (0.317) σε σχέση με την τιμή του συντελεστή παραγωγής υποδερμικής ροής (0.074).

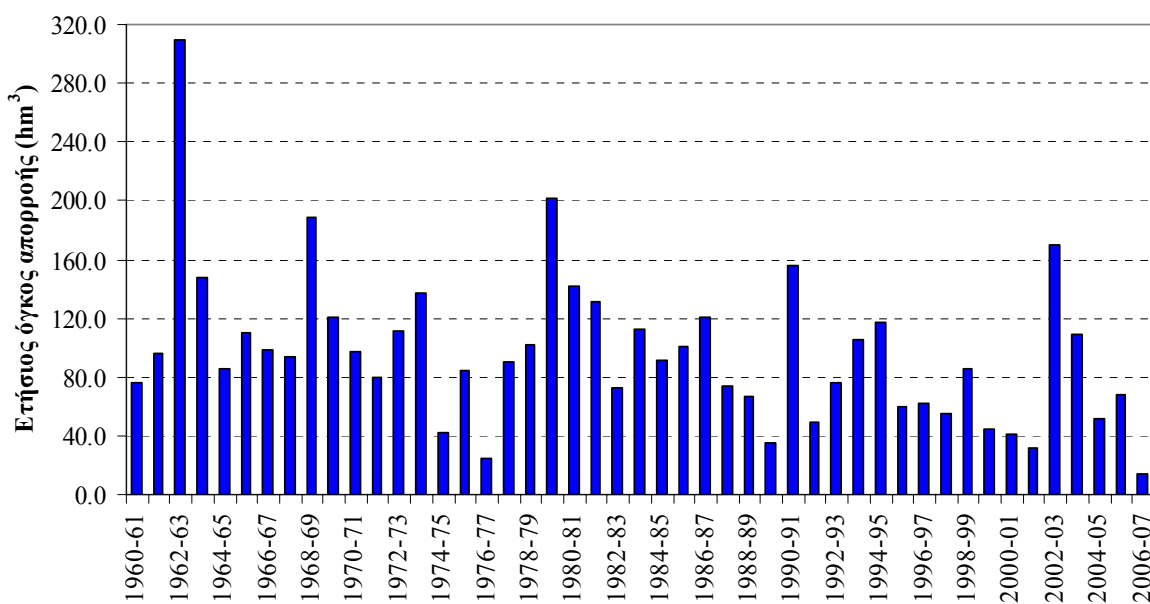
Πίνακας 5.6: Βελτιστοποιημένες παράμετροι μονάδων υδρολογικής απόκρισης.

Παράμετρος	ΜΥΑ 1	ΜΥΑ 2	ΜΥΑ 3
Χωρητικότητα κατακράτησης βροχόπτωσης (mm)	130.5	80.8	0.8
Ποσοστό περίσσειας βροχόπτωσης που παράγει άμεση απορροή (%)	7.0	12.1	1.5
Χωρητικότητα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας (mm)	335.6	525.3	338.1
Χωρητικότητα κατώτερης ζώνης (mm)	84.1	316.1	114.4
Ρυθμός εκφόρτισης για την παραγωγή υποδερμικής ροής	0.298	0.399	0.074
Ρυθμός εκφόρτισης για την παραγωγή κατείσδυσης	0.000	0.000	0.317

## 5.4 Διερεύνηση αποτελεσμάτων μοντέλου

### 5.4.1 Ιστορικό δείγμα απορροής υπολεκάνης Σμοκόβου

Κύριο ζητούμενο της προσομοίωσης ήταν η ανακατασκευή του μηνιαίου δείγματος απορροής της υπολεκάνης ανάντη του ταμιευτήρα Σμοκόβου, κατά την περίοδο ελέγχου του μοντέλου (1960-2007). Από την περίοδο αυτή, θεωρείται μειωμένης αξιοπιστίας το δείγμα των υδρολογικών ετών 1995-96 έως 2001-02, επειδή τα σημειακά δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης είναι, ως επί το πλείστον, συμπληρωμένα. Ακόμη, για την τελευταία πενταετία, ελήφθη το δείγμα απορροής που προέρχεται από την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα, και όχι η προσομοιωμένη απορροή του μοντέλου. Με βάση τα παραπάνω, προέκυψε το τελικό δείγμα απορροής της υπολεκάνης, που σε ετήσια βάση απεικονίζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 5.10, ενώ τα κύρια στατιστικά χαρακτηριστικά του δίνονται στον Πίνακα 5.7. Η μέση ετήσια τιμή του ανέρχεται σε  $104.1 \text{ hm}^3$ , είναι δηλαδή πολύ χαμηλότερη όλων των προηγούμενων εκτιμήσεων.



Σχήμα 5.10: Ετήσια χρονοσειρά απορροής στη θέση του φράγματος Σμοκόβου.

Πίνακας 5.7: Βασικά στατιστικά μεγέθη χρονοσειράς απορροής στη θέση του φράγματος, για την περίοδο 1960-1995 (αποτελέσματα προσομοίωσης μοντέλου) και 2002-2007 (εκτίμηση από υδατικό ισοζύγιο ταμιευτήρα) ( $\text{hm}^3$ ).

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	3.1	7.3	14.1	18.4	19.7	18.9	12.6	7.3	2.0	0.3	0.1	0.3	104.1
Τυπ. απόκ.	4.3	7.5	9.7	11.2	8.7	10.0	6.6	4.7	2.2	0.7	0.4	1.8	52.8
Ελάχιστη	0.0	0.2	0.7	1.1	2.1	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9
Μέγιστη	21.2	43.3	58.0	45.2	49.3	50.1	26.1	20.5	7.9	3.4	2.1	11.2	309.9

### 5.4.2 Υδρολογική δίαιτα υπολεκανών ενδιαφέροντος

Από τα στοιχεία του Πίνακα 5.8 είναι εμφανής η ετερογένεια της υδρολογικής δίαιτας στην περιοχή, κυρίως μεταξύ της Ξυνιάδας και των άλλων υπολεκανών. Η πλουσιότερη υδροφορία εμφανίζεται στις υπολεκάνες Σμοκοβίτικου και Ρεντινιώτικου, όπου η μέση ετήσια απορροή ξεπερνά τα  $400 \text{ mm}$  και ο υπερετήσιος συντελεστής απορροής φτάνει στα επίπεδα του 40%. Οι λεκάνες αυτές δέχονται τα

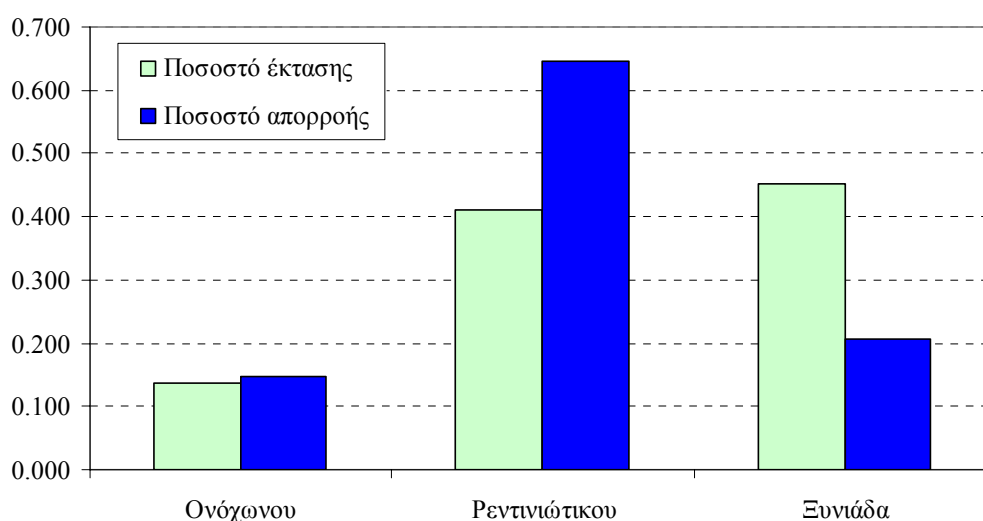
μεγαλύτερα ύψη βροχής (πάνω από 1000 mm, σε μέση ετήσια βάση), ενώ οι σχετικά υψηλές, της τάξης του 60%, απώλειες λόγω εξατμοδιαπνοής αιτιολογούνται από την κυριαρχία της δασώδους βλάστησης. Αντίθετα, η υπολεκάνη της Ξυνιάδας χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλότερα ύψη βροχής (570 mm, σε μέση ετήσια βάση) αλλά και πολύ χαμηλότερο συντελεστή απορροής, μόλις 22%, σε μέση ετήσια βάση, εξηγώντας τη λανθασμένη προσέγγιση των προηγούμενων μελετών, που εξίσωσαν τους συντελεστές απορροής της συνολικής λεκάνης και της υπολεκάνης ανάντη του φράγματος Σμοκόβου, για την αναγωγή του μετρημένου δείγματος απορροής στον υδρομετρικό σταθμό Κέδρου.

Σε σχέση με τη συνολική λεκάνη, ενώ η Ξυνιάδα καλύπτει το 34.7% της έκτασης, συνεισφέρει μόλις το 14.6% της μέσης ετήσιας απορροής του Σοφαδίτη στη θέση Κέδρος. Αντίθετα, η υπολεκάνη του Ρεντινιώτικου, ενώ καταλαμβάνει μόνο το 31.6% της έκτασης, συνεισφέρει το 45.7% της απορροής. Θεωρώντας μόνο τη λεκάνη ανάντη του φράγματος, τότε οι υπολεκάνες Ονόχωνου, Ρεντινιώτικου και Ξυνιάδας καλύπτουν το 13.6, 41.2 και 45.2% της έκτασής της, συμμετέχοντας σε ποσοστό 14.6, 64.7 και 20.7% επί των μέσων εισροών του ταμιευτήρα, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.8: Χαρακτηριστικά υδρολογικά μεγέθη υπολεκανών, σε μέση ετήσια κλίμακα.

Υπολεκάνη	Ύψος βροχής (mm)	Ύψος εξατμο-διαπνοής (mm)	Ύψος απορροής (mm)	Συντελεστής απορροής	Ποσοστό έκτασης	Ποσοστό απορροής
Ανάντη Κέδρου	837.1	547.4	287.6	0.344	0.061	0.058
Σμοκοβίτικου	1067.7	651.5	414.3	0.388	0.163	0.225
Κατάντη φράγματος	930.5	557.2	370.6	0.398	0.009	0.011
Ονόχωνου	891.5	591.1	297.8	0.334	0.104	0.103
Ρεντινιώτικου	1122.2	685.9	435.8	0.388	0.316	0.457
Ξυνιάδα	570.7	369.9	127.1 <sup>(*)</sup>	0.223	0.347	0.146

(\*) Περιλαμβάνεται η επιφανειακή απορροή και η εκροή των πηγών. Η διαφορά στο υδατικό ισοζύγιο οφείλεται στις αντλήσεις για άρδευση.



Σχήμα 5.11: Σύγκριση ποσοστών έκτασης και μέσης ετήσιας απορροής υπολεκανών τροφοδοσίας ταμιευτήρα Σμοκόβου.

