



**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**

***ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ***  
**ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ**  
**ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ - ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**Ε. ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ**

**Επικ. Καθηγητής**

**ΑΘΗΝΑ 2010**

## ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

### Βασικές έννοιες

Ο κύκλος του νερού είναι ένας από τους σημαντικότερους που εξελίσσονται στη φύση. Στην πιο απλή του περιγραφή περιλαμβάνει την εξάτμιση του νερού από τους ωκεανούς, λίμνες, ποταμούς κ.α. (E), την μεταφορά και συμπύκνωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα, την επαναφορά του στην επιφάνεια της γης με τη μορφή βροχής, χιονιού ή πάγου (P) και τέλος την επιφανειακή (R) και υπόγεια ροή (I) του μέχρι το «βασικό» επίπεδο της θάλασσας ( $P=E+I+R$ ). Ο τύπος αυτός ονομάζεται τύπος του υδρολογικού ισοζυγίου και αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του κύκλου του νερού.

Οι περισσότεροι ποταμοί είναι μέρος ενός μεγαλύτερου υδρογραφικού δικτύου, το οποίο συνορεύει με το διπλανό του με την ενδιάμεση κορυφογραμμή (υδροκρίτης). Όλη η περιοχή αποστράγγισης ενός υδρογραφικού δικτύου καλείται λεκάνη απορροής. Μια λεκάνη απορροής μπορεί να έχει επιφάνεια από μερικά μέχρι και εκατοντάδες χιλιόμετρα. Την πορεία που θα ακολουθήσει ένας ποταμός καθορίζουν κύρια η μορφολογία της περιοχής (τοπογραφικές κλίσεις) και η δομή του υποκειμένου πετρώματος (λιθολογία και τεκτονική). Το κύριο χαρακτηριστικό κάθε υδρογραφικού δικτύου είναι οι δεκάδες των χειμάρρων και των παραποτάμων που ενώνονται για τον σχηματισμό των ποταμών.

Για την καλύτερη μελέτη των λεκανών απορροής ο Horton και μετέπειτα ο Strahler, πρότειναν ένα σύστημα διαβάθμισης – αρίθμησης των ρευμάτων (ή κλάδων του δικτύου). Έτσι ονομάζουμε πρώτης τάξης τα ρεύματα-κλάδους που βρίσκονται υψομετρικά στην κορυφή του όλου δικτύου και δεν δέχονται νερά από άλλους παραποτάμους, δεύτερης τάξης όταν έχουμε συνένωση δύο ρευμάτων πρώτης τάξης κ.ο.κ. σύμφωνα με την αρίθμηση αυτή όταν ένας κλάδος μικρότερης τάξης ενώνεται με έναν μεγαλύτερης τάξης κλάδο η τάξη δεν αλλάζει. Συμπεραίνουμε ότι τα κύρια ποτάμια είναι μεγαλύτερης τάξης απ' ό,τι τα δευτερεύοντα ρεύματα.

### Τι είναι πλημμυρική παροχή

Παροχή είναι η ποσότητα του νερού που διέρχεται από τη διατομή της κοίτης ενός ποταμού στη μονάδα του χρόνου. Είναι προφανές ότι η παροχή στο υδρογραφικό δίκτυο μιας λεκάνης απορροής εμφανίζει μεταβολές τόσο στο χώρο όσο και στον χρόνο. Οι μεταβολές στον χώρο οφείλονται σε γεωλογικούς, μορφολογικούς καθώς και κλιματικούς παράγοντες. Οι γεωλογικοί παράγοντες σχετίζονται κυρίως με τη φύση των γεωλογικών σχηματισμών (διαπερατοί, ημιπερατοί ή αδιαπέρατοι) που καταλαμβάνουν τα επιμέρους τμήματα της λεκάνης απορροής. Οι μορφολογικοί με την μορφολογική κλίση των κλιτύων (μεγάλες κλίσεις ευνοούν την επιφανειακή

απορροή – παροχή και περιορίζουν την κατείσδυση) ενώ οι κλιματικοί με το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και τις απώλειες εξαιτίας της εξάτμισης που θα είναι μεγαλύτερες όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλή.

Οι μεταβολές της παροχής στο χρόνο είναι συνάρτηση της χρονοσειράς των κατακρημνισμάτων. Πράγματι όταν μια βροχόπτωση έχει μεγάλη ένταση και διάρκεια προκαλεί ραγδαία αύξηση της παροχής στις κοίτες των ποταμών του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης, προκαλεί δηλαδή πλημμυρικές παροχές των οποίων το σημείο αιχμής μπορεί υπό συνθήκες να παίρνει ακρότατες τιμές.

Σε αρκετές περιπτώσεις είναι αναγκαία η γνώση των ακραίων τιμών των πλημμυρικών παροχών τόσο για θεωρητικούς όσο και για πρακτικούς λόγους που σχετίζονται άμεσα με την αντιμετώπιση των πλημμύρων και τον περιορισμό των αρνητικών τους αποτελεσμάτων. Οι πρακτικοί λόγοι είναι η σχεδίαση αποχετευτικών συστημάτων, η διευθέτηση της κοίτης ποταμών και χειμάρρων που διέρχονται από κατοικημένες περιοχές ή από αγροτικές καλλιέργειες, η σχεδίαση υπερχειλιστών σε φράγματα κ.α.

### **Ανάλυση των πλημμυρικών φαινομένων**

Όταν στην περιοχή μιας λεκάνης απορροής βρέχει τα νερά της επιφανειακής απορροής κινούνται βαθμιαία προς την έξοδο της λεκάνης (που μπορεί να είναι οι εκβολές του ποταμού ή η συμβολή ενός ποταμού με κάποιον άλλο). Πρώτα φθάνουν τα νερά που έρχονται από τα κοντινά προς την έξοδο σημεία της λεκάνης, μετά εκείνα που προέρχονται από τα ενδιάμεσα σημεία και τέλος φθάνουν εκείνα που έρχονται από τα πιο απομακρυσμένα (ακραία) σημεία της λεκάνης. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα χάραξης των ισόχρονων καμπυλών που είναι καμπύλες γραμμές στη λεκάνη απορροής που κάθε μια ενώνει σημεία που ανήκουν στον γεωμετρικό τόπο όπου τα νερά που απορρέουν επιφανειακά φθάνουν ταυτόχρονα στην έξοδο της λεκάνης. Για παράδειγμα η ισόχρονη της 1 ώρας σημαίνει ότι σε αυτά τα σημεία από τα οποία περνά η καμπύλη το νερό της επιφανειακής απορροής χρειάζεται 1 ώρα για να φθάσει στην έξοδο της λεκάνης.

Ο χρόνος που απαιτείται για το νερό που απορρέει επιφανειακά και βρίσκεται στα ανώτερα (πιο απομακρυσμένα) σημεία της λεκάνης απορροής για να φθάσουν στην έξοδο της ονομάζεται χρόνος μέγιστης διαδρομής ή χρόνος συγκέντρωσης ή χρόνος συρροής. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από την έκταση της λεκάνης, από το γεωμετρικό της σχήμα αλλά και από τη μορφολογία – κλίσεις του αναγλύφου της.

Αν μια βροχόπτωση έχει σταθερή ένταση σε όλη τη διάρκειά της (που μπορεί να είναι ίση ή και μικρότερη του χρόνου συρροής) και έχει ομοιόμορφη κατανομή σε όλη την έκτασή της λεκάνης τότε στην έξοδο της λεκάνης θα πάρουμε το μοναδιαίο

υδρόγραμμα. Αυτό το υδρόγραμμα, που είναι ένα διάγραμμα χρόνου – παροχής δίνει ορισμένα στοιχεία όπως είναι η μέγιστη παροχή του ποταμού, ο χρόνος ανταπόκρισης, ο χρόνος συρροής κ.α. που εξαρτώνται τόσο από τα φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά (γεωλογία, μορφολογία, γεωμετρία, έκταση) της εκάστοτε λεκάνης όσο και από τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης (π.χ. την ένταση) που το προκάλεσε. Για να φθάσει η ακραία πλημμυρική παροχή στην έξοδο της λεκάνης θα πρέπει η βροχόπτωση να έχει διάρκεια ίση με το χρόνο συρροής. Αν η βροχόπτωση διαρκέσει περισσότερο από το χρόνο συρροής τότε δε θα υπάρξει αύξηση της μέγιστης πλημμυρικής παροχής αλλά απλά η μέγιστη τιμή δεν θα παρατηρηθεί στιγμιαία αλλά θα διαρκέσει για κάποιο χρονικό διάστημα που θα είναι αντίστοιχο προς τη διάρκεια της βροχόπτωσης.

Είναι προφανές ότι αυτά είναι πολύ θεωρητικά διότι είναι πιθανό (συνήθως έτσι συμβαίνει) η βροχόπτωση να λαμβάνει χώρα σε ένα μόνο τμήμα της λεκάνης και όχι σε όλη της την έκταση ή η έντασή της να είναι διαφορετική στα διάφορα τμήματα της λεκάνης.

### **Παράγοντες που ρυθμίζουν τις πλημμυρικές παροχές**

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν τις ακραίες τιμές των πλημμυρικών παροχών είναι οι εξής:

- Η ένταση και η διάρκεια της βροχόπτωσης,
- Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση της λεκάνης τόσο μεγαλύτερη είναι η ακραία τιμή της πλημμυρικής παροχής. Αντίθετα η ειδική πλημμυρική παροχή που είναι η ανά μονάδα επιφάνειας (π.χ. ανά  $1 \text{ km}^2$ ) αντιστοιχούσα πλημμυρικής παροχής, με ίδιες τις άλλες συνθήκες είναι τόσο μικρότερη όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση της λεκάνης. Μεταξύ της επιφάνειας της λεκάνης (A) και της παροχής (qM) υπάρχει η σχέση:

$$qM=CA^n$$

όπου C είναι παράμετρος που εξαρτάται από τη γεωμετρία, τη γεωλογία και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης και n είναι εκθέτης που παίρνει τιμή από 0,4 έως 0,8.

- Το γεωμετρικό σχήμα της λεκάνης που ουσιαστικά καθορίζει τον χρόνο συρροής,
- Τη γεωλογική σύσταση και τη μορφολογία που ουσιαστικά καθορίζουν το συντελεστή απορροής και

- Την επέμβαση του ανθρώπου που κυρίως αφορά τον περιορισμό των φυσικών κοιτών, τη στεγανοποίηση τμήματος των λεκανών απορροής, τον περιορισμό της φυσικής βλάστησης κ.α.

Πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι ορισμένες βροχοπτώσεις μεγάλης έντασης έχουν κάποια χρονική περίοδο επανάληψης (10, 50, 100, 500 ή ακόμη και 1000 έτη). Δηλαδή υπάρχει μια μέγιστη ένταση βροχόπτωσης που παρατηρείται ανά 10ετία, μια άλλη ανά 50ετία κ.ο.κ που προφανώς προκαλούν αντίστοιχες πλημμυρικές παροχές. Αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη όταν επιχειρείται η διευθέτηση της κοίτης ενός ποταμού ή η οικοδόμηση των περιοχών εκατέρωθεν της κοίτης. Συνήθως οι ποταμοί έχουν διαμορφώσει τις κοίτες τους έτσι ώστε να παροχετεύεται μέσω αυτών η επιφανειακή απορροή των λεκανών που αποστραγίζουν. Τα μορφολογικά αυτά χαρακτηριστικά των κοιτών των ποταμών θα πρέπει να μπορούν να αναγνωριστούν και να σεβαστούν κατά την επέμβαση του ανθρώπου στις παραποτάμιες περιοχές.

### **Μέθοδοι υπολογισμού πλημμυρικών παροχών**

Είναι πολύ δύσκολο να συνδυαστούν και να συνυπολογιστούν όλες οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται η πλημμυρική παροχή ενός ποταμού. Η δυσκολία αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι οι παράμετροι αυτές μεταβάλλονται ποικιλοτρόπως και ευρύτατα.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι υπολογισμού της μέγιστης τιμής των πλημμυρικών παροχών τόσο εμπειρικές όσο και αναλυτικές. Οι εμπειρικές μέθοδοι αποτελούν σχέσεις μεταξύ διαφόρων χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής (όπως είναι η έκταση, η κλίση κ.α) ενώ οι αναλυτικές αναλύουν διάφορα υδρολογικά μεγέθη και διαδικασίες.

Μερικοί εμπειρικοί τύποι είναι οι ακόλουθοι:

Τύποι που στηρίζονται στην έκταση της λεκάνης απορροής (E). Μεταξύ αυτών η σχέση που φαίνεται να προσεγγίζει ικανοποιητικά τις πλημμυρικές παροχές λεκανών έκτασης μεταξύ 5 και 200 km<sup>2</sup> στον ελλαδικό χώρο είναι η εξής:

$$q_M = 14 \sqrt{E} \log E$$

Τύποι στους οποίους υπεισέρχεται και το ύψος βροχής (P).

$$q_M = \lambda m PE$$

όπου  $\lambda$  = συντελεστής χαρακτηριστικός της μορφολογίας της λεκάνης με τιμές από 0,017 μέχρι 0,80 που δίνονται από πίνακες,  
 $m$  = συντελεστής που εξαρτάται από την έκταση της λεκάνης (με τιμές από 1 μέχρι 10).

$$q_M = \frac{I_\sigma \cdot P \cdot E}{t_c}$$

όπου  $I_\sigma$  = συντελεστής απορροής της λεκάνης για την εξεταζόμενη βροχόπτωση, και  
 $t_c$  = ο χρόνος συγκέντρωσης που προκύπτει από επιτόπιες μετρήσεις - παρατηρήσεις.

Τύποι που υπεισέρχεται η περίοδος επανάληψης Τα των πλημμυρών που είναι 10, 20, 100 έτη.

Τέτοιος είναι ο τύπος του Fuller:

$$q_M = q_\mu (1 + 0,8 \log T) \left(1 + \frac{2,66}{E^{0,3}}\right)$$

όπου  $q_\mu$  = η «μέση» πλημμυρική παροχή που αντιστοιχεί σε πλημμυρική παροχή με συχνότητα επανάληψης  $T = 1$  έτος και δίνεται από τον τύπο

$$q_\mu = 1,8 E^{0,8}$$

Τύποι στους οποίους υπεισέρχονται τόσο η περίοδος επανάληψης όσο και τα χαρακτηριστικά (γεωμετρικά – μορφολογικά – γεωλογικά) της λεκάνης.

Οι τύποι αυτοί αποτελούν την ορθολογική μέθοδο. Ο γνωστότερος είναι ο τύπος του Gadotti:

$$q_M = 0,278 E \cdot P_i \cdot I_o$$

όπου  $P_i$  = η ένταση της βροχόπτωσης που δίνεται από τον τύπο

$$P_i = (30 \log T + 15) t_c^{-0,60}$$

όπου  $t_c$  = ο χρόνος συγκέντρωσης που υπολογίζεται από τον τύπο

$$t_c = \frac{4 \sqrt{E} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{z}}$$

Στον τελευταίο τύπο:  $L$  = το μήκος της μέγιστης διαδρομής δηλ. το μήκος του μεγαλύτερου μισχάγγειου και  $z$  = η υψομετρική διαφορά μεταξύ του σημείου εξόδου της λεκάνης (όπου και ο υπολογισμός της παροχής) και του μέσου υψόμετρου της λεκάνης. Ο τύπος αυτός συνδυάζει πολλούς παράγοντες που ρυθμίζουν τη μέγιστη πλημμυρική παροχή και δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

### Μέθοδος περιβαλλουσών καμπυλών

Ουσιαστικά η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στην κατασκευή ενός διαγράμματος με λογαριθμικές κλίμακες που στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται οι μέγιστες ειδικές παροχές που παρατηρήθηκαν και στον οριζόντιο οι εκτάσεις των αντίστοιχων λεκανών. Κάθε σημείο του διαγράμματος αντιστοιχεί σε λεκάνη που έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτή που μελετάμε. Το νέφος των σημείων δεν υπερβαίνει προς τα πάνω ένα συγκεκριμένο όριο. Αυτό το όριο είναι και η μέγιστη παροχή που ενδέχεται να παρατηρηθεί στη λεκάνη απορροής. Στη μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιούνται μετρήσεις πεδίου που έχουν πραγματοποιηθεί σε λεκάνες με παρόμοια χαρακτηριστικά με την μελετώμενη για την οποία δεν υπάρχουν καθόλου μετρήσεις πεδίου για τη μέτρηση της μέγιστης πλημμυρικής της παροχής. Είναι προφανές ότι το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι χρησιμοποιούνται στοιχεία από άλλες λεκάνες.

### Στατιστικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι αυτές στηρίζονται στην επεξεργασία ενός ορισμένου αριθμού αξιόπιστων μετρήσεων οι οποίες θα πρέπει να είναι μακροχρόνιες. Η επεξεργασία των μετρήσεων αυτών γίνεται με στατιστικές μεθοδολογίες. Εκτιμάται η πιθανότητα που υπάρχει σε ένα συγκεκριμένο ποτάμι η παροχή να είναι πάνω από μια δεδομένη τιμή. Μια τέτοια μέθοδος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε ποτάμια ρεύματα κατοικημένων περιοχών όπως για παράδειγμα ο Κηφισός όπου αξιόπιστες μετρήσεις παροχής είναι εύκολο να γίνουν σε τακτά χρονικά διαστήματα. Εντούτοις παρόμοιες μετρήσεις για τον Κηφισό δεν υπάρχουν.

### Μέθοδοι Υδρομετεωρολογίας

Στηρίζονται στην ανάλυση βροχομετρικών δεδομένων που δίνουν συχνότητα ορισμένων εντάσεων και επίσης συχνότητες εντάσεων σε συνάρτηση με την αντίστοιχη διάρκεια των βροχοπτώσεων.



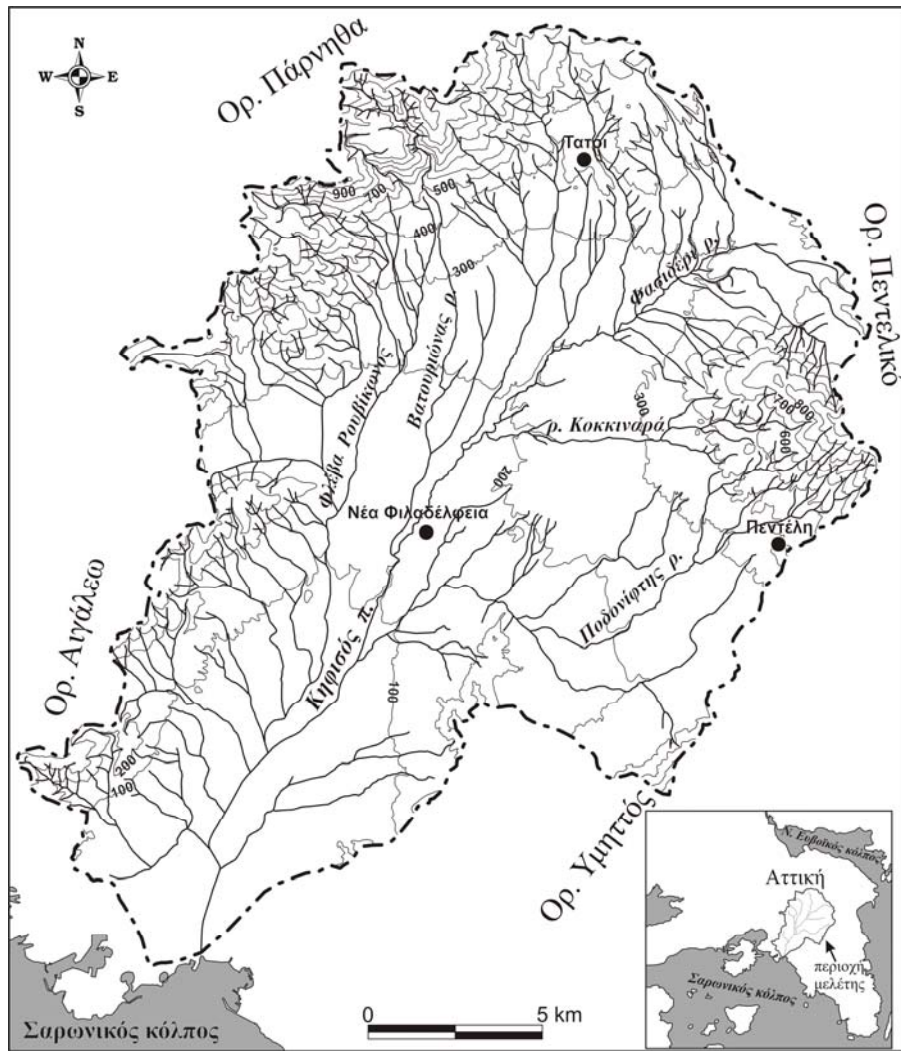
**Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ  
ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΤΩ ΡΟΥ ΤΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ  
(ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟ ΑΤΤΙΚΗΣ)**

## **1. Εισαγωγή**

Η γρήγορη και σε σημαντικό βαθμό απρογραμμάτιστη ανάπτυξη του πολεοδομικού συγκροτήματος των Αθηνών που πραγματοποιήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες προκάλεσε αρκετά προβλήματα. Η έντονη οικιστική δραστηριότητα σε συνδυασμό με τις ανεξέλεγκτες πυρκαγιές και αποψιώσεις είχε σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή δασικών εκτάσεων στις λεκάνες απορροής σε περιοχές πυκνής δόμησης, με κυριότερες επεμβάσεις την αντικατάσταση των φυσικών κοιτών από δομημένες εκτάσεις ή ακόμη και οδικούς άξονες. Όλες αυτές οι ενέργειες είχαν σαν αποτέλεσμα την τροποποίηση της φυσικής απορροής και την αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών (Maroukian *et al.*, 1994). Εντούτοις η καταγραφή των πλημμυρικών επεισοδίων των τελευταίων 108 ετών δείχνουν ότι πλημμύρες, που σε αρκετές περιπτώσεις είχαν πολλές υλικές ζημιές ή και ανθρώπινα θύματα, συνέβαιναν και κατά το παρελθόν, αρκετά πριν την υπερεκμετάλλευση της γης με την έντονη οικιστική ανάπτυξη που παρατηρήθηκε μεταπολεμικά. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί στη διαπίστωση ότι εκτός από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις, που σαφώς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πυροδότηση πλημμυρών, κατά ένα ποσοστό ευθύνονται και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η καταγραφή των πλημμυρικών επεισοδίων που έπληξαν την περιοχή του κάτω ρου του ποταμού Κηφισού κατά τη διάρκεια της τελευταίας 108 ετών και η διερεύνηση τόσο των φυσικών όσο και των ανθρωπογενών αιτιών που ευθύνονται για την εκδήλωσή τους.

### **1.1 Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά**

Ο ποταμός Κηφισός είναι ο κυριότερος αποδέκτης των νερών του λεκανοπεδίου της Αττικής. Έχει λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης 374.6 km<sup>2</sup> που οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους Αιγάλεω (468 m) στα δυτικά, Πάρνηθας (1413 m) στα βόρεια, Πεντελικού (1109 m) στα βορειοανατολικά και Υμηττού (1026 m) στα ανατολικά με συνολικό μήκος κεντρικής κοίτης 33.7 km, διεύθυνση ροής Β ΒΑ-Ν ΝΔ εκβάλλοντας στο Σαρωνικό κόλπο (Σχήμα 1). Κυριότεροι παραπόταμοί του είναι τα ρέματα Βατουριώνας και Φλέβα Ρουβίκωνος που αποστραγγίζουν τις νότιες πλαγιές της Πάρνηθας και τα ρ. Φασιδέρι, Κοκκινάρα και Ποδονίφτης που αποστραγγίζουν τις δυτικές πλαγιές του Πεντελικού. Ο Ιλισός ποταμός αποτελούσε έναν από τους μεγαλύτερους παραποτάμους του μέχρι τις αρχές του προηγούμενου αιώνα οπότε διευθετήθηκε και αποκόπηκε από τη λεκάνη απορροής του.



Σχήμα 1. Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Κηφισού ποταμού.

Ενδεικτικά των κλιματολογικών συνθηκών της λεκάνης απορροής είναι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής των σταθμών Τατοΐου και Νέας Φιλαδέλφειας που ανέρχεται σε 430 mm και 414 mm καθώς και η μέση ετήσια θερμοκρασία που είναι 16.4 °C και 17.6 °C αντίστοιχα.

Οι περιβάλλοντες ορεινοί όγκοι του λεκανοπεδίου συνίστανται από αλπικούς σχηματισμούς των ενοτήτων Αττικής και Υποπελαγονικής. Οι σχηματισμοί της ενότητας Αττικής αποτελούν το υπόβαθρο του λεκανοπεδίου και περιλαμβάνουν σχιστόλιθους Περμοτριάδικης ηλικίας, μάρμαρα Τριαδικού – Ιουρασικού, τους Κρητιδικούς σχιστόλιθους των Αθηνών (Υμηττός) και τους Ανω-Κρητιδικούς ασβεστόλιθους των Αθηνών. Η Υποπελαγονική ενότητα είναι επωθημένη στην ενότητα Αττικής και καταλαμβάνει τα δυτικά και βόρεια περιθώρια του λεκανοπεδίου (Πάρνηθα, Πεντέλη) αποτελούμενη από κλαστικούς σχηματισμούς (ψαμμίτες, σχιστόλιθους και φυλλίτες ηλικίας νέο-Παλαιοζωϊκού – Μέσου Τριαδικού, Τριαδικούς – Ιουρασικούς ασβεστόλιθους, επωθημένους οφιόλιθους, ασβεστόλιθους της Ανω-Κρητιδικής επίκλυσης και φλύσχη (Lepsius, 1893). Το μεγαλύτερο τμήμα της πεδινής έκτασης του λεκανοπεδίου καθώς και πρηνή των ορεινών όγκων καταλαμβάνονται από μεταλπικούς Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμούς. Οι

Νεογενείς σχηματισμοί συνίστανται από αποθέσεις λιμναίας και ποταμοχειμάρρειας φάσης όπως μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, οι δε Πλειστοκαινικοί από άμμους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή ποταμοχειμάρρειας προέλευσης καθώς και Ολοκαινικές χαλαρές αποθέσεις άμμων και χαλίκων (Niedermayer, 1971). Οι μεταλπηκοί σχηματισμοί που καλύπτουν το 65% της έκτασης του λεκανοπεδίου σχεδόν στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται υδρολιθολογικά σαν περατοί ή ημιπερατοί, τα ανθρακικά υδροπερατά πετρώματα, που αναπτύσσονται περιφερειακά του λεκανοπεδίου, καταλαμβάνουν το 22% ενώ το υπόλοιπο 13% καλύπτεται από αδιαπέρατους σχιστόλιθους (Αντωνίου, 2002). Σημειώνεται ότι στην αναφερθείσα κατηγοριοποίηση δεν έχει ληφθεί υπόψη η τεκτονική κατάσταση των σχηματισμών εφόσον το δευτερογενές πορώδες αρκετά συχνά θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό ακόμη και στην περίπτωση αδιαπέρατων λιθολογιών.

## 2. Μεθοδολογία

Στα πλαίσια της μελέτης δίνεται ιστορικό των πλημμυρών που σημειώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή του κάτω ρου του Κηφισού ποταμού με τη συλλογή και αξιολόγηση πληροφοριών σχετικά με τις καταγεγραμμένες πλημμύρες που έχουν συμβεί στο λεκανοπέδιο της Αθήνας κατά τη διάρκεια των τελευταίων 108 ετών (1896–2004) (Πίνακας 1). Για τις ημερομηνίες των σημαντικότερων πλημμυρών, μετά το 1961, συλλέχτηκαν και επεξεργάστηκαν τα ύψη βροχής 24ώρου ή 48ώρου που καταγράφηκαν στους μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΜΥ στο Τατόι και τη Νέα Φιλαδέλφεια ενώ για τις πλημμύρες του διαστήματος 2002-2004 χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον βροχομετρικά δεδομένα του σταθμού Πεντέλης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών που λειτουργεί από το 1999 (Σχήμα 2).

Προκειμένου να διερευνηθεί η συμβολή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών στη γένεση πλημμυρών υπολογίστηκαν οι ποσοτικές μορφομετρικές παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού ποταμού. Για την ποσοτική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου και τις μετρήσεις των μορφομετρικών του παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν χάρτες κλίμακας 1:50000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Χαράχτηκαν οι υδροκρίτες των επιμέρους λεκανών απορροής και έγινε η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου σύμφωνα με το σύστημα του Strahler (1957). Διερευνήθηκε η σχέση του αριθμού των κλάδων (N), του μέσου μήκους (L) και του μέσου εμβαδού (A) ανά τάξη (u) κατά Horton (1945) ενώ επιπλέον εκτιμήθηκε ο αριθμός, το μήκος και το εμβαδόν των κλάδων που απορρέουν άμεσα σε κλάδους μεγαλύτερης τάξης. Σχεδιάστηκαν οι επιμήκεις τομές τόσο της κεντρικής κοίτης του Κηφισού ποταμού όσο και των έξι κυριότερων παραποτάμων του και εκτιμήθηκε η μέση κλίση κατά μήκος της διαδρομής τους.