## 6 Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης ταμιευτήρα με εφαρμογή του μοντέλου ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

---

### 6.1 Σκοπός και μεθοδολογία

#### 6.1.1 Γενικά

Εξετάστηκαν εναλλακτικές πολιτικές διαχείρισης του ταμιευτήρα Σμοκόβου, με βάση διάφορα σενάρια ανάπτυξης των αρδευτικών, υδρευτικών και υδροηλεκτρικών έργων. Οι αναλύσεις έγιναν με εφαρμογή του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ, που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της λειτουργίας του ταμιευτήρα και των συναφών έργων. Οι συνθετικές χρονοσειρές εισροών παρήχθησαν με εφαρμογή του λογισμικού ΚΑΣΤΑΛΙΑ, με τρόπο ώστε να αναπαράγουν τα στατιστικά χαρακτηριστικά των αντίστοιχων ιστορικών δειγμάτων. Όσον αφορά στην απορροή του ταμιευτήρα αξιοποιήθηκαν τα στοιχεία που προέκυψαν από τις υδρολογικές αναλύσεις, που οδήγησαν σε σημαντικά μειωμένες εκτιμήσεις εισροών, σε σύγκριση με προηγούμενες μελέτες. Με βάση τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που έγιναν στα πλαίσια των διαφόρων σεναρίων ανάπτυξης του υδροσυστήματος, προτάθηκαν αντίστοιχες διαχειριστικές πολιτικές.

#### 6.1.2 Το μοντέλο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ είναι ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, το οποίο έχει αναπτυχθεί στο ΕΜΠ, και αποτελεί το κεντρικό διαχειριστικό εργαλείο του υπολογιστικού συστήματος που παραδίδεται στα πλαίσια του έργου. Το μεθοδολογικό υπόβαθρο περιγράφεται από τους Nalbantis and Koutsoyiannis (1997), Koutsoyiannis *et al.* (2002), Koutsoyiannis and Economou (2003), Koutsoyiannis *et al.* (2003) και Efstratiadis *et al.* (2004), ενώ οι λεπτομέρειες της τελευταίας έκδοσης του λογισμικού από τους Ευστρατιάδη κ.ά. (2007).

Στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ παρέχεται η δυνατότητα περιγραφής των φυσικών και τεχνητών συνιστωσών ενός υδροσυστήματος, χωρίς περιορισμούς στην κλίμακα των έργων και τη γενική τους διάταξη. Οι συνιστώσες που υποστηρίζει το μοντέλο είναι κόμβοι, θέσεις εισροής, ταμιευτήρες, γεωτρήσεις, υδατορεύματα, υδραγωγεία, αντλιοστάσια και υδροστρόβιλοι. Στους ταμιευτήρες και γεωτρήσεις ορίζονται κανόνες λειτουργίας, βάσει των οποίων εκτιμάται η κατανομή των απολήψεων σε κάθε χρονικό βήμα, συναρτήσει των επίκαιρων αποθεμάτων. Ακόμη, στις διάφορες συνιστώσες ορίζονται στόχοι και περιορισμοί, από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- επιθυμητή απόληψη νερού για άρδευση, ύδρευση ή άλλη χρήση·
- αποφυγή απωλειών νερού λόγω υπερχείλισης·
- διατήρηση του αποθέματος ταμιευτήρα μεταξύ μιας ελάχιστης και μιας μέγιστης τιμής·
- διατήρηση παροχής μεταξύ μιας ελάχιστης και μιας μέγιστης επιθυμητής τιμής·
- παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Οι στόχοι και περιορισμοί εντάσσονται σε ένα ιεραρχικό σύστημα προτεραιοτήτων, αποτελούμενο από διάφορα επίπεδα. Το μαθηματικό μοντέλο επιδιώκει την ικανοποίηση των στόχων ακολουθώντας την προκαθορισμένη σειρά προτεραιότητας. Δύο ή περισσότεροι στόχοι μπορούν να ενταχθούν στο ίδιο επίπεδο, οπότε αντιμετωπίζονται από το μοντέλο κατανομής με την ίδια ιεραρχία.

Στον ΥΔΡΟΝΟΝΕΑ διαμορφώνεται ένα σχήμα δύο επιπέδων βελτιστοποίησης, μιας εξωτερικής, που είναι μη γραμμική ως προς τις παραμέτρους των κανόνων λειτουργίας, και μιας εσωτερικής, που είναι γραμμική ως προς τις βήμα-προς-βήμα αποφάσεις που αφορούν στην κατανομή των εκροών στο υδροσύστημα. Στη χρονική κλίμακα της προσομοίωσης (μήνας), το μοντέλο βελτιστοποιεί το κόστος μεταφοράς νερού στο δίκτυο (κόστος λειτουργίας υδραγωγείων, γεωτρήσεων και αντλιοστασίων), τηρώντας αυστηρά του φυσικούς περιορισμούς (εξισώσεις συνέχειας, περιορισμοί χωρητικότητας, κλπ.), επιδιώκοντας να ικανοποιήσει τους επίκαιρους στόχους και λειτουργικούς περιορισμούς, με την προκαθορισμένη σειρά προτεραιότητας, και ταυτόχρονα να αποκλίνει όσο το δυνατό λιγότερο από τα επιθυμητά μεγέθη εκροών που επιβάλουν οι δεδομένοι κανόνες λειτουργίας. Οι παραπάνω απαιτήσεις διατυπώνονται ως πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, που με τη χρήση ειδικών αλγορίθμων εξασφαλίζει πλήρη ακρίβεια αλλά και μεγάλη ταχύτητα στους υπολογισμούς.

Η εξωτερική βελτιστοποίηση αναφέρεται σε κριτήρια αξιοπιστίας, μέσου ετήσιου κόστους, παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, κτλ. Η αξιοπιστία εκτιμάται εμπειρικά, ως ποσοστό των υδρολογικών ετών κατά τα οποία καλύπτεται πλήρως η ζήτηση ενός καταναλωτικού στόχου (ή ο αντίστοιχος περιορισμός, εφόσον αναφερόμαστε σε μη καταναλωτικό στόχο). Ακόμα και η ελάχιστη παρέκκλιση από την επιθυμητή τιμή, για ένα μήνα, καταγράφεται ως αστοχία του υδρολογικού έτους.

### **6.1.3 Γέννηση σεναρίων στοχαστικής προσομοίωσης με το μοντέλο ΚΑΣΤΑΛΙΑ**

Οι υδρολογικές εισροές δίνονται με τη μορφή υδρολογικών σεναρίων, που γεννώνται μέσω στοχαστικής προσομοίωσης. Το μοντέλο υποστηρίζει δύο τύπους προσομοίωσης, *μόνιμης κατάστασης* και *καταληκτική*. Η πρώτη αναφέρεται σε προβλήματα εκτίμησης των μακροχρόνιων μεγεθών ενός συστήματος (π.χ. ασφαλές απολήψιμο δυναμικό), υποθέτοντας αμετάβλητες συνθήκες, όσον αφορά στα χαρακτηριστικά των έργων και τη ζήτηση. Στην περίπτωση αυτή, αναπαρίσταται η λειτουργία του υδροσυστήματος με είσοδο συνθετικές υδρολογικές χρονοσειρές πολύ μεγάλου μήκους (της τάξης των χιλιάδων ετών), ενώ από την επεξεργασία των χρονοσειρών εξόδου (π.χ. απολήψεις) εκτιμάται η μακροχρόνια αξιοπιστία ως προς την ικανοποίηση των διαφόρων στόχων και περιορισμών.

Η καταληκτική προσομοίωση εφαρμόζεται με γνωστές αρχικές συνθήκες (αποθέματα ταμιευτήρων) του συστήματος, του οποίου αποτιμάται η βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη επίδοση συναρτήσει των εν λόγω συνθηκών. Στην περίπτωση αυτή, οι συνθήκες του υδροσυστήματος μπορούν να μεταβάλλονται διαχρονικά, ενώ η αναπαράσταση της λειτουργίας του γίνεται θεωρώντας πολλαπλά σεναρία στοχαστικής πρόγνωσης των εισροών, μικρού σχετικά μήκους (π.χ. της τάξης των λίγων ετών), που είναι στατιστικά εξαρτώμενα από τις τρέχουσες και παρελθούσες τιμές των εισροών.

Για την γέννηση των σεναρίων συνθετικών εισροών χρησιμοποιείται το μοντέλο ΚΑΣΤΑΛΙΑ, που έχει αναπτυχθεί στο ΕΜΠ. Το μεθοδολογικό της υπόβαθρο εξηγείται από τους Koutsoyiannis and Manetas (1996), Koutsoyiannis (1999), Koutsoyiannis (2000) και Koutsoyiannis (2001), ενώ η πλέον πρόσφατη έκδοση είναι ενσωματωμένη στο λογισμικό ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ (Ευστρατιάδης κ.ά., 2005).

Η ΚΑΣΤΑΛΙΑ υλοποιεί ένα στοχαστικό σχήμα ταυτόχρονης γέννησης πολλών μεταβλητών και δύο χρονικών επιπέδων, ετήσιου και μηνιαίου. Η πολυμεταβλητή ανάλυση επιτρέπει την ταυτόχρονη προσομοίωση διεργασιών που πραγματοποιούνται σε γειτονικές θέσεις ή έχουν σχέση αιτίου-αποτελέσματος, και ως εκ τούτου εμφανίζουν στατιστική εξάρτηση. Επιπλέον, η ανάλυση δύο επιπέδων επιτρέπει τη χρήση διαφορετικών μοντέλων προσομοίωσης των ετήσιων και μηνιαίων υδρολογικών διεργασιών, με στόχο την ακριβέστερη περιγραφή ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, όπως η εμμονή και η περιοδικότητα. Οι παράμετροι των μοντέλων εκτιμώνται βάσει των ακόλουθων χαρακτηριστικών των ιστορικών δειγμάτων, που αναπαράγονται στις συνθετικές χρονοσειρές:

- οι μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις και συντελεστές ασυμμετρίας
- οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης και ετεροσυσχέτισης μηδενικής τάξης.



## 6.2.2 Χαρακτηριστικά μεγέθη έργων

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του ταμιευτήρα προέκυψαν από την ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων στάθμης και επιφάνειας, που προέρχονται από τοπογραφικούς χάρτες (Κουκουβίνος κ.ά., 2006). Η τελική σημειοσειρά στάθμης-επιφάνειας-αποθέματος, με βάση την οποία γίνονται οι υπολογισμοί του υδατικού του ισοζυγίου, δίνεται στον Πίνακα 6.1. Με γνωστό ότι η ανώτατη στάθμη λειτουργίας είναι +375.0 m, ενώ η κατώτατη στάθμη υδροληψίας είναι +331.0 m, προκύπτει ότι το μέγιστο απόθεμά του ανέρχεται στα 237.6 hm<sup>3</sup>, ο νεκρός του όγκος στα 28.4 hm<sup>3</sup> και η ωφέλιμη χωρητικότητά του στα 237.6 hm<sup>3</sup>. Τέλος, η έκταση της λίμνης στην ανώτατη στάθμη της ανέρχεται σε 8.4 km<sup>2</sup>.

Όσον αφορά στα υδραγωγεία, επειδή, με εξαίρεση τη σήραγγα Λεονταρίου, αναπαριστούν εικονικές διαδρομές νερού, δεν έχει νόημα ο προσδιορισμός κάποιας πραγματικής τιμής παροχетеυτικότητας. Συνεπώς, σε όλα τα υδραγωγεία τέθηκε μια σχετικά μεγάλη παροχетеυτικότητα, ίση με 10.0 m<sup>3</sup>/s, ώστε να μην επιβάλλονται περιορισμοί στις αρδευτικές και υδρευτικές απολήψεις λόγω μειωμένης μεταφορικής ικανότητας του δικτύου. Επισημαίνεται ότι η σημερινή παροχетеυτικότητα της σήραγγας Λεονταρίου είναι περίπου 3.0 m<sup>3</sup>/s, που αντιστοιχεί σε δυνατότητα εκροής περίπου 7.9 hm<sup>3</sup>/μήνα.

Πίνακας 6.1: Σημειοσειρά στάθμης-επιφάνειας-αποθέματος ταμιευτήρα Σμοκόβου.

Στάθμη (m)	Επιφάνεια (km <sup>2</sup> )	Απόθεμα (hm <sup>3</sup> )
285.0	0.0	0.0
295.0	0.2	1.0
305.0	0.4	4.0
315.0	0.7	9.5
325.0	1.3	19.3
335.0	2.2	36.6
345.0	3.5	64.8
355.0	4.9	106.6
365.0	6.5	163.4
375.0	8.4	237.6
385.0	10.2	330.5

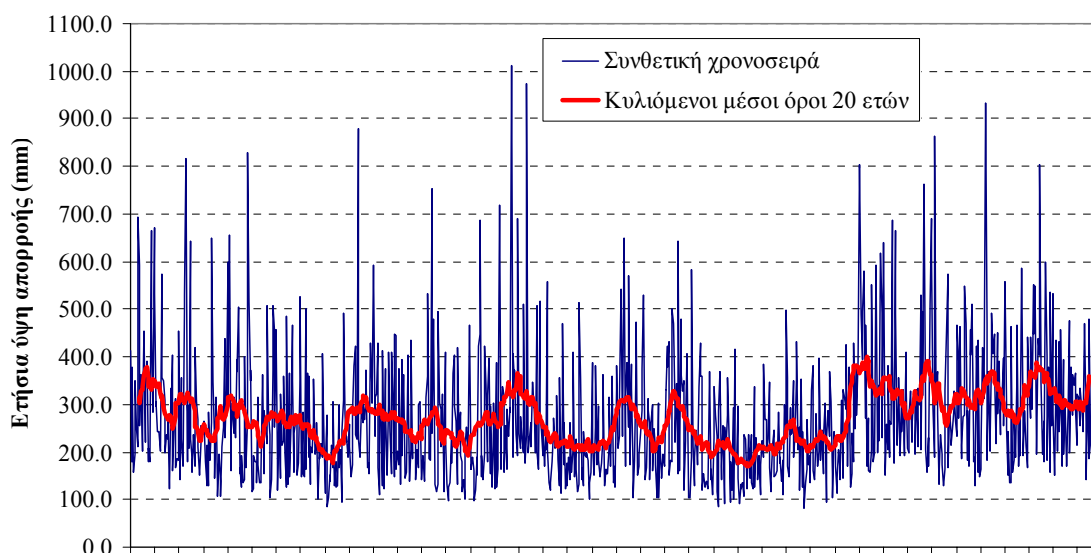
## 6.2.3 Υδρολογικές χρονοσειρές

Οι υδρολογικές χρονοσειρές του υδροσυστήματος αφορούν στην απορροή της ανάντη του φράγματος λεκάνης, στη βροχόπτωση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα και τις απώλειες λόγω εξάτμισης. Η γέννηση των συνθετικών χρονοσειρών απορροής και βροχόπτωσης, μήκους 1000 ετών, έγινε με το μοντέλο ΚΑΣΤΑΛΙΑ. Η εκτίμηση των δειγματικών στατιστικών χαρακτηριστικών έγινε με βάση:

- το δείγμα απορροής ανάντη του φράγματος, τμήμα του οποίου κατασκευάστηκε με εφαρμογή του μοντέλου ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ, ενώ το πλέον πρόσφατο τμήμα του εκτιμήθηκε από το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα·
- το πρωτογενές δείγμα βροχόπτωσης στο σταθμό Λουτροπηγής, που θεωρείται αντιπροσωπευτικό της βροχόπτωσης στην επιφάνεια του ταμιευτήρα.

Στο Σχήμα 6.2 απεικονίζεται η ετήσια συνθετική χρονοσειρά απορροής καθώς και οι κινούμενοι μέσοι όροι εικοσαετίας, οι οποίοι παρουσιάζουν έντονη τυχαία διακύμανση γύρω από την ιστορική μέση τιμή των 279.0 mm. Στην χρονοσειρά διαμορφώνονται χαρακτηριστικές περίοδοι εναλλαγών υψηλής και χαμηλής υδροφορίας, που είναι συνεπείς με την υδρολογική δίαιτα των ελληνικών λεκανών.

Για τη χρονοσειρά εξάτμισης, δεν κρίθηκε αναγκαία η κατασκευή συνθετικού δείγματος, δεδομένου ότι η διακύμανσή της από έτος σε έτος είναι περιορισμένη, οπότε θεωρήθηκαν οι μηνιαίες τιμές της εξάτμισης σταθερές κάθε έτος και ίσες με αυτές του Πίνακα 4.4.



Σχήμα 6.2: Απεικόνιση ετήσιας συνθετικής χρονοσειράς απορροής υπολεκάνης Σμοκόβου, μήκους 1000 ετών, και κινούμενων μέσων όρων εικοσαετίας.

#### 6.2.4 Χρήσεις νερού και περιορισμοί

Στο υδροσύστημα, για το σενάριο πλήρους ανάπτυξης των σχετικών έργων, θεωρούνται οι ακόλουθες χρήσεις νερού, κατά σειρά προτεραιότητας:

- απόληψη νερού για ύδρευση οικισμών Ανατολικής Καρδίτσας,
- εκροή νερού για διατήρηση ελάχιστης παροχής κατάντη φράγματος, για εμπλουτισμό του κώνου του Σοφαδίτη και προστασία των οικοσυστημάτων
- διατήρηση ελάχιστου αποθέματος νερού στον ταμιευτήρα Σμοκόβου
- παραγωγή ενέργειας μέσω του ΥΗΣ Λεονταρίου
- απόληψη νερού για άρδευση των ζωνών Σ1-Σ2, Σ3, Σ4 και Σ5-Σ8
- απόληψη νερού για άρδευση των παραποτάμιων περιοχών, κατάντη του Κέδρου.

Οι ζήτηση κάθε στόχου εκτιμήθηκε ως εξής:

Οι ετήσιες υδρευτικές ανάγκες τέθηκαν ίσες με  $10.0 \text{ hm}^3$ , και θεωρήθηκαν ισοκατανομημένες στο έτος, ήτοι  $0.83 \text{ hm}^3/\mu\eta\text{να}$ . Η ποσότητα αυτή μπορεί να εξυπηρετήσει ισοδύναμο πληθυσμό 110 000 κατοίκων, θεωρώντας μέση κατά κεφαλή κατανάλωση (μαζί με τις απώλειες)  $250 \text{ L/d}$ .

Η ελάχιστη παροχή στο Σοφαδίτη είναι ίση με  $10.0 \text{ hm}^3/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma$ , ενώ η μηνιαία κατανομή της (Πίνακας 6.2), ορίστηκε με βάση τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου (Βαβίζος κ.ά., 1995).

Στον ταμιευτήρα Σμοκόβου θεωρήθηκε η διατήρηση ενός ελάχιστου αποθέματος της τάξης των  $65 \text{ hm}^3$ , που αντιστοιχεί σε στάθμη +345 m, και εξασφαλίζει καλή οικολογική κατάσταση της λίμνης και καλή ποιότητα νερού (Ρόπης, 2005). Το όριο αυτό τέθηκε σε υψηλότερη προτεραιότητα σε σχέση με τους αρδευτικούς στόχους, αλλά σε χαμηλότερη σε σχέση με τους υδρευτικούς και περιβαλλοντικούς στόχους. Συνεπώς, επιτρέπεται η πραγματοποίηση απολήψεων κάτω από την επιτρεπόμενη στάθμη, αποκλειστικά για ύδρευση των οικισμών και διατήρηση της οικολογικής παροχής του Σοφαδίτη.

Η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε με τη μορφή στόχου ελάχιστης επιθυμητής παροχής στο υδραγωγείο που αναπαριστά τη σήραγγα Λεονταρίου. Η εν λόγω παροχή θεωρείται σταθερή κατά την υγρή περίοδο (Οκτώβριος-Μάρτιος) και αποτελεί ζητούμενο των διαχειριστικών αναλύσεων. Στις αναλύσεις γίνεται η παραδοχή ότι η εν λόγω παροχή, με όριο την υφιστάμενη παροχετευτικότητα της σήραγγας ( $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ), μπορεί να διοχετευτεί με ασφάλεια κατάντη, μέσω του αποστραγγιστικού

δικτύου. Τους υπόλοιπους μήνες του έτους, θεωρήθηκε ότι η παραγωγή ενέργειας καθορίζεται από τις υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες των κατάντη καταναλωτών.

Οι αρδευτικές ανάγκες των ζωνών Σ1-Σ2, Σ3, Σ4 και Σ5-Σ8 εκτιμώνται με βάση τις αντίστοιχες εκτάσεις (54.3, 37.8, 40.0 και 97.5 km<sup>2</sup>), και συναρτήσκει δύο τυπικών σεναρίων κατανάλωσης ανά μονάδα επιφάνειας. Το πρώτο (υψηλή κατανάλωση) αντιστοιχεί σε ετήσιο όγκο 650 m<sup>3</sup>/στρέμμα και υποθέτει διατήρηση των υφιστάμενων μεθόδων άρδευσης, ήτοι μέσω ρουφρακτών και χωμάτινων τάφρων, που έχουν ως συνέπεια σημαντικές απώλειες νερού λόγω διαφυγών και εξάτμισης. Το δεύτερο (χαμηλή κατανάλωση) αντιστοιχεί σε ετήσια ζήτηση 500 m<sup>3</sup>/στρέμμα και υποθέτει την ανάπτυξη δικτύων κλειστών αγωγών. Οι τιμές αυτές είναι συμβατές με τις αναλυτικότερες εκτιμήσεις πρόσφατης μελέτης του ΥΠΕΧΩΔΕ (2006). Σε όλες τις περιπτώσεις, η ετήσια αρδευτική ζήτηση κατανέμεται με βάση τα ποσοστά του Πίνακα 5.3. Οι τιμές της αρδευτικής ζήτησης κάθε κόμβου, με βάση τα δύο σενάρια κατανάλωσης, δίνονται στους Πίνακες 6.3 και 6.4, αντίστοιχα.

Τέλος, η ετήσια αρδευτική ζήτηση κατάντη του Κέδρου είτε θεωρήθηκε δεδομένη είτε αποτέλεσε ζητούμενο των διαχειριστικών αναλύσεων.

Πίνακας 6.2: Μηνιαία κατανομή οικολογικής παροχής, με βάση τη ΜΠΕ του έργου.