Για την εκτίμηση των ανθρωπογενών επεμβάσεων συγκρίθηκε το υδρογραφικό δίκτυο από τη σειρά χαρτών των Curtius and Kaupert (1878-1894) κλίμακας 1:25000 με το δίκτυο των πρόσφατων χαρτών της ΓΥΣ (1988). Οι κοίτες του υδρογραφικού δικτύου διακρίθηκαν σε δύο κατηγορίες ήτοι σε κοίτες με ανοικτή διατομή και σε καλυμμένες κοίτες. Στην πρώτη

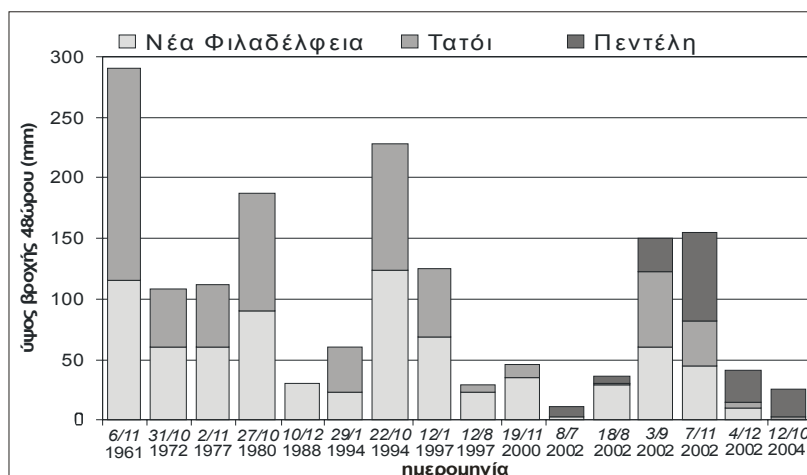
| Ημερο-<br>μηνία       | Περιοχές που πλημμύρισαν                                                                                                                                                                                   | Ύψος<br>βροχής        |                  |                   | Αρ. θυμάτων | Πηγή  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-------------|-------|
|                       |                                                                                                                                                                                                            | Παρατηρήσεις          |                  |                   |             |       |
| 14/11/189<br>6        | Βατραχονήσι, Καλλιθέα, Φάληρο, Κολοκυνθού, Πειραιάς, Ελαιώνας, Σεπόλια                                                                                                                                     | 117mm/125΄            |                  |                   | 61          | 1,6,7 |
| 23/11/192<br>5        | Πλ.Βάθης, οδ. Πατησίων, Πετράλωνα, Καλλιθέα, Κολοκυνθούς, Μεταξουργείο, Δουργούτι, Ασύρματος, Νεάπολη, Ν. Ιωνία, Βύρωνα, Καισαριανή, Πειραιάς,                                                             | 93mm/h                |                  |                   | 8           | 1,6,7 |
| 26/10/193<br>0        | Πλ.Βάθης, οδ. Αχαρνών, Ιπποκράτους, Πατησίων, Στ. Λαρίσης, Γκάζι, Βοτανικός, Αιγάλεω, Σφαγεία, Κολωνός, Σεπόλια., Πειραιάς.                                                                                | Βροχόπτωση<br>26 ωρών |                  |                   | 2           | 1,7   |
| 17/10/193<br>3        | Αγ. Παντελεήμων Ιλισού, οδ. Κηφισίας & Πατησίων, Δουργούτι, Π. Σφαγεία, Καμίνια, Πειραιάς, Υμηττός, Γούβα & Κοπανάς, Ζωγράφου.                                                                             | βροχόπτωση<br>4 ωρών  |                  |                   | 1           | 1,7   |
| 02/12/193<br>3        | Πειραιάς, Π.& Ν.Κοκκινιά, Καμίνια, Γούβα, Βάβουλας, Ταμπούρια, Φάληρο.                                                                                                                                     |                       |                  |                   | 2           | 1,7   |
| 22/11/193<br>4        | Κολωνός, Φάληρο, Βοτανικός, Ελαιώνας, Κολοκυνθού, Μοσχάτο, Μενίδι.                                                                                                                                         |                       |                  |                   | 6           | 1,7   |
| 06/11/193<br>6        | Π.Σφαγεία, Φάληρο, Κολωνός, Κολοκυνθού, Καλλιθέα, Ν. Σμύρνη, Αμπελόκηποι, Κοκκινιά.                                                                                                                        |                       |                  |                   | 2           | 1,7   |
| 18/09/194<br>9        | Δουργούτι, Κολωνός, Γκάζι, Ν.Σφαγεία, Ασύρματος, Ρουφ, Καμίνια, οδ.Καλλιρόης, λ.Αλεξάνδρας, Ν.Κόσμος, Πολύγωνο, Περιστερί, Υμηττός, Ζωγράφου, Ν.Ιωνία, Χαλάνδρι, Αγ.Παρασκευή, Χολαργός, Κοκκινιά, Φάληρο. | βροχόπτωση<br>4 ωρών  |                  |                   |             | 2,3,7 |
|                       |                                                                                                                                                                                                            | Ν.Φ.                  | Τ.               | Π.                |             |       |
| 6/11/1961             | Καλλιθέα, Σφαγεία, Αιγάλεω, Ν.Σφαγεία, Περιστερί, Μπουρνάζι, Ανθούπολη, Ν.Λιόσια, Τρεις Γέφυρες, Κάτω Πατήσια, Μενίδι, Ρέντης, Μοσχάτο, Στ.Λαρίσης, Κυψέλη & Βάθη.                                         | 115 <sup>Α</sup>      | 175 <sup>Α</sup> |                   | 47          | 7     |
| 31/10/197<br>2        | Αθήνα                                                                                                                                                                                                      | 61 <sup>Β</sup>       | 47 <sup>Β</sup>  |                   |             | 2     |
| 02/11/197<br>7        | Νίκαια, Κορυδαλλός, Αιγάλεω, Μπουρνάζι, Μοσχάτο, Κερατσίνι, Καμίνια, Χαϊδάρι, Καλλιθέα, Καισαριανή, Περιστερί, Γκίζη, Γαλάτσι, Ιλίσια, οδ. Αχαρνών, πλ.Κολιάτσου, λ.Αλεξάνδρας.                            | 61 <sup>Α</sup>       | 50 <sup>Α</sup>  |                   | 29          | 4,5,7 |
| 10/12/197<br>7        | Χαλάνδρι, Αγ. Παρασκευή, Αγ. Ανάργυροι, Ν.Φιλαδέλφεια.                                                                                                                                                     | 0                     | 0                |                   | 6           | 2,7   |
| 27/10/198<br>0        | Χολαργός, Αγ.Παρασκευή, Χαλάνδρι, Φιλοθέη, Ψυχικό, Ν.Λιόσια, Καματερό. λ. Μεσογείων, Κηφισίας, Βουλιαγμένης.                                                                                               | 90 <sup>Α</sup>       | 97 <sup>Α</sup>  |                   |             | 1,7   |
| 10/12/198<br>8        | Πειραιάς, Καλλιθέα, Φάληρο, Μοσχάτο, Καλλιθέα.                                                                                                                                                             | 30 <sup>Α</sup>       | -                |                   |             | 3,7   |
| 29/01/199<br>4        | Άνω Λιόσια                                                                                                                                                                                                 | 23 <sup>Α</sup>       | 38 <sup>Α</sup>  |                   |             | 7     |
| 21-<br>22/10/199<br>4 | Ν.Ιωνία, Περισσός, Ρέντης, Περιστερί, Ν.Φιλαδέλφεια.                                                                                                                                                       | 123 <sup>Β</sup>      | 104 <sup>Β</sup> |                   | 10          | 4,5,7 |
| 12/01/199<br>7        | Περιστερί, Ν.Λιόσια, Ρέντης, Μοσχάτο, Κολοκυνθού, γέφυρα Καλλιρρόης.                                                                                                                                       | 68 <sup>Α</sup>       | 57 <sup>Α</sup>  |                   |             | 7     |
| 12/08/1997            | Χαλάνδρι                                                                                                                                                                                                   | 24 <sup>Α</sup>       | 5 <sup>Α</sup>   |                   | 1           | 7     |
| 19/11/200<br>0        | Χαϊδάρι, Περιστερί, Αιγάλεω, Ίλιον, Καματερό, Αγ.Βαρβάρα, Θρακομακε-δόνες, Ν.Χαλκηδόνα, Ανθούπολη, Κηπούπολη, Πετρούπολη, Μεταμόρφωση, Μενίδι, Ταύρος, Ρέντης, Πειραιάς, Νίκαια, Αμφιάλη, Ν. Σμύρνη.       | 35 <sup>Α</sup>       | 11 <sup>Α</sup>  |                   |             | 7     |
| 08/07/200<br>2        | Μοσχάτο, Φάληρο, Ρέντης, Κολωνός, Βοτανικός, Αμπελόκηποι.                                                                                                                                                  | 2,3 <sup>Α</sup>      | 0,4 <sup>Α</sup> | 7.8 <sup>Β</sup>  | 1           | 7     |
| 18/08/200<br>2        | Μοσχάτο, Φάληρο, Ρέντης                                                                                                                                                                                    | 28 <sup>Α</sup>       | 2 <sup>Α</sup>   | 5.8 <sup>Β</sup>  |             | 7     |
| 03/09/200<br>2        | Μοσχάτο, Φάληρο, Ρέντης                                                                                                                                                                                    | 60 <sup>Α</sup>       | 62 <sup>Α</sup>  | 27 <sup>Β</sup>   |             | 7     |
| 07/11/200<br>2        | Μοσχάτο, Φάληρο, Ρέντης                                                                                                                                                                                    | 45 <sup>Α</sup>       | 37 <sup>Α</sup>  | 75 <sup>Β</sup>   |             | 7     |
| 04/12/200<br>2        | Καλλιθέα, Φάληρο                                                                                                                                                                                           | 10 <sup>Α</sup>       | 5 <sup>Α</sup>   | 17.6 <sup>Β</sup> |             | 7     |
| 12/10/200<br>4        | Πειραιάς, Φάληρο, Μοσχάτο                                                                                                                                                                                  | 0 <sup>Α</sup>        | 3 <sup>Α</sup>   | 22 <sup>Α</sup>   |             | 7     |
| 08/11/200<br>4        | Πειραιάς, Δαφνί, Λιόσια, Νίκαια, Κορυδαλλός, Αιγάλεω, Χαϊδάρι.                                                                                                                                             |                       |                  |                   |             | 7     |

*Πίνακας 1. Κατάλογος με τις μεγαλύτερες πλημμύρες που έπληξαν περιοχές του λεκανοπεδίου της Αθήνας από το 1896 έως το 2004. (επεξήγηση συντομογραφιών: Ν.Φ.: Νέα Φιλαδέλφεια, Τ.: Τατόι, <sup>A</sup>: βροχόπτωση 24ώρου, <sup>B</sup>: βροχόπτωση 48ώρου. Πηγές: <sup>1</sup> – Mimíku and Koutsoyannis, 1995, <sup>2</sup> – Κωτούλας 1980, <sup>3</sup> – Σάρρος 2004, <sup>4</sup> – Ξανθόπουλος κ.α. 1995, <sup>5</sup> – Λιακατάς & Νιάνιος 1980, <sup>6</sup> – Λειβαθηνός 1933, <sup>7</sup> – ημερήσιος τύπος)*

κατηγορία ομαδοποιούνται οι φυσικές κοίτες και οι κοίτες που παρότι έχουν τεχνητά διευθετηθεί και περιορισθεί, εξακολουθούν να διατηρούνται ανοικτές. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται τόσο οι κοίτες που έχουν καλυφθεί και πιθανά αντικατασταθεί από υπόγειους αποστραγγιστικούς αγωγούς όσο και εκείνες που έχουν επιχωματωθεί ή μετατραπεί σε οδικούς άξονες. Οι κατηγορίες αυτές χαρτογραφήθηκαν σε κλίμακα 1:50000 μετά από εργασία υπαίθρου και υπολογίστηκε το συνολικό μήκος κοίτης κάθε κατηγορίας. Επιπλέον εκτιμήθηκε η οικιστική ανάπτυξη του λεκανοπεδίου κατά τις τελευταίες δεκαετίες και υπολογίστηκε το ποσοστό τσιμεντοποίησης της λεκάνης απορροής του Κηφισού ποταμού με τη χρήση χάρτη της Αττικής κλίμακας 1:60000 έτους έκδοσης 2004. Για την οργάνωση, επεξεργασία, αξιολόγηση και παρουσίαση των δεδομένων καθώς και τους ποσοτικούς υπολογισμούς οργανώθηκε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών με τη χρήση του λογισμικού MapInfo.

### **3. Ιστορικό πλημμυρών**

Οι περιοχές που επλήγησαν κατά τα τελευταία 108 έτη εντοπίζονται τόσο δυτικά όσο και ανατολικά της κεντρικής κοίτης του Κηφισού (Πίνακας 1). Για την περίοδο των τελευταίων 45 ετών, που αναφέρονται τα βροχομετρικά δεδομένα, παρατηρείται άμεση συσχέτιση υψηλής βροχόπτωσης των σταθμών Ν. Φιλαδέλφειας και Τατοΐου με τις πληγείσες περιοχές που βρίσκονται δυτικά της κεντρικής κοίτης του Κηφισού ποταμού (Νίκαια, Χαϊδάρι, Περιστέρι, Αιγάλεω, Μενίδι κ.α.). Από το διάγραμμα του Σχήματος 2 και τον Πίνακα 1 γίνεται φανερό ότι οι πλημμύρες που προκάλεσαν τα περισσότερα θύματα σχετίζονται με σημαντικά ύψη βροχής 24ώρου και για τους δύο σταθμούς με τιμές που ανέρχονται στο ένα τρίτο σχεδόν της ετήσιας βροχόπτωσης. Παρόμοια πλημμυρικά συμβάντα σχετίζονται με ανάλογα ύψη βροχής και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας (Gaki-Papanastassiou *et al.*, 1998). Η εμφάνιση μεγάλων πλημμυρών στην περιοχή Ν. Ιωνίας, Περισσοῦ, Ν. Φιλαδέλφειας, Αγ. Αναργύρων μπορεί να αποδοθεί στη συμβολή του ρέματος του Ποδονίφτη, που αποστραγγίζει τις δυτικές κλιτύες του Πεντελικού, πράγμα που γίνεται εμφανές από την πλημμύρα που συνέβη στις 10/12/1977, όπου με μηδενικά ύψη βροχής στους σταθμούς Τατοΐου και Ν. Φιλαδέλφειας, πλημμύρισε η περιοχή των Αγ. Αναργύρων και της Ν. Φιλαδέλφειας.



Σχήμα 2. Διάγραμμα υψών βροχής 24ώρου ή 48ώρου στους σταθμούς Ν. Φιλαδέλφειας, Τατοΐου και Πεντέλης, κατά τις ημερομηνίες που συνέβησαν οι σημαντικότερες πλημμύρες στο λεκανοπέδιο. (Σημειώνεται ότι ο σταθμός Πεντέλης διαθέτει δεδομένα μόνο μετά το 1999).

#### 4. Ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού ποταμού

##### 4.1 Σχέση αριθμού κλάδων, μήκους κοίτης και εμβαδού λεκανών ανά τάξη

Ο συνολικός αριθμός κλάδων, η μέση τιμή του μήκους της κοίτης καθώς και η μέση τιμή του εμβαδού των λεκανών απορροής ανά τάξη για το υδρογραφικό δίκτυο του Κηφισού ποταμού εμφανίζονται στον Πίνακα 2. Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του αριθμού των κλάδων ανά τάξη οδηγεί στη διαπίστωση ότι οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου είναι αριθμητικά λιγότεροι από τους ιδανικούς, συνεπώς το δίκτυο απέχει αρκετά από την ιδανική ανάπτυξη που θα επέτρεπε την ομαλή αποστράγγιση της λεκάνης. Οι σημαντικότερες αρνητικές αποκλίσεις παρατηρούνται στην τρίτη, τέταρτη και πέμπτη τάξη και μπορούν να αποδοθούν στην αποκοπή του υδρογραφικού δικτύου του Ιλισού ποταμού από εκείνο του Κηφισού στο οποίο ανήκε πριν τη διευθέτηση που υπέστη. Για τη σχέση μεταξύ του μέσου μήκους των κλάδων καθώς και του εμβαδού των λεκανών απορροής, οι θετικές αποκλίσεις των πραγματικών από τις ιδανικές τιμές δείχνουν μια υπερανάπτυξη τόσο του μήκους των κοιτών όσο και των εκτάσεων που αποστραγγίζουν για όλες τις τάξεις εκτός της έκτης. Η αρνητική απόκλιση της έκτης τάξης οφείλεται στο ότι η συμβολή των δύο κλάδων πέμπτης γίνεται σχετικά πολύ κοντά στις εκβολές.

| Τάξη (u) | αρ. κλάδων (Nu) | λόγος Rb | μέσος λόνος (Rb) | ιδαν. αρ. κλάδων | απόκλιση (%) | Μήκος (Lu) | Λόγοι (RL) | Μέσος λόνος (RL) | ιδαν. τιμή. μήκους | απόκλιση (%) | Εμβαδόν (Au) | Λόγοι (RA) | Μέσος λόνος (RA) | ιδαν. τιμή. εμβαδού | απόκλιση (%) |
|----------|-----------------|----------|------------------|------------------|--------------|------------|------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|------------|------------------|---------------------|--------------|
| 1        | 354             |          |                  | 391              | -9,5         | 0,8        |            |                  | 0,8                | 0            | 0,37         |            |                  | 0,37                | 0,0          |
| 2        | 90              | 3,9      |                  | 119              | -24,1        | 3,8        | 5,0        |                  | 3,0                | 26,0         | 1,96         | 5,3        |                  | 1,55                | 26,1         |

|   |    |     |     |    |       |       |     |     |       |       |       |     |     |        |       |
|---|----|-----|-----|----|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|--------|-------|
| 3 | 25 | 3,6 | 3,3 | 36 | -30,4 | 17,5  | 4,6 | 4,0 | 12,2  | 43,8  | 9,43  | 4,8 | 4,2 | 6,53   | 44,5  |
| 4 | 7  | 3,6 |     | 11 | -35,7 | 53,1  | 3,0 |     | 48,7  | 9,2   | 26,69 | 2,8 |     | 27,41  | -2,6  |
| 5 | 2  | 3,5 |     | 3  | -33,3 | 258,9 | 4,9 |     | 194,6 | 33,0  | 158,4 | 5,9 |     | 115,13 | 37,6  |
| 6 | 1  | 2,0 |     | 1  | 0     | 584,6 | 2,3 |     | 778,2 | -25,0 | 374,6 | 2,4 |     | 483,56 | -22,5 |

Πίνακας 2. Σχέση αριθμού κλάδων, μέσου μήκους κλάδων και μέσου εμβαδού λεκανών απορροής ανά τάξη για το υδρογραφικό δίκτυο του Κηφισού ποταμού.

Στα ποσοστά των κλάδων κάθε τάξης που απορρέουν σε μεγαλύτερης τάξης κλάδους, στα αντίστοιχα μήκη κοιτών και στα εμβαδά λεκανών, παρατηρούνται ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή του υδρογραφικού δικτύου (Πίνακας 3).

|          | αριθμός<br>κλάδων | %    | μήκος<br>κοιτών | %    | εμβαδόν | %     |          | αριθμός<br>κλάδων | %    | μήκος<br>κοιτών | %    | εμβαδόν | %    |
|----------|-------------------|------|-----------------|------|---------|-------|----------|-------------------|------|-----------------|------|---------|------|
| 1η σε 2η | 271               | 77,2 | 197,8           | 73,5 | 93,37   | 70,95 | 2η σε 6η | 1                 | 1,1  | 6,602           | 1,9  | 3,325   | 1,9  |
| 1η σε 3η | 64                | 18,2 | 52,7            | 19,6 | 21,7    | 16,49 | 3η σε 4η | 20                | 80   | 272,4           | 62,3 | 122,4   | 51,9 |
| 1η σε 4η | 19                | 5,4  | 16,76           | 6,2  | 11,18   | 8,50  | 3η σε 5η | 4                 | 16   | 134,7           | 30,8 | 97,62   | 41,4 |
| 1η σε 5η | -                 | -    | -               | -    | -       | -     | 3η σε 6η | 1                 | 4    | 30,03           | 6,9  | 15,81   | 6,7  |
| 1η σε 6η | 1                 | 0,3  | 2,461           | 0,9  | 5,433   | 4,13  | 4η σε 5η | 6                 | 85,7 | 351,2           | 94,4 | 179,2   | 95,9 |
| 2η σε 3η | 80                | 88,9 | 288,9           | 83,8 | 151,19  | 85,9  | 4η σε 6η | 1                 | 14,3 | 20,68           | 5,6  | 7,564   | 4,0  |
| 2η σε 4η | 7                 | 7,8  | 42,06           | 12,2 | 19,5    | 11,1  | 5η σε 6η | 2                 | 100  | 517,7           | 100  | 316,8   | 100  |
| 2η σε 5η | 2                 | 2,2  | 7,049           | 2,0  | 1,93    | 1,1   |          |                   |      |                 |      |         |      |

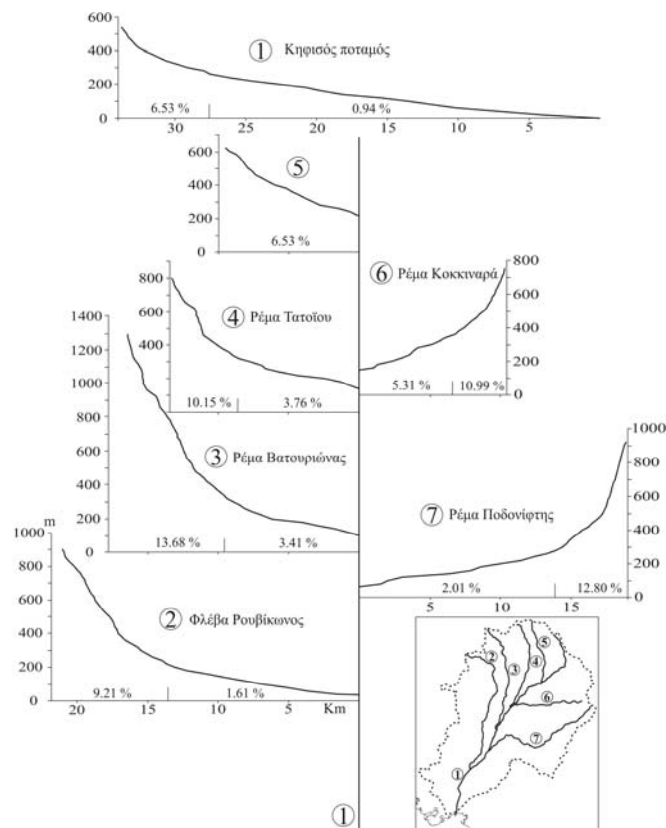
Πίνακας 3. Διαδοχική κατά τάξη απορροή του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού ποταμού.

Ειδικότερα το 23.6 % των κλάδων πρώτης τάξης απορρέει κυρίως σε τρίτης και το 20 % των κλάδων τρίτης απορρέει απευθείας σε κλάδους πέμπτης και έκτης τάξης. Επίσης στα αντίστοιχα ποσοστά του συνολικού μήκους των κοιτών διαπιστώνεται ότι η κατάσταση στη διαδοχική κατά τάξη απορροή διαφοροποιείται και τα ποσοστά αυξάνονται σημαντικά. Ενδεικτικά για τους κλάδους τρίτης τάξης το 30.8 % του συνολικού μήκους τους απορρέει σε κλάδους πέμπτης τάξης. Μια από τις σημαντικές αιτίες για την εκδήλωση πλημμυρών στον κάτω ρου του Κηφισού ποταμού θεωρείται η ανωμαλία στη διαδοχική κατά τάξη απορροή του εμβαδού των λεκανών του υδρογραφικού του δικτύου. Συγκεκριμένα οι εκτάσεις που αποστραγγίζονται από κλάδους τρίτης τάξης και προστίθενται άμεσα στις αντίστοιχες πέμπτης τάξης φθάνουν το 41,4 %. Το αυξημένο αυτό ποσοστό οφείλεται κυρίως στο ρέμα του Ποδονίφτη, η κεντρική κοίτη του οποίου αντιστοιχεί σε κλάδο τρίτης τάξης που απορρέει απευθείας στην κεντρική κοίτη του Κηφισού. Η άμεση απορροή του Ποδονίφτη στην κεντρική κοίτη του Κηφισού σημαίνει ότι η επιφανειακή απορροή που προκύπτει από την αποστράγγιση μιας σημαντικής έκτασης που φθάνει τα 77.75 km<sup>2</sup> προστίθεται άμεσα και ταχύτερα στην ήδη αυξημένη παροχή του Κηφισού. Το πρόβλημα εντείνεται δεδομένου ότι η συμβολή γίνεται στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων, με ιδιαίτερα αυξημένη οικιστική ανάπτυξη ενώ ένα σημαντικό μήκος 2.9 km της κεντρικής κοίτης του

ρέματος του Ποδονίφτη, κοντά στη συμβολή του με τον Κηφισό, στην ευρύτερη περιοχή της Ν. Ιωνίας καθώς και αρκετοί κλάδοι του υδρογραφικού του δικτύου έχουν εντελώς καλυφθεί.

#### 4.2 Επιμήκεις τομές

Η κεντρική κοίτη του Κηφισού ποταμού παρουσιάζει στο κατώτερο τμήμα μικρή κλίση (0.94%) ενώ στο ορεινό τμήμα, μήκους περίπου 6 km, που διαρρέει τις νότιες πλαγιές της Πάρνηθας, η μέση κλίση είναι 6.53% (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Επιμήκεις τομές του Κηφισού ποταμού και των έξι μεγαλύτερων παραποτάμων του. Οι επιμήκεις τομές των παραποτάμων έχουν τοποθετηθεί στα σημεία συμβολής τους με την κεντρική κοίτη του Κηφισού, η οποία αντιστοιχεί στην ευθεία γραμμή.

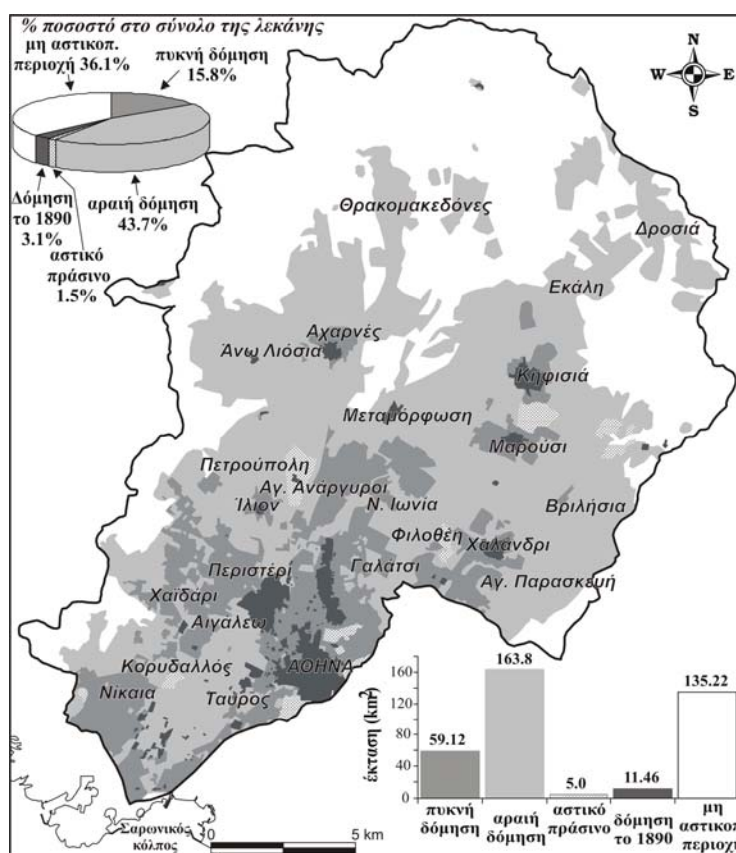
Ο παραπόταμος που απεικονίζεται με τον αριθμό 5, που αποστραγγίζει το βόρειο τμήμα της λεκάνης, εμφανίζει μια σχεδόν ενιαία μέση κλίση (6.53%) χωρίς σημαντική διαφοροποίηση. Αντίθετα οι επιμήκεις τομές των παραποτάμων, που συμβάλουν με την κεντρική κοίτη του Κηφισού νοτιότερα (ρέματα Κοκκιναρά, Τατοΐου, Βατουριώνας, Ποδονίφτης, Φλέβα Ρουβίκωνος), εμφανίζουν μεγάλη κλίση στα ανάντη (9.21% - 13.68%)



και στα κατάντη σχετικά ήπια κλίση (1.61% - 5.31%) που αντιστοιχεί στο μισό περίπου του μήκους τους πριν τη συμβολή με τον Κηφισό. Οι μεγάλες κλίσεις στα ανάντη τμήματα συντελούν στην αύξηση της ταχύτητας ροής σε περιπτώσεις βροχοπτώσεων και επομένως σε μικρό χρόνο άφιξης της επιφανειακής απορροής στην πεδινή περιοχή. Παρά τις μικρές κλίσεις στα κατώτερα τμήματα εκτιμάται ότι οι ταχύτητες δεν περιορίζονται σημαντικά δεδομένου ότι οι κεντρικές κοίτες των κύριων αυτών κλάδων βρίσκονται εντός κατοικημένων περιοχών και σε ένα σημαντικό τους μήκος έχουν διευθετηθεί ή και αντικατασταθεί από υπόγειους αγωγούς στους οποίους η ροή κάθε άλλο παρά φυσική μπορεί να χαρακτηριστεί. Συνεπώς σε περιπτώσεις ραγδαίων βροχοπτώσεων οι μεγάλες ταχύτητες με τις οποίες τα νερά συγκεντρώνονται στην περιοχή του κάτω ρου του ποταμού είναι μια από τις φυσικές αιτίες για τις πλημμύρες.

## 5. Ανθρωπογενείς επεμβάσεις

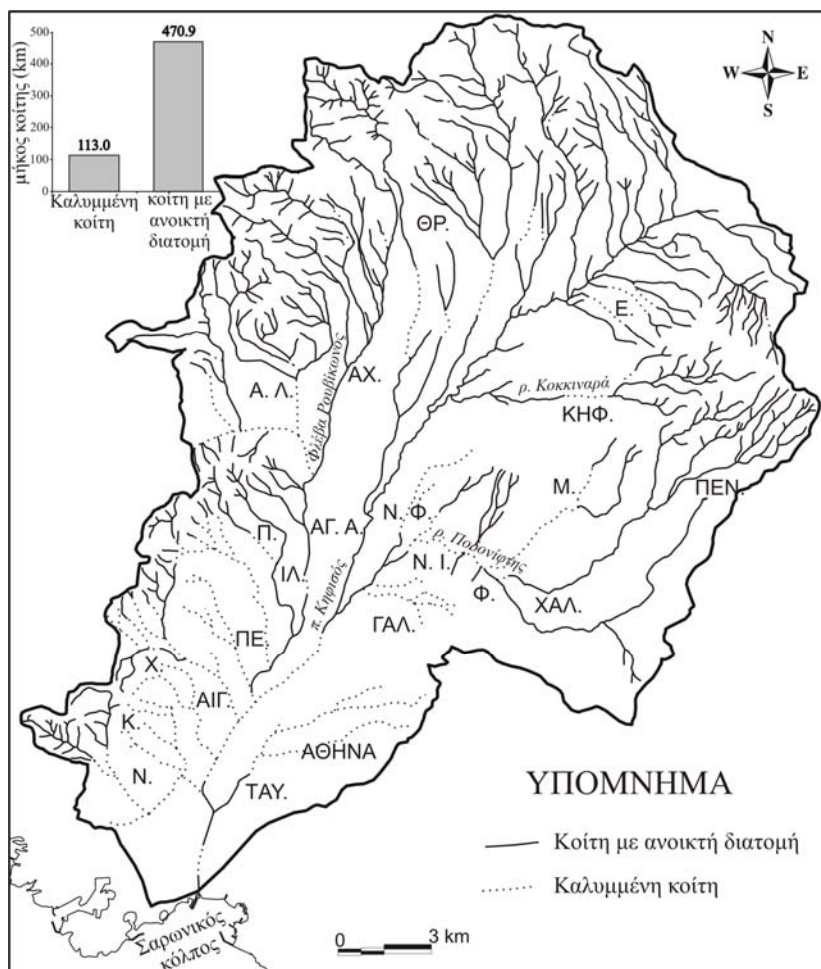
Η σύγκριση των δομημένων περιοχών όπως αυτές απεικονίζονται σε χάρτες του 1878-1894 και του 2004 δείχνει μια σημαντική αύξηση της δόμησης στη λεκάνη απορροής του Κηφισού με συνέπεια η δομημένη περιοχή από 11.46 km<sup>2</sup> (3.1%) να έχει αυξηθεί σε 222.9 km<sup>2</sup> (59.5%) το 2004 (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Χάρτης της οικιστικής ανάπτυξης της λεκάνης απορροής του Κηφισού ποταμού.

Ειδικότερα οι αστικές περιοχές διακρίθηκαν σε τρεις κατηγορίες: α) περιοχές πυκνής δόμησης ( $59.12 \text{ km}^2$ , ποσοστό 15.8%), β) περιοχές αραιής δόμησης ( $163.8 \text{ km}^2$ , ποσοστό 43.7%) και αστικές περιοχές με πράσινο που καλύπτουν μόλις  $5 \text{ km}^2$  (ποσοστό 1.5%). Η αστικοποίηση σε συνθήκες τοπικά πυκνής δόμησης και ο δραστικός περιορισμός των χώρων πρασίνου μείωσε σημαντικά το συντελεστή κατείσδυσης και επέδρασε ιδιαίτερα αρνητικά στα μεγέθη των πλημμυρών. Εκτιμάται ότι ο χρόνος συρροής σε μια αστική λεκάνη όπως αυτή του Κηφισού είναι μικρότερος όταν αυτή είναι πυκνά δομημένη οδηγώντας σε υψηλότερες αιχμές. Ο μέσος συντελεστής απορροής ενώ σε φυσικές λεκάνες έχει τιμές 0.30 ή 0.35 σε πυκνά δομημένες αστικές λεκάνες φθάνει την τιμή 0.90 ή 0.95 (Ξανθόπουλος κ α., 1995). Έτσι η αύξηση του ποσοστού του όγκου του νερού της βροχής που απορρέει επιφανειακά είναι πολύ μεγάλη.