Μήνας	Όγκος εκροής (hm <sup>3</sup> )
Απρίλιος	0.36
Μάιος	1.76
Ιούνιος	2.43
Ιούλιος	2.93
Αύγουστος	1.84
Σεπτέμβριος	0.71
Σύνολο	10.00

Πίνακας 6.3: Αρδευτική ζήτηση δικτύου Σμοκόβου για ετήσιες ανάγκες 650 m<sup>3</sup>/στρέμμα (σε hm<sup>3</sup>).

Μήνας	Ζώνες Σ1-Σ2	Ζώνη Σ3	Ζώνη Σ4	Ζώνες Σ5-Σ8
Απρίλιος	2.3	1.6	1.7	4.2
Μάιος	4.4	3.1	3.3	8.0
Ιούνιος	7.2	5.0	5.3	12.9
Ιούλιος	8.5	5.9	6.3	15.3
Αύγουστος	7.7	5.3	5.6	13.8
Σεπτέμβριος	5.2	3.6	3.8	9.3
Σύνολο	35.3	24.6	26.0	63.4

Πίνακας 6.4: Αρδευτική ζήτηση δικτύου Σμοκόβου για ετήσιες ανάγκες 500 m<sup>3</sup>/στρέμμα (σε hm<sup>3</sup>).

Μήνας	Ζώνες Σ1-Σ2	Ζώνη Σ3	Ζώνη Σ4	Ζώνες Σ5-Σ8
Απρίλιος	1.8	1.2	1.3	3.2
Μάιος	3.4	2.4	2.5	6.1
Ιούνιος	5.5	3.8	4.1	9.9
Ιούλιος	6.6	4.6	4.8	11.8
Αύγουστος	5.9	4.1	4.3	10.6
Σεπτέμβριος	4.0	2.8	2.9	7.1
Σύνολο	27.2	18.9	20.0	48.8

## 6.3 Σενάρια διαχείρισης

### 6.3.1 Τοποθέτηση διαχειριστικού προβλήματος

Για τα διάφορα σενάρια ανάπτυξης των έργων Σμοκόβου, σε συνδυασμό με τα δύο σενάρια ετήσιων αρδευτικών αναγκών, προκύπτουν τα ακόλουθα ερωτήματα:

- Με ποια αξιοπιστία ικανοποιούνται οι στόχοι και περιορισμοί του υδροσυστήματος, για δεδομένη χειμερινή εκροή μέσω της σήραγγας Λεονταρίου για παραγωγή ενέργειας και δεδομένη αρδευτική ζήτηση κατάντη του Κέδρου;
- Ποια είναι η επιτρεπόμενη εκροή νερού μέσω της σήραγγας Λεονταρίου κατά την υγρή περίοδο του έτους, ώστε να εξασφαλίζεται συγκεκριμένο επίπεδο αξιοπιστίας στην ικανοποίηση των στόχων και περιορισμών του υδροσυστήματος;
- Ποια είναι η επιτρεπόμενη εκροή νερού για την ικανοποίηση της αρδευτικής ζήτησης κατάντη του Κέδρου, ώστε να εξασφαλίζεται συγκεκριμένο επίπεδο αξιοπιστίας στην ικανοποίηση των στόχων και περιορισμών του υδροσυστήματος;

Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τις υδατικές ανάγκες και προτεραιότητες των επιμέρους στόχων, καθορίζουν πλήρως τη μακροχρόνια διαχειριστική πολιτική του ταμιευτήρα. Ως επίπεδο αξιοπιστίας για τους αρδευτικούς στόχους θεωρήθηκε το 90%, που χαρακτηρίζεται επιθυμητό, ή 80%, το οποίο χαρακτηρίζεται ανεκτό. Βεβαίως, ένα τέτοιο επίπεδο αξιοπιστίας, που συνεπάγεται έλλειμμα νερού κατά μέσο όρο μία φορά στα πέντε έτη (χωρίς να αποκλείεται να παρουσιαστεί επί σειρά ετών, σε περίπτωση έμμονης ξηρασίας), είναι αποδεκτό με σχετική επιφύλαξη, και υπό την προϋπόθεση ύπαρξης εναλλακτικών τρόπων κάλυψης των αρδευτικών αναγκών (π.χ. από υπόγεια νερά). Τέλος, για τις υδρευτικές, ενεργειακές και περιβαλλοντικές χρήσεις τέθηκε επίπεδο αξιοπιστίας 90%.

### 6.3.2 Διαχειριστικά σενάρια

Τα σενάρια που εξετάστηκαν αφορούν σε διάφορες διατάξεις του υδροσυστήματος. Αναλυτικότερα:

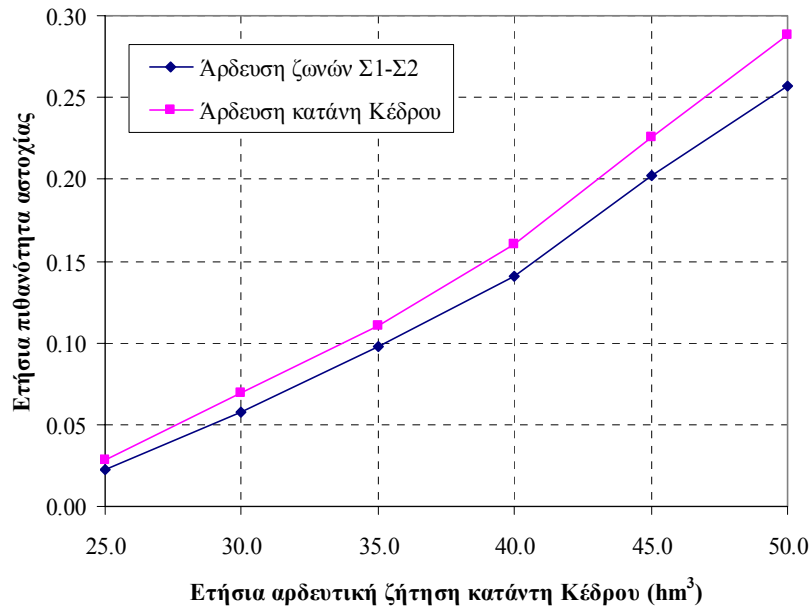
Η υφιστάμενη διάταξη προσομοιώθηκε από την ομάδα σεναρίων Α, και θεωρείται ότι περιλαμβάνει το αρδευτικό δίκτυο που καλύπτει τις ζώνες Σ1 και Σ2, έκτασης 54.3 km<sup>2</sup>. Η ετήσια αρδευτική ζήτηση της περιοχής εκτιμήθηκε σε 35.3 και 27.2 hm<sup>3</sup>, θεωρώντας υψηλή (σενάριο Α1) και χαμηλή (σενάριο Α2) κατανάλωση, αντίστοιχα. Η προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος έγινε μεταβάλλοντας την ετήσια αρδευτική ζήτηση κατάντη του Κέδρου, οπότε προέκυψαν οι σχέσεις αρδευτικής ζήτησης-πιθανότητας αστοχίας που απεικονίζονται στα Σχήματα 6.3 και 6.4, αντίστοιχα.

Η ομάδα σεναρίων Β αφορά στην ένταξη του ΗΥΣ Λεονταρίου, που προβλέπεται ολοκληρωθεί βραχυπρόθεσμα, εισάγοντας μια επιπλέον χρήση νερού, ήτοι η παραγωγή ενέργειας. Η χρήση αυτή διαφοροποιεί την διαχειριστική πολιτική του ταμιευτήρα, καθώς καθιστά οικονομικά πρόσφορη την πραγματοποίηση εκροών όχι μόνο την αρδευτική περίοδο αλλά και κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Μαρτίου. Η παραγωγή ενέργειας τέθηκε σε υψηλότερη προτεραιότητα σε σχέση με την άρδευση των καταναλωτών κατάντη του Κέδρου, με την οποία είναι ανταγωνιστική. Συνεπώς, κρίθηκε σκόπιμη η μείωση των αρδευτικών απολήψεων κατάντη του φράγματος στα επίπεδα των 20.0 hm<sup>3</sup>/έτος. Μέσω προσομοίωσης, εκτιμήθηκαν οι πιθανότητες αστοχίας των στόχων και περιορισμών του συστήματος, για εύρος τιμών χειμερινής παροχής στ σήραγγα Λεονταρίου από 0.5 έως 3.0 m<sup>3</sup>/s. Τα αποτελέσματα των αρδευτικών στόχων (άρδευση ζωνών Σ1-Σ2 και άρδευση κατάντη Κέδρου), για τα σενάρια Β1 και Β2, συνομίζονται στα Σχήματα 6.5 και 6.6, αντίστοιχα.

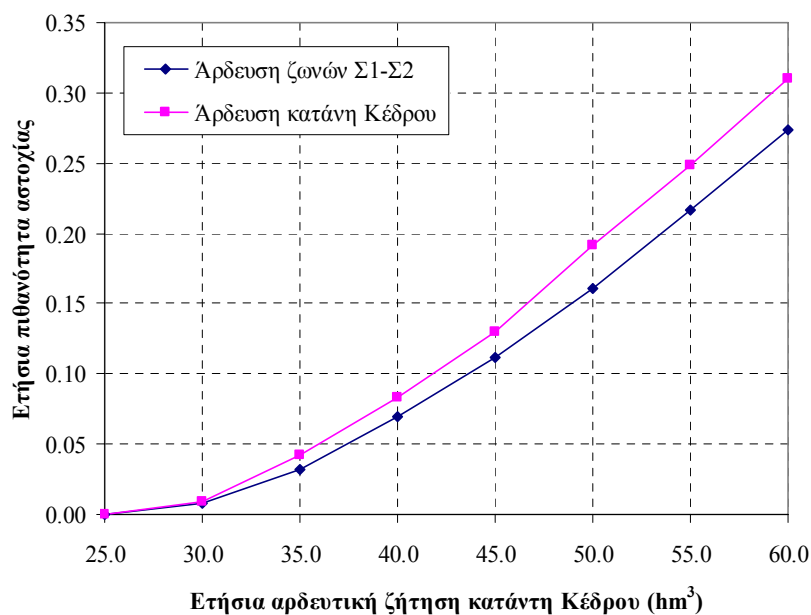
Στην ομάδα σεναρίων Γ, που αναφέρεται σε μεσοπρόθεσμο ή μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, προστέθηκαν η ύδρευση των οικισμών της Ανατολικής Καρδίτσας, η οποία και τέθηκε σε απόλυτη προτεραιότητα, και η άρδευση της ζώνης Σ3, έκτασης 37.8 km<sup>2</sup>. Στις προσομοιώσεις θεωρήθηκε

μοναδική εκροή κατάντη του φράγματος αυτή που δίνεται για την περιβαλλοντική προστασία του Σοφαδίτη. Τα αποτελέσματα που αφορούν στους αρδευτικούς στόχους των ζωνών Σ1-Σ2 και Σ3, για τα σενάρια Γ1 και Γ2, συνοψίζονται στα Σχήματα 6.7 και 6.8, αντίστοιχα.

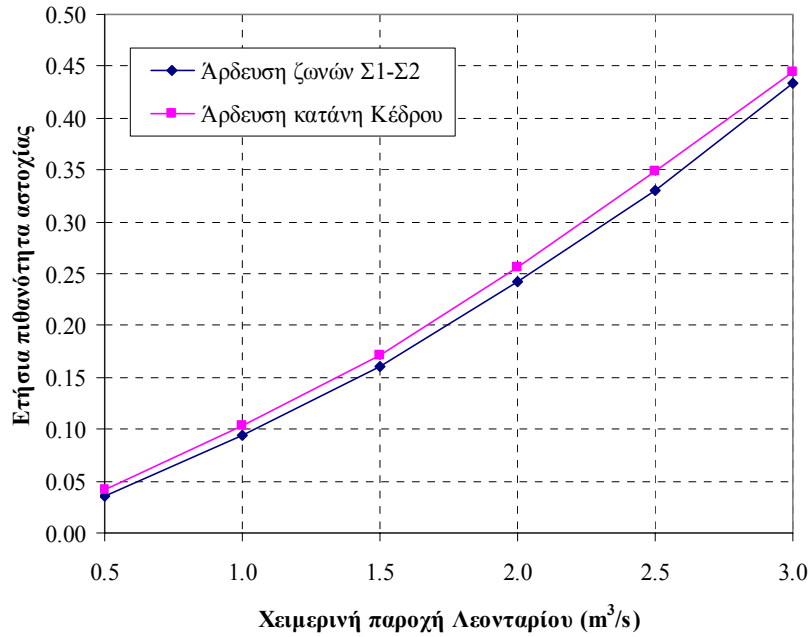
Τέλος, στο Σενάριο Δ προστίθεται ο στόχος άρδευσης της ζώνης Σ4, έκτασης 40.0 km<sup>2</sup>, με τον οποίο η συνολική ζήτηση των αρδευτικών δικτύων Σμοκόβου ανέρχεται στα 85.9 hm<sup>3</sup> για το σενάριο υψηλής κατανάλωσης και στα 66.1 hm<sup>3</sup> για το σενάριο χαμηλής κατανάλωσης.



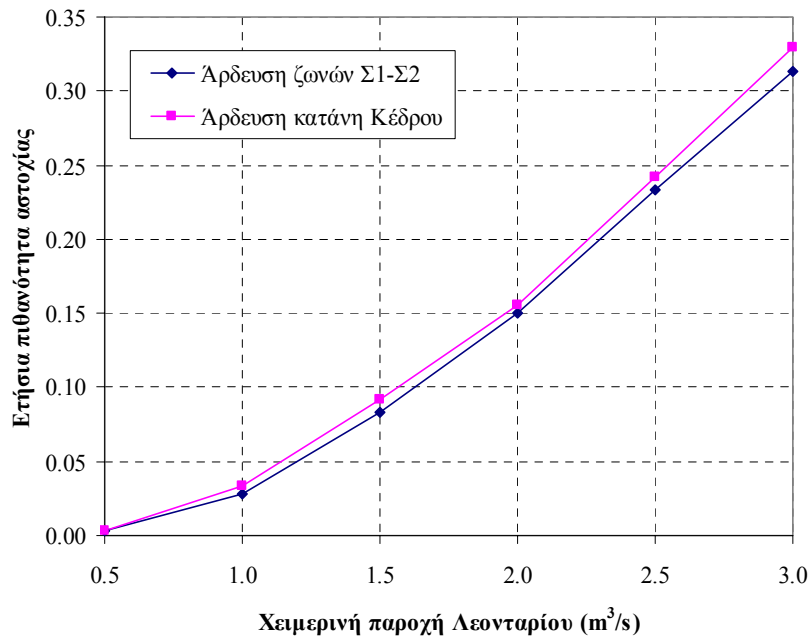
Σχήμα 6.3: Πιθανότητα αστοχίας αρδευτικών στόχων, συναρτήσει της ετήσιας αρδευτικής ζήτησης κατάντη του Κέδρου, με βάση τα σενάρια υψηλής αρδευτικής κατανάλωσης (A1).



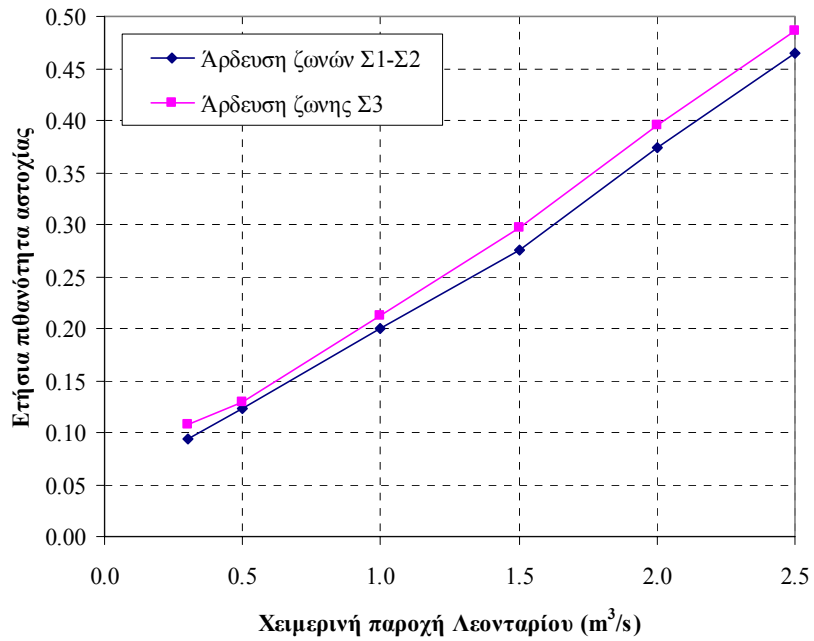
Σχήμα 6.4: Πιθανότητα αστοχίας αρδευτικών στόχων, συναρτήσει της ετήσιας αρδευτικής ζήτησης κατάντη του Κέδρου, με βάση τα σενάρια χαμηλής αρδευτικής κατανάλωσης (A2).



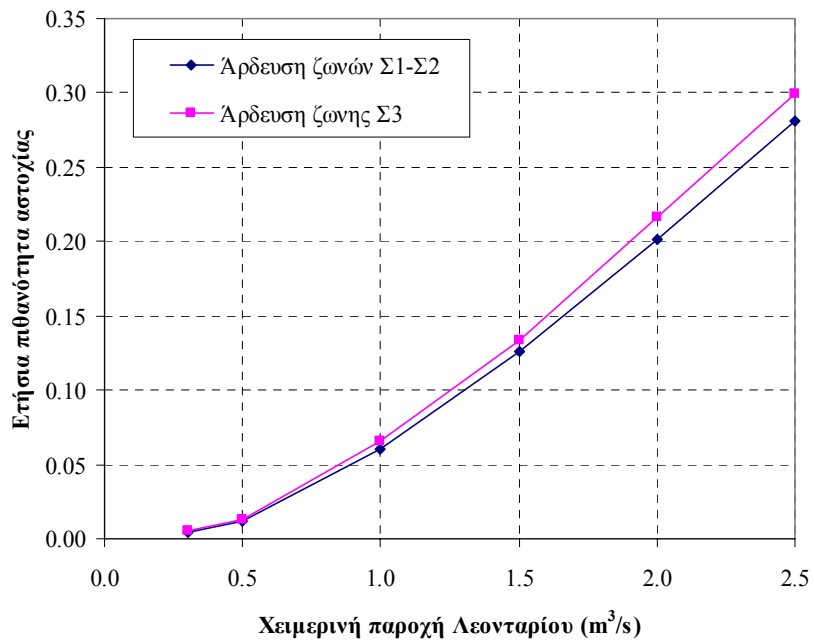
Σχήμα 6.5: Πιθανότητα αστοχίας αρδευτικών στόχων, συναρτήσσει της χειμερινής παροχής του ΥΗΣ Λεονταρίου, με βάση τα σενάρια υψηλής αρδευτικής κατανάλωσης (B1).



Σχήμα 6.6: Πιθανότητα αστοχίας αρδευτικών στόχων, συναρτήσσει της χειμερινής παροχής του ΥΗΣ Λεονταρίου, με βάση τα σενάρια χαμηλής αρδευτικής κατανάλωσης (B2).



Σχήμα 6.7: Πιθανότητα αστοχίας αρδευτικών στόχων, συναρτήσεως της χειμερινής παροχής του ΥΗΣ Λεονταρίου, με βάση τα σενάρια υψηλής αρδευτικής κατανάλωσης (Γ1).



Σχήμα 6.8: Πιθανότητα αστοχίας αρδευτικών στόχων, συναρτήσεως της χειμερινής παροχής του ΥΗΣ Λεονταρίου, με βάση τα σενάρια χαμηλής αρδευτικής κατανάλωσης (Γ2).

## 6.4 Συμπεράσματα

### 6.4.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Η τρέχουσα κατάσταση του υδροσυστήματος προσεγγίζεται από το διαχειριστικό σενάριο A1, με θεώρηση αρδευτικής κατανάλωσης 650 m<sup>3</sup>/στρέμμα, που μπορεί, βραχυπρόθεσμα, να μειωθεί σε 500 m<sup>3</sup>/στρέμμα, εφόσον ολοκληρωθεί η κατασκευή του δικτύου κλειστών αγωγών υπό πίεση. Με βάση την πρώτη εκδοχή, η ετήσια ζήτηση των αρδευτικών ζωνών εκτιμάται σε 35.30 hm<sup>3</sup>, ενώ η μέγιστη μηνιαία τιμή είναι 8.54 hm<sup>3</sup> τον Ιούλιο, ποσότητα που είναι οριακά εφικτό να διοχετευτεί από τη σήραγγα Λεονταρίου, με βάση την υφιστάμενη παροχρηματοδότησή της.

Πίνακας 6.5: Προτεινόμενη απόληψη από τον ταμιευτήρα Σμοκόβου, για διάφορες χρήσεις νερού, με επίπεδο αξιοπιστίας 90% στην κάλυψη των αρδευτικής ζήτησης των ζωνών Σ1-Σ2 (εκροές σε hm<sup>3</sup>).

Μήνας	Περιβαλλοντική παροχή	Άρδευση ζωνών Σ1-Σ2	Άρδευση κατάντη Κέδρου
Απρίλιος	0.36	2.33	2.31
Μάιος	1.76	4.45	4.41
Ιούνιος	2.43	7.16	7.11
Ιούλιος	2.93	8.54	8.47
Αύγουστος	1.84	7.66	7.60
Σεπτέμβριος	0.71	5.15	5.11
Σύνολο	10.00	35.30	35.00

Πίνακας 6.6: Προτεινόμενη απόληψη από τον ταμιευτήρα Σμοκόβου, για διάφορες χρήσεις νερού, με επίπεδο αξιοπιστίας 80% στην κάλυψη των αρδευτικής ζήτησης των ζωνών Σ1-Σ2 (εκροές σε hm<sup>3</sup>).