Επιπλέον η αυξημένη επιφανειακή απορροή εντείνεται λόγω της διευθέτησης και της μείωσης της διατομής των φυσικών υδατορευμάτων τόσο κατά την οριζόντια όσο και την κατακόρυφη διάστασή τους. Από τη σύγκριση του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού ποταμού της σειράς χαρτών των Curtius and Kaupert (1878-1894) και πρόσφατων χαρτών της ΓΥΣ (1988) καθώς και την εργασία υπαίθρου, διαπιστώνεται ότι  $113 \text{ km}$  μήκους κοιτών (ποσοστό 19.32%), που διέρχονται από κατοικημένες περιοχές, έχει καλυφθεί ή αντικατασταθεί από υπόγεια ροή αλλοιώνοντας τις φυσικές συνθήκες αποστράγγισης (Σχήμα 5), με συνέπεια οι διατομές των υπόγειων αγωγών να μη μπορούν να ανταποκριθούν στις πλημμυρικές παροχές.



Σχήμα 5. Χάρτης του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού ποταμού μετά τη διάκριση σε κοιτές με ανοικτή διατομή και σε καλυμμένες κοιτές. (επεξήγηση συντομογραφιών: ΑΓ. Α.: Άγιοι Ανάργυροι, ΑΙΓΡ: Αιγάλεω, Α. Λ.: Άνω Λιόσια, ΑΧ: Αχαρνές, ΓΑΛ: Γαλάτσι, Ε: Εκάλη, ΘΡ: Θρακομακεδόνες, ΙΛ: Ίλιον, Κ.: Κορυδαλλός, ΚΗΦ.: Κηφισιά, Μ: Μαρούσι, Ν.: Νίκαια, Ν. Ι.: Νέα Ιωνία, Ν. Φ.: Νέα Φιλαδέλφεια, Π.: Πετρούπολη, ΠΕ.: Περιστερί, ΠΕΝ.: Πεντέλη, ΤΑΥ.: Ταύρος, Φ.: Φιλοθέη, Χ.: Χαϊδάρη, ΧΑΛ.: Χαλάνδρι).

Το δίκτυο ομβρίων της πρωτεύουσας δυστυχώς δεν αποτέλεσε ποτέ προτεραιότητα ενώ τα επί μέρους τμήματά του σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να εξυπηρετούν τοπικές ανάγκες χωρίς συλλογική στρατηγική. Σημαντικό μήκος καλυμμένων κοιτών εντοπίζονται στα δίκτυα που διατρέχουν τις περιοχές της Νίκαιας, του Κορυδαλλού και του Περιστερίου, στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, καθώς και σε δομημένες περιοχές στις παρυφές των ορεινών όγκων που περιβάλλουν το λεκανοπέδιο. Είναι προφανές ότι η ραγδαία επέκταση της πόλης προς τις παρυφές των ορεινών όγκων, χωρίς στοιχειώδη προγραμματισμό, δεν επέτρεψε τη διαχείριση των περιστατικών υδατορευμάτων.

Επιπλέον ένα σημαντικό μήκος της κεντρικής κοιτής τόσο του κάτω ρου του Κηφισού ποταμού όσο και άλλων ποταμών με κυριότερο τον Ποδονίφτη, που περιλαμβάνονται στην κατηγορία κοιτών με ανοικτή διατομή, έχουν υποστεί σημαντικές επεμβάσεις με κυριότερες την τεχνητή διευθέτησή τους και τον περιορισμό της διατομής τους. Η αύξηση της

στερεοπαροχής που προκαλείται λόγω επιχωμάτωσης και ρίψης απορριμμάτων εντός των κοιτών των ρεμάτων ή στον ευρύτερο χώρο των λεκανών απορροής ανάντη της αστικής περιοχής (Στεφανίδης, 1995) συνεπάγεται αντίστοιχη αύξηση του όγκου της επιφανειακής απορροής εντείνοντας τα προβλήματα που δημιουργούνται από τη συρροή στην πεδινή περιοχή του λεκανοπεδίου.

## 6. Συμπεράσματα

Το λεκανοπέδιο της Αθήνας είναι μια περιοχή με υψηλό δείκτη επικινδυνότητας έναντι των πλημμυρών που εντοπίζονται κυρίως στον κάτω ρου του Κηφισού ποταμού. Για την αυξημένη συχνότητα αλλά και τη δριμύτητα των πλημμυρών ευθύνονται τόσο φυσικά όσο και ανθρωπογενή αίτια. Στις φυσικές αιτίες περιλαμβάνονται τα ακραία ύψη βροχής όπου οι τιμές 48ώρου αγγίζουν το ένα τρίτο της ετήσιας τιμής και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού ποταμού με σημαντικότερο την ανωμαλία στη διαδοχική κατά τάξη απορροή και κυρίως την άμεση απορροή των επιφανειακών νερών της λεκάνης τρίτης τάξης του Ποδονίφτη στην κεντρική κοίτη του Κηφισού επιβαρύνοντας σημαντικά την επιφανειακή απορροή του κάτω ρου του. Μια άλλη σημαντική αιτία είναι οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις της κοίτης των παραποτάμων στο ορεινό τους τμήμα οι οποίες συντελούν στην αύξηση της ταχύτητας της επιφανειακής απορροής και τη μείωση του χρόνου άφιξης και συγκέντρωσης του νερού στην κεντρική κοίτη η οποία παρουσιάζοντας μικρότερη κλίση αδυνατεί να παροχετεύσει τον συνολικό όγκο της επιφανειακής απορροής. Στην εκδήλωση πλημμυρών σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν η μεγάλη αύξηση δομημένων περιοχών στη λεκάνη απορροής καθώς και η κάλυψη και επιχωμάτωση σημαντικού μήκους των κοιτών του υδρογραφικού δικτύου που διέρχονται από δομημένες περιοχές. Εκτιμήθηκε ότι 113 km που αντιστοιχούν στο 19.32% του συνόλου των κοιτών έχουν καλυφθεί χάνοντας τον φυσικό τους ρόλο.

## Βιβλιογραφία

Αντωνίου, Β., 2002. *Το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον του λεκανοπεδίου Αθηνών*. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, τόμος II, 311-318.

Curtius, E. und A. Kaupert, 1878-1894. *Karten von Attika in 1:25000*, ed. Dietrich Reimer, Berlin.

Gaki-Papanastassiou, K., Maroukian, H. and A. Zamani. 1998. Flood Hazards in the Argive Plain: The Case of November 16, 1990 Event in the Western Part of the Plain by Inakhos and Kserias Rivers. *Annales Geologiques des Pays Helleniques*, **38, Fasc. A.**, 151-162.

Γ.Υ.Σ., 1988. *Τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50000 φύλλα Αθήνα-Κοροπί, Ελευσίς, Κηφισιά, Πειραιάς*.

Horton, R., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. America Bulletin*, **56**, 275-370.

Κωτούλας, Δ., 1980. *Η ανθρωπογενής πλημμυρογένεση στα χειμαρρώδη ρεύματα της Ελλάδας και η αποτροπή της*. II Πανελλήνιο Σεμινάριο Υδρολογίας, Αθήνα 24 – 29/2/1980, Πρακτικά, **1**, Αθήνα, σ. 185 – 196.

Λειβαθηνός, Α.Ν., 1933. *Επί των υψών βροχής, της διάρκειας και των εντάσεων αυτής εν Αθήναις*. Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών, τ. **8**, σ. 180 – 185.

Lepsius, R., 1893. *Geologie von Attica*. Ein Beitrag zur Lehre vom Metamorphismus der Gesteine, Berlin.

Λιακατάς, Α., και Α. Νιάνιος, 1980. *Οι ισχυρές βροχοπτώσεις στις 2 Νοεμβρίου 1977 και οι πλημμύρες στην Αττική*. II Πανελλήνιο Σεμινάριο Υδρολογίας, Πρακτικά, τ. **1**, Αθήνα 24 – 29 Φεβρουαρίου 1980, σ. 253 – 277.

Maroukian, H., Zamani, A., Gaki-Papanastassiou and K. Pavlopoulos, 1994. *The implications of human interference in the natural environment of Attica, Greece*. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference Environmental Contamination, 330-332.

Mimikou, M. and D. Koutsoyannis, 1995. *Extreme floods in Greece: The case of 1994*. U.S. – Italy Research Workshop on the Hydrometeorology, Impacts and Management of Extreme Floods, Perugia, Italy, 13 – 17 November 1995.

Niedermayer, J., 1971. *Geological map and underground map of Athens, scale 1:10000*. Technical Chamber of Greece and Greek Geological Society.

Ξανθόπουλος, Θ, Χρίστουλας, Δ, Μιμίκου, Μ., Κουτσογιάννης, Δ και Μ. Αφτιάς, 1995. *Το αντιπλημμυρικό πρόβλημα της Αθήνας: Στρατηγική αντιμετώπισης*. Πρακτικά Ημερίδας «Αντιπλημμυρική προστασία του λεκανοπεδίου της Αθήνας».

Road Editions, 2004. Αττική, Αίγινα και Σαλαμίνα. Χάρτης κλίμακας 1:60000. Έκδοση Road editions, Αθήνα.

Στεφανίδης, Ν., 1995. *Το πλημμυρικό πρόβλημα της περιοχής*. Πρακτικά Ημερίδας «Αντιπλημμυρική προστασία του λεκανοπεδίου της Αθήνας».

Σάρρος, Μ., 2004. *Αντιπλημμυρική προστασία λεκανοπεδίου Αθήνας (Κηφισός-Ιλισός)*. Αντιπλημμυρική Προστασία Αττικής, Ημερίδα Τ.Ε.Ε, Αθήνα 2/11/2004.

Strahler, A., 1957. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. *Am. Geophys. Union Trans.* **38(6)**, 913-920.

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΤΩ ΡΟΥ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΞΗΡΙΑ (ΚΟΡΙΝΘΟΣ)

### 1. Εισαγωγή

Η ραγδαία οικιστική ανάπτυξη της πόλης της Κορίνθου είχε σαν συνέπεια σωρεία παρεμβάσεων στην κοίτη του χείμαρρου Ξηριά στο τμήμα της διαδρομής του μέσα από τον αστικό ιστό της πόλης (Lekkas *et al.* 1998, Gatsis *et al.* 2001). Επιπλέον η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής έχει υποστεί τις αρνητικές επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών του 1997 αλλά και των πρόσφατων του 2007. Παρόμοιες συνθήκες έχουν σαν αποτέλεσμα την τροποποίηση της φυσικής απορροής και την αύξηση της συχνότητας πλημμυρών σε αρκετές λεκάνες απορροής του ελλαδικού χώρου (Καρύμπαλης κ.ά. 2005, Μαρουκιάν κ.ά. 2005, Καρύμπαλης κ.ά. 2007). Οι δυσμενείς συνθήκες που είναι αποτέλεσμα των άμεσων και έμμεσων ανθρωπογενών επεμβάσεων σε συνδυασμό με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου Ξηριά ενδέχεται να αυξήσουν τα αρνητικά αποτελέσματα πλημμυρικών επεισοδίων σε περιπτώσεις ραγδαίων βροχοπτώσεων όπως αυτών που σημειώθηκαν στην περιοχή της λεκάνης απορροής του τον Ιανουάριο του 1997 (Βουδούρης 1998, Μπαλούτσος κ.ά. 2000, Ζεληλίδης 2008). Σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση των συνοπτικών μετεωρολογικών συνθηκών στις 11 και 12 Ιανουαρίου 1997 και η διερεύνηση τόσο των φυσικών όσο και των ανθρωπογενών αιτιών που ευθύνονται για την εκδήλωση πλημμυρών στην ευρύτερη περιοχή του κάτω ρου και των εκβολών του χείμαρρου όπου βρίσκεται η πόλη της Κορίνθου.

#### 1.1 Γεωγραφική θέση

Ο χείμαρρος Ξηριάς βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του νομού Κορινθίας. Έχει μια επιμήκη λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης 164,2 km<sup>2</sup> που οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους Κνίσελο (795 m) και Τραπεζώνα (1137 m) στα νότια, Ψηλή Ράχη (1078 m), Παλουκόραχη (594 m) Προφήτη Ηλία (701 m) και Ακροκόρινθο (574 m) στα δυτικά και Μαύρη Ώρα (504 m), Όνεια (562 m) και Ράχη Σιμήτη (143 m) στα ανατολικά (Σχήμα 1). Η κεντρική του κοίτη διανύει συνολικά απόσταση 32 km με διεύθυνση ροής από Ν προς Β εκβάλλοντας στις νότιες ακτές του Κορινθιακού κόλπου όπου έχει διαμορφώσει ένα δελταϊκό ριπίδιο έκτασης 1,9 km<sup>2</sup> στις αποθέσεις του οποίου είναι κτισμένη η πόλη της Κορίνθου. Οι κυριότεροι παραπόταμοι είναι τα ρέματα Πλατάνια, Κλεισούρας, Βουκίνα και Πρεζή.

#### 1.2 Κλίμα

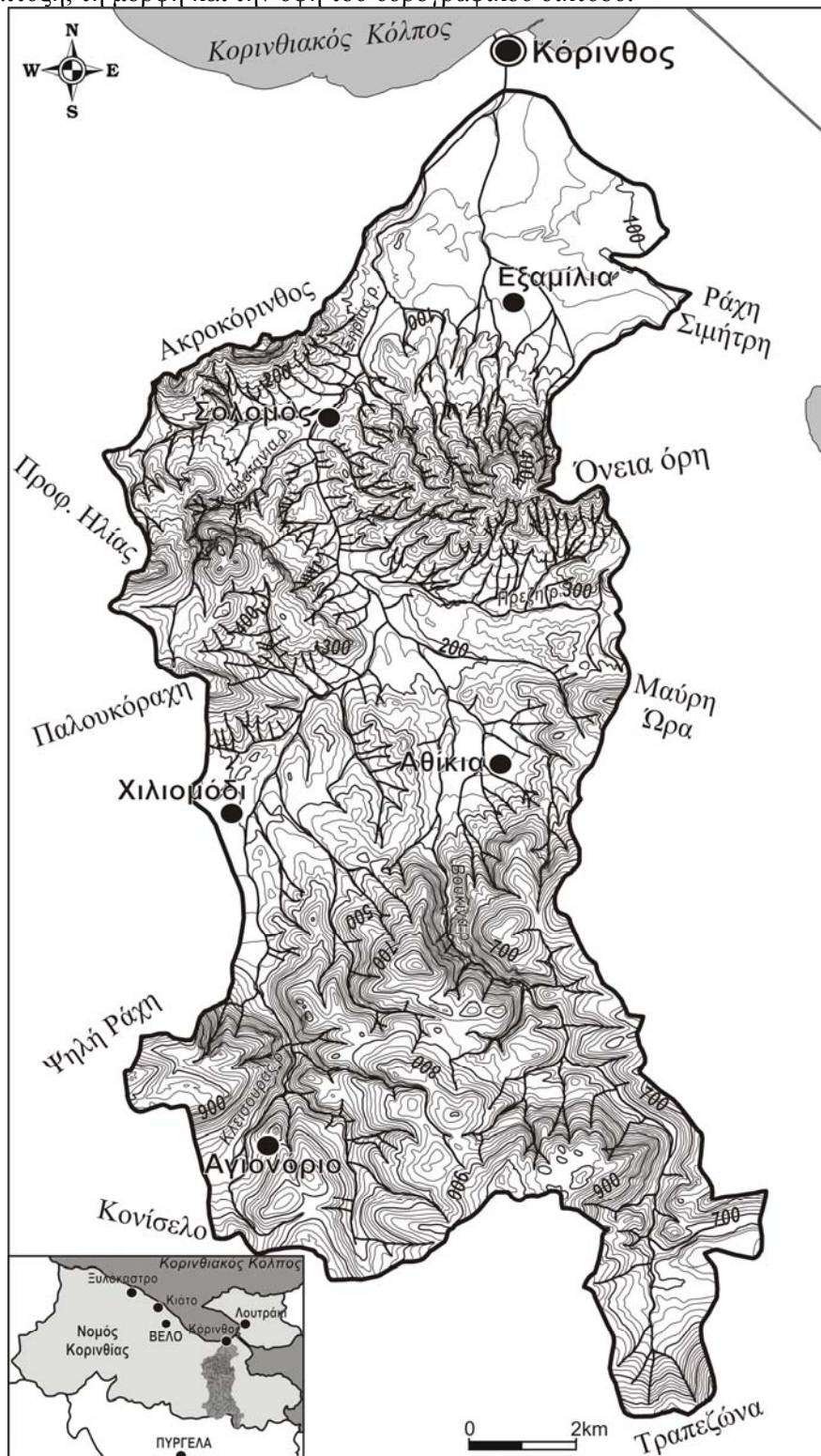
Ενδεικτικά των κλιματολογικών συνθηκών της λεκάνης απορροής είναι τα μέσα ετήσια ύψη βροχής των μετεωρολογικών σταθμών Βέλου Κορινθίας και Πυργέλας Άργους που ανέρχονται σε 475,9 και 485,3 mm αντίστοιχα με το μεγαλύτερο ποσοστό βροχόπτωσης (77,5%) να εντοπίζεται την περίοδο Οκτωβρίου–Μαρτίου. Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες για τους σταθμούς του Βέλου και της Πυργέλας (17,5 °C και 16,8 °C αντίστοιχα) κατατάσσουν το κλίμα της περιοχής στο χερσαίο Μεσογειακό.

#### 1.3 Γεωλογία

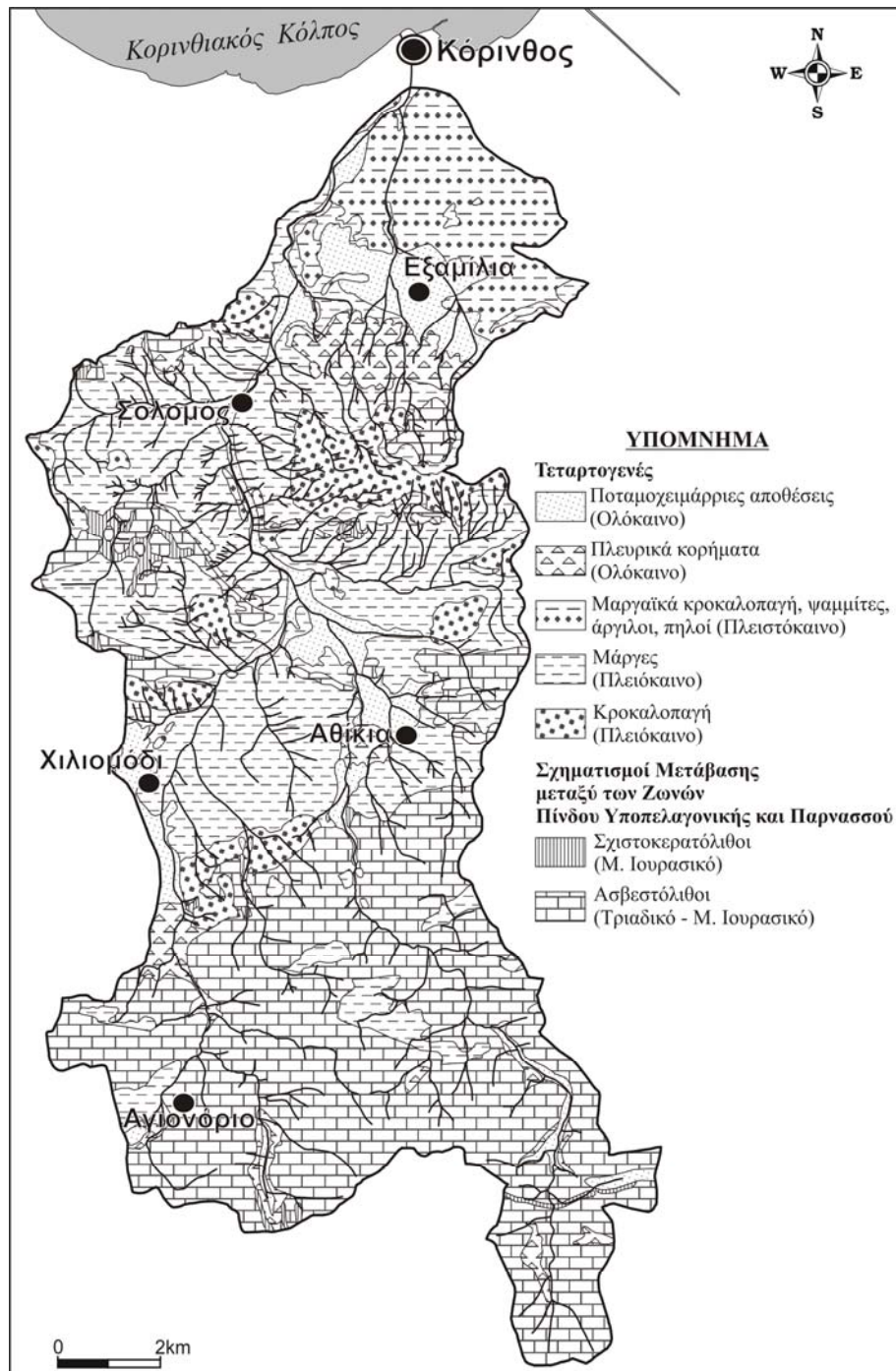
Το νότιο τμήμα της λεκάνης δομείται από αλπικούς κυρίως σχηματισμούς που θεωρούνται ως ιζήματα μεταβατικού χαρακτήρα μεταξύ των ζωνών Πίνδου, Υποπελαγονικής και ενδεχομένως της νότιας απόληξης του Παρνασσού (Σχήμα 2). Στη μεγαλύτερη έκτασή τους περιλαμβάνουν ασβεστόλιθους Παλαιοζωϊκής ηλικίας (Τριαδικό–Ιουρασικό) ενώ πολύ μικρή έκταση στο νότιο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης καταλαμβάνεται από Ιουρασικής ηλικίας σχιστοκερατόλιθους (Μπορνόβας *et al.* 1971). Το βόρειο τμήμα της λεκάνης αποτελείται από Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας αποθέσεις και συγκεκριμένα υφάλμυρης έως λιμναίας φάσης μάργες και κροκαλοπαγή ηλικίας Πλειόκαινου και εναλλαγές ποταμολιμναίων αποθέσεων μαργαϊκών κροκαλοπαγών, ψαμιτών, αργίλων και πηλών Πλειστοκαινικής ηλικίας (Σχήμα 2). Οι πλαγιές των ορεινών όγκων καταλαμβάνονται από Ολοκαινικής ηλικίας πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων ενώ κατά θέσεις εκατέρωθεν της κεντρικής κοίτης του



χειμάρρου αναπτύσσονται Ολοκαινικές αλλουβιακές ποταμοχειμάρριες αποθέσεις. Η λιθολογία των σχηματισμών που καταλαμβάνουν τη λεκάνη έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη, τη μορφή και την υφή του υδρογραφικού δικτύου.



Σχήμα 1. Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Ξηριά.



Σχήμα 2. Απλοποιημένος λιθολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Ξηριά (βασισμένος στον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ των Μπορνόβα κα. 1971).

Στο νότιο τμήμα της λεκάνης όπου εμφανίζονται οι αλπικοί σχηματισμοί έχει αναπτυχθεί ένα τραχύ υδρογραφικό δίκτυο που περιλαμβάνει μικρό αριθμό κλάδων μεγάλου κυρίως μήκους. Αντίθετα στις ευδιάβρωτες, ημιπερατές, Πλειο-Πλειστοκαινικές αποθέσεις που δομούν το βόρειο τμήμα της λεκάνης η υδρογραφική υφή είναι λεπτή και το υδρογραφικό δίκτυο εμφανίζει πολλούς κλάδους μικρών τάξεων μικρού σχετικά μήκους.

## 2. Μεθοδολογία

Για την εκτίμηση του ρόλου της σφοδρότητας των βροχοπτώσεων στην εκδήλωση πλημμυρικών παροχών στο χείμαρρο Ξηριά, συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν τα ωριαία ύψη βροχής που καταγράφηκαν στον μετεωρολογικό σταθμό Βέλου καθώς και τα 12ωρα ύψη



υετού για το σταθμό Πυργέλας για τις 11 και 12 Ιανουαρίου του 1997, ημερομηνίες που συνέβη το μεγαλύτερο πλημμυρικό γεγονός στην Κόρινθο.

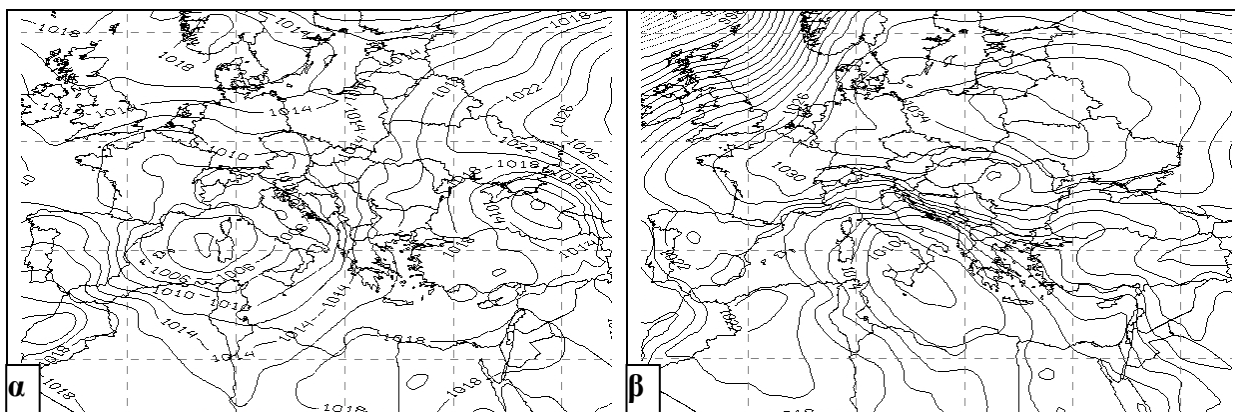
Για τη διερεύνηση της συμβολής των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του χείμαρρου Ξηριά στη γένεση πλημμυρών υπολογίστηκαν οι ποσοτικές μορφομετρικές παράμετροι του υδρογραφικού του δικτύου. Η ποσοτική μελέτη και η μέτρηση των μορφομετρικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκε από τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου έγινε σύμφωνα με το σύστημα του Strahler (1957), χαράχτηκαν οι υδροκρίτες των λεκανών απορροής των επιμέρους κλάδων και διερευνήθηκε η σχέση του αριθμού (N) και του μήκους (L) των κλάδων καθώς και του εμβαδού (A) των λεκανών απορροής ανά τάξη (u) κατά Horton (1945). Μελετήθηκε η διαδοχική κατά τάξη απορροή του δικτύου εκτιμώντας το συνολικό μήκος των κλάδων και το εμβαδόν των αντίστοιχων λεκανών απορροής κάθε τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους μεγαλύτερης τάξης. Σχεδιάστηκαν οι επιμήκεις τομές τόσο της κεντρικής κοίτης του Ξηριά όσο και των μεγαλύτερων παραποτάμων του και υπολογίστηκε η μέση κλίση της κοίτης κατά μήκος επιμέρους τμημάτων της διαδρομής τους.

Για την εκτίμηση των ανθρωπογενών αιτιών που ευθύνονται για τις πλημμύρες στην Κόρινθο συλλέχτηκαν δεδομένα για τις παρεμβάσεις (επιχωματώσεις, διευθετήσεις) που έχουν πραγματοποιηθεί στην κοίτη του ποταμού και ειδικά στο τμήμα που διαρρέει τον αστικό ιστό της πόλης. Για την επεξεργασία και αξιολόγηση των δεδομένων, τις μετρήσεις και τους ποσοτικούς υπολογισμούς καθώς και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων οργανώθηκε ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών με τη χρήση του λογισμικού MapInfo 8.0.

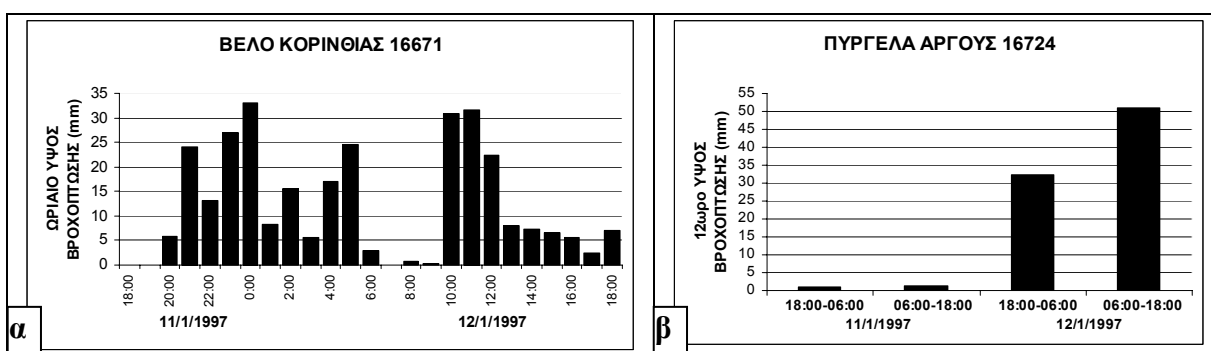
### **3. Ανάλυση της συνοπτικής κατάστασης της ατμόσφαιρας**

Με βάση τους συνοπτικούς χάρτες ανάλυσης του ECMWF οι ακραίες βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της ΒΑ Πελοποννήσου τον Ιανουάριο του 1997, σχετίζονται με το πέρασμα ενός βαρομετρικού χαμηλού από τη Νότια Ελλάδα. Το συγκεκριμένο σύστημα δημιουργήθηκε στις 9 Ιανουαρίου 1997 στην κυκλογενετική περιοχή του Κόλπου της Γένοβας και τις επόμενες ημέρες κινήθηκε νοτιοανατολικά προς τη Σικελία και το Ιόνιο Πέλαγος (Σχήμα 3α). Την 12<sup>η</sup> Ιανουαρίου στις 00:00 UTC, οι χάρτες ανάλυσης επιφανείας εμφανίζουν το κέντρο του χαμηλού ανατολικά της Σικελίας με κέντρο μικρότερο από 1010 hPa συνοδευόμενο από ψυχρό μέτωπο (Σχήμα 3β). Το σύστημα ενισχύθηκε τις επόμενες ώρες λόγω μεταφοράς καθ' ύψος θερμών αερίων μαζών και υγρασίας προς τη Νότια Ελλάδα. Το μέγιστο της βροχόπτωσης εντοπίζεται σε παράκτιες περιοχές της βορειοανατολικής Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας καθώς οι ασταθείς αέριες μάζες εξαναγκάστηκαν σε βίαιη ανύψωση στις προσήνεμες περιοχές των ορογραφικών εξάρσεων των συγκεκριμένων περιοχών (Kotroni *et al.* 1999).

Οι παρατηρήσεις βροχομέτρου από τον μετεωρολογικό σταθμό της ΕΜΥ στο Βέλο παρουσιάζουν την εξέλιξη του φαινομένου σε δύο κύματα. Το πρώτο εντοπίζεται από τις 20:00 UTC της 11<sup>ης</sup> Ιανουαρίου μέχρι τις 06:00 UTC της 12<sup>ης</sup> Ιανουαρίου με ύψος υετού 176,8mm και το δεύτερο από τις 10:00 UTC μέχρι τις 18:00 UTC της 12<sup>ης</sup> Ιανουαρίου με αντίστοιχο ύψος 121,5mm (Σχήμα 4α). Τοπικά μέγιστα της βροχόπτωσης παρουσιάζονται στο διάστημα 00:00-01:00 UTC και 10:00-12:00 UTC της 12<sup>ης</sup> Ιανουαρίου. Ο συγκεκριμένος σταθμός κατέγραψε 24ωρο αθροιστικό ύψος υετού 299,3mm, το οποίο είναι το απόλυτο μέγιστο δεκαετίας 1987-1997 και αντιστοιχούν σε περισσότερο από το τριπλάσιο του μέσου ύψους υετού για το μήνα Ιανουάριο (87,7mm). Την ίδια περίοδο ο σταθμός της Πυργέλας κατέγραψε 83,4mm το οποίο θεωρείται απόλυτο μέγιστο της περιόδου 1980-1997 γεγονός που κατατάσει τη συγκεκριμένη περίπτωση ως ένα ακραίο μετεωρολογικό φαινόμενο (Σχήμα 4β).