Μήνας	Περιβαλλοντική παροχή	Άρδευση ζωνών Σ1-Σ2	Άρδευση κατάντη Κέδρου
Απρίλιος	0.36	2.33	2.97
Μάιος	1.76	4.45	5.67
Ιούνιος	2.43	7.16	9.14
Ιούλιος	2.93	8.54	10.89
Αύγουστος	1.84	7.66	9.77
Σεπτέμβριος	0.71	5.15	6.57
Σύνολο	10.00	35.30	45.00

Η προτεινόμενη διαχειριστική πολιτική του ταμιευτήρα συνοψίζεται ως εξής:

- Κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Μαρτίου δεν πραγματοποιούνται εκροές από τον ταμιευτήρα, πέρα από τις υπερχειλίσεις.
- Κατά την αρδευτική περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος) πραγματοποιούνται, κατά προτεραιότητα, εκροές από το φράγμα για τη διατήρηση της προτεινόμενης από τη ΜΠΕ περιβαλλοντικής παροχής του Σοφαδίτη (συνολικά 10.0 hm<sup>3</sup>/έτος).
- Την αρδευτική περίοδο πραγματοποιούνται εκροές από τη σήραγγα Λεονταρίου και το φράγμα, για την κάλυψη της ζήτησης των ζωνών Σ1-Σ2 (συνολικά 35.30 hm<sup>3</sup>/έτος) και των αρδευόμενων εκτάσεων κατά μήκος του Σοφαδίτη. Σε περίπτωση χαμηλών αποθεμάτων, εξυπηρετείται κατά προτεραιότητα η ζήτηση των ζωνών Σ1-Σ2.
- Η αρδευτική απόληψη κατάντη του φράγματος δίνεται επιπλέον της περιβαλλοντικής εκροής (η οποία οφείλεται να διατηρείται καθ' όλο το μήκος του Σοφαδίτη), και κυμαίνεται από 35.00 έως 45.00 hm<sup>3</sup>/έτος. Με τις παραπάνω ποσότητες εξασφαλίζεται αξιοπιστία 90 και 80%, αντίστοιχα,

για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών των ζωνών Σ1 και Σ2, με τα αντίστοιχα ποσοστά για την κάλυψη των αναγκών της ζώνης κατάντη Κέδρου να είναι ελαφρά μειωμένα (89% και 77%).

- Οι αρδευτικές απολήψεις πραγματοποιούνται μόνο εφόσον η στάθμη του ταμιευτήρα υπερβαίνει το επιθυμητό όριο των +345.0 m, διαφορετικά επιτρέπεται η εκροή νερού μόνο για την κάλυψη του περιβαλλοντικού περιορισμού κατάντη του φράγματος.

Οι μηνιαίες κατανομές των απολήψεων για τις προαναφερθείσες χρήσεις νερού, για τα δύο επίπεδα αξιοπιστίας (90% επιθυμητό, 80% ανεκτό) δίνονται στους Πίνακες 6.5 και 6.6, αντίστοιχα. Το μέσο ετήσιο έλλειμμα, με βάση το σενάριο εκροών που εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας, ανέρχεται σε 0.95 και 1.29 hm<sup>3</sup>, για τον αρδευτική ζήτηση των ζωνών Σ1-Σ2 και της παραποτάμιας αρδευόμενης ζώνης κατάντη Κέδρου, αντίστοιχα. Τα μεγέθη αυτά αυξάνονται σε 2.09 και 3.73 hm<sup>3</sup>, αντίστοιχα, αν θεωρηθεί το σενάριο χαμηλής αξιοπιστίας.

#### 6.4.2 Βραχυπρόθεσμη κατάσταση

Η βραχυπρόθεσμη κατάσταση προσεγγίζεται από το διαχειριστικό σενάριο Β1, που είναι όπως το Α1 με την προσθήκη του υδροηλεκτρικού σταθμού Λεονταρίου. Στην περίπτωση αυτή, κρίνεται πρόσφορη η απόληψη μικρότερης ποσότητας νερού για άρδευση των παρακείμενων του Σοφαδίτη εκτάσεων, συγκεκριμένα 20.0 hm<sup>3</sup>/έτος, προς όφελος της παραγωγής ενέργειας κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Μαρτίου. Η προτεινόμενη παροχή μέσω της σήραγγας Λεονταρίου κυμαίνεται από 1.0 m<sup>3</sup>/s, για το σενάριο υψηλής αρδευτικής κατανάλωσης, έως 1.6 m<sup>3</sup>/s, για το σενάριο χαμηλής κατανάλωσης, και διατηρείται σταθερή. Τους υπόλοιπους μήνες, η παραγόμενη ενέργεια καθορίζεται από τις αρδευτικές απολήψεις για την εξυπηρέτηση των ζωνών Σ1 και Σ2. Η προτεινόμενη κατανομή των απολήψεων, με βάση το σενάριο υψηλής κατανάλωσης, συνοψίζεται στον Πίνακα 6.7.

Πίνακας 6.7: Προτεινόμενη απόληψη από τον ταμιευτήρα Σμοκόβου, για διάφορες χρήσεις νερού, με βάση τη βραχυπρόθεσμη κατάσταση του υδροσυστήματος (εκροές σε hm<sup>3</sup>).

Μήνας	Περιβαλλοντική παροχή	Χειμερινή παροχή Λεονταρίου	Άρδευση ζωνών Σ1-Σ2	Άρδευση κατάντη Κέδρου
Οκτώβριος	–	2.68	–	–
Νοέμβριος	–	2.59	–	–
Δεκέμβριος	–	2.68	–	–
Ιανουάριος	–	2.68	–	–
Φεβρουάριος	–	2.42	–	–
Μάρτιος	–	2.68	–	–
Απρίλιος	0.36	–	2.33	1.32
Μάιος	1.76	–	4.45	2.52
Ιούνιος	2.43	–	7.16	4.06
Ιούλιος	2.93	–	8.54	4.84
Αύγουστος	1.84	–	7.66	4.34
Σεπτέμβριος	0.71	–	5.15	2.92
Σύνολο	10.00	15.70	35.30	20.00

#### 6.4.3 Μελλοντική κατάσταση

Η μελλοντική κατάσταση του υδροσυστήματος εξαρτάται από τη χωρική επέκταση των αρδευτικών έργων Σμοκόβου, την ανάπτυξη ή όχι κλειστών αρδευτικών δικτύων και την κατασκευή των έργων ύδρευσης της περιοχής Ανατολικής Καρδίτσας. Με βάση τις διαχειριστικές αναλύσεις, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Εφόσον δημιουργηθεί κλειστό αρδευτικό δίκτυο, που να καλύπτει όλη την έκταση των ζωνών Σ1-Σ2, η πλεονάζουσα ποσότητα που θα προκύψει από την μείωση των αρδευτικών καταναλώσεων, από 35.3 hm<sup>3</sup>/έτος που εκτιμάται σήμερα, σε 27.2 hm<sup>3</sup>/έτος, θα μπορεί να δοθεί για άρδευση των περιοχών κατάντη του Κέδρου, με την προϋπόθεση μη κατασκευής των υδροηλεκτρικών έργων. Συνολικά, η ετήσια απόληψη για άρδευση των εν λόγω περιοχών κυμαίνεται από 45.0 έως 55.0 hm<sup>3</sup>/έτος, με βάση το επιθυμητό (90%) και αποδεκτό (80%) επίπεδο αξιοπιστίας, αντίστοιχα.
- Εφόσον ολοκληρωθούν ο ΗΥΣ Λεονταρίου, τα υδρευτικά έργα και τα αρδευτικά έργα της ζώνης Σ3, χωρίς ωστόσο ανάπτυξη κλειστού δικτύου, θα μπορεί να καλυφθεί η αρδευτική ζήτηση των ζωνών Σ1-Σ3 με το επιθυμητό επίπεδο αξιοπιστίας 90%, μόνο εφόσον οι απολήψεις της περιόδου Οκτωβρίου-Μαρτίου μέσω της σήραγγας Λεονταρίου περιοριστούν στην κάλυψη της υδρευτικής ζήτησης, και παράλληλα οι εκροές κατάντη του ταμειυτήρα περιοριστούν αποκλειστικά στις ποσότητες που προβλέπονται για τη διατήρηση της ελάχιστης οικολογικής παροχής του Σοφαδίτη. Εφόσον η αρδευτική ζήτηση μειωθεί στα επίπεδα των 500 m<sup>3</sup>/στρέμμα, θα μπορεί να δοθεί 1.0 m<sup>3</sup>/s επιπλέον της υδρευτικής ζήτησης κατά τη χειμερινή περίοδο (ήτοι 1.3 m<sup>3</sup>/s, στο σύνολο), για την παραγωγή ενέργειας.
- Η ένταξη της ζώνης Σ4 είναι εφικτή υπό την προϋπόθεση ταυτόχρονης ανάπτυξης του κλειστού αρδευτικού δικτύου, σε όλη την έκταση των αρδευτικών έργων Σμοκόβου. Στην περίπτωση αυτή, προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστίας, δεν θα είναι δυνατή η εκροή από το φράγμα ποσότητας πέρα από την προβλεπόμενη οικολογική παροχή ούτε η παραγωγή επιπλέον χειμερινής ενέργειας πέραν αυτής που προέρχεται από τις υδρευτικές εκροές.
- Η εξυπηρέτηση περιοχών πέραν της ζώνης Σ4 κρίνεται απολύτως ανέφικτη, καθώς το μέσο ετήσιο δυναμικό του ταμειυτήρα είναι πολύ μικρότερο της συνολικής ζήτησης.



## 7 Πληροφοριακό σύστημα

---

Στα πλαίσια του έργου σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα για να υποστηρίξει τη διαχείριση του ταμιευτήρα και των συναφών έργων. Το σύστημα, που περιγράφεται αναλυτικά στο Τεύχος 3 (Ευστρατιάδης κ.ά., 2007), περιλαμβάνει δύο βάσεις δεδομένων και τέσσερα πακέτα λογισμικού.

Η πρώτη βάση δεδομένων περιέχει όλα τα πρωτογενή γεωγραφικά δεδομένα και τα παράγωγα τους, που προέκυψαν από τις επεξεργασίες του μοντέλου ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ (υπολεκάνες, υδρογραφικό δίκτυο, μονάδες υδρολογικής απόκρισης, κτλ.).

Η δεύτερη βάση είναι η κεντρική του συστήματος, και περιέχει τα περισσότερα από τα απαιτούμενα δεδομένα (πλην των γεωγραφικών), ενώ είναι το μέσο ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των επιμέρους μοντέλων. Περιλαμβάνει:

- τις πρωτογενείς και επεξεργασμένες χρονοσειρές σημειακής βροχόπτωσης·
- τις χρονοσειρές επιφανειακής βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής των υπολεκανών του υδροσυστήματος, που χρησιμοποιούνται από το μοντέλο ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ·
- τις χρονοσειρές παροχής στις θέσεις ελέγχου του υδροσυστήματος·
- τις χρονοσειρές, ημερήσιες και μηνιαίες, που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα Σμοκόβου·
- τα χαρακτηριστικά μεγέθη του ταμιευτήρα Σμοκόβου (ανώτερη και κατώτερη στάθμη, νεκρός όγκος, συνολικό και ωφέλιμο απόθεμα, καμπύλες στάθμης-αποθέματος και στάθμης-επιφάνειας).

Η πρόσβαση στη βάση και η διαχείριση των δεδομένων της γίνεται με το λογισμικό ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ, η κύρια λειτουργία του οποίου, στα πλαίσια του έργου, αφορά στην επεξεργασία των χρονοσειρών (συμπλήρωση ή επέκταση δειγμάτων, γραμμικές πράξεις στα πλαίσια των χωρικών ολοκληρώσεων, υπολογισμός εξάτμισης, αναλύσεις υδατικού ισοζυγίου).

Για την γέννηση συνθετικών εισροών του ταμιευτήρα Σμοκόβου (ύψη απορροής και βροχόπτωσης) χρησιμοποιείται το πακέτο ΚΑΣΤΑΛΙΑ, που αποτελεί πρόσθετο του λογισμικού ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ. Ανάλογα με τον τύπο της προσομοίωσης, μόνιμης κατάστασης ή καταληκτική, επιλέγεται η παραγωγή είτε μιας χρονοσειράς μεγάλου μήκους ή πολλών σεναρίων πρόγνωσης, μεσοπρόθεσμου ορίζοντα.

Η προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών της περιοχής μελέτης γίνεται με το λογισμικό ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ, με την υποστήριξη μιας τοπικής βάσης δεδομένων, όπου είναι αποθηκευμένα τα γεωγραφικά και υδρολογικά δεδομένα εισόδου και οι βελτιστοποιημένες παράμετροι του μοντέλου. η αξιοποίηση του λογισμικού μπορεί να γίνει σε βάθος χρόνου, καθώς θα αυξάνει το δείγμα των εισροών στον ταμιευτήρα ή ακόμα θα προστίθεται υδρομετρική πληροφορία σε άλλες θέσεις του συστήματος, οπότε θα απαιτηθεί επαναπροσδιορισμός των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου.

Τέλος, η ανάλυση των διαχειριστικών σεναρίων γίνεται με το λογισμικό ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ, που αποτελεί το κεντρικό εργαλείο του υπολογιστικού συστήματος. Η επιχειρησιακή του αξιοποίηση αφορά στην εκτίμηση των απολήψεων του τρέχοντος υδρολογικού έτους, με βάση το τρέχον καθεστώς εξέλιξης των έργων και της ζήτησης αλλά και τις τρέχουσες συνθήκες αποθέματος και υδροφορίας, ελέγχοντας παράλληλα τη διατήρηση των πιθανοτήτων αστοχίας όλων των στόχων στα επιτρεπόμενα επίπεδα, για χρονικό ορίζοντα 5-10 ετών.



## 8 Συμπεράσματα – Προτάσεις

---

Τα συμπεράσματα του έργου και οι αντίστοιχες προτάσεις της ερευνητικής ομάδας αφορούν σε δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορά στις ποσοτικές αναλύσεις, υδρολογικές και διαχειριστικές, που εστιάζουν στην εκτίμηση των χαρακτηριστικών μεγεθών του ταμιευτήρα Σμοκόβου και τη διατύπωση πρόσφορων πολιτικών λειτουργίας του, ενώ η δεύτερη αφορά στο νομικό και θεσμικό πλαίσιο του υπό διαμόρφωση Φορέα Διαχείρισης.

### 8.1 Συμπεράσματα

#### 8.1.1 Υδρολογικές και διαχειριστικές αναλύσεις

Από τις υδρολογικές και διαχειριστικές αναλύσεις προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η υδρολογική πληροφορία στην περιοχή μελέτης, βροχομετρική και υδρομετρική, χαρακτηρίζεται μέτριας αξιοπιστίας. Ειδικότερα, οι περισσότερες χρονοσειρές βροχόπτωσης εμφανίζουν μεγάλα χρονικά διαστήματα με κενά, η συμπλήρωση των οποίων με τυπικές στατιστικές μεθόδους είναι επισφαλής, δεδομένης της σημαντικής χωρικής μεταβλητότητας των κατακρημνισμάτων. Από την άλλη πλευρά, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, δεν πραγματοποιούνται μετρήσεις παροχής στα υδατορεύματα, ενώ και οι παλαιότερες μετρήσεις, κυρίως στο σταθμό του Κέδρου, χαρακτηρίζονται από σημαντικές αβεβαιότητες.
- Από τον Ιούλιο του 2002, οπότε και ξεκίνησε η λειτουργία του ταμιευτήρα Σμοκόβου, γίνεται πλημμελής καταγραφή των δεδομένων ισοζυγίου του (στάθμες και εκροές). Ειδικότερα, μετά την πρώτη πλήρωση, η παρακολούθηση της στάθμης γίνεται με συχνότητα μόλις μία φορά το μήνα, ενώ είναι πολύ πιθανό ότι οι εκροές που καταγράφονται είναι μικρότερες των πραγματικών, με συνέπεια να εμφανίζονται αρνητικές εισροές στο θερινό ισοζύγιο του ταμιευτήρα, που δεν έχουν φυσικό νόημα (εκτός και αν οφείλονται σε σημαντικές απώλειες νερού).
- Από τη μοντελοποίηση των υδρολογικών διεργασιών του υδροσυστήματος, με σκοπό την ανακατασκευή των ιστορικών εισροών του ταμιευτήρα, προέκυψε ότι οι εισροές που είχαν υπολογιστεί στο παρελθόν είναι υπερεκτιμημένες. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις πρόσφατες εκτιμήσεις εισροών, που προέκυψαν από την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα της περιόδου 2002-2007. Σε μέση ετήσια βάση, η προσέγγιση καταλήγει σε εισροές της τάξης των  $104 \text{ hm}^3$ , σε αντίθεση με τις εκπονηθείσες μελέτες που εκτιμούν εισροές από  $130$  έως  $175 \text{ hm}^3$ .
- Η διαφορά στις εκτιμήσεις των εισροών οφείλεται εν μέρει και στη μεθοδολογία. Η παρούσα μελέτη λαμβάνει υπόψη τα φυσικά χαρακτηριστικά του υδροσυστήματος, χωρίς να ακολουθεί υπεραπλουστευμένες πρακτικές αναγωγής της χρονοσειράς απορροής στον υδρομετρικό σταθμό του Κέδρου. Οι προηγούμενες προσεγγίσεις αγνοούν το γεγονός ότι η υπολεκάνη της Ξυνιάδας, που καταλαμβάνει το 34% της συνολικής λεκάνης ανάντη του Κέδρου και το 45% της λεκάνης ανάντη του φράγματος, χαρακτηρίζεται από χαμηλά ύψη βροχής και σημαντικά χαμηλότερο συντελεστή απορροής σε σχέση με το υπόλοιπο σύστημα.
- Λαμβάνοντας υπόψη τις αναθεωρημένες εκτιμήσεις των υδρολογικών εισροών του φράγματος, εξετάστηκαν διάφορα σενάρια εξέλιξης των έργων και χρήσεων νερού στην περιοχή μελέτης, που αναφέρονται στη τρέχουσα, βραχυπρόθεσμη και μελλοντική κατάσταση του συστήματος. Σε όλες τις περιπτώσεις, ορίστηκε μια κατώτατη στάθμη αρδευτικών απολήψεων, ίση με  $+345.0 \text{ m}$ , κάτω οποία την οποία επιτρέπεται η πραγματοποίηση εκροών αποκλειστικά για την ικανοποίηση των

υδρευτικών αναγκών (όταν υπάρξουν) και τη διατήρηση της περιβαλλοντικής παροχής κατάντη του φράγματος (συνολικά  $10.0 \text{ hm}^3/\text{έτος}$ ).

- Για τη σημερινή κατάσταση, θέτοντας επιθυμητό όριο αξιοπιστίας της αρδευτικής ζήτησης ίσο με 90%, προτείνεται η απώληση  $35.3 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  για την κάλυψη της αρδευτικής ζήτησης των ζωνών Σ1-Σ2 και η εκροή σταθερής ποσότητας  $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$  την περίοδο Οκτωβρίου-Μαρτίου για παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας μέσω του ΗΥΣ Λεονταρίου. Στην περίπτωση αυτή, μπορούν να δίνονται, επιπλέον των παραπάνω,  $20.0 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  κατάντη του φράγματος (πέραν της περιβαλλοντικής παροχής), για κάλυψη των αρδευτικών αναγκών κατά μήκος του Σοφαδίτη.
- Εναλλακτικά, μπορούν να δίνονται έως και  $35.0 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  κατάντη του φράγματος για άρδευση της παραποτάμιας ζώνης του Σοφαδίτη, χωρίς χειμερινή λειτουργία του ΥΗΣ Λεονταρίου. Γενικά, η τελική κατανομή των εκροών θα αποφασίζεται από τον φορέα, σταθμίζοντας τις ωφέλειες από την παραγωγή ενέργειας και την παροχή αρδευτικού νερού στην περιοχή του Σοφαδίτη.
- Εκτός της σταθερής παροχής που θα δίνεται τη χειμερινή περίοδο στον ΥΗΣ Λεονταρίου, θα υπάρχει δυνατότητα επιπλέον εκροής για την παραγωγή δευτερεύουσας ενέργειας, ζήτημα που συνδέεται με τη διαχείριση των υπερχειλίσεων.
- Η τιμή των  $35.3 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  υπολογίστηκε για ετήσια αρδευτική κατανάλωση  $650 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$ , θεωρώντας ανάπτυξη των προσωρινών έργων (τάφροι, ρουφράκτες) και όχι του δικτύου κλειστών αγωγών. Στην τελευταία περίπτωση, λόγω της μείωσης των απωλειών, η ανηγμένη κατανάλωση εκτιμάται σε  $500 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$ , και οι αντίστοιχες ανάγκες των ζωνών Σ1-Σ2 μειώνονται σε  $27.2 \text{ hm}^3/\text{έτος}$ , οπότε υπάρχει δυνατότητα αυξημένης υδροηλεκτρικής παραγωγής, με εκροή  $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$  κατά τη χειμερινή περίοδο.
- Εφόσον ολοκληρωθούν τα υδρευτικά έργα και τα αρδευτικά των ζωνών Σ1-Σ3, χωρίς ανάπτυξη κλειστού δικτύου, θα μπορεί να καλυφθεί η αρδευτική ζήτηση των εν λόγω ζωνών, μόνο αν οι χειμερινές απολήψεις περιοριστούν στην κάλυψη της υδρευτικής ζήτησης και οι εκροές κατάντη του φράγματος περιοριστούν στην κάλυψη της οικολογικής παροχής του Σοφαδίτη.
- Η ένταξη της ζώνης Σ4 είναι εφικτή υπό την προϋπόθεση ταυτόχρονης ανάπτυξης του κλειστού αρδευτικού δικτύου, σε όλη την έκταση των αρδευτικών έργων Σμοκόβου, ενώ η εξυπηρέτηση περιοχών πέραν της ζώνης Σ4 κρίνεται ανέφικτη.

Γενικά, οι αναλύσεις δείχνουν ότι, εξαιτίας της υπερεκτίμησης των εισροών του ταμιευτήρα, το έργο δεν θα μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες όλης της αρχικά προβλεπόμενης αρδευτικής έκτασης, παρά μόνο ενός τμήματος αυτής, και μάλιστα υπό την προϋπόθεση της κατασκευής του δικτύου κλειστών αγωγών, που θα επιτρέπει αφενός την εξοικονόμηση νερού και αφετέρου τον έλεγχο των απολήψεων.