Σχήμα 3. Συνοπτικοί χάρτες ανάλυσης της ατμοσφαιρικής πίεσης ανηγμένης στη μέση στάθμη θάλασσας (hPa) για (α) την 9<sup>η</sup> Ιανουαρίου 1997 στις 18:00 UTC και (β) την 12<sup>η</sup> Ιανουαρίου 1997 στις 00:00 UTC (Πηγή πρωτογενών δεδομένων ECMWF).



Σχήμα 4. (α) Ωριαίες τιμές ύψους νετού του μετεωρολογικού σταθμού Βέλου Κορινθίας την περίοδο 11/1/1997 στις 18:00 UTC έως 12/1/1997 στις 18:00 UTC (β) 12ωρο ύψος νετού του μετεωρολογικού σταθμού Πυργέλας Άργους την περίοδο 10/1/1997 στις 18:00 UTC έως 12/1/1997 στις 18:00 UTC. (Πηγή πρωτογενών δεδομένων ΕΜΥ-Διεύθυνση Κλιματολογίας).

#### 4. Ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου Ξηριά

##### 4.1 Ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου κατά Horton (1945)

Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου Ξηριά σύμφωνα με τους νόμους του Horton (1945). Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του αριθμού των κλάδων ανά τάξη οδηγεί στη διαπίστωση ότι οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου είναι αριθμητικά περισσότεροι απ' ό,τι αν επικρατούσαν ιδανικές συνθήκες αποστράγγισης με εξαίρεση τη πρώτη τάξη για την οποία η απόκλιση έχει μικρή αρνητική τιμή. Τις μεγαλύτερες αποκλίσεις εμφανίζουν η τρίτη και τέταρτη τάξη. Η υπερανάπτυξη των κλάδων πιθανά οφείλεται στον αδιαπέρατο και ευδιάβρωτο χαρακτήρα των σχηματισμών που καταλαμβάνουν το βόρειο τμήμα της λεκάνης. Αξιοσημείωτο είναι η αρκετά υψηλή τιμή του λόγου διακλάδωσης μεταξύ τέταρτης και πέμπτης τάξης. Αυτό σημαίνει ότι πέραν των δύο κλάδων τέταρτης τάξης που συμβάλλουν για το σχηματισμό του μοναδικού κλάδου πέμπτης (κεντρική κοίτη του Ξηριά) υπάρχουν τέσσερις κλάδοι τέταρτης τάξης που απορρέουν άμεσα στην κεντρική κοίτη του ποταμού σε αποστάσεις 0,46, 7,9, 11,4 και 12,5 km ανάντη των εκβολών αντίστοιχα. Η επιφανειακή απορροή των λεκανών των κλάδων αυτών, το εμβαδόν των οποίων συνολικά ανέρχεται σε 88,7 km<sup>2</sup>, προστίθεται άμεσα στην παροχή της κεντρικής κοίτης του χείμαρρου. Για τη σχέση μεταξύ του μέσου μήκους των κλάδων καθώς και του μέσου εμβαδού των λεκανών απορροής οι αποκλίσεις είναι αρνητικές και πολύ μεγάλες ιδιαίτερα για την τρίτη και τέταρτη τάξη (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Σχέση αριθμού κλάδων, μέσου αθροιστικού μήκους κλάδων και μέσου εμβαδού λεκανών απορροής ανά τάξη για το υδρογραφικό δίκτυο του χείμαρρου Ξηριά.

| Τάξη (u) | αρ. κλάδων (Nu) | λόγος Rb | μέσος λόγος (Rb) | ιδαν αριθμός κλάδων | απόκλιση (%) | Μήκος (Lu) | Λόγοι (RL) | Μέσος λόγος (RL) | ιδανική τιμή μήκους | απόκλιση (%) | Εμβαδόν (Au) | Λόγοι (RA) | Μέσος λόγος (RA) | ιδανική τιμή εμβαδού | απόκλιση (%) |
|----------|-----------------|----------|------------------|---------------------|--------------|------------|------------|------------------|---------------------|--------------|--------------|------------|------------------|----------------------|--------------|
| 1        | 387             |          |                  | 410                 | -5,6         | 0,44       |            |                  | 0,44                | 0,0          | 0,20         |            |                  | 0,20                 | 0,0          |
| 2        | 94              | 4,1      |                  | 91                  | +3,2         | 2,28       | 5,2        |                  | 2,42                | -5,8         | 1,02         | 5,2        |                  | 1,10                 | -7,6         |
| 3        | 26              | 3,6      | 4,5              | 20                  | +28,4        | 9,15       | 4,0        | 5,5              | 13,31               | -31,2        | 4,19         | 4,1        | 5,5              | 6,05                 | -30,8        |
| 4        | 6               | 4,3      |                  | 5                   | +20,0        | 41,35      | 4,5        |                  | 73,21               | -43,5        | 21,82        | 5,2        |                  | 33,28                | -34,4        |
| 5        | 1               | 6,0      |                  | 1                   | 0,0          | 342,8      | 8,3        |                  | 402,68              | -14,9        | 164,20       | 7,5        |                  | 183,01               | -10,3        |

#### 4.2 Διαδοχική κατά τάξη απορροή

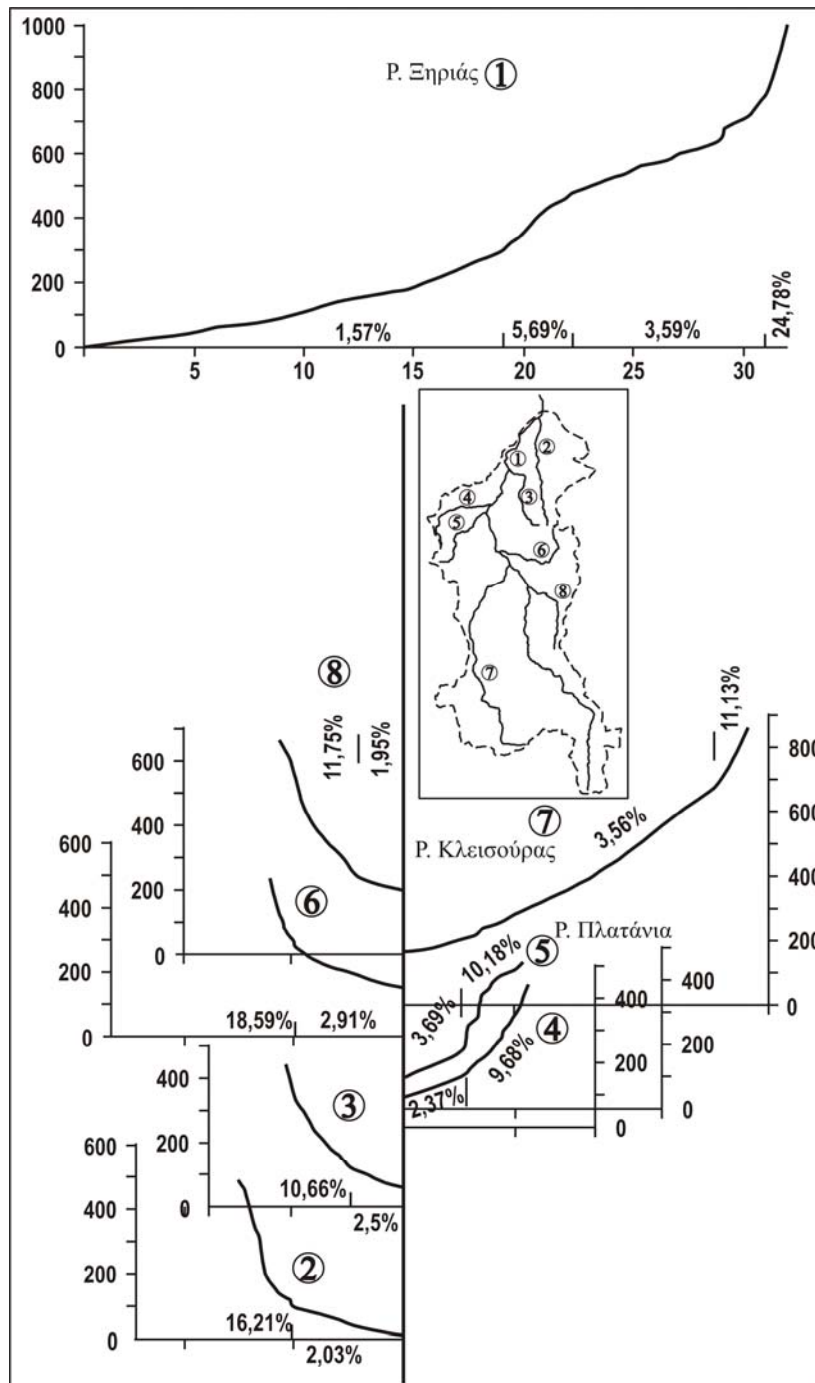
Στη διαδοχική κατά τάξη απορροή του υδρογραφικού δικτύου παρατηρούνται ανωμαλίες τόσο στον αριθμό των κλάδων όσο και στα μήκη των κοιτών αλλά και στα αντίστοιχα εμβαδά των υδρολογικών λεκανών (Πίνακας 2). Συγκεκριμένα οι μεγαλύτερες ανωμαλίες εντοπίζονται στους κλάδους τρίτης τάξης, το 31% του πλήθους των οποίων απορρέει άμεσα στον κεντρικό κλάδο πέμπτης τάξης και στους κλάδους πρώτης τάξης, όπου το 15% του συνόλου τους απορρέει άμεσα σε κλάδους τρίτης τάξης. Τα ποσοστά του μήκους των κοιτών και των εμβαδών των λεκανών τρίτης τάξης που απορρέουν άμεσα σε πέμπτης φθάνουν το 21,4% και 15% αντίστοιχα. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι κλάδοι αυτοί αναπτύσσονται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης κοντά στην είσοδο του ποταμού στην πόλη της Κορίνθου. Η άμεση απορροή των κλάδων αυτών στην κεντρική κοίτη του Ξηριά σημαίνει ότι η επιφανειακή απορροή που προέρχεται από την αποστράγγιση μιας σημαντικής έκτασης, που συνολικά ανέρχεται σε 22,70 km<sup>2</sup>, προστίθεται άμεσα και ταχύτατα στην ήδη αυξημένη (σε περιπτώσεις βροχόπτωσης) παροχή του Ξηριά. Το πρόβλημα εντείνεται διότι στην επιφανειακή αυτή απορροή πρέπει να συνεκτιμηθεί, όπως ήδη αναφέρθηκε, και η άμεση απορροή των τεσσάρων κλάδων τέταρτης τάξης. Αλλά και η ανωμαλία στη διαδοχική κατά τάξη απορροή που αφορά τους κλάδους πρώτης τάξης που απορρέουν απευθείας σε τρίτης (15% του μήκους και 14% του συνολικού εμβαδού) εντοπίζεται επίσης στον κάτω ρου του ποταμού. Για την ανωμαλία αυτή ευθύνονται το ρέμα Πλατάνια νότια της Ακροκορίνθου και το ρέμα Πρεζή που αποστραγγίζει τις δυτικές πλαγιές των Ονείων.

Πίνακας 2. Διαδοχική κατά τάξη απορροή του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου Ξηριά.

|          | αριθμός κλάδων | %    | μήκος κοιτών | %    | εμβαδόν | %    |          | αριθμός κλάδων | %     | μήκος κοιτών | %     | εμβαδόν | %     |
|----------|----------------|------|--------------|------|---------|------|----------|----------------|-------|--------------|-------|---------|-------|
| 1η σε 2η | 308            | 79,2 | 130,8        | 76,6 | 78,6    | 79,4 | 2η σε 4η | 10             | 10,6  | 28,14        | 13,1  | 13,24   | 13,9  |
| 1η σε 3η | 53             | 13,7 | 25,1         | 14,7 | 13,7    | 13,8 | 2η σε 5η | 9              | 9,6   | 20,17        | 9,4   | 7,136   | 7,5   |
| 1η σε 4η | 14             | 3,6  | 8,61         | 5,1  | 3,6     | 4,8  | 3η σε 4η | 18             | 69,2  | 187          | 78,6  | 93,1    | 85,5  |
| 1η σε 5η | 12             | 3,5  | 6,15         | 3,6  | 3,1     | 2,0  | 3η σε 5η | 8              | 30,8  | 51,02        | 21,4  | 15,85   | 14,5  |
| 2η σε 3η | 75             | 79,8 | 165,8        | 77,5 | 75,14   | 78,6 | 4η σε 5η | 6              | 100,0 | 248,1        | 100,0 | 130,9   | 100,0 |

#### 4.3 Επιμήκεις τομές

Η κεντρική κοίτη του Ξηριά ως προς τη μέση κλίση της κοίτης μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα επιμέρους τμήματα (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Επιμήκειες τομές του χείμαρρου Ξηριά και των επτά μεγαλύτερων παραποτάμων του. Οι επιμήκειες τομές των παραποτάμων έχουν τοποθετηθεί στα σημεία συμβολής τους με την κεντρική κοίτη του Ξηριά, η οποία αντιστοιχεί στην ευθεία γραμμή.

Το κατώτερο τμήμα εκτείνεται έως περίπου 19 km ανάντη των εκβολών και εμφανίζει μικρή σχετικά κλίση (1,57%). Στο δεύτερο τμήμα η μέση κλίση αυξάνεται σε 5,69%, στο τρίτο (μήκους 8,9 km) μειώνεται σε 3,59% ενώ στο ανώτερο ορεινό τμήμα του ποταμού η μέση κλίση γίνεται 24,78%. Οι παραπόταμοι εκατέρωθεν της κεντρικής κοίτης του Ξηριά εμφανίζουν μεγάλες κλίσεις στα ανάντη (9,86 – 18,59%) ενώ στα κατάντη τμήματά τους, που αντιστοιχούν στο μέσο περίπου του μήκους της διαδρομής τους πριν τη συμβολή με τον Ξηριά οι κλίσεις είναι σχετικά ήπιες (1,95 – 3,69%) (Σχήμα 5). Οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις των κοιτών στα ανάντη τμήματα των χείμαρρων συνηγορούν σε μια αυξημένη ταχύτητα ροής σε περιπτώσεις βροχοπτώσεων στα ορεινά της λεκάνης και συνεπώς σε

μικρούς χρόνους άφιξης της επιφανειακής απορροής στην πεδινή περιοχή της συμβολής τους με την κεντρική κοίτη του Ξηριά. Στους μικρούς χρόνους συρροής συντελούν επιπλέον τα μικρά μήκη των παραποτάμων και το επίμηκες σχήμα της λεκάνης.

### **5. Ανθρωπογενείς επεμβάσεις**

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις στον χείμαρρο Ξηριά στο τμήμα της διαδρομής του από τη γέφυρα της Εθνικής οδού Κορίνθου-Πατρών έως τις εκβολές του είναι σημαντικές και εστιάζονται στον εγκιβωτισμό και την τεχνητή διευθέτηση της κοίτης, η οποία για ένα σημαντικό μήκος της εντός του αστικού ιστού της πόλης έχει εντελώς καλυφθεί χάνοντας τον φυσικό της ρόλο. Πριν την είσοδο του ποταμού στην πόλη η κοίτη έχει επενδυθεί με σκυρόδεμα περιορίζοντας την κατείσδυση και αυξάνοντας την ταχύτητα ροής του νερού σε περιόδους αυξημένης απορροής ενώ κατά θέσεις έχει περιοριστεί και οριοθετηθεί από συρματοκιβώτια με λιθοπλήρωση. Σημαντικό ρόλο στην αύξηση της επικινδυνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών επεισοδίων αποτελούν και οι δασικές πυρκαγιές που έχουν κατά καιρούς πλήξει τον ευρύτερο χώρο της λεκάνης απορροής. Ειδικότερα οι καταστροφικές πυρκαγιές του περασμένου καλοκαιριού αποτέφρωσαν σημαντική δασική έκταση της λεκάνης δημιουργώντας συνθήκες ευνοϊκές για της αύξηση της στερεοπαροχής και των πάσης φύσεως υλικών μεταφοράς στην κοίτη του χείμαρρου.

### **6. Συμπεράσματα**

Η λεκάνη απορροής του χείμαρρου Ξηριά και ιδιαίτερα ο κάτω ρους του αποτελεί μια περιοχή υψηλής επικινδυνότητας σε ότι αφορά την εκδήλωση πλημμυρών. Διάφορα επεισόδια έχουν κατά καιρούς πλήξει την ευρύτερη περιοχή πλησίον των εκβολών του με σημαντικότερο αυτό του Ιανουαρίου του 1997 που στοίχησε τη ζωή σε έξι ανθρώπους και προκάλεσε σημαντικές υλικές ζημιές. Στην αυξημένη επικινδυνότητα συντελούν τόσο φυσικά όσο και ανθρωπογενή αίτια. Μεταξύ των φυσικών αιτιών περιλαμβάνονται τα ακραία ύψη βροχής. Για το συμβάν του Ιανουαρίου του 1997, η επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων έδειξε ότι το αθροιστικό ύψος νετού 24ώρου έφτασε τα 299.3 mm, τιμή που αποτελεί απόλυτο μέγιστο δεκαετίας (1987-1997) και αντιστοιχεί σε περισσότερο από το τριπλάσιο του μέσου ύψους νετού για το μήνα Ιανουάριο (87.7mm). Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου Ξηριά και κυρίως οι ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή και οι υψηλές τιμές των λόγων διακλάδωσης και ιδιαίτερα αυτού μεταξύ πέμπτης και τέταρτης τάξης θεωρούνται ως βασικές φυσικές αιτίες για τις πλημμύρες στον κάτω ρου. Η σημαντική αύξηση της επιφανειακής απορροής της κεντρικής κοίτης του χείμαρρου σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης οφείλεται στην άμεση απορροή των υδάτων που προκύπτουν από την αποστράγγιση οκτώ λεκανών τρίτης και τεσσάρων τέταρτης τάξης στην κεντρική κοίτη του Ξηριά. Άλλη φυσική αιτία είναι οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις της κοίτης των παραποτάμων στο ορεινό τους τμήμα, που συντελούν σε αύξηση της ταχύτητας ροής των υδάτων και συνεπώς σε μείωση του χρόνου συρροής στην κεντρική κοίτη του χείμαρρου.

Επιπλέον σημαντικές είναι οι εκτεταμένες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στον χείμαρρο, ιδίως στο τμήμα που διέρχεται από την πόλη της Κορίνθου με κυριότερη την τεχνητή διευθέτηση και επένδυσή της κοίτης με σκυρόδεμα καθώς και την πλήρη κάλυψή της σε σημαντικό μήκος εντός της αστικής περιοχής.

### **Βιβλιογραφία**

- Βουδούρης Κ. 1998. Ποσοτική ανάλυση της ραγδαίας βροχόπτωσης της 12/1/1997 στην περιοχή της Κορίνθου. Δελτίο ΕΓΕ, τόμος XXXII, No 4: 33-41.
- Gatsis I., Pavlopoulos A. and Parcharidis I. 2001. Geomorphological observations and related natural hazards using merged remotely sensed data: a case study in the Corinthos area (NE Peloponnese, S. Greece). Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography 83 (4): 217-228.
- Ζεληλίδης Α. 2008. Η εξέλιξη στο χρόνο του ποταμού Ξηριά Κορίνθου και το πλημμυρικό γεγονός της 12/1/1997: Μελλοντική εξέλιξη και προστασία. Εκτεταμένες Περίληψεις

Συμπόσιο – Συνέδριο Γη και Θάλασσα της Κορινθίας. Υπό την αιγίδα της ΕΓΕ. 2-3 Μαΐου 2008. Κόρινθος

Horton R. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. America Bulletin*, 56: 275-370.

Καρύμπαλης Ε., Γάκη-Παπαναστασίου Κ. και Μαρουκιάν Χ. 2005. Η συμβολή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου του Μεγάλου Ρέματος Ραφήνας και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην εκδήλωση πλημμύρων. *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας XXXVIII*: 171-181

Καρύμπαλης Ε., Γάκη-Παπαναστασίου Κ. και Μαρουκιάν Χ. 2007. Ποιος ευθύνεται για τα πλημμυρικά επεισόδια στο νομό Αττικής, η φύση ή ο άνθρωπος; Οι περιπτώσεις των λεκανών του Κηφισού ποταμού και του Μεγάλου Ρέματος της Ραφήνας. Στο: Το αύριο εν κινδύνω – φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα. Κ. Σαπουντζάκη (επιμ.) εκδ. Gutenberg: 287-309

Kotroni V., Lagouvardos K., Kallos G. and Ziakopoulos D. 1999. Severe flooding over central and southern Greece associated with pre-cold frontal orographic lifting. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 125(555): 967-991.

Lekkas E., Lozios S., Skourtsos E. and Kranis H. 1998. Floods, geodynamic environment and human intervention. The case of Corinth (Greece). *Risk Analysis, Computational Analysis*, 2:135-145.

Μαρουκιάν Χ., Τσερμέγκα Ε., Γάκη-Παπαναστασίου και Καρύμπαλης Ε. 2005. Ο ρόλος των μορφομετρικών παραμέτρων και των ανθρωπογενών επεμβάσεων στην εκδήλωση πλημμύρων στον κάτω ρου του Κηφισού ποταμού (λεκανοπέδιο Αττικής). *Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου*, τόμος Ι: 289-299

Μπαλούτσος Γ., Κουτσογιάννης Δ., Οικονόμου Α. και Καλλίρης Π. 2000. Διερεύνηση της απόκρισης της λεκάνης απορροής Ξηριά Κορίνθου στην καταιγίδα της 11-13/1/1997 με τη μέθοδο SCS. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, τόμος ΙΙ, τεύχος 1: 77-90.

Μπορνόβας Ι., Λαλεχός Ν., Φιλιππάκης Ν., Χριστοδούλου Γ. και Τσαϊλά-Μονόπωλη Σ. 1971. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000, φύλλο Κόρινθος. ΙΓΜΕ.

Strahler A. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Am. Geophys. Union Trans.* 38(6): 913-920.

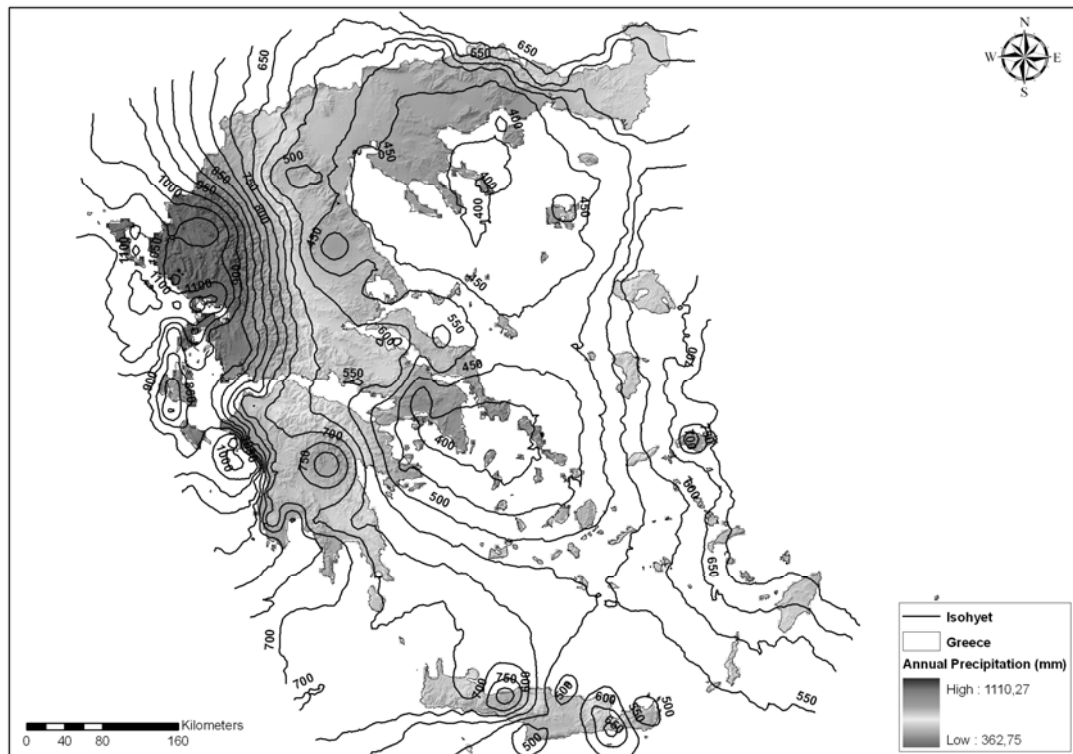
## Το νερό της Αθήνας

### Εισαγωγή

Για τη χώρα μας η διαχείριση του νερού σε κρατικό επίπεδο εμφανίζει κυρίως προβλήματα ποσότητας παρά ποιότητας. Στην Ελλάδα κατά μέσο όρο είναι διαθέσιμα για κατανάλωση πάνω από 5000 m<sup>3</sup> νερού ετησίως ανά άτομο (European Environment Agency 1995). Η ποσότητα αυτή είναι από τις μεγαλύτερες διαθέσιμες κατά κεφαλήν μεταξύ των χωρών της Μεσογείου. Συνεπώς θεωρητικά η χώρα μας διαθέτει αρκετό νερό για την κάλυψη τόσο των αναγκών του πληθυσμού της όσο και των παραδοσιακών χρήσεων νερού (άρδευση, βιομηχανία, ενέργεια). Αν και το υδατικό δυναμικό επαρκεί για το σύνολο των κατοίκων της χώρας, η κατανομή της βροχόπτωσης και των υδατικών αποθεμάτων είναι τόσο χωρικά όσο και χρονικά ανομοιόμορφη και σε καμία περίπτωση δεν ακολουθεί την γεωγραφική κατανομή του πληθυσμού. Ο μεγαλύτερος όγκος των βροχοπτώσεων παρατηρείται στο δυτικό τμήμα της χώρας όπου τα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα είναι επαρκή ενώ αντίθετα σε ορισμένες περιοχές, στα ανατολικά κυρίως της χώρας, το ύψος βροχής είναι αρκετά χαμηλό και το διαθέσιμο νερό δεν καλύπτει τις ανάγκες (Χάρτης 1). Τα υδατικά διαμερίσματα της Αττικής και των Κυκλάδων χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλά ύψη βροχής και σχετικά υψηλές ετήσιες θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να αποτελούν τις πιο άνυδρες περιοχές της χώρας. Συγκεκριμένα στο υδατικό διαμέρισμα της Αττικής, που έχει συνολική έκταση 3207 km<sup>2</sup>, εκτιμάται ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 400 mm ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16 και 18 °C.

Η Αθήνα αποτελεί μια τυπική περίπτωση αστικής περιοχής που ιστορικά η διαχείριση των υδατικών πόρων πέρασε από διάφορα στάδια που είχαν άμεση εξάρτηση από την αύξηση του πληθυσμού και την αντίστοιχη αύξηση της ζήτησης σε νερό. Η αστικοποίηση της Αττικής, με τραγικά υψηλούς ρυθμούς τον προηγούμενο αιώνα, είχε σαν αποτέλεσμα να χαθεί η περίοδος που το νερό επαρκούσε έστω και οριακά για τους κατοίκους της. Εκτιμάται ότι οι απαιτήσεις σε νερό έχουν κατά μέσο όρο δεκαπλασιαστεί κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα γεγονός που σημαίνει ότι η αύξηση της ζήτησης σε νερό είναι κατά μέσο όρο 3 φορές πιο γρήγορη από την αύξηση του πληθυσμού. Η ετήσια κατανάλωση νερού στην Αττική το 1950 ήταν 25 εκατ. m<sup>3</sup> ενώ το 1989 έφτασε τα 376 εκατ. m<sup>3</sup> για να αγγίξει το 2004 τα 4210 εκατ. m<sup>3</sup>. Το 1990 άρχισε λοιπόν μια απεγνωσμένη αναζήτηση πηγών παροχής νερού από πολύ μακρινές περιοχές και η κατασκευή μεγάλων έργων, με σκοπό την ενίσχυση της υδροδότησης,

αγνοώντας τις επιπτώσεις που θα προκαλούσε η επέμβαση αυτή στον κύκλο του νερού και στο φυσικό περιβάλλον των περιοχών αυτών.



Χάρτης 1. Χάρτης κατανομής της βροχόπτωσης στην Ελλάδα. Η δυτική Ελλάδα δέχεται σημαντικά μεγαλύτερο ύψος βροχής απ' ότι τα ανατολικά διαμερίσματα της χώρας (πηγή: Κατσαφάδος et al., 2008).

Ακολουθεί μια ιστορική αναδρομή της ύδρευσης στην Αθήνα και τα συνοδά έργα από την αρχαιότητα μέχρι την ανάπτυξη του σημερινού υδροδοτικού συστήματος. Επιπλέον παρατίθενται λεπτομερή στοιχεία για τη διαχρονική κατανάλωση του νερού στην Αττική και τέλος γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία των φραγμάτων στους ποταμούς Μόρνο και Εύηνο υπολογίζοντας το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης του Εύηνου και αποτυπώνοντας τις μεταβολές στη δελταϊκή ακτογραμμή του Μόρνου.

### Ιστορικό της ύδρευσης της πόλης των Αθηνών



Οι κάτοικοι της Αθήνας από την Προϊστορική ήδη περίοδο ανέπτυξαν πρωτογενή συστήματα συλλογής νερού για την υδροδότηση της πόλης. Παράλληλα οργάνωσαν συστήματα διαχείρισης του νερού που με την πάροδο του χρόνου εξελίχθηκαν και επηρεάστηκαν σε σημαντικό βαθμό από την ανάπτυξη της τεχνολογίας (Koutsogiannis et al. 2003).

Τα κυριότερα υδρογραφικά δίκτυα που αποστραγγίζουν τις περιοχές περιμετρικά του λεκανοπεδίου της Αθήνας είναι εκείνα του Ιλισού και του Κηφισού. Εντούτοις λόγω του μικρού ύψους βροχής ακόμη και οι κεντρικές κοίτες των ποταμών αυτών χαρακτηρίζονταν ανέκαθεν από πολύ μικρές παροχές με σημαντικές διακυμάνσεις στη διάρκεια του έτους. Ο Ηριδανός, ο Κυκλοβόρος και ο Ποδονίφτης ήταν παραπόταμοι του Κηφισού με χειμαρρώδη χαρακτηριστικά και περιοδική ροή μόνο σε περιόδους έντονης βροχόπτωσης. Έτσι η ύδρευση της Αθήνας δεν βασιζόταν τόσο στην επιφανειακή απορροή αλλά στην εκμετάλλευση του υπόγειου νερού μέσω πηγών και πηγαδιών. Αρκετές ήταν οι κρήνες στην αρχαία Αθήνα με σημαντικότερες την Εννεάκρουνο, την κρήνη του Πανός την κρήνη του Πάνοπος κ.α. (Λάμπρου, 1998). Για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών με οργανωμένο τρόπο ήδη από την προϊστορική εποχή κατασκευάζονται υδραγωγεία μέσω των οποίων το νερό διοχετευόταν στις κρήνες. Το αρχαιότερο από αυτά ήταν το Πελασγικό, που ενίσχυε με τα νερά του Υμηττού την λεκάνη απορροής του Ιλισού ποταμού. Μεταγενέστερο ήταν το υδραγωγείο που κατασκευάστηκε από τον Θησέα και αξιοποιούσε τα νερά του Πεντελικού όρους. Πολύ αργότερα (μεταξύ 540 και 530 π.Χ.) ο Πεισίστρατος κατασκεύασε ένα υπόγειο υδραγωγείο αντλώντας νερό από τις πηγές του Υμηττού. Η ύδρευση γινόταν μέσω ενός δικτύου διανομής το οποίο τροφοδοτούσε τις κρήνες. Για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε περιόδους ανομβρίας είχαν κατασκευαστεί δεξαμενές όπως η Χαμοστέρνα και η Πικροδάφνη που χρησιμοποιούνταν ως χώροι αποθήκευσης του νερού.

Ρυθμίσεις σχετικά με τη διαχείριση του νερού υιοθετούνται, για πρώτη φορά στην ιστορία της πόλης, στη νομοθεσία που θέσπισε ο Σόλωνας (γύρω στο 594 π.Χ.). Οι ρυθμίσεις αυτές διατηρήθηκαν για πολλά χρόνια, με ελάχιστες τροποποιήσεις από τον Πεισίστρατο και είχαν σαν σκοπό την ορθολογική διαχείριση του νερού ώστε το πολύτιμο αυτό αγαθό να υπάρχει σε επάρκεια για όλους τους πολίτες. Ενδεικτικά μεταξύ των ρυθμίσεων, που σκοπό είχαν τη διαχείριση της ζήτησης και την κατά το δυνατόν ορθολογική χρήση, αναφέρεται ότι όλοι οι πολίτες είχαν το δικαίωμα να προμηθεύονται νερό από τις δημόσιες πηγές τροφοδοσίας μόνο αν διέμεναν σε μια συγκεκριμένη ακτίνα γύρω από αυτές. Επιπλέον εάν κάποιος δεν έβρισκε νερό στο χωράφι του μετά από τη διάνοιξη ενός πηγαδιού, με βάθος

μέχρι 20 μέτρα, είχε το δικαίωμα να προμηθεύεται νερό από γειτονικά πηγάδια δύο φορές την ημέρα (MacDowell 1978). Μάλιστα για την εφαρμογή των κανόνων αυτών είχε συσταθεί αρμόδια υπηρεσία ελέγχου.

Στα Ελληνιστικά χρόνια (4<sup>ος</sup> – 2<sup>ος</sup> π.Χ. αιώνες) δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές αλλαγές στη διαχείριση των νερών της Αττικής. Κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο (που ξεκίνησε το 86 π.Χ.) σημειώνεται η πρώτη δημιουργική παρέμβαση για τη συστηματικότερη υδροδότηση των Αθηνών. Το 2<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα ο Ρωμαίος αυτοκράτορας Αδριανός κατασκεύασε το Αδριάνειο Υδραγωγείο που ήταν το πρώτο μεγάλο υδροδοτικό έργο της πόλης. Μετέφερε νερό από το Τατόι σε μια δεξαμενή που βρισκόταν στους πρόποδες του Λυκαβηττού. Το έργο αυτό λειτούργησε μέχρι την εποχή της Τουρκοκρατίας οπότε εγκαταλείφθηκε και περιήλθε σε αχρηστία.

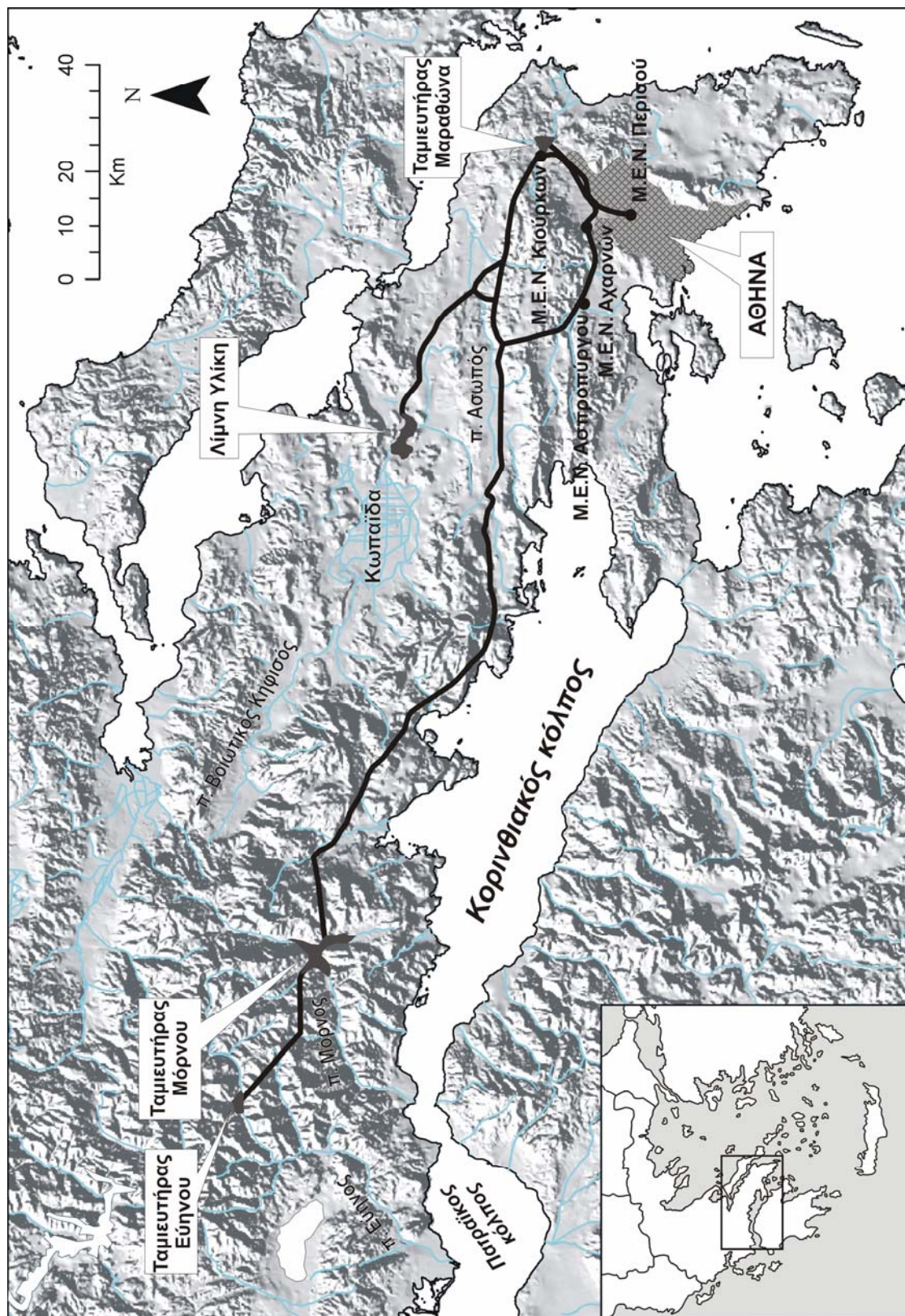
Κατά τη Βυζαντινή εποχή (324-1453) καθώς και την περίοδο της Φραγκοκρατίας (1205-1456) δεν κατασκευάστηκε κανένα σημαντικό έργο σχετικό με την υδροδότηση της πόλης. Μετά την απελευθέρωση από τους Τούρκους το Αδριάνειο υδραγωγείο καθαρίστηκε, επισκευάστηκε και τέθηκε πάλι σε λειτουργία το 1840.

Το Αδριάνειο Υδραγωγείο και η δεξαμενή έπαψε να είναι η κύρια πηγή νερού για την πόλη μετά το 1929 οπότε ξεκίνησε η λειτουργία του φράγματος του Μαραθώνα που κατασκευάστηκε στην κεντρική κοίτη του Οινόη (Χάραδρου) ποταμού και της σήραγγας του Μπογιατίου, η κατασκευή των οποίων είχε ήδη ξεκινήσει από το 1925 (Χάρτης 2). Το έργο στο Μαραθώνα σηματοδοτεί μια νέα εποχή για την ύδρευση της Αθήνας. Η κατασκευή της τεχνητής λίμνης του Μαραθώνα ήταν αναγκαία λόγω των διαρκώς αυξανόμενων αναγκών σε νερό που προκάλεσε η αύξηση του πληθυσμού της Αθήνας μετά τη Μικρασιατική καταστροφή. Σήμερα ο ταμιευτήρας του Μαραθώνα δεν συμμετέχει ενεργά στην ύδρευση της Αττικής αλλά αποτελεί μια αποθήκη νερού για λόγους ασφαλείας.

Λόγω της συνεχιζόμενης αύξησης του πληθυσμού της Αθήνας μεταγενέστερα, κρίθηκε αναγκαία η χρησιμοποίηση των νερών της φυσικής λίμνης Υλίκης που βρίσκεται στο νομό Βοιωτίας. Το 1956 η Υλίκη εντάσσεται στο υδροδοτικό σύστημα για την κάλυψη των αναγκών του λεκανοπεδίου (Χάρτης 2). Η άντληση του νερού από τη λίμνη γίνεται με το μεγαλύτερο αντλιοστάσιο της Ευρώπης. Αυτή ήταν η πρώτη απόπειρα μεταφοράς νερού στην πρωτεύουσα από πηγή εκτός του νομού Αττικής. Η μεταφορά νερού από την Υλίκη κρίνεται οικονομικά ασύμφορη λόγω των μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται να καταναλωθεί για την άντληση του νερού εξαιτίας του χαμηλού υψομέτρου

της λίμνης (Ξένος et al. 2001). Όπως και ο ταμιευτήρας του Μόρνου έτσι και η Υλίκη, αποτελεί σήμερα αποθηκευτικό χώρο νερού έτοιμο να συνδράμει σε περιόδους μεγάλης λειψυδρίας.

Το νέο σημαντικό έργο που ενίσχυσε την υδροδότηση της Αθήνας, ήταν το φράγμα που κατασκευάστηκε στην κεντρική κοίτη του ποταμού Μόρνου στο νομό Φωκίδος (Χάρτης 2). Την ίδια περίοδο ιδρύεται η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΕΥΔΑΠ) μετά την συγχώνευση της Ανωνύμου Ελληνικής Εταιρείας Υδάτων των Πόλεων Αθηνών – Πειραιώς (ΕΕΥ) και του Οργανισμού Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΟΑΠ) που αναλαμβάνει την ύδρευση των δήμων και κοινοτήτων της ευρύτερης περιοχής του νομού Αττικής (ΕΥΔΑΠ 2005). Η κατασκευή του φράγματος ολοκληρώθηκε το 1980. Η μέση βροχόπτωση στην περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του Μόρνου υπολογίζεται σε  $910 \pm 210$  mm/έτος και η μέση απόληψη ανέρχεται σε 210 εκατ  $m^3$ /έτος. Το πρόβλημα της επάρκειας σε νερό δεν λύθηκε όμως ούτε και με αυτό το έργο με αποτέλεσμα την αναζήτηση τρόπων ενίσχυσης του τεχνητού ταμιευτήρα του Μόρνου.



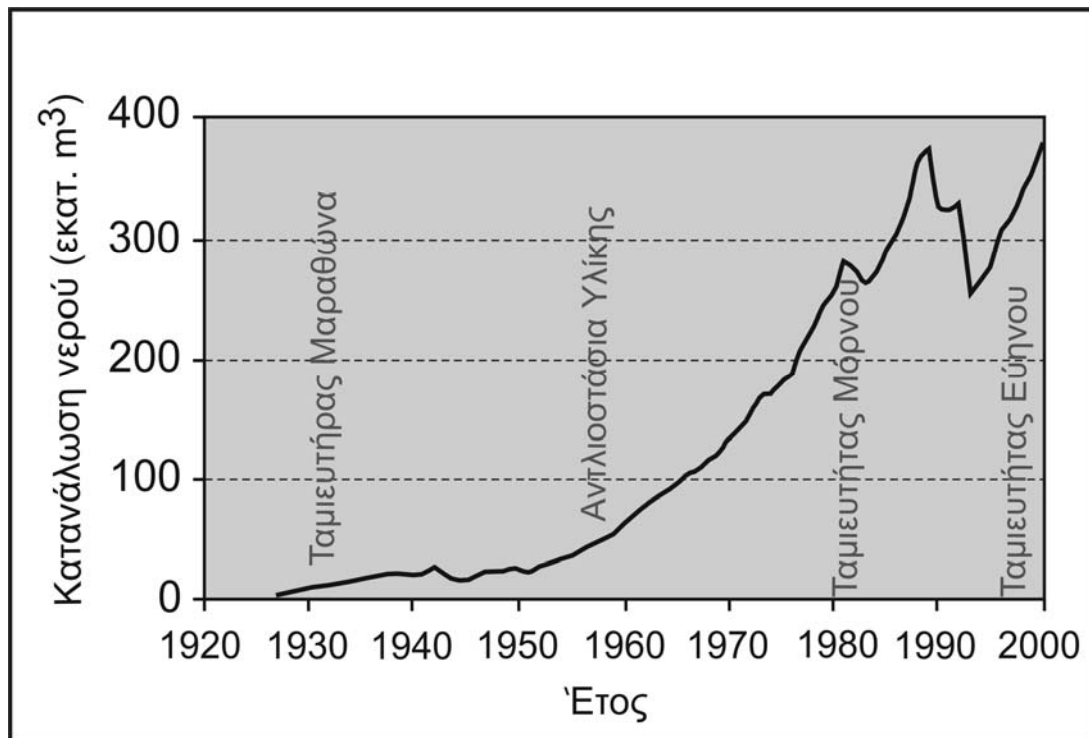
Χάρτης 2. Χάρτης με τα σημαντικότερα έργα που κατασκευάστηκαν για την υδροδότηση της Αθήνας από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα.(πηγή υποβάθρου: Χ. Χαλκιάς – Χαροκόπειο Παν/μιο.)

Η αναζήτηση λύσεων οδήγησε μέχρι το νομό Αιτωλοακαρνανίας. Έτσι το πιο πρόσφατο μεγάλο έργο που ενίσχυσε σημαντικά την υδροδότηση της πρωτεύουσας είναι η κατασκευή του φράγματος Αγίου Δημητρίου στον άνω ρου του Εύηνου ποταμού και η εκτροπή των νερών του μέσω σήραγγας στην τεχνητή λίμνη του Μόρνου (Χάρτης 2). Η πλήρης ολοκλήρωση και λειτουργία του έργου έγινε το 2001 αλλά ήδη από το 1995 μεταφέρονταν σημαντικές ποσότητες νερού (περίπου 100 εκατ.  $m^3$ /έτος) στην Αθήνα με σκοπό την αντιμετώπιση του έντονου προβλήματος λειψυδρίας που παρατηρήθηκε εκείνη την περίοδο. Εκτιμάται ότι συνολικά 200 εκατ.  $m^3$  μεταφέρονται από τον Εύηνο στην Αθήνα ετησίως μετά την πλήρη λειτουργία του έργου.

Το ακατέργαστο νερό μεταφέρεται σε τέσσερις μονάδες επεξεργασίας που βρίσκονται στο Γαλάτσι, το Πολυδένδρι, το Μενίδι και τη Μάνδρα αντίστοιχα και μετά τον καθαρισμό και τη χλωρίωσή του διοχετεύεται σε 45 δεξαμενές και από κει διανέμεται στους καταναλωτές μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων της ΕΥΔΑΠ μήκους 8102 χιλιομέτρων.

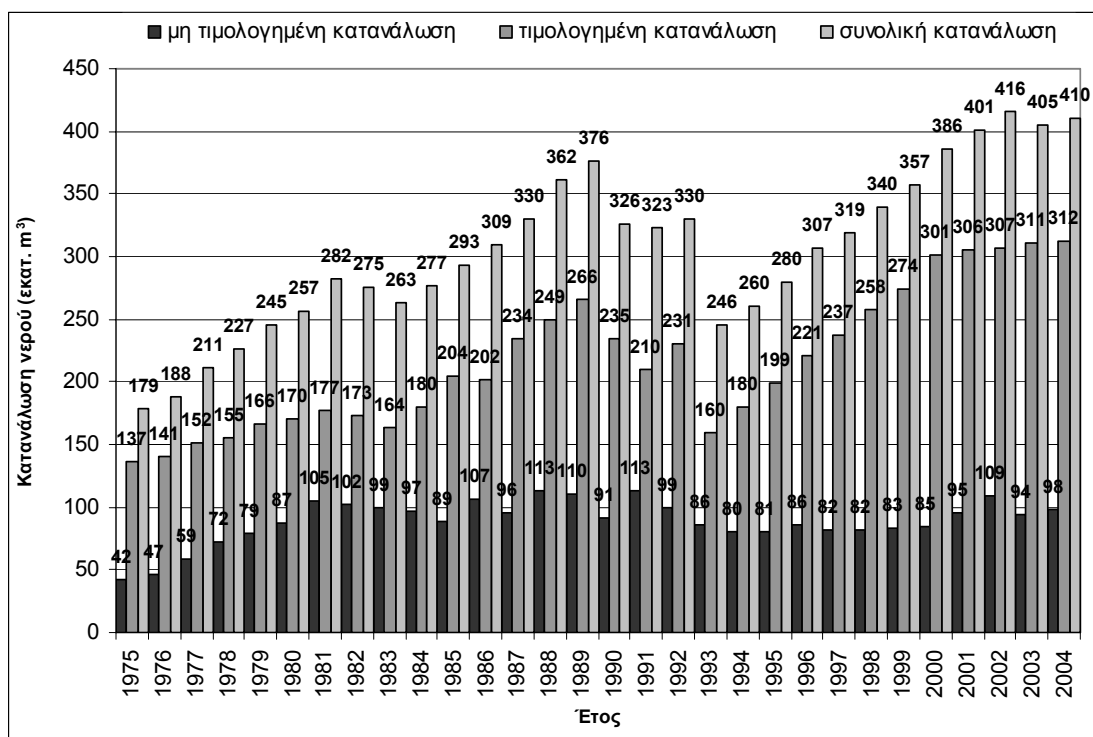
### **Η κατανάλωση του νερού στην Αθήνα**

Στο Διάγραμμα 1 απεικονίζεται η διαχρονική πορεία της κατανάλωσης του νερού από το 1926 έως το 2000 και η χρονολογία ολοκλήρωσης και έναρξης της λειτουργίας των μεγάλων έργων υδροδότησης που αναφέρθηκαν ήδη. Η κατανάλωση νερού στην Αττική από 25 εκατ.  $m^3$  που ήταν το 1950 προσέγγισε τα 400 εκατ.  $m^3$  μετά το 1990 ενώ η ζήτηση σε νερό αυξάνεται κατά μέσο όρο 3 φορές ταχύτερα από την αντίστοιχη αύξηση του πληθυσμού. Οι ανάγκες του σύγχρονου πολίτη δεν ήταν πάντα ζωτικές αλλά συχνά συνδέονταν με την υποτιθέμενη αύξηση της ποιότητας της ζωής του. Έτσι παρατηρήθηκε μια αύξηση του αριθμού των κατοικιών με πισίνες και διαμορφωμένους περιβάλλοντες χώρους, κολυμβητηρίων και παρόμοιων ενεργειών και δραστηριοτήτων που απαιτούν την κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων νερού. Εκτιμάται ότι σε περιοχές με μεγάλη κατανάλωση η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για χρήσεις όπως είναι το πότισμα και γενικά η διαμόρφωση κήπων και πράσινου, το πλύσιμο των αυτοκινήτων και οι πισίνες είναι αρκετό και μπορεί να φθάνει το 50% της συνολικής χρήσης (Hanemann, 2000).



Διάγραμμα 1. Διάγραμμα της πορείας της κατανάλωσης του νερού στην Αθήνα από το 1926 έως το 2000 και τα έτη κατασκευής των αντίστοιχων έργων που πραγματοποιήθηκαν για την ενίσχυση της ύδρευσης της πρωτεύουσας (από Xenos et al. 2002 με τροποποιήσεις).

Μετά την ολοκλήρωση του έργου στον Μόρνο και την ενσωμάτωσή του στο υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας, οι κάτοικοι της πρωτεύουσας ένωσαν μια σιγουριά σε ότι αφορά τα διαθέσιμα αποθέματα νερού και η κατανάλωση αυξήθηκε σημαντικά (Διάγραμμα 2). Κάτι ανάλογο συνέβη και μετά την κατασκευή και λειτουργία του έργου στον Εύηνο. Φαίνεται καθαρά ότι στη σύγχρονη Αθήνα οι πολίτες δεν έχουν αντιληφθεί ότι το νερό δεν είναι ανεξάντλητο με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η αίσθηση του μέτρου στην κατανάλωση.

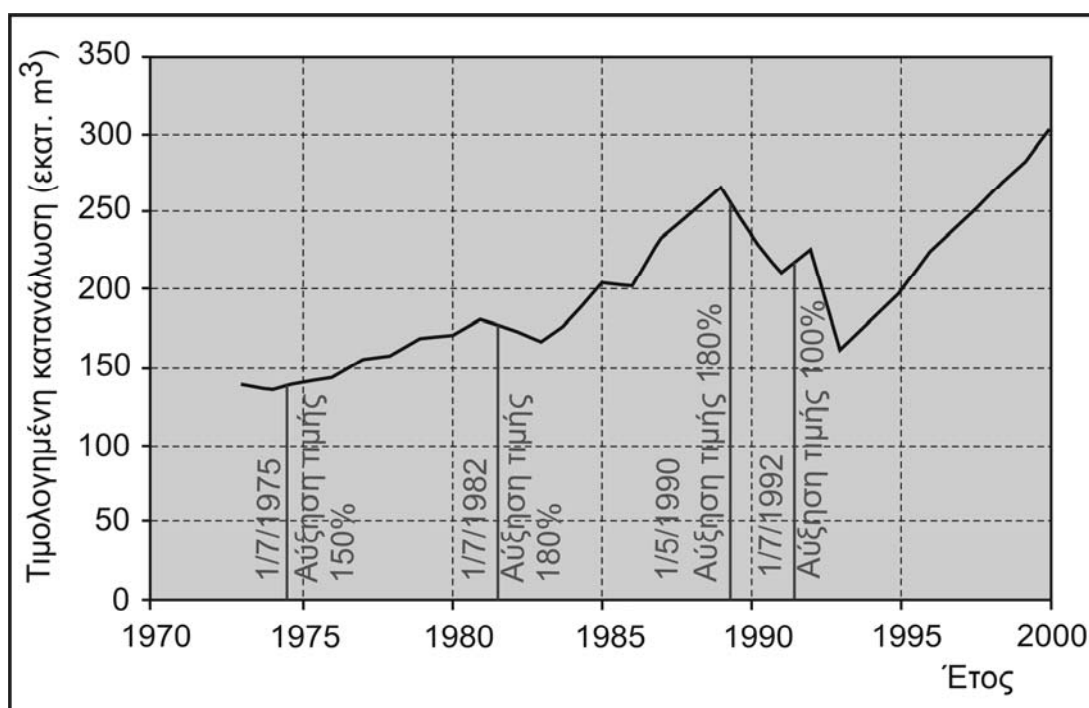


Διάγραμμα 2. Διάγραμμα κατανάλωσης νερού για την Αθήνα από το 1975 έως σήμερα. Στο διάγραμμα απεικονίζεται η συνολική κατανάλωση, η τιμολογημένη καθώς και η ατιμολόγητη. Ένα μεγάλο μέρος της ατιμολόγητης ποσότητας νερού αντιστοιχεί στις απώλειες από το απαρχαιωμένο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ (στοιχεία από ΕΥΔΑΠ).

Στο Διάγραμμα 2 απεικονίζεται λεπτομερώς η διαχρονική μεταβολή της κατανάλωσης του νερού για την περιοχή ελέγχου της ΕΥΔΑΠ από το 1975 έως το 2004. Παρατηρείται μια σημαντική αύξηση της κατανάλωσης από έτος σε έτος που αγγίζει κατά μέσο όρο τα 15 περίπου εκατ.  $m^3$  από το 1975 έως το 1989 με μια μικρή σταθεροποίηση μεταξύ των ετών 1981 και 1984. Ακολουθεί μια μεγάλη μείωση στην συνολική κατανάλωση νερού μέχρι το 1993. Από 376 εκατ.  $m^3$  που ήταν το 1989 έπεσε στα 246 εκατ.  $m^3$  το 1993. Πρόκειται για την περίοδο της μεγαλύτερης λειψυδρίας για την Αττική. Από το 1993 και μετά αρχίζει πάλι μια αύξηση της κατανάλωσης κατά περίπου 20 εκατ.  $m^3$  από χρονιά σε χρονιά. Η συγκριτική παρατήρηση του διαγράμματος αυτού με το Διάγραμμα 3, στο οποίο απεικονίζεται η τιμολογιακή πολιτική της ΕΥΔΑΠ, σύμφωνα με την οποία η τιμή του νερού προσαρμοζόταν στα εκάστοτε αποθέματα, οδηγεί στη διαπίστωση ότι η μείωση της κατανάλωσης οφειλόταν κυρίως στην τραγικά μεγάλη αύξηση της τιμής του νερού που έφτασε το 180% το



1981 και το 1990 και το 100 % το 1992. Οι αυξήσεις στην τιμή συνοδεύτηκαν από μια τεράστια καμπάνια ενημέρωσης των πολιτών για την εξοικονόμηση του νερού. Όλοι θυμόμαστε τις καθημερινές ραδιο-τηλεοπτικές ανακοινώσεις για το πόσες ημέρες επαρκούν τα εκάστοτε αποθέματα νερού και τον καταγισμό από ενημερωτικά φυλλάδια της ΕΥΔΑΠ που παρότρυναν τους καταναλωτές σε μείωση της σπατάλης περιορίζοντας τις άσκοπες χρήσεις.



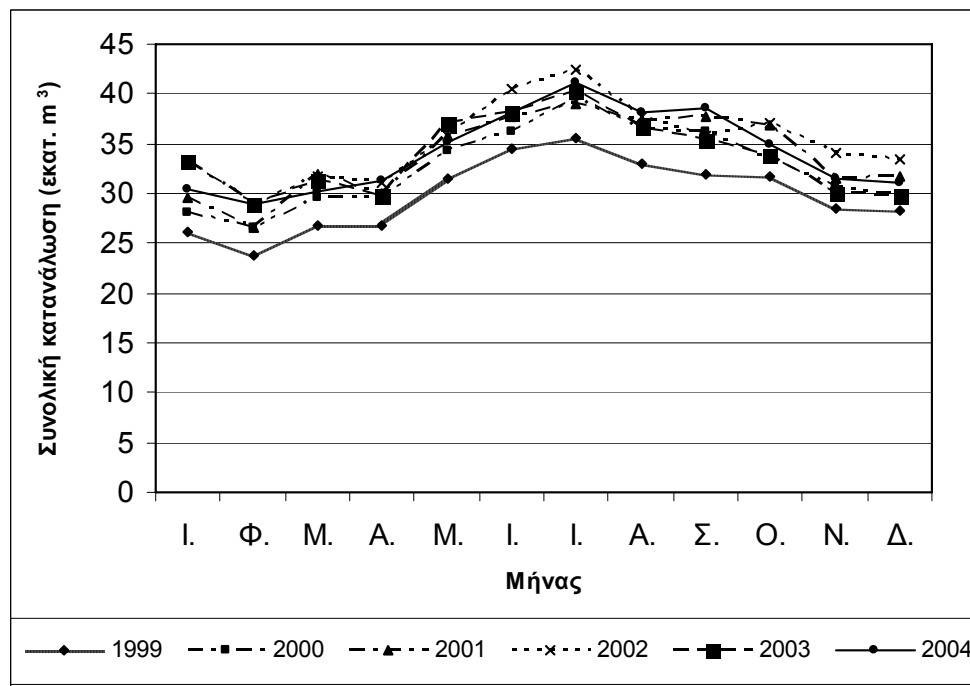
Διάγραμμα 3. Η διαχρονική πορεία της κατανάλωσης νερού στην Αθήνα από το 1973 έως το 2000. Έχουν τοποθετηθεί χρονικά οι περίοδοι αύξησης της τιμής για το νερό και φαίνεται καθαρά ο τρόπος με τον οποίο η τιμολογιακή πολιτική της ΕΥΔΑΠ επηρεάζει την κατανάλωση.

Στο Διάγραμμα 2 απεικονίζεται η συνολική κατανάλωση που είναι το άθροισμα της τιμολογημένης και της μη τιμολογημένης ποσότητας νερού που καταναλώνεται. Μια πολύ σημαντική ποσότητα, που φθάνει περίπου το 1/3 της συνολικής κατανάλωσης και αγγίζει κατά μέσο όρο τα 75 εκατ. m<sup>3</sup> ετησίως, δεν τιμολογείται. Μεγάλο μέρος της ατιμολόγητης αυτής ποσότητας νερού περιλαμβάνει τις απώλειες από το απαρχαιωμένο δίκτυο διανομής



της ΕΥΔΑΠ λόγω της κακής του συντήρησης καθώς και τη σπατάλη χρηστών κυρίως του δημοσίου, που δεν τιμολογούνται.

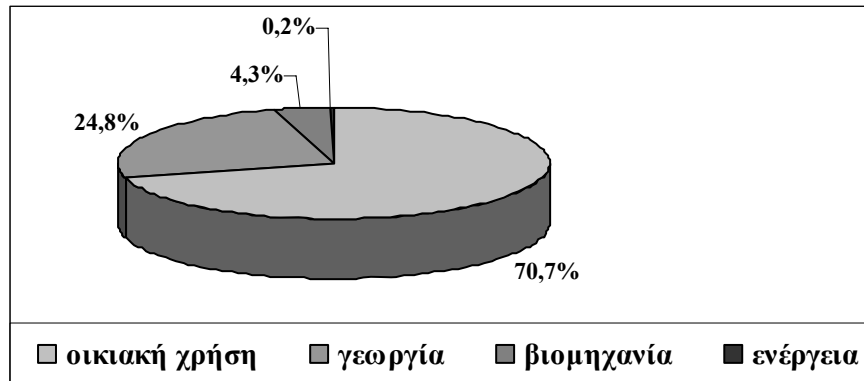
Ενδεικτικό της εποχικής κύμανσης της κατανάλωσης είναι το Διάγραμμα 4 όπου απεικονίζεται η κατανάλωση από μήνα σε μήνα για κάθε έτος από το 1999 έως το 2004. Η κατανάλωση κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και κυρίως τον Ιούλιο είναι αυξημένη έως και 10 εκατ.  $\text{m}^3$  νερού σε σχέση με τους χειμερινούς και τους ανοιξιιάτικους μήνες. Οι σχετικά χαμηλότερες τιμές που σημειώνονται τον Αύγουστο μπορούν να αποδοθούν στη μαζική καλοκαιρινή έξοδο των Αθηναίων για διακοπές.



Διάγραμμα 4. Η πορεία της μηνιαίας κατανάλωσης του νερού στην Αθήνα για τα έτη από το 1999 έως και το 2004 (στοιχεία από ΕΥΔΑΠ).

Σε ότι αφορά τις κυριότερες χρήσεις νερού για την Αττική από την μέση ετήσια ζήτηση σε νερό που ανέρχεται σε 408 εκατ.  $\text{m}^3$  μια ποσότητα που αγγίζει τα 289 εκατ.  $\text{m}^3$  και αντιστοιχεί στο 70.5 % της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση ενώ ποσοστό 24.9 % αυτής (ποσότητα 101.5 εκατ.  $\text{m}^3$ ) χρησιμοποιείται στη γεωργία,

4.4 % (ποσότητα 17.5 εκατ. m<sup>3</sup>) προορίζεται για βιομηχανική χρήση και τέλος μόλις το 0.2 % για ενέργεια (Διάγραμμα 5).



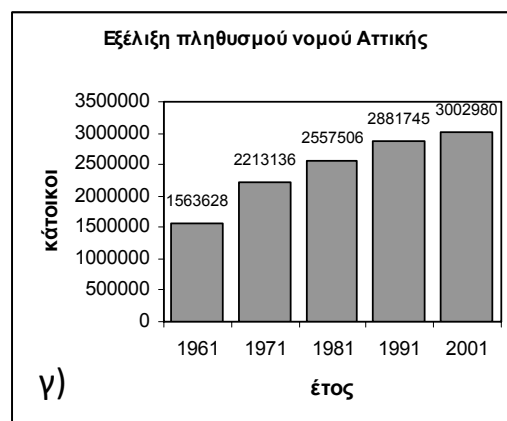
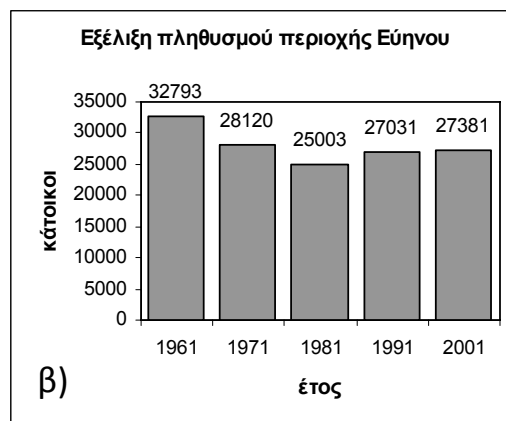
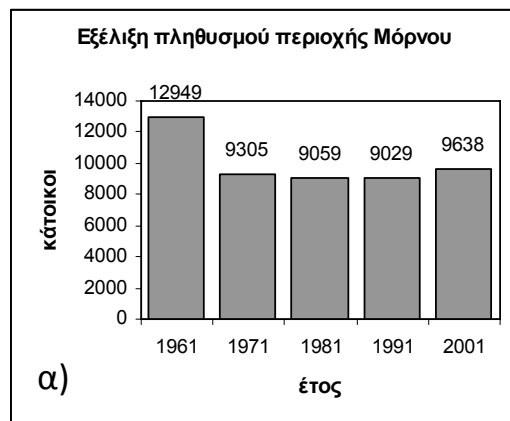
Διάγραμμα 5. Κατανομή των κυριότερων χρήσεων νερού στην Αθήνα.

#### **Επιπτώσεις στις υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Μόρνου και Εύηνου από τη μεταφορά νερού στην Αθήνα**

Όπως αναλύθηκε παραπάνω οι αυξανόμενες ανάγκες οδήγησαν στην αναζήτηση και μεταφορά ποσοτήτων νερού από απομακρυσμένες από την Αθήνα περιοχές. Η επέμβαση στο υδρολογικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής, που προκαλείται από την κατασκευή ενός φράγματος, έχει τραγικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και τη λειτουργία των φυσικών διεργασιών. Αυτές οι αρνητικές επιπτώσεις δεν ελήφθησαν υπόψη από τους διαχειριστές του νερού της Αθήνας και θεωρήθηκαν δευτερεύουσας σημασίας αφού θα αφορούσαν σαφώς μικρότερο αριθμό ανθρώπων ενώ από την άλλη θα καλύπτονταν οι ανάγκες μεγάλου αριθμού κατοίκων της πρωτεύουσας.

Στα Διαγράμματα 6 α, β, γ απεικονίζονται τα πληθυσμιακά στοιχεία της Αττικής καθώς και των περιοχών των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Μόρνου και Εύηνου απ' όπου μεταφέρεται το νερό. Τα στοιχεία για τις τρεις περιοχές προέρχονται από τις απογραφές πληθυσμού της ΕΣΥΕΑ από το 1961 έως το 2001. Τα πληθυσμιακά δεδομένα των λεκανών απορροής του Μόρνου και του Εύηνου αφορούν τις κοινότητες που οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν, βρίσκονται από τη θέση των φραγμάτων έως τις εκβολές των ποταμών. Πρόκειται για συνολικά 39 κοινότητες στην υδρολογική λεκάνη του Εύηνου και 35 στην

λεκάνη του Μόρνου. Οι κοινότητες αυτές θεωρείται ότι υφίστανται άμεσα τις επιπτώσεις από την μείωση της επιφανειακής απορροής των ποταμών μετά τη λειτουργία των φραγμάτων. Γίνεται σαφές ότι οι κάτοικοι των περιοχών που κατοικούν κατάντη των φραγμάτων αριθμητικά αντιστοιχούν μόλις στο 1.2 % του συνόλου των ευεργετηθέντων Αθηναίων πολιτών. Η σύγκριση μεταξύ των πληθυσμών των κοινοτήτων αυτών και της Αττικής ερμηνεύει την ευκολία με την οποία ελήφθη η απόφαση τα υδατικά αποθέματα των ποταμών αυτών της δυτικής Ελλάδας να μεταφερθούν στην Αττική. Οι κοινότητες είναι σταθερές πληθυσμιακά γεγονός το οποίο δείχνει ότι σε ότι αφορά τον αριθμό των κατοίκων η μείωση της επιφανειακής απορροής δεν έχει σημαντικές επιπτώσεις.



Διάγραμμα 6. Διαχρονική εξέλιξη του πληθυσμού των κοινοτήτων που βρίσκονται στις λεκάνες απορροής (α) του Μόρνου και (β) του Εύηνου και καταλαμβάνουν εκτάσεις που βρίσκονται από την θέση των φραγμάτων μέχρι τις εκβολές των ποταμών. Για τη λεκάνη του

*Εύηνου οι κοινότητες αυτές είναι 39 και για τον Μόρνο 35 και υφίστανται σημαντική μείωση των επιφανειακών τους νερών λόγω της κατασκευής των φραγμάτων στον άνω ρου των ποταμών. Το διάγραμμα (γ) απεικονίζει τη διαχρονική εξέλιξη του πληθυσμού στην Αττική.*

Οι επιπτώσεις της λειτουργία των φραγμάτων στις φυσικές διεργασίες είναι άμεσες και αφορούν τόσο τη φυσική ροή του νερού όσο και την μεταφορά των φερτών υλών των ποταμών. Στην περίπτωση φραγμάτων η κατασκευή των οποίων έχει σκοπό την παραγωγή ενέργειας η υδάτινη παροχή θα φθάσει στις εκβολές του ποταμού έστω και ετεροχρονισμένα. Όταν όμως σκοπός της λειτουργίας τους είναι η υδροδότηση το νερό συλλέγεται και απομακρύνεται οπότε παρατηρείται μείωση της παροχής από το φράγμα μέχρι τις εκβολές. Αρκετές από τις επιπτώσεις στις παραποτάμιες περιοχές από την μείωση της επιφανειακής απορροής των ποταμών κατάντη των φραγμάτων θα φανούν μακροπρόθεσμα και ίσως δεν είναι άμεσα και εύκολα αντιληπτές.

Σε μια προσπάθεια ποσοτικής εκτίμησης της μείωσης του νερού στις περιοχές των λεκανών λόγω μεταφοράς του στην Αθήνα, υπολογίστηκαν οι παράμετροι του υδρολογικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Εύηνου. Η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου, που αποτελεί την μαθηματική έκφραση του κύκλου του νερού, είναι η εξής:

$$P=E+I+R,$$

Όπου P είναι το νερό που δέχεται η λεκάνη με τη μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων,

E είναι το νερό που μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα με το φαινόμενο της εξάτμισης και της διαπνοής,

I είναι το νερό που κατεισδύει μέσω των διαπερατών σχηματισμών της λεκάνης και τέλος

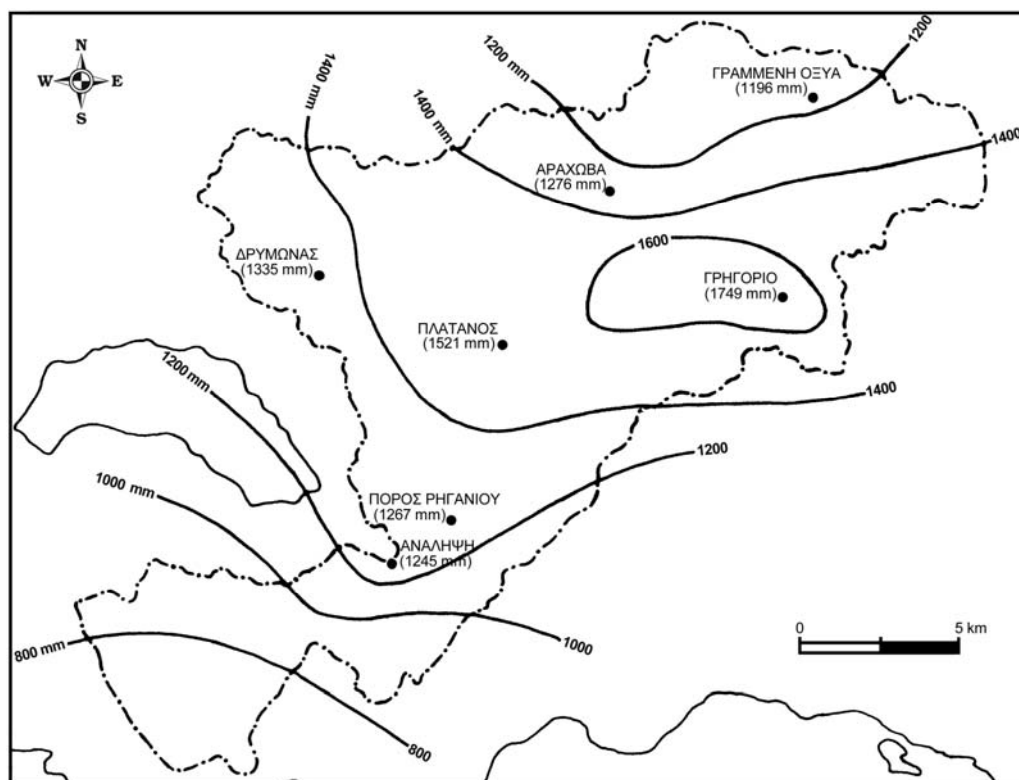
R είναι η επιφανειακή απορροή, το νερό δηλαδή που απομένει και ρέει στις κοίτες των ποταμών

Πίνακας 2. Αποτελέσματα του υπολογισμού των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής του Εύηνου ποταμού και μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν.

| Παράμετρος                     | Μεθοδολογία                          | Όγκος νερού (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Κατακρημνίσματα (P)</b>     | Μέθοδος χάραξης ισοϋετίων καμπυλών.  | 1414250000                    |
| <b>Εξατμισιδιαπνοή (E)</b>     | Μέθοδος - τύπος του Turc.            | 659324000                     |
| <b>Κατείσδυση (I)</b>          | Ομαδοποίηση λιθολογικών σχηματισμών. | 324878480                     |
| <b>Επιφανειακή απορροή (R)</b> | Εξίσωση του υδρολογικού Ισοζυγίου    | 430047520                     |

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου, για τη λεκάνη απορροής του Εύηνου ποταμού έδειξε ότι η συνολική μέση ποσότητα νερού που δέχεται η περιοχή με τη μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι 1414250000 m<sup>3</sup> ετησίως (Πίνακας 2). Για την εκτίμηση του (P) εφαρμόστηκε η μέθοδος χάραξης των ισοϋετίων καμπυλών που θεωρείται ως η πλέον αξιόπιστη (Χάρτης 3). Η χάραξη των ισοϋετίων καμπυλών έγινε ανά 200 mm, χρησιμοποιώντας τα βροχομετρικά δεδομένα εικοσιπενταετίας επτά μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται εντός της υδρολογικής λεκάνης (Πίνακας 3) και λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τη μορφολογία του αναγλύφου. Ο όγκος νερού των κατακρημνισμάτων προέκυψε αθροίζοντας τα γινόμενα που προέκυψαν από τον πολλαπλασιασμό της έκτασης μεταξύ των διαδοχικών ισοϋετιών καμπυλών (Πίνακας 4) με το ημιάθροισμα των τιμών τους.

Από το νερό αυτό μια αρκετά μεγάλη ποσότητα που ανέρχεται σε 659324000 m<sup>3</sup> χάνεται λόγω του φαινομένου της εξατμισιδιαπνοής ενώ μια ποσότητα 324878480 m<sup>3</sup> κατεισδύει μέσω των διαπερατών γεωλογικών σχηματισμών που καταλαμβάνουν τη λεκάνη και ενισχύουν του υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Για τον υπολογισμό της εξατμισιδιαπνοής



Χάρτης 3. Χάρτης ισοϋετίων καμπυλών της λεκάνης απορροής του Εύηνου ποταμού. Η χάραξη των καμπυλών ανά 200 mm έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα μέσα ετήσια ύψη βροχής των επτά μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται εντός της λεκάνης και απεικονίζονται στον χάρτη.

Πίνακας 3. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί που βρίσκονται εντός της λεκάνης του Εύηνου ποταμού, τα χαρακτηριστικά τους και οι μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας.

| Σταθμός    | Γ. Μήκος | Γ. Πλάτος | Υμόμετρο (m) | Φορέας | Περίοδος λειτουργίας | Μέσην ετήσια βροχόπτωση | Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα |
|------------|----------|-----------|--------------|--------|----------------------|-------------------------|------------------------------|
| Ανάληψη    | 21° 42'  | 38° 30'   | 620          | Υ.Δ.Ε. | 1970-1995            | 1245 mm                 |                              |
| Αράχωβα    | 21° 52'  | 38° 41'   | 960          | Δ.Ε.Η. | 1970-1995            | 1276 mm                 | 12,9 °C                      |
| Γραμ. Οξυά | 22° 00'  | 38° 44'   | 1160         | Υ.Δ.Ε. | 1970-1995            | 1196 mm                 | 10,9 °C                      |
| Γρηγόριο   | 21° 59'  | 38° 38'   | 1000         | Υ.Δ.Ε. | 1970-1995            | 1749 mm                 |                              |

|            |         |         |     |        |           |         |         |
|------------|---------|---------|-----|--------|-----------|---------|---------|
| Δρυμώνας   | 21° 40' | 38° 38' | 900 | Δ.Ε.Η. | 1970-1995 | 1335 mm | 11,9 °C |
| Πλάτανος   | 21° 47' | 38° 36' | 900 | Υ.Δ.Ε. | 1970-1995 | 1521 mm |         |
| Πόρος Ρηγ. | 21° 45' | 38° 30' | 150 | Υ.Δ.Ε. | 1970-1995 | 1267 mm | 16,4 °C |

(Ε) εφαρμόστηκε ο τύπος του L. Turc (1951) που θεωρήθηκε ότι είναι κατάλληλος για τα λιθολογικά χαρακτηριστικά και τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν εντός της λεκάνης (Σούλιος 1986):

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Όπου E η ετήσια εξατμισιοδιαπνοή,

P το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε χιλιοστά (mm), και

$L=300+25T+0,05T^2$ , T= μέση ετήσια θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου (°C).

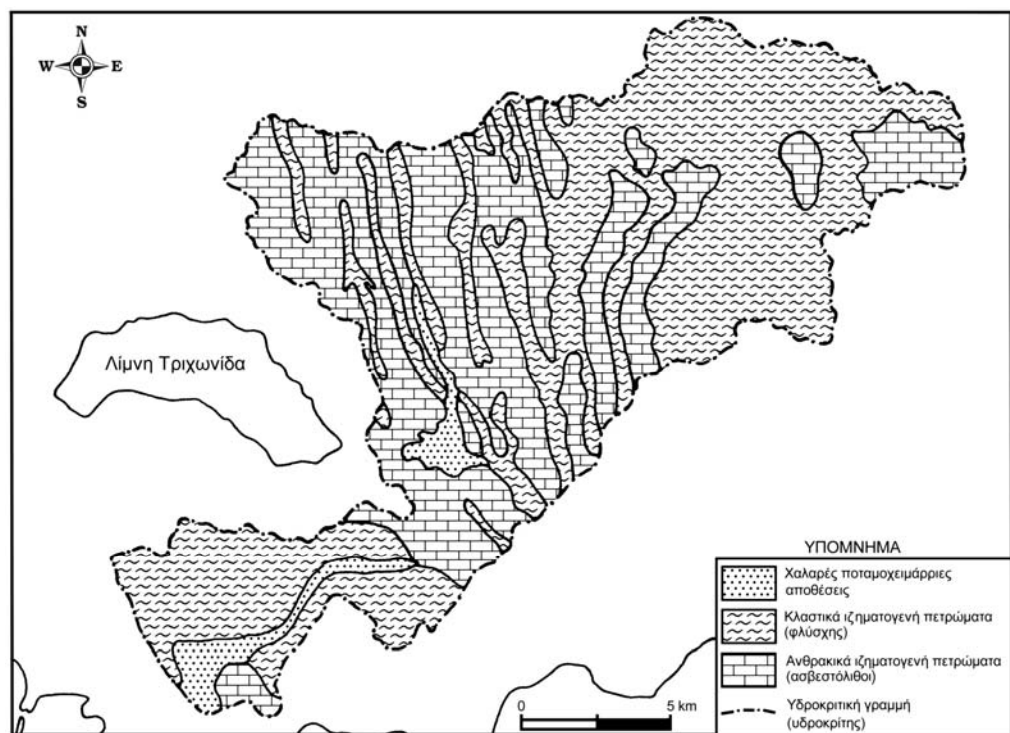
Για την ποσοτικοποίηση της κατείδυσης οι λιθολογικοί σχηματισμοί της λεκάνης ομαδοποιήθηκαν σε τρεις κατηγορίες με διαφορετική διαπερατότητα (Χάρτης 4). Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί θεωρήθηκε ότι έχουν συντελεστή κατείδυσης 45%, οι κλαστικοί σχηματισμοί 5% και οι χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις 23% (Καρύμπαλης 1999β). Εκτιμήθηκε η ποσότητα του νερού που δέχεται κάθε λιθολογία μεταξύ των δύο διαδοχικών ισοϋετιών καμπυλών και πολλαπλασιάζοντας με τον συντελεστή κατείδυσης κάθε λιθολογίας υπολογίστηκε η κατείδυση ανά σχηματισμό. Αθροίζοντας τα επιμέρους αποτελέσματα ανά λιθολογία προέκυψε η κατείδυση για το σύνολο της λεκάνης.

*Πίνακας 4. Επιφανειακή έκταση των λιθολογικών σχηματισμών στην περιοχή που περικλείεται μεταξύ των ισοϋετιών καμπυλών.*

|           |        |            |             |             |             |         |
|-----------|--------|------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| Λιθολογία | <800mm | 800-1000mm | 1000-1200mm | 1200-1400mm | 1400-1600mm | >1600mm |
|-----------|--------|------------|-------------|-------------|-------------|---------|

|              |                       |                       |                        |                        |                        |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Φλύσχος      | 41,94 km <sup>2</sup> | 84,31 km <sup>2</sup> | 108,06 km <sup>2</sup> | 134,88 km <sup>2</sup> | 176,94 km <sup>2</sup> | 53,81 km <sup>2</sup> |
| Ασβεστόλιθοι | 10,00 km <sup>2</sup> | 2,63 km <sup>2</sup>  | 26,81 km <sup>2</sup>  | 183,94 km <sup>2</sup> | 209,3 km <sup>2</sup>  | 14,75 km <sup>2</sup> |
| Αλλούβια     | 17,75 km <sup>2</sup> | 3,25 km <sup>2</sup>  | 3,31 km <sup>2</sup>   | 13,25 km <sup>2</sup>  | 3,13 km <sup>2</sup>   | -                     |
| Σύνολο       | 69,69                 | 90,19                 | 138,18                 | 332,07                 | 389,37                 | 68,56                 |

Το μεγαλύτερο μέρος της επιφανειακής απορροής προέρχεται από το βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης δεδομένου ότι λόγω υψομέτρου δέχεται το μεγαλύτερο ύψος βροχής, που φθάνει ετησίως τα 1600 mm ενώ παράλληλα καταλαμβάνεται κυρίως από κλαστικούς σχηματισμούς φλύσχη που έχουν πολύ μικρό συντελεστή κατείσδυσης. Η τελική ποσότητα νερού που απομένει να ρέει στις κοίτες είναι



Χάρτης 4. Λιθολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Εύηνου ποταμού. Ο χάρτης προέκυψε μετά την ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα με τη συμπεριφορά τους στο επιφανειακό νερό σε τρεις ομάδες: ασβεστόλιθοι, φλύσχος και χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις. Ο χάρτης χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της κατείσδυσης, του νερού δηλαδή της βροχόπτωσης που χάνεται διότι διαπερνά τους γεωλογικούς σχηματισμούς της λεκάνης.



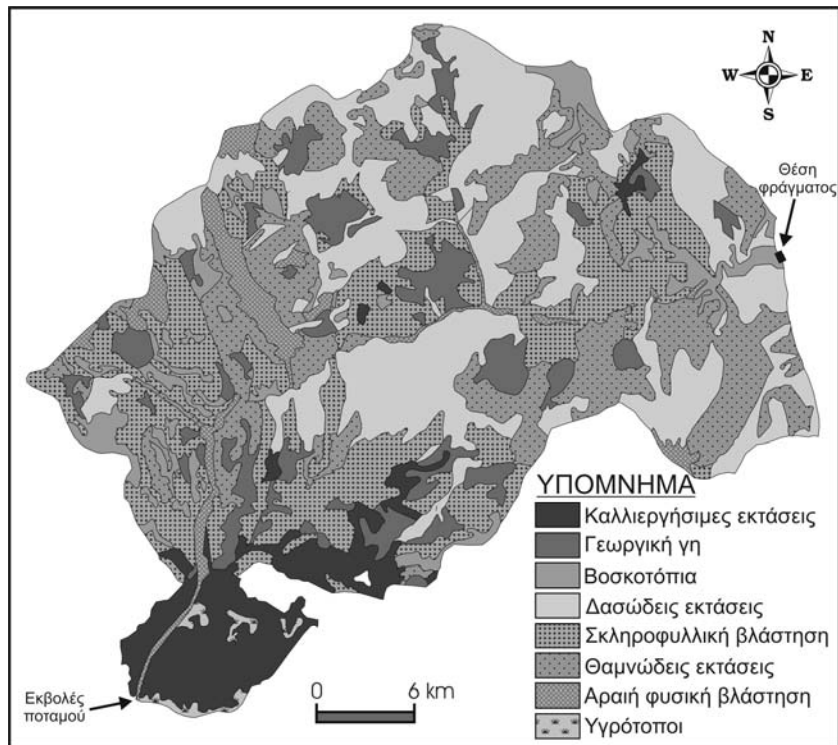
430047520 m<sup>3</sup> και υπολογίστηκε αφαιρώντας από τον όγκο των κατακρημνισμάτων τον όγκο νερού που χάνεται λόγω της εξατμισιοδιαπνοής και της κατείσδυσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί από αυτά τα 100 εκατ m<sup>3</sup> μεταφέρονται ετησίως από το 1995 έως το 2001, για να καλυφθούν οι ανάγκες της Αθήνας ενώ μετά το 2001 η ποσότητα αυτή αυξήθηκε σε 200000000 m<sup>3</sup>. Συνεπώς μετά την κατασκευή του φράγματος η επιφανειακή απορροή μειώθηκε στο ήμισυ. Κανείς όμως δεν αναλογίστηκε ότι στο δέλτα, που έχει διαμορφωθεί στις εκβολές του Εύηνου ποταμού, υπάρχουν σημαντικοί υδροβιότοποι οι οποίοι μαζί με τους αντίστοιχους που φιλοξενούνται στο γειτονικό δέλτα του Αχελώου έχουν χαρακτηριστεί σαν προστατευόμενες περιοχές βάσει της σύμβασης RAMSAR (ΥΠΕΧΩΔΕ 1986). Η διατήρηση των υδροβιότοπων αυτών εξαρτάται από τη λεπτή ισορροπία αλμυρού και γλυκού νερού. Η κατασκευή του φράγματος πέρα από τη σημαντική μείωση του γλυκού νερού που φθάνει στις εκβολές, επηρεάζει τους ρυθμούς άφιξης του νερού διαταράσσοντας το ισοζύγιο (Καρύμπαλης 1999α). Αναφέρθηκε ήδη ότι κατά τη θερινή περίοδο οι ανάγκες σε νερό στην Αθήνα αυξάνονται οπότε μεγαλύτερες ποσότητες νερού δεσμεύονται και μεταφέρονται από τον Εύηνο και συνεπώς λιγότερο νερό καταλήγει στις εκβολές. Τη θερινή όμως περίοδο οι ανάγκες των υδροβιότοπων σε γλυκό νερό είναι εξίσου αυξημένες και ζωτικής σημασίας για τη διατήρησή τους.

Μια επιπλέον αρνητική συνέπεια θα είναι η μειωμένη τροφοδοσία των υπόγειων νερών που φιλοξενούνται στις αλλουβιακές αποθέσεις των ποταμών τόσο κατά μήκος της κοίτης τους όσο κυρίως στις δελταϊκές περιοχές όπου τα υπόγεια νερά χρησιμοποιούνται για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Επιπλέον για τους υδροφόρους ορίζοντες των δέλτα που η κύρια τροφοδοσία τους γίνεται από το ποτάμι ελλοχεύει ο κίνδυνος της υφαλμύρινσης σε περίπτωση παύσης της τροφοδοσίας τους και χρήσης του υπόγειου νερού για άρδευση με τον ίδιο ρυθμό.

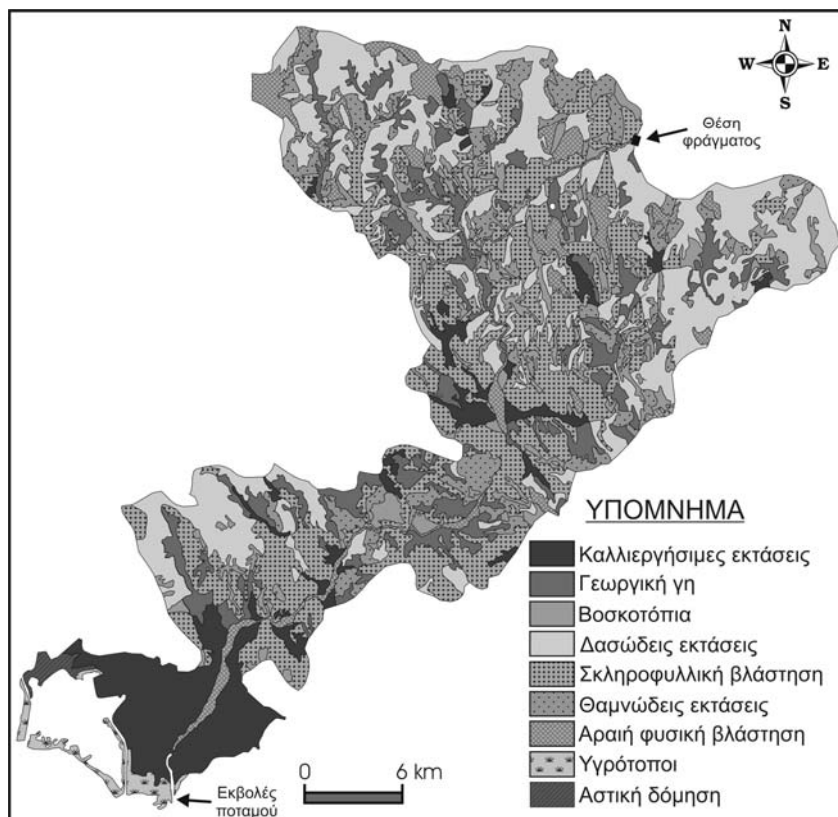
Σε μια προσπάθεια ποιοτικής εκτίμησης των επιπτώσεων από τη μείωση του νερού στις περιοχές αυτές των λεκανών απορροής και των δύο ποταμών απεικονίστηκαν οι χρήσεις γης που φιλοξενούν όπως έχουν χαρτογραφηθεί για το πρόγραμμα corine της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το Περιβάλλον (Χάρτες 5 και 6). Οι χρήσεις γης ομαδοποιήθηκαν σε επτά κατηγορίες που περιλαμβάνουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις, γεωργική γη, βοσκοτόπια, εκτάσεις που καταλαμβάνονται από δάση, σκληροφυλλική βλάστηση και θάμνους, περιοχές με αραιή φυσική βλάστηση και υγρά τοπία που εντοπίζονται στις περιοχές των ποτάμιων δέλτα. Από τους χάρτες αυτούς γίνεται σαφές ότι μια από τις κύριες

δραστηριότητες των κατοίκων των κοινοτήτων που βρίσκονται κατάντη των φραγμάτων και κυρίως των περιοχών του δέλτα αφορούν τον πρωτογενή τομέα και είναι η καλλιέργεια της γης και η γεωργία που απαιτεί σημαντικές ποσότητες νερού για άρδευση. Επιπλέον σημαντική έκταση καταλαμβάνεται από οικοσυστήματα όπως δάση και περιοχές με φυσική βλάστηση η διατήρηση των οποίων εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη νερού. Είναι προφανές ότι η μείωση της επιφανειακής απορροής εξαιτίας της μεταφοράς του νερού στην Αθήνα θα επηρεάσει ως ένα βαθμό τόσο την ανθρώπινη δραστηριότητα όσο και το φυσικό περιβάλλον στις περιοχές αυτές.

Πέραν της μείωσης του νερού που φθάνει στις εκβολές η κατασκευή και μακροχρόνια λειτουργία των φραγμάτων έχει σαν συνέπεια την παγίδευση των φερτών υλών των ποταμών στις τεχνητές λίμνες και την απόθεσή τους στον πυθμένα λόγω της μείωσης της ταχύτητας ροής του νερού και συνεπώς της μεταφορικής του ικανότητας. Στα ποτάμια ιζήματα που συσσωρεύονται στον ταμιευτήρα του φράγματος περιλαμβάνεται όλο το φορτίο που μεταφέρεται με κύλιση κατά μήκος των κοιτών και ένα πολύ μεγάλο μέρος του ποσοστού των υλικών που μεταφέρονται σε αιώρηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των ποσοτήτων ιζήματος που καταλήγουν και αποτίθενται στις εκβολές. Η περιορισμένη τροφοδοσία των εκβολών με ίζημα τροποποιεί τις φυσικές διεργασίες που δρουν στο χώρο αυτό και μεταβάλλει το ρυθμό δράσης τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις η κυριότερη επίπτωση είναι η αλλαγή του καθεστώτος δράσης των διεργασιών που επικρατούν στην ακτογραμμή (Maroukian & Karymbalis 2004). Έτσι ενώ πριν παρατηρούταν προέλαση της ξηράς έναντι της θάλασσας μετά την κατασκευή του φράγματος επικρατούν οι θαλάσσιες διεργασίες (κυματισμός, παράκτια



Χάρτης 4. Χάρτης χρήσεων γης για το τμήμα της λεκάνης απορροής του Μόρνου από τη θέση του φράγματος έως τις εκβολές του ποταμού.



*Χάρτης 6. Χάρτης χρήσεων γης για το τμήμα της λεκάνης απορροής του Εύηνου ποταμού από τη θέση του φράγματος έως τις εκβολές του ποταμού.*

ρεύματα) με αποτέλεσμα τη διάβρωση και την υποχώρηση της ακτογραμμής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον σταδιακό περιορισμό της έκτασης του δέλτα και τη μείωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και των υδροβιότοπων.

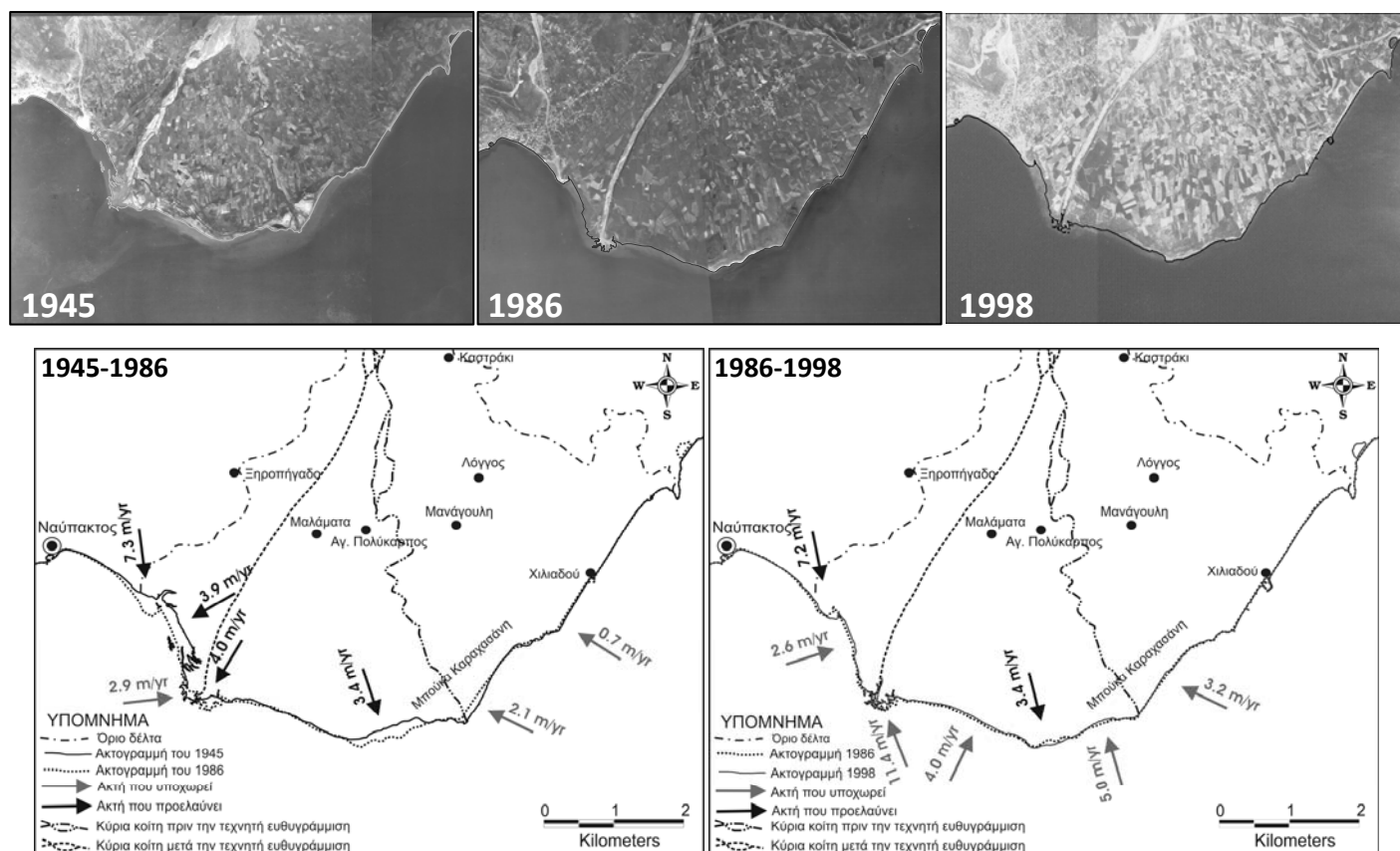
Με βάση το ποσοστό του εμβαδού της λεκάνης απορροής που βρίσκεται ανάντη των φραγμάτων σε σχέση με τη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής και χρησιμοποιώντας τιμές υδάτινου (σε  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ) και ιζηματολογικού (σε  $\text{t}/\text{km}^2$ ) δυναμικού έγινε ένας πρώτος υπολογισμός του ποσού των ιζημάτων που δεσμεύεται ανάντη των φραγμάτων για τον Εύηνο και τον Μόρνο (Πίνακας 5) (Πούλος, 1999).

*Πίνακας 5. Μέσες ετήσιες τιμές του δυναμικού σε νερό και ίζημα των ποταμών Μόρνου και Εύηνου. Ε:το εμβαδόν της λεκάνης απορροής, Υ: το μέσο ετήσιο υδάτινο δυναμικό από μετρήσεις παροχών του Θεριανού (1974), ΙΖ-Α:το μέσο ετήσιο δυναμικό του αιωρούμενου υλικού, ΙΖ-Δ: το μέσο ετήσιο δυναμικό του διαλελυμένου υλικού, ΙΖ-Κ: το μέσο ετήσιο δυναμικό του κυλιόμενου στον πυθμένα υλικού, ΙΖ-Σ: το συνολικό μέσο ετήσιο δυναμικό ιζήματος που μεταφέρεται από το ποτάμι, ΕΜ-α: η έκταση της λεκάνης απορροής ανάντη του φράγματος, Α: το ποσοστό της συνολικής έκτασης στο οποίο αντιστοιχεί, ΙΖ-α: η ποσότητα του ιζήματος που δεσμεύεται πίσω από το φράγμα (Πηγή Πούλος, 1999).*

| Ποταμός | Ε ( $\text{km}^2$ ) | Υ ( $10^3$<br>$\text{m}^3/\text{km}^2$ ) | ΙΖ-Α<br>( $\text{t}/\text{km}^2$ ) | ΙΖ-Δ<br>( $\text{t}/\text{km}^2$ ) | ΙΖ-Κ<br>( $\text{t}/\text{km}^2$ ) | ΙΖ-Σ<br>( $\text{t}/\text{km}^2$ ) | ΕΜ-α<br>( $\text{km}^2$ ) | Α (%) | ΙΖ-α (t<br>$10^6$ ) |
|---------|---------------------|------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------|---------------------|
| Εύηνος  | 1070                | 1375                                     | 346,5                              | 131,1                              | 38,5                               | 516,1                              | 225                       | 21    | 0,1                 |
| Μόρνος  | 1010                | 1118                                     | 12,7                               | 379,6                              | 1,4                                | 393,7                              | 485                       | 48    | 0,2                 |

Στην περίπτωση του Εύηνου ποταμού τα αποτελέσματα αυτά στο δέλτα δε μπορούν να εκτιμηθούν και να αξιολογηθούν παρά μόνο να προβλεφθούν διότι το χρονικό διάστημα πλήρους λειτουργίας του φράγματος είναι σχετικά μικρό. Αντίθετα για το Μόρνο τα αποτελέσματα είναι εμφανή και μετρήσιμα αφού έχουν περάσει 25 χρόνια από την

κατασκευή του έργου. Η διαχρονική παρατήρηση αεροφωτογραφιών των ετών 1945, 1969 και 1998 της περιοχής του δέλτα του Μόρνου οδήγησε σε σημαντικές διαπιστώσεις (Χάρτης 7). Η μείωση της ποσότητας ιζήματος που καταλήγει στο δέλτα, λόγω του φράγματος, είχε σαν αποτέλεσμα την αδρανοποίηση της μιας από τις δύο ενεργές κοίτες που διέσχιζαν τη δελταϊκή πεδιάδα πριν το έργο. Από τις παλαιές αεροφωτογραφίες είναι φανερό ότι πριν τη λειτουργία του φράγματος υπήρχαν δύο ενεργές κοίτες στη δελταϊκή πεδιάδα που ξεκινούσαν από την κορυφή του δέλτα με την κύρια κοίτη να βρίσκεται ανατολικά της σημερινής και τη σημερινή κοίτη να αποτελεί την δευτερεύουσα (Karymbalis et al., 2005). Ο περιορισμός των φερτών υλών μετά την κατασκευή του φράγματος οδήγησε στην πλήρη εγκατάλειψη του ανατολικού κλάδου, ο ρόλος του οποίου είχε ήδη αρχίσει να περιορίζεται από το 1961 οπότε επιχειρήθηκε η τεχνητή διευθέτηση της ροής του ποταμού στο χώρο της δελταϊκής πεδιάδας.



Χάρτης 7. Φωτομωσαϊκά αεροφωτογραφιών ετών λήψης 1945, 1986 και 1998 του δέλτα του Μόρνου. Οι αεροφωτογραφίες των ετών 1945 και 1986 είναι της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού ενώ του 1998 είναι του Υπουργείου Γεωργίας. Στους χάρτες απεικονίζονται οι ακτογραμμές των δύο χρονικών περιόδων παρατήρησης και οι ρυθμοί

*προέλασης και υποχώρησης της ξηράς έναντι της θάλασσας για κάθε αντίστοιχη περίοδο παρατήρησης.*

Μετά τη γεωαναφορά των αεροφωτογραφιών σε κοινό σύστημα συντεταγμένων, τη γεωμετρική τους διόρθωση, και την ψηφιοποίηση των ακτογραμμών των τριών χρονολογιών έγινε δυνατή η διαχρονική τους σύγκριση (Χάρτης 7). Κατά τη διάρκεια της πρώτης χρονικής περιόδου δηλαδή μεταξύ των ετών 1945 και 1986 παρατηρείται προέλαση του δέλτα λόγω της απόθεσης των ιζημάτων του ποταμού τόσο δυτικά της σημερινής εκβολής με ρυθμό 3.92 m/έτος όσο και δυτικά των παλαιών εκβολών όπου λόγω πρόσχωσης δημιουργήθηκε μια περιοχή έκτασης 0.14 km<sup>2</sup>. Εντούτοις βορειοανατολικά αυτών η ακτογραμμή υποχώρησε με ρυθμό που έφθασε τα 2.14 m/έτος. Κατά τη δεύτερη περίοδο (1986-1998) μεταξύ της οποίας κατασκευάστηκε το φράγμα (ολοκληρώθηκε το 1980) παρατηρείται διάβρωση της ακτογραμμής σε όλο σχεδόν το μήκος της με ρυθμούς που κυμαίνονται από 2.6 έως 11.4 m/έτος. Ειδικά ο χώρος των εκβολών, που παλαιότερα λάμβανε χώρα προέλαση της ξηράς, έχει υποχωρήσει κατά 137 m που αντιστοιχεί στον υψηλότερο ρυθμό υποχώρησης (11.4 m/έτος). Οι ρυθμοί αυτοί θεωρούνται αρκετά υψηλοί και η διατήρησή τους στο μέλλον αναμένεται να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα. Πέρα από τις παρατηρήσεις των αεροφωτογραφιών κατά την επίσκεψη στην παράκτια ζώνη του δέλτα διαπιστώθηκαν απεγνωσμένες προσπάθειες των κατοίκων να κρατήσουν τη θάλασσα μακριά από τις περιουσίες τους.

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι πέρα από τις άμεσες επιπτώσεις της κατασκευής ενός φράγματος που εντοπίζονται κυρίως στην μείωση του διαθέσιμου για άρδευση νερού υπάρχουν μακροχρόνιες επεμβάσεις σε περιοχές αρκετά μακρινές από τον άμεσο χώρο του έργου και κυρίως στα εκβολικά συστήματα που είναι σημαντικά τόσο οικολογικά όσο και παραγωγικά για την τοπική οικονομία των κατοίκων.

### **Συζήτηση - Συμπεράσματα**

Οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό του λεκανοπεδίου της Αθήνας οδήγησαν στη σταδιακή αναζήτηση πηγών υδροδότησης που βρίσκονταν όλο και σε μεγαλύτερη απόσταση από αυτό. Η διαχρονική αύξηση της ζήτησης σε νερό οφείλεται στην πληθυσμιακή έξαρση της πρωτεύουσας, στην αλματώδη ανάπτυξη της βιομηχανίας αλλά και στην υποτιθέμενη βελτίωση της ποιότητας ζωής, την αλόγιστη σπατάλη και κυρίως τις σημαντικές απώλειες από το απαρχαιωμένο δίκτυο ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ. Το κύριο

χαρακτηριστικό του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας είναι η μεταφορά νερού από πολύ μακρινές περιοχές γεγονός που το κάνει να διαφοροποιείται σημαντικά από τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις που συνήθως καλύπτουν τις ανάγκες τους με οικεία υδάτινα αποθέματα. Τα δυο πρόσφατα έργα για την ύδρευση της Αθήνας ήταν τα φράγματα στις κοίτες των ποταμών Μόρνου και Εύηνου από τους οποίους κατά μέσο όρο μεταφέρονται στην Αθήνα ετησίως 210 και 200 εκατ. m<sup>3</sup> νερού αντίστοιχα προκαλώντας σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στις περιοχές των λεκανών απορροής τους.

Η ποσοτική εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού κύκλου για τη λεκάνη του Εύηνου έδειξε ότι η μείωση της επιφανειακής απορροής λόγω της μεταφοράς του νερού στην Αθήνα αγγίζει σχεδόν το 50%. Η μείωση αυτή επιφέρει σταδιακά αρνητικές επιπτώσεις στις παραποτάμιες περιοχές όπου οι χρήσεις γης σχετίζονται άμεσα με τον πρωτογενή τομέα και κυρίως στην περιοχή των εκβολών όπου πέραν των καλλιεργειών φιλοξενούνται οικοσυστήματα και υδροβιότοποι μεγάλης περιβαλλοντικής σπουδαιότητας.

Η δέσμευση των φερτών υλών των ποταμών στους ταμιευτήρες των φραγμάτων περιορίζει την τροφοδοσία της παράκτιας ζώνης με ίζημα με αποτέλεσμα την αναστροφή της δράσης των φυσικών διεργασιών στις εκβολές και την σταδιακή υποχώρηση των δέλτα λόγω διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών. Η ακτογραμμή του δέλτα του ποταμού Μόρνου ενώ πριν την κατασκευή του φράγματος προήλανε, μετά το έργο άρχισε να υποχωρεί με σημαντικούς ρυθμούς που φθάνουν τα 11.4 m/έτος για τη χρονική περίοδο 1986-1998 στο χώρο των εκβολών. Κάτι ανάλογο αναμένεται να παρατηρηθεί μακροπρόθεσμα και στο δέλτα του Εύηνου, όπου τα αποτελέσματα δεν είναι ακόμη τόσο εμφανή λόγω του μικρού διαστήματος λειτουργίας του φράγματος.

Λαμβάνοντας υπόψη τους διαρκώς αυξανόμενους ρυθμούς ζήτησης νερού στο δίκτυο κατανάλωσης της ΕΥΔΑΠ, που αγγίζουν το 6% - 7% ετησίως την τελευταία δεκαετία, γίνεται φανερό ότι επιβάλλεται μια ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων για την υδροδότηση της Αθήνας ώστε να αποφευχθούν προβλήματα λόγω λειψυδρίας ανάλογα με αυτά των αρχών της δεκαετίας του 1990. Η αλλαγή του μοντέλου κατανάλωσης μπορεί να επιτευχθεί με τον περιορισμό της σπατάλης κυρίως κλείνοντας τη βρύση όταν δε χρειάζεται να είναι ανοικτή στην κουζίνα, την τουαλέτα, την αυλή. Επιπλέον ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση τοπίου και κήπων κατά τέτοιον τρόπο ώστε να συγκρατεί το νερό της βροχής περιορίζοντας την απορροή θα ελαττώσει σημαντικά τις ανάγκες για άρδευση. Εκτιμάται ότι η συλλογή του νερού της βροχής για χρήσεις όπως το πότισμα και το πλύσιμο αυτοκινήτων και χώρων έχει ιδιαίτερη σημασία στην ορθή διαχείριση της ζήτησης σε νερό.

Πρακτικές που εφαρμόζονται σε άλλες χώρες έχουν δείξει ότι σε περιπτώσεις υιοθέτησης εκτεταμένων προγραμμάτων ανακύκλωσης του νερού και δημιουργίας διπλών δικτύων από τα οποία το ένα να διαθέτει καθαρό πόσιμο νερό και το άλλο ανακυκλωμένο θα μπορούσε να περιορίσει την κατανάλωση νερού πάνω από 30-40%. Είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ανάλογων ενεργειών από τους αρμόδιους φορείς ώστε να υιοθετηθούν σταδιακά στο σύστημα υδροδότησης της Αττικής. Σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια περιορισμού των αναγκών σε νερό παίζει η ενημέρωση και «εκπαίδευση» των πολιτών. Οι Αθηναίοι πέτυχαν μείωση της κατανάλωσης του νερού κατά 30% μόλις πριν από λίγα χρόνια όταν τα αποθέματα είχαν μειωθεί δραματικά. Μετά την ένταξη του Εύηνου στο υδροδοτικό σύστημα και την παύση της καμπάνιας ενημέρωσης η κατανάλωση όχι μόνο επέστρεψε στα προηγούμενα επίπεδα αλλά αυξήθηκε επιπλέον κατά 30%.

Στη σύγχρονη εποχή η ποιότητα ζωής είναι συνυφασμένη με την υπερκατανάλωση πάσης φύσεως αγαθών. Ενδεικτικό του υπερ-καταναλωτισμού των ημερών μας είναι η διαπίστωση ότι αν όλοι οι άνθρωποι στον πλανήτη ακολουθούσαν την κατανάλωση σε αγαθά του μέσου Έλληνα θα χρειαζόνταν τουλάχιστον τρεις πλανήτες σαν τη γη για να καλυφθούν οι ανάγκες μας ενώ αν όλοι ζούσαν σαν τους Βορειο-αμερικανούς θα χρειαζόνταν πάνω από δέκα πλανήτες σαν τη γη. Η πρόκληση του 21<sup>ου</sup> αιώνα είναι η επίτευξη καλύτερης ποιότητας ζωής για όλους με αποσύνδεση της ανάπτυξης από την κατανάλωση πόρων και ενέργειας και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Είναι λογικό η υπερσυγκέντρωση ανθρώπων στην Αττική να έχει αυξήσει τις ανάγκες πρέπει όμως να τονιστεί ότι για την κάλυψη πολυτελών αναγκών που έχουν συνδεθεί με τον τρόπο και την ποιότητα της ζωής αρκετών κατοίκων των οικονομικά προνομιακών περιοχών της Αττικής παίρνονται αποφάσεις που περιορίζουν τη δυνατότητα ανάπτυξης και υποβαθμίζουν το φυσικό περιβάλλον οικολογικά σημαντικών περιοχών. Η μεταφορά νερού από ακόμη πιο απομακρυσμένες περιοχές δεν αποτελεί λύση. Αντίθετα η ορθή διαχείριση της ζήτησης και ο περιορισμός των απωλειών θα συμβάλει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση των μελλοντικών αναγκών σε νερό.

## **Βιβλιογραφία**

European Environment Agency (1995), «*Europe's Environment – The Dobbris Assessment*» Ed. D. Stanners and Ph. Bourdeau, Copenhagen.



ΕΥΔΑΠ (2005), *Ετήσιο Ενημερωτικό Δελτίο*, Αθήνα.

Hanemann, M. (2000), «*Pricing as a tool for demand management, Workshop Water for the city: Strategic planning, demand management and network losses control*» National Technical University of Athens, University of the Aegean, Water Supply and Sewerage Company of Athens, Athens.

Θεριανός, Α.Δ. (1974), «Η γεωγραφική κατανομή της παροχής νερού των Ελληνικών ποταμών» *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, ΧΑ: 28-58.

Καρύμπαλης, Ε. (1999α), «Ανθρωπογενείς επεμβάσεις στο δέλτα του Εύηνου ποταμού» *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου*: 591-599.

Καρύμπαλης, Ε. (1999β), «Γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου του Εύηνου ποταμού» *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου*: 59-71.

Karymbalis, E., Maroukian, H., Gaki-Papanastassiou, K. (2005), «Recent geomorphic evolution of the fan delta of the Mornos River, Greece: natural processes and human impacts» *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Geomorphology*, September 7-11 2005 Zaragoza Spain. Abstracts volume: 253.

Κατσαφάδος, Π., Καλογήρου, Σ., Παπαδόπουλος, Α. (2008), «Αποτύπωση της ψωρικής μεταβλητότητας του κλίματος στην Ελλάδα» *Γεωανάλεκτα*, 4: 24-25.

Koutsoyiannis, D., Karavokiros, G., Efstratiadis, A., Mamassis, N., Koukouvinos, A., Christofides, A. (2003), «A decision support system for the management of the water resource system of Athens» *Physics and Chemistry of the Earth*, 28: 599-609.

Λάμπρου, Ι. (1998), «*Ο υδάτινος πλούτος της Αττικής Γης*» Εκδόση της Αγροτικής Τράπεζας της Ελλάδας, Αθήνα.

MacDowell, D.M. (1978), «The law in the Classical Athens» Thames and Hudson, London.

Maroukian, H., Karymbalis, E. (2004), «Geomorphic evolution of the fan delta of the Evinos river in western Greece and human impacts in the last 150 years» *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 48,2: 201-217.

Ξένος, Δ., Καρόπουλος, Χ., Παρλής, Ε. (2001), «Σύγχρονη αντιμετώπιση της διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας». *Επιστημονικές Παρεμβάσεις*, ΕΥΔΑΠ :74-81.

Πούλος, Σ. (1999), «Ο ρόλος των φραγμάτων στην υδάτινη και ιζηματολογική διαίτα της ελληνικής παράκτιας ζώνης» *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*: 600-609.

Σούλιος, Γ. (1986), «Γενική Υδρογεωλογία» University Studio press, Θεσσαλονίκη.

Turc, L. (1951), «Nouvelle formule pour le calcul du bilan se l' eau en fonction des valeurs moyennes annueles des precipitations et de la temperature» *C.R. As. Sc.* Vol. 233.

Xenos, D., Passios, I., Georgiades, S., Parlis, E., Koutsoyiannis, D. (2002), «Water demand management and the Athens water supply» *Proceedings of BNAWQ 6<sup>th</sup> Annual Conference and 4<sup>th</sup> Seminar with foreign Participation*, Sofia 20-22 February, 2002: 44-50.

ΥΠΕΧΩΔΕ (1986), *Πρόγραμμα οριοθέτησης υγροβιότοπων σύμβασης RAMSAR. Υγροβιότοπος Μεσολόγγι*. Αθήνα.

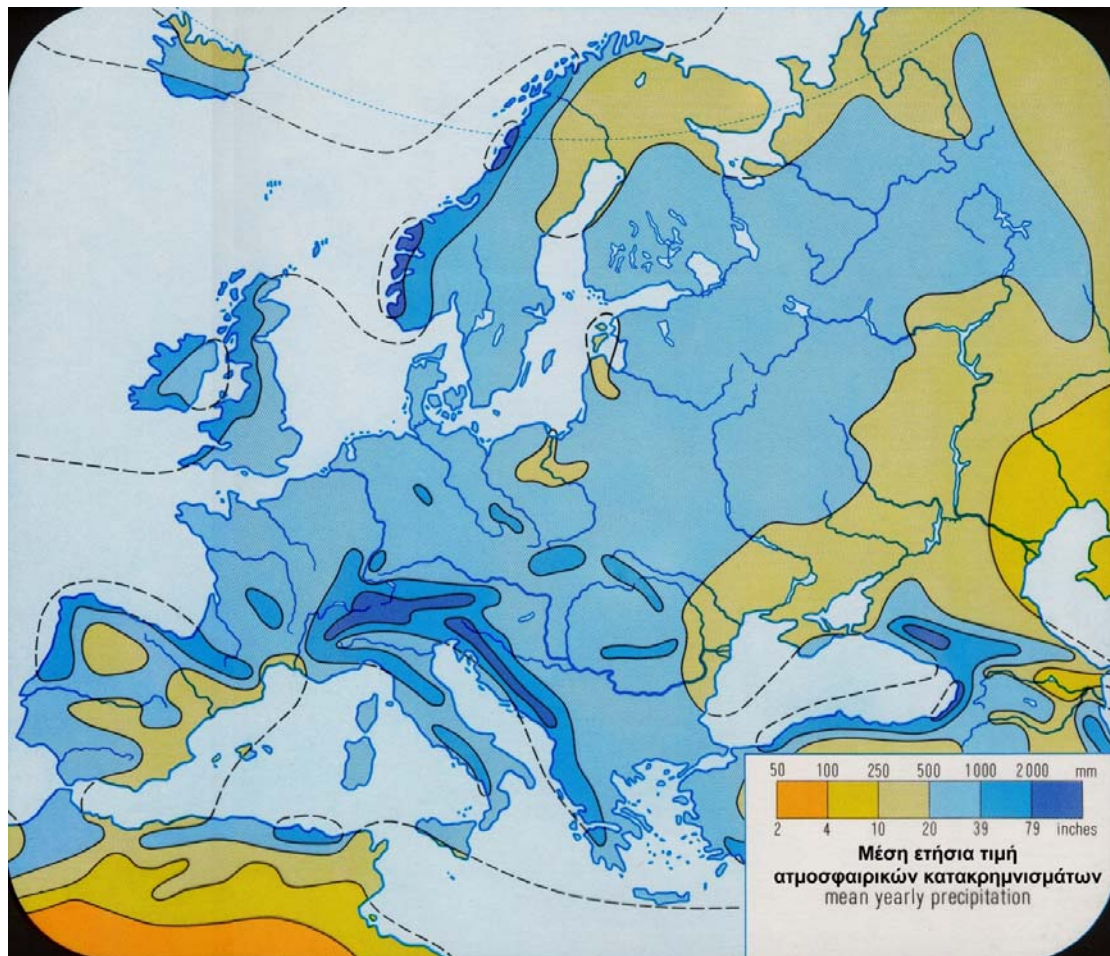
## **ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ**

### **Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα**

Οι κλιματικές συνθήκες της δυτικής Ευρώπης επηρεάζονται επίσης από τον Ατλαντικό ωκεανό ιδιαίτερα σε ότι αφορά τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.. Οι υγρές αέριες μάζες που πνέουν από τον Ατλαντικό ωκεανό είναι πλούσιες σε υδρατμούς προκαλώντας το μεγαλύτερο μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων να σημειώνονται στις δυτικές ακτές και τις δυτικές πλαγίες των ορεινών όγκων. Στις περιοχές αυτές η ετήσια βροχόπτωση μπορεί να ξεπεράσει τα 1000 έως και 2000 mm και σε εξαιρετικές περιπτώσεις να φθάσει τοπικά τα 3000 και 4500 mm (όπως για παράδειγμα στις δυτικές περιοχές της Βρετανίας και της Ιρλανδίας, στη Νορβηγία, στην Ιβηρική χερσόνησος και στα Βαλκάνια, στις νότιες και βόρειες πλαγίες των Άλπεων και στις δυτικές πλαγίες των Πυρηναίων). Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι λιγότερα (300 έως 500 mm ανά έτος) στις νοτιοανατολικές και κεντρικές περιοχές της Ισπανίας, στη νοτιοανατολική Ιταλία, στην ανατολική Ελλάδα. Κάτω από 500 mm ετησίως χαρακτηρίζουν την Σουηδία, τις χώρες της Βαλτικής, την κεντρική Πολωνία την κοιλάδα του Δούναβη και τη νότια Ελλάδα.

Επιπλέον παρατηρείται μια σημαντική σχέση μεταξύ αναγλύφου και βροχόπτωσης. Σημαντικά ποσοστά βροχόπτωσης χαρακτηρίζουν τις ορεινές περιοχές των Άλπεων και του Καύκασου.

Παρότι η Ευρώπη είναι μια μικρή ήπειρος η επίδραση του αναγλύφου έχει σαν αποτέλεσμα να παρατηρούνται πολλές περιοχές όπου τα μέγιστα βροχόπτωσης συμβαίνουν σε διαφορετικές εποχές του έτους. Η νότια Ευρώπη έχει μια ξηρή εποχή (άνοιξη και καλοκαίρι) που αυξάνει σε διάρκεια καθώς μετακινούμαστε προς τα ανατολικά και προς τα νότια. Η υπόλοιπη Ευρώπη έχει βροχοπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με τις δυτικές ακτές να δέχονται τα μεγαλύτερα ποσά κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Ενώ μια ένδειξη της ηπειρωτικότητας του κλίματος είναι οι καλοκαιρινές βροχές που αυξάνονται από τα δυτικά προς τα ανατολικά.



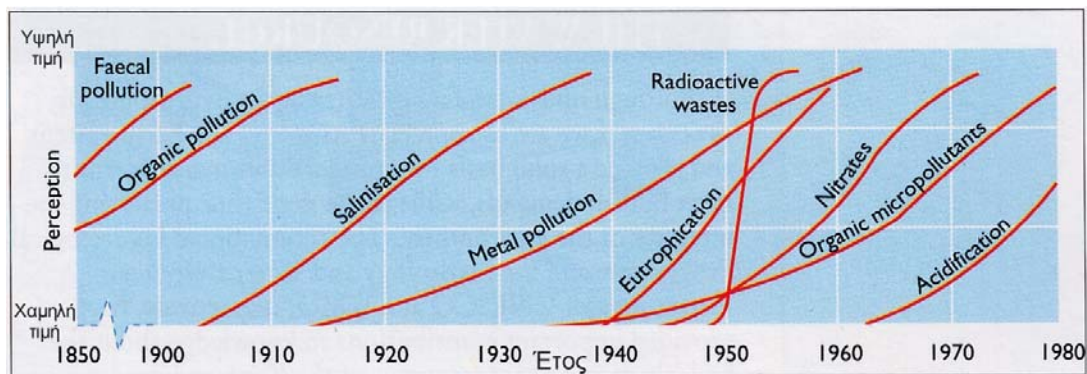
Σχήμα 7. Χάρτης της γεωγραφική διανομή της μέσης ετήσιας τιμής των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην Ευρώπη.

Στις Άλπεις και τα εσωτερικά χαμηλά πεδινά η βροχοπτώσεις είναι συχνότερες κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Αποτέλεσμα της ιδιαιτερότητας του κλίματος και του μεγάλου υψομέτρου είναι η περιοχή των Άλπεων να δέχεται τη μεγαλύτερη ποσότητα ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Έτσι η Ελβετία θεωρείται ότι αποτελεί την περιοχή της Ευρώπης που δέχεται το περισσότερο μετεωρικό νερό. Το νερό όμως εγκαταλείπει τη χώρα ρέοντας είτε προς τη Βόρεια θάλασσα είτε προς τη Μεσόγειο μέσω των υδρογραφικών δικτύων.

## Νερό - Υδατικοί πόροι

### Γενικά

Το νερό αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την επιβίωση του ανθρώπου καθώς και για τη δημιουργία και διατήρηση των μεγάλης οικολογικής σημασίας υγροτόπων. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρησιμοποίησή του είναι να απαντάται σε επαρκή ποσότητα καθώς και η καλή του ποιότητα. Η ποιότητα του νερού έχει αποδειχθεί ότι είναι συνυφασμένη με την τεχνολογική ανάπτυξη και τη δραστηριότητα του ανθρώπου. Στο σχήμα 8 φαίνεται καθαρά ότι προβλήματα που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού παρατηρούνται στις βιομηχανοποιημένες χώρες της Ευρώπης σταδιακά μετά το 1850 φθάνοντας στο μέγιστο στη σημερινή εποχή. Μερικά από τα προβλήματα υποβάθμισης της ποιότητας του νερού όπως ο ευτροφισμός, η αύξηση της συγκέντρωσης των οργανικών ρυπαντών, το πρόβλημα της όξινης βροχής φαίνεται ότι δεν υφίσταντο καν πριν από κάποιες χρονολογίες.



Σχήμα 8. Προβλήματα της ποιότητας του νερού και διακύμανσή τους στο χρόνο.

### Γεωγραφική κατανομή των υδάτινων πόρων

Οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι σε μια χώρα ουσιαστικά είναι το ποσό του νερού που κινείται μέσω των ποταμών και των υδροφόρων οριζόντων. Πηγή αυτού του νερού είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που σημειώνονται εντός των συνόρων της χώρας αλλά σε αρκετές περιπτώσεις είναι και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα γειτονικών χωρών των οποίων οι υδάτινοι πόροι επικοινωνούν (επιφανειακά ή υπόγεια).

Το υπόγειο νερό συνεισφέρει (με τη μορφή πηγών) στην επιφανειακή απορροή των ποταμών κατά 25%.

Αντληση νερού είναι η μετακίνηση του νερού από την φυσικό χώρο που υπάρχει, με σκοπό την κατανάλωσή του.

Κατανάλωση νερού είναι η χρησιμοποίησή του για διάφορους σκοπούς (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία κ.α.). Μετά την κατανάλωσή του το νερό δεν μπορεί να επιστραφεί στην πηγή (χώρο) απ' όπου αντλήθηκε.

Στο σχήμα 9 απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή της ετήσιας ποσότητας των ανανεώσιμων υδατικών πόρων ανά πολίτη για κάθε χώρα και είναι φανερό ότι ποικίλει σημαντικά στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές της Ευρώπης. Οι χώρες της βόρειας Ευρώπης εμφανίζουν περίπου 6-8 φορές μεγαλύτερη ποσότητα νερού διαθέσιμη για κατανάλωση σε σχέση με τις χώρες των υπόλοιπων διαμερισμάτων της Ευρώπης. Οι διαφορές αυτές οφείλονται εν μέρει στην διαφορετική κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στον Ευρωπαϊκό χώρο αλλά και σε διάφορους άλλους λόγους που θα αναφερθούν στη συνέχεια. Χαμηλή, πολύ χαμηλή ή εξαιρετικά χαμηλή διαθεσιμότητα σε νερό εμφανίζουν το 36% των ευρωπαϊκών χωρών. Πρόκειται κυρίως για χώρες που βρίσκονται στη νότια Ευρώπη. Η χώρα που εμφανίζει τη μικρότερη διαθεσιμότητα είναι η Μάλτα με  $100 \text{ m}^3/\text{άτομο}/\text{έτος}$ .

Αξιοσημείωτο είναι ότι χώρες της Δυτικής Ευρώπης με ενδιάμεσα ποσά βροχόπτωσης όπως για παράδειγμα το Βέλγιο, η Γερμανία, η Δανία και η Μεγάλη Βρετανία πέφτουν επίσης σε χαμηλές κατηγορίες εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι πυκνοκατοικημένες.

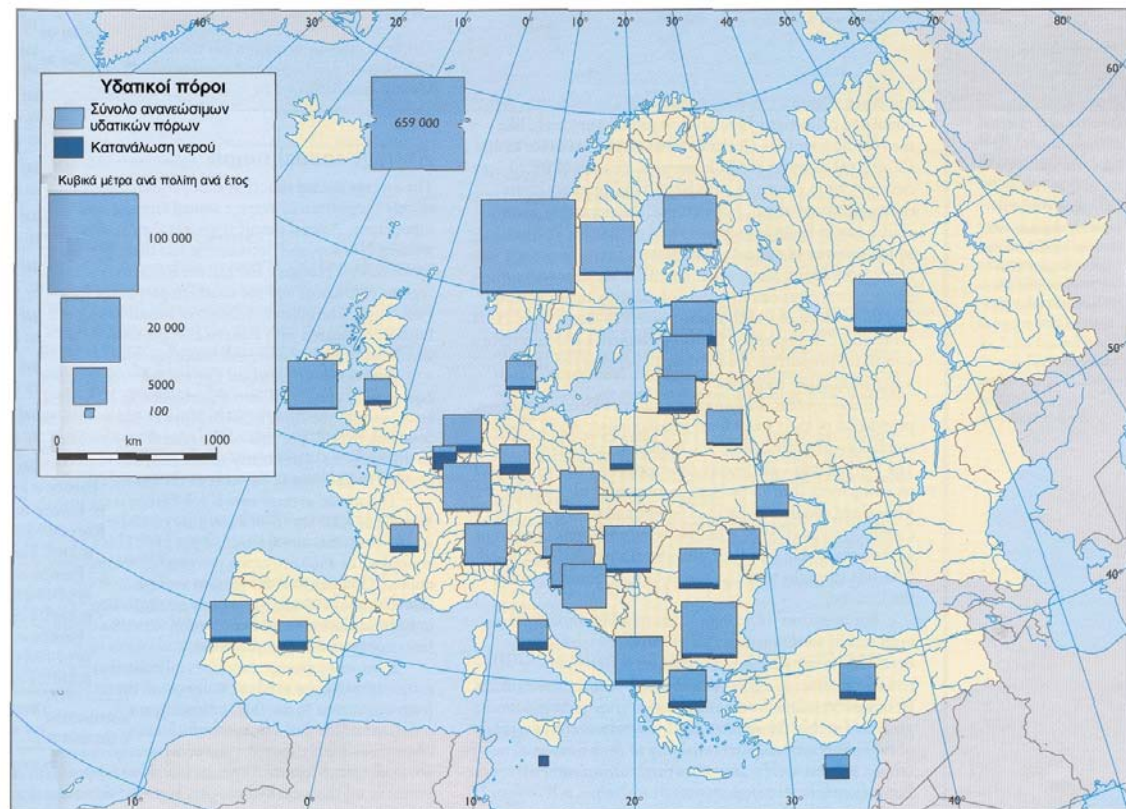
Χαμηλή διαθεσιμότητα σε νερό εμφανίζουν επίσης χώρες της ανατολικής Ευρώπης όπως η Μολδαβία και η Ουκρανία κυρίως εξαιτίας του μικρού ύψους βροχής.

Το 32% των χωρών βρίσκονται σε ενδιάμεση κατηγορία ενώ το υπόλοιπο 32% των χωρών έχει υψηλές έως πολύ υψηλές διαθεσιμότητες.

Μεγάλες ποσότητες νερού είναι διαθέσιμες σε αραιοκατοικημένες χώρες παρότι η βροχόπτωση έχει μικρές τιμές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ισλανδία με  $600 \text{ m}^3/\text{άτομο}/\text{έτος}$  που είναι η χώρα με την υψηλότερη τιμή στην Ευρώπη. Επίσης χώρες που έχουν μεγάλη επιφανειακή απορροή διότι διαρέονται από ποταμούς μεγάλης παροχής που πηγάζουν και εμπλουτίζουν το υδατικό τους δυναμικό από περιοχές άλλων χωρών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Πορτογαλία που το 48% του επιφανειακού νερού που δέχεται προέρχεται από ποτάμια που πηγάζουν



και αποστραγγίζουν σημαντική έκταση στην Ισπανία. Αποτέλεσμα αυτού είναι το διαθέσιμο νερό στην Ισπανία να είναι μόλις το ένα τρίτο αυτού της Πορτογαλίας.

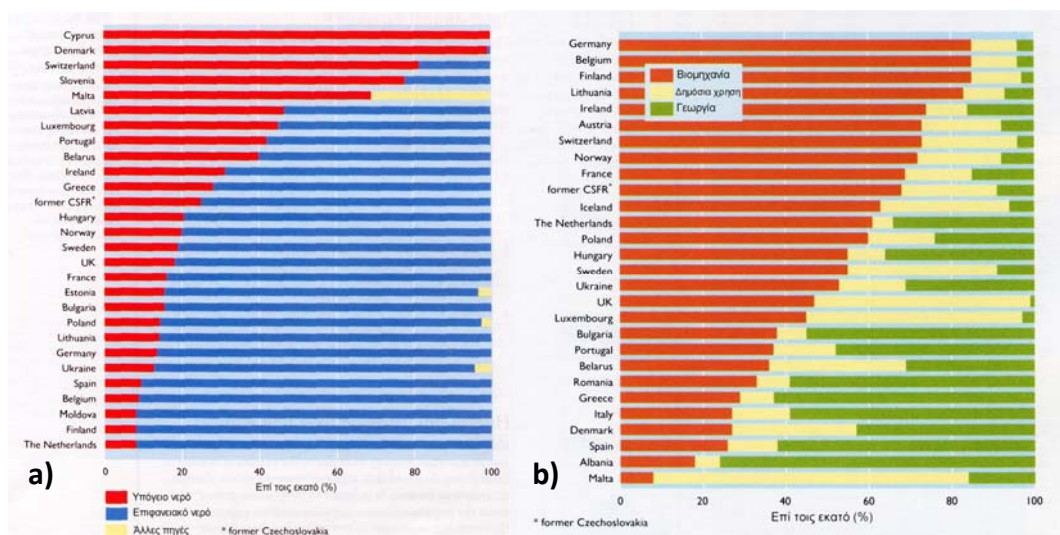


Σχήμα 9. Διαθέσιμοι υδατικοί πόροι ανά πολίτη ανά έτος και κατανάλωση νερού για κάθε χώρα της Ευρώπης.

Η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού που καταναλώνεται (συνολικά το 70% της συνολικής κατανάλωσης) σε όλη την Ευρώπη είναι το επιφανειακό νερό. Φυσικά υπάρχει σημαντική διακύμανση μεταξύ των ποσοστών κατανάλωσης επιφανειακού και υπόγειου νερού από χώρα σε χώρα. Υπάρχουν χώρες όπως η Κύπρος που χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά υπόγειο νερό καθώς και χώρες με σημαντική ποσότητα νερού που καταναλώνεται να προέρχεται από πηγές όπως η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Στο σχήμα 10 φαίνεται η κατανομή των χρήσεων του νερού στις διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες. Είναι προφανές ότι χώρες με παραδοσιακά αγροτική οικονομία

καταναλώνουν το μεγαλύτερο μέρος στις καλλιέργειες ενώ χώρες βιομηχανικά ανεπτυγμένες καταναλώνουν σημαντική ποσότητα νερού σε βιομηχανικές χρήσεις.



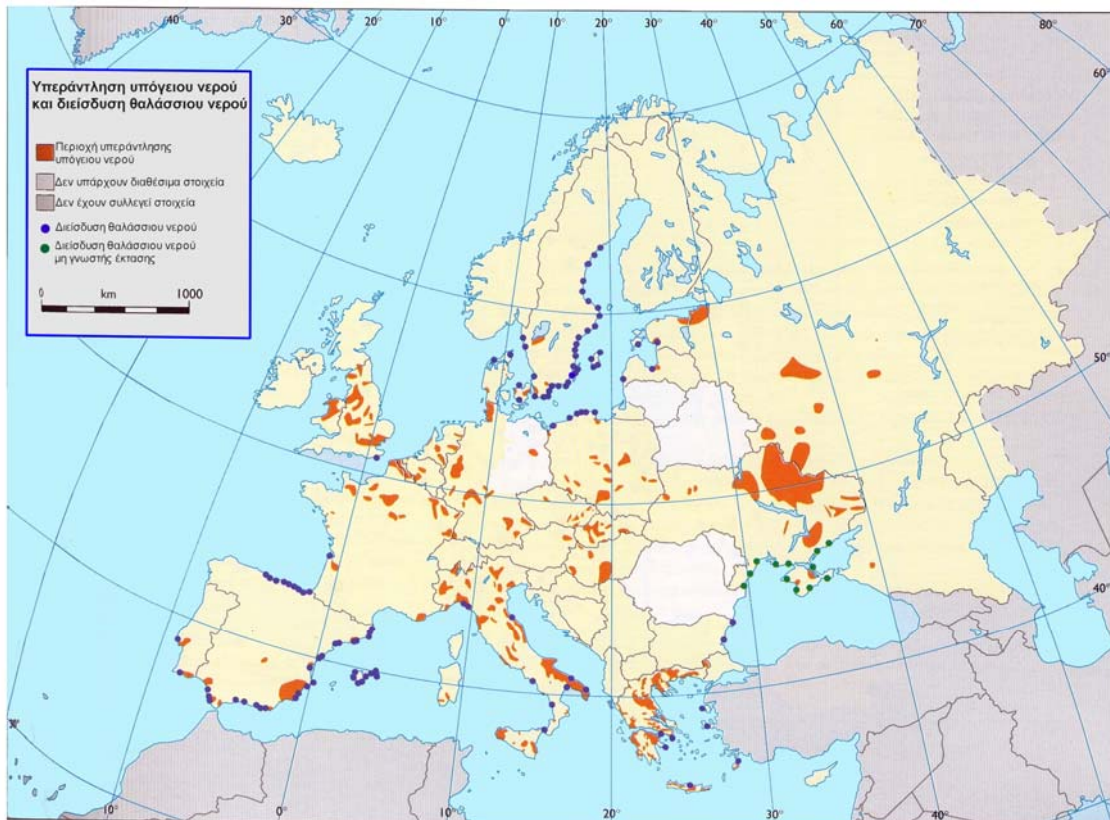
Σχήμα 10. a) Συνολική κατανάλωση νερού (από όλους τους τομείς εκμετάλλευσης) ανά πηγή για τις χώρες της Ευρώπης. b) Συνολική κατανάλωση (υπόγειου και επιφανειακού νερού) ανά τομέα οικονομικής δραστηριότητας για τις χώρες της Ευρώπης.

## Υπόγειο νερό - Υπεράντληση

Το υπόγειο νερό είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων όπως του ποσού των βροχοπτώσεων, της έντασης της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας του αέρα και του εδάφους, της βλάστησης καθώς και της φύσης (υδροπερατά ή αδιαπεράτα) και της τεκτονικής δομής (ρηγματωμένα ή όχι) των πετρωμάτων που καλύπτουν επιφανειακά μια περιοχή. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα σε πανευρωπαϊκή κλίμακα είναι η υπεράντληση, η κατάχρηση δηλαδή του υπόγειου νερού. Η ανανέωση των υδροφόρων οριζόντων δεν είναι άμεση και σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται ένα σημαντικό χρονικό διάστημα. Συνεπώς η άντληση του υπόγειου νερού πρέπει να γίνεται με μέτρο ώστε να διασφαλίζεται τόσο η ποσότητα του υπόγειου νερού που είναι διαθέσιμο στο μέλλον όσο και η ποιότητά του. Αποτέλεσμα της υπεράντλησης του υπόγειου νερού είναι η υφαλμύριση των υδροφόρων οριζόντων εξαιτίας της διείσδυσης του θαλάσσιου νερού. Στο χάρτη του σχήματος 11 φαίνονται περιοχές που εμφανίζουν προβλήματα λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών. Πρόκειται



κυρίως για παράκτιες περιοχές που η υπεράντληση γίνεται για την κάλυψη διαφορετικών σε κάθε περίπτωση αναγκών. Η παράκτια ζώνη αποτελεί πόλο έλξης για ένα σημαντικό ποσοστό πληθυσμού. Μια μεγάλη ποσότητα υπόγειου νερού καλύπτει τις ανάγκες υδροδότησης πόλεων τόσο στη βόρεια όσο και στη νότια Ευρώπη. Στη βόρεια Ευρώπη καλύπτει ανάγκες βιομηχανικής χρήσης ενώ στη νότια Ευρώπη κυρίως καλύπτει ανάγκες άρδευσης και ανάγκες που πηγάζουν από την τουριστική ανάπτυξη και δραστηριότητα κατά τη θερινή περίοδο του έτους.



Σχήμα 11.Περιοχές της Ευρώπης που αντιμετωπίζουν προβλήματα διείσδυσης του θαλάσσιου νερού στους υδροφόρους ορίζοντες λόγω υπεράντλησης.

Σημαντικές είναι οι αρνητικές επιπτώσεις της υπεράντλησης του υπόγειου νερού στους παράκτιους υγρότοπους. Η διατήρηση των υγρότοπων είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Ένας από τους παράγοντες αυτούς είναι η αναλογία αλμυρού και γλυκού νερού σημαντικό ρόλο στην οποία παίζει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Η πτώση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων λόγω υπεράντλησης

οδηγεί συχνά στην αποξήρανση και την οικολογική καταστροφή των υγρότοπων. Εκτιμάται ότι η συνολική έκταση των σημαντικότερων υγρότοπων στην Ευρώπη, που στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι παράκτιοι, φθάνει τα 55000 km<sup>2</sup> από τα οποία το 25% θεωρείται ότι απειλούνται.

### **Ποιότητα νερών**

Τα περισσότερα προγράμματα που σχετίζονται με την περιβαλλοντική πολιτική των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν υιοθετήσει το "monitoring" σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών και των οργανικών ενώσεων.

Τα δεδομένα των μετρήσεων συγκεντρώσεων στοιχείων στο νερό των ποταμών και των λιμνών δεν είναι επαρκή ώστε να σκιαγραφούν με αντικειμενικό τρόπο την κατάσταση της ποιότητας των νερών σε ολόκληρο τον ευρωπαϊκό χώρο. Παρά το γεγονός αυτό μπορούν να διατυπωθούν οι παρακάτω διαπιστώσεις.

Γενικά τα μικρότερα ποσά οργανικών ρυπαντών βρίσκονται σε ποτάμια της βόρειας Ευρώπης ενώ τα υψηλότερα σε χώρες της κεντρικής και νότιας Ευρώπης. Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των συγκεντρώσεων των οργανικών ρυπαντών σε ένα ποτάμι και της πληθυσμιακής πυκνότητας εντός της λεκάνης απορροής του.

Οι συγκεντρώσεις οργανικών ρυπαντών μειώθηκαν σημαντικά σε πολλά Ευρωπαϊκά ποτάμια από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 έως τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και ιδιαίτερα στο 75% των ποτάμιων περιοχών που εφαρμοζόταν το "monitoring". Η βελτίωση είναι σημαντικότερη στη δυτική Ευρώπη κυρίως λόγω καλύτερης διαχείρισης.

Ανάλογη είναι και η γεωγραφική κατανομή της συγκέντρωσης των θρεπτικών συστατικών που θεωρείται το κύριο αίτιο για το φαινόμενο του ευτροφισμού. Τα ποσοστά είναι σημαντικά μικρότερα στη βόρεια Ευρώπη σε αντίθεση με τα Βαλκάνια, τη νότια Αγγλία και την Ουκρανία. Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ φωσφορικών και πυκνότητας πληθυσμού καθώς και μεταξύ νιτρικών και έκτασης καλλιεργειών στη λεκάνη απορροής.

# ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

## ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

### ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Οι υδατικοί πόροι αποτελούν εκτός από βασικό αγαθό για τη ζωή και το περιβάλλον, βασικό ρυθμιστικό παράγοντα της

Οικονομικής, Κοινωνικής, Τεχνολογικής, και Πολιτισμικής ανάπτυξης

Αν και το νερό φαίνεται να υπάρχει σε αφθονία στη γη, 70% της επιφάνειας της καλύπτεται απ' αυτό, η τελικά διαθέσιμη και κατάλληλη για χρήση ποσότητα είναι πολύ μικρή.

98% του νερού της γης



στις θάλασσες, στους ωκεανούς και στους πάγους

1.4%



είναι τεχνικά μη εκμεταλλεύσιμο (βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 800 m ή είναι υφάλμυρο)

Μόνο το 0.6% του νερού σε παγκόσμια κλίμακα

θεωρείται κατάλληλο και διατίθεται για χρήση



### **ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ**

- ≡ Άνιση χωρική και χρονική κατανομή
- ≡ Ανεπάρκεια
- ≡ Ελλιπής διαθεσιμότητα



### **ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

- ≡ Μέτρα
- ≡ Έργα



### **ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**



### **ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

- ≡ Πόροι - Μέτρα
- ≡ Έργα - Χρήσεις



### **ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

- ≡ Έλλειψη Στοιχείων και Δεδομένων
- ≡ Έλλειψη Υποδομής
- ≡ Πολυαρχία – Τομεακή Χρήση
- ≡ Απουσία εθνικής πολιτικής και ολιστικής θεώρησης
- ≡ Θεσμικά – Οργανωτικά Προβλήματα  
(N1739/87, 2000/60ΕΕ, N3199/2003)



### **ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ – ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ 2000/60**

## ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ

### Στόχος:



Η διατήρηση της “καλής οικολογικής κατάστασης” των υδροφορέων μέσα από την μελέτη και εφαρμογή “σχεδίων διαχείρισης” για κάθε υδρολογική περιφέρεια

- Αντιμετωπίζει με ενιαίο τρόπο τον συνολικό τομέα του νερού
- Έχει υψηλές απαιτήσεις και προδιαγραφές για στοιχεία, αναλύσεις, μοντέλα που αφορούν ένα σύνολο πολλών επιμέρους συνιστωσών (επιφανειακά, υπόγεια και θαλάσσια ύδατα, οικοσυστήματα).
- Είναι ένα είδος “καταστατικού χάρτη” για τα νερά με τον οποίο όλες οι Ευρωπαϊκές χώρες και φυσικά η Ελλάδα είναι υποχρεωμένες να συμμορφωθούν στα επόμενα χρόνια

Η Ελλάδα στο τομέα του νερού

βρίσκεται ανέτοιμη

υποχρέωση για άμεση εφαρμογή της Οδηγίας

## ΕΘΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

≈ Στον τομέα της Υποδομής στην Ελλάδα άξιο αναφοράς είναι το έργο της « Εθνικής και Μετεωρολογικής Τράπεζας Πληροφορίας, (ΕΤΥΜΠ) ».



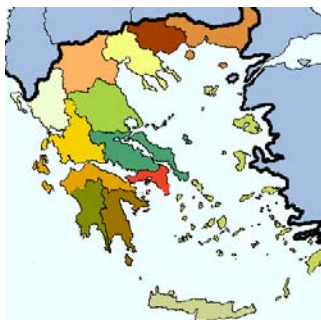
Διαμορφώνει σε επίπεδο χώρας την απαραίτητη υποδομή για την εκτίμηση αξιοποίηση και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της

≈ Το έργο εκπονήθηκε από το ΕΜΠ για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ και χρηματοδοτήθηκε από το ΒΚΠΣ.



≈ Το έργο δεν έχει αξιοποιηθεί μετά την περάτωση του, δείγμα και αυτό της παθογένειας του τομέα νερών στη χώρα

## ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Οι Υδατικοί Πόροι αποτελούν το σύνολο του νερού που «παράγεται» μέσα στην χώρα μαζί με την εξωτερική συνεισφορά νερού από τις γειτονικές χώρες .

**80%** **Εσωτερικοί πόροι**  
των υδατικών πόρων παράγεται μέσα στη χώρα

**20%** **Εξωτερική συνεισφορά**

Συνολική Εκταση: 131,960 km<sup>2</sup>  
Πληθυσμός: 10.940 × 10<sup>6</sup> κατ.

5 διασυνοριακά ποτάμια

14 υδατικά διαμερίσματα

3 διασυνοριακές λίμνες

## ΥΠΑΡΧΟΝΤΕΣ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

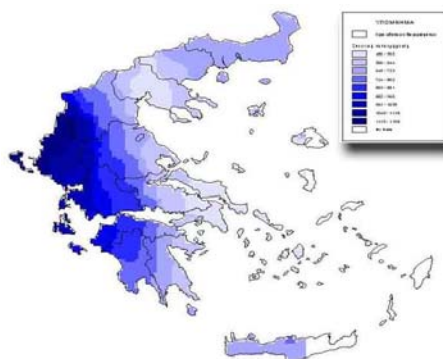
Η κατακρήμνιση αποτελεί την κύρια συνιστώσα εμπλουτισμού των επιφανειακών και υπογείων υδροφορέων.

Μέση ετήσια κατακρήμνιση: 849 mm

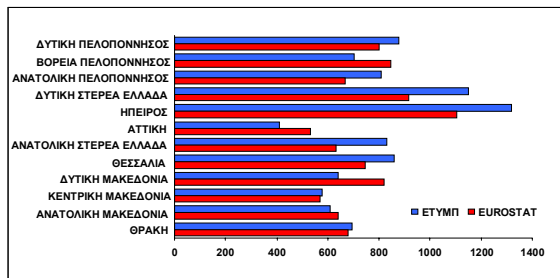
Η Δυτική Ελλάδα δέχεται το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων.

Η Ανατολική Ελλάδα με τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη έχουν σημαντικά μικρότερες βροχοπτώσεις

Στην Αττική πέφτουν περίπου 400 mm σε μέση υπερετήσια βάση



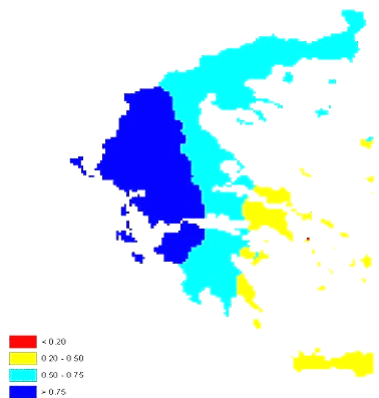
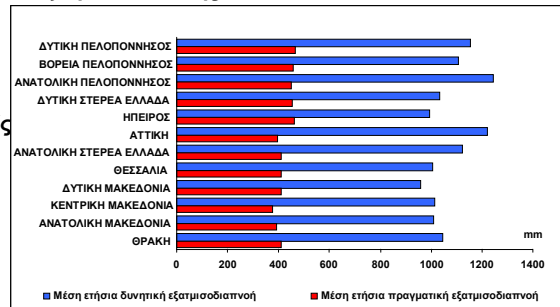
Κατανομή Συνολικής Κατακρήμνισης στην Ελλάδα



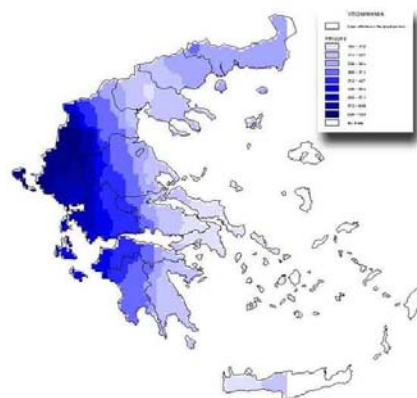
Μία μέση απόκλιση των δύο ανεξάρτητων εκτιμήσεων της τάξεως του 15%, εξηγείται από το γεγονός ότι κατά την επεξεργασία των βροχοπτώσεων στα πλαίσια ΕΤΥΜΠ χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι και πιο αντιπροσωπευτικοί σταθμοί.

### Συγκριτικά Στοιχεία Βροχοπτώσεων και Εξατμισοδιαπνοής

Η εξατμισοδιαπνοή είναι μια σημαντική υδρολογική απώλεια. Τόσο από τους επιφανειακούς φορείς όσο και από τις ανώτερες εδαφικές στρώσεις και είναι αρκετά υψηλή, ιδιαίτερα στις ανατολικές περιοχές της χώρας.



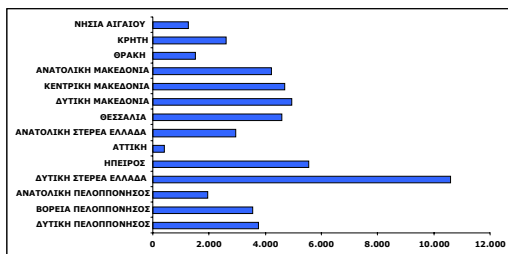
### Δείκτης ξηρότητας για τον Ελλαδικό χώρο



### Κατανομή της απορροής στην Ελλάδα

Ο Δείκτης ξηρότητας (της UNESCO): ορίζεται ως ο λόγος της μέσης υπερετήσιας βροχόπτωσης προς την αντίστοιχη δυνητική εξατμισοδιαπνοή

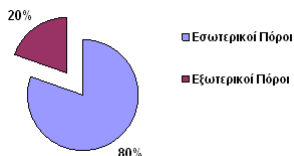
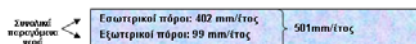
Η κατακρήμνιση και η εξατμισοδιαπνοή συνιστούν τις κύριες κλιματικές μεταβλητές που σε συνδυασμό με τα φυσικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφορέων καθορίζουν την ποσότητα των εσωτερικά παραγόμενων υδατικών πόρων μία χώρας



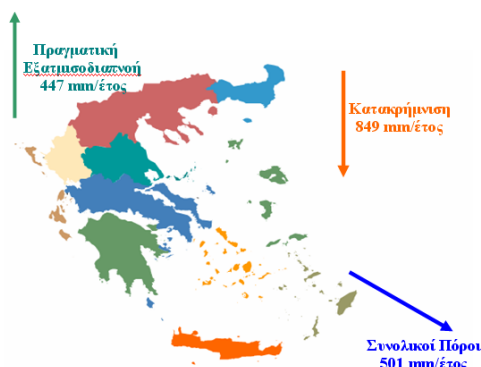
Συνολικά εσωτερικά παραγόμενα νερά ανά υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδας

Μία μέση εκτίμηση των πόρων αυτών σε επίπεδο χώρας είναι 402mm/έτος

Παράλληλα με τους εσωτερικούς πόρους μίας χώρας που «παράγονται» εντός των συνόρων σημαντική προσθήκη στο υδατικό απόθεμα αποτελεί και η εξωτερική «συνεισφορά» από γειτονικές χώρες.



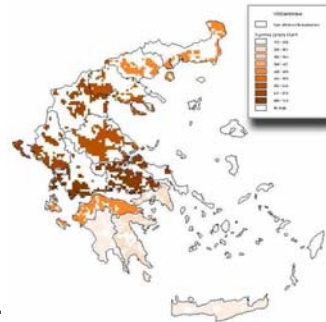
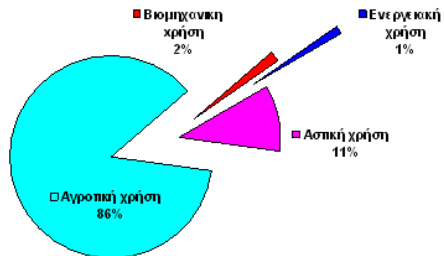
Μέση ετήσια τιμή της κατακρήμνισης, της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και των συνολικά παραγόμενων νερών στην Ελλάδα.





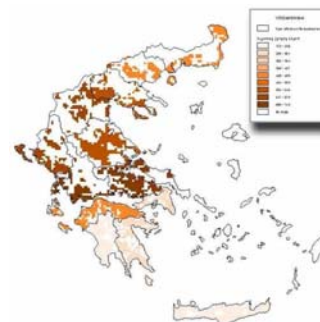
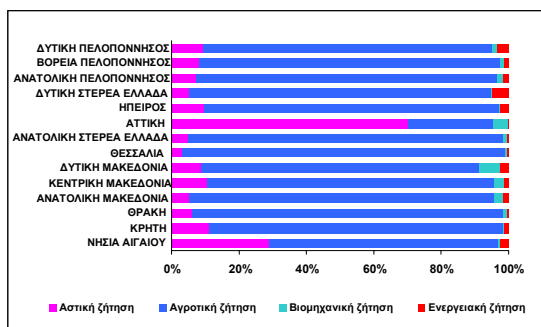
## ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Μη ισορροπημένη εικόνα ανάπτυξης των χρήσεων γης.



Η αγροτική χρήση κατέχει την μερίδα του λέοντος με ποσοστό 86%.

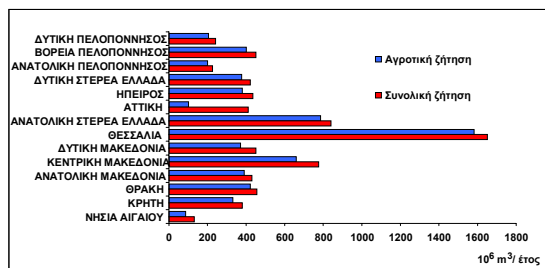
Από το οποίο το 96% χρησιμοποιείται για άρδευση και απ' αυτό το 80% χάνεται σε απώλειες από τον υδρολογικό κύκλο της κάθε περιοχής .



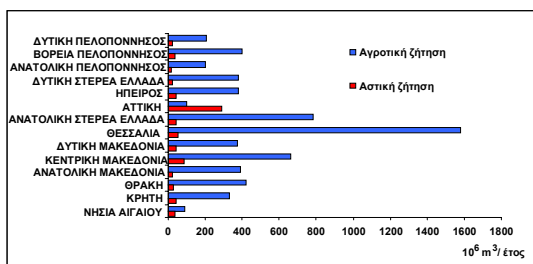
### Μεγαλύτεροι Χρήστες Νερού

|                      |   |                                                                               |
|----------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------|
| Θεσσαλία             | → | αγροτική<br>25,1% της συνολικής αγροτικής ή 21.7 % της συνολικής ζήτησης      |
| Αττική               | → | αστική<br>37,1% της συνολικής αστικής ή 4% της συνολικής ζήτησης              |
| Δυτική Μακεδονία     | → | βιομηχανική<br>26,5% της συνολικής βιομηχανικής ή 0,41% της συνολικής ζήτησης |
| Δυτική Στερεά Ελλάδα | → | ενεργειακή<br>19,8% της συνολικής ενεργειακής ή 0,29% της συνολικής ζήτησης   |

**Αγροτική