### **8.1.2 Νομική μορφή και πλαίσιο λειτουργίας Φορέα Διαχείρισης**

Από τη διερεύνηση εναλλακτικών σχημάτων του Φορέα Διαχείρισης και μια προκαταρκτική ανάλυση του πλαισίου λειτουργίας του και των οικονομικών του μεγεθών, και μετά τη δημόσια διαβούλευση, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ο φορέας πρέπει να είναι ανεξάρτητος, οικονομικά αυτοτελής και μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, που σημαίνει ότι τα έσοδά του θα διατίθενται αποκλειστικά για την υλοποίηση των σκοπών του.
- Η περιοχή ευθύνης του θα εκτείνεται μέχρι την κεφαλή του αρδευτικού δικτύου, ενώ η περιοχή αρμοδιότητάς του θα περιλαμβάνει, επιπλέον, την περιοχή του αρδευτικού δικτύου, την περιοχή των υδρευόμενων οικισμών και την παραποτάμια ζώνη κατά μήκος του Σοφαδίτη.
- Το πιο πρόσφορο νομικό σχήμα κρίθηκε ότι είναι η σύσταση Δημοσυνεταιριστικής Α.Ε.. Το μόρφωμα αυτό διαθέτει την απαιτούμενη ευελιξία λήψης αποφάσεων και υλοποίησης δράσεων, αντίστοιχα με ένα Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου, δεν έχει περιορισμούς στο εύρος των αρμοδιοτήτων του και επιτρέπει τη συμμετοχή του δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα και της τοπικής κοινωνίας.

- Ως προς το διοικητικό καθεστώς, προτείνεται ένα Διοικητικό Συμβούλιο από 7-11 μέλη, που θα εκπροσωπούν φορείς της περιοχής.
- Από τις οικονομικές αναλύσεις προέκυψε ότι θα απαιτηθεί ένα αρχικό κεφάλαιο 990 000 €, που περιλαμβάνει το πάγιο κόστος εγκατάστασης του φορέα, καθώς και τις αμοιβές προσωπικού και τα λειτουργικά έξοδα ενός έτους. Το κεφάλαιο αυτό είτε θα δοθεί από το Δημόσιο με τη μορφή επιχορήγησης, αμέσως μετά την σύσταση του φορέα, είτε θα αποκτηθεί μέσω δανεισμού.
- Κατά την φάση μερικής ανάπτυξης του φορέα, κατά την οποία δεν θα υπάρχει η δυνατότητα παροχής υδρευτικού νερού, τα έσοδα θα προέρχονται αποκλειστικά από την πώληση νερού σε προσωρινά αρδευτικά δίκτυα και την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων παραγωγής ενέργειας. Στη φάση αυτή, ο φορέας θα είναι βιώσιμος, εφόσον υιοθετηθεί μια πολιτική σχετικά υψηλών τιμολογίων. Αντίθετα, κατά την φάση πλήρους ανάπτυξης των κλειστών αρδευτικών αγωγών μέχρι τη ζώνη Σ4, ο φορέας θα είναι οικονομικά βιώσιμος, ακόμη και για το σενάριο χαμηλής τιμολόγησης.

Ανεξάρτητα από τη νομική μορφή που θα επιλεγεί, ο φορέας οφείλει να έχει αναπτυξιακό χαρακτήρα, ώστε με τις παρεμβάσεις και δραστηριότητές του, να συμβάλλει στην ανάπτυξη της περιοχής και την ενδυνάμωση του εισοδήματος των κατοίκων της. Με δεδομένο ότι θα είναι μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, το ετήσιο πλεόνασμα θα αξιοποιείται σε τρεις άξονες:

- στη χρηματοδότηση έργων επέκτασης του αρδευτικού και υδρευτικού δικτύου·
- σε επενδύσεις που αφορούν σε έργα και δράσεις αναπτυξιακού και περιβαλλοντικού χαρακτήρα·
- στη διατήρηση ενός αποθεματικού κεφαλαίου που θα χρησιμοποιείται τα ξηρά έτη.

## 8.2 Προτάσεις

### 8.2.1 Εποπτεία και διαχείριση υδροσυστήματος

Επειδή οι αναλύσεις που έγιναν βασίστηκαν σε σχετικά επισφαλής δεδομένα, προτείνεται ένα πλαίσιο δράσεων για τη συστηματική παρακολούθηση των υδρολογικών και διαχειριστικών μεγεθών του υδροσυστήματος. Συγκεκριμένα:

- Κρίνεται απαραίτητη η άμεση λειτουργία του τηλεμετρικού σταθμού του φράγματος, ώστε να υπάρχει συνεχής και αξιόπιστη καταγραφή της στάθμης και των υδρομετεωρολογικών συνθηκών του ταμιευτήρα.
- Ομοίως, κρίνεται απαραίτητη η παρακολούθηση των απολήψεων από το φράγμα και τη σήραγγα Λεονταρίου, και η καταγραφή των σχετικών μεγεθών σε ημερήσια βάση.
- Θα πρέπει να διερευνηθεί αν η ύπαρξη αρνητικών τιμών εισροών στο ισοζύγιο του ταμιευτήρα οφείλεται σε υποεκτίμηση των εκροών ή στην πιθανότητα ύπαρξης διαφυγών νερού από τη λεκάνη κατάκλυσης ή τη σήραγγα εκτροπής.
- Εκτός των παραπάνω, προκύπτει η ανάγκη συστηματικής παρακολούθησης των υδρολογικών και διαχειριστικών μεγεθών του υδροσυστήματος (βροχοπτώσεις, παροχές, μετεωρολογικά δεδομένα, αρδευτικές απολήψεις Ξυνιάδας), που θα εξασφαλίσει την αξιόπιστη εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής. Στο σημείο αυτό θεωρείται κομβικός ο ρόλος του φορέα διαχείρισης, που θα είναι αρμόδιος και για τον έλεγχο των υδατικών πόρων της λεκάνης, την παρακολούθηση των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων και του φυσικού περιβάλλοντος.

Στα πλαίσια του έργου, σχεδιάστηκε, υλοποιήθηκε και παραδόθηκε μια ολοκληρωμένη πληροφοριακή υποδομή, για την υποστήριξη της διαχείρισης των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης. Θεωρείται πολύ σημαντική η αξιοποίηση της εν λόγω υποδομής, η συνεχής ενημέρωση της βάσης με τα επίκαιρα δεδομένα και η τακτική (τουλάχιστον μία φορά κάθε έτος, πριν την αρχή της αρδευτικής περιόδου) επικαιροποίηση των διαχειριστικών σεναρίων, που θα εξασφαλίζει τη βέλτιστη λειτουργία των έργων.

### **8.2.2 Ολοκλήρωση δημιουργίας Φορέα Διαχείρισης**

Στην παρούσα φάση, και μετά την ολοκλήρωση του δημόσιου διαλόγου, έχουν αποσαφηνιστεί η νομική μορφή του φορέα, που θα είναι ένας οργανισμός μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, με τη μορφή Δημοσυνεταιριστικής Α.Ε. Έχουν συμφωνηθεί οι περιοχές ευθύνης και αρμοδιότητας, σε αρμονία με τις προτάσεις της μελέτης, και έχει γίνει, καταρχήν, αποδεκτή η διοικητική μορφή που προβλέπει το προσχέδιο του καταστατικού. Τα σημεία που πρέπει να αποσαφηνιστούν άμεσα αφορούν:

- στην τελική υλοποίηση καταστατικού·
- στο πλαίσιο συνεργασίας με τη ΔΕΗ·
- στη δυνατότητα συνδυασμένης διαχείρισης των ταμιευτήρων Πλαστήρα και Σμοκόβου.

## Αναφορές

---

- Βαβίζος, Γ., Κ. Ζαννάκη, Δ. Ζαφειρόπουλος & ΣΙΑ Α.Ε., και Ιωάννης Ζαχάρωφ ΣΥΝΘΕΣΗ & ΕΡΕΥΝΑ Ε.Π.Ε., *Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επανορθωτικών μέτρων από την κατασκευή και λειτουργία του φράγματος Σμοκόβου και συναφών έργων*, Ανάδοχος: ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7), Αθήνα, 1995.
- ELECTROWATT, *Αξιοποιήσις πεδιάδος Θεσσαλίας, Προμελέτη φράγματος Σμοκόβου*, ΥΠΔΕ, 1970.
- Ευστρατιάδης, Α., Α. Κουκουβίνος, Ε. Ρόζος, Α. Τέγος, και Ι. Ναλμπάντης, Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης υδρολογικών-υδρογεωλογικών διεργασιών λεκάνης απορροής «Υδρόγειος», *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)*, Ανάδοχος: ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί και Μελετητές Α.Ε., Τεύχος 4α, 103 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 2006.
- Ευστρατιάδης, Α., Α. Κουκουβίνος, Ν. Μαμάσης, και Δ. Κουτσογιάννης, Εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης και βέλτιστης λειτουργίας ταμιευτήρα Σμοκόβου και συναφών έργων, *Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του ταμιευτήρα Σμοκόβου*, Τεύχος 3, 100 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 2007.
- 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., Δ. Κουτσογιάννης, και Σ. Κοζάνης, Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών «Κασταλία», *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)*, Ανάδοχος: ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί και Μελετητές Α.Ε., Τεύχος 3, 61 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2005.
- Κουκουβίνος, Α., Α. Ευστρατιάδης, Α. Λαζαρίδης, και Ν. Μαμάσης, Έκθεση δεδομένων, *Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του ταμιευτήρα Σμοκόβου*, Τεύχος 1, 66 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2006.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Μαμάσης, Ν., Ρ. Μαυροδήμου, Α. Ευστρατιάδης, Μ. Χαϊνταρλής, Α. Τέγος, Α. Κουκουβίνος, Π. Λαζαρίδου, Μ. Μαγαλιού, και Δ. Κουτσογιάννης, Διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης και λειτουργίας Φορέα Διαχείρισης έργων Σμοκόβου, *Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του ταμιευτήρα Σμοκόβου*, Τεύχος 2, 73 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούνιος 2006.
- Ρόπης, Κ., *Διερεύνηση της ποιότητας των υδάτων της λίμνης Σμοκόβου*, Μεταπτυχιακή εργασία, 94 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2005.

- Τέγος, Α., *Απλοποίηση της εκτίμησης της εξαμνοδιαπνοής στην Ελλάδα*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2007.
- ΥΔΡΟΜΕΤ – ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ – ΤΕΤΡΑΚΥΣ, *Οριστική μελέτη αρδευτικού έργου Σοφαδίτη (Σμοκόβου), Πρώτο τμήμα αρδευτικής περιμέτρου*, Υδρολογική μελέτη, ΥΠΔΕ, Απρίλιος 1983.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, *Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής των Ποταμών Αχελώου και Πηνειού Θεσσαλίας*, Αθήνα, 2006.
- Efstratiadis, A., and D. Koutsoyiannis, An evolutionary annealing-simplex algorithm for global optimisation of water resource systems, *Proceedings of the Fifth International Conference on Hydroinformatics*, Cardiff, UK, 1423-1428, International Water Association, 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 disturbed river basins, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 4(3), 1947-1997, 2007.
- 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, 1-17, 2003.
- Koutsoyiannis, D., and A. Manetas, Simple disaggregation by accurate adjusting procedures, *Water Resources Research*, 32(7), 2105-2117, 1996.
- 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., Optimal decomposition of covariance matrices for multivariate stochastic models in hydrology, *Water Resources Research*, 35(4), 1219-1229, 1999.
- 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.
- Rozos, E., and D. Koutsoyiannis, A multicell karstic aquifer model with alternative flow equations, *Journal of Hydrology*, 325(1-4), 340-355, 2006.
- Rozos, E., and D. Koutsoyiannis, Application of the Integrated Finite Difference Method in groundwater flow, *European Geosciences Union General Assembly 2005, Geophysical Research Abstracts, Vol. 7*, Vienna, 00579, European Geosciences Union, 2005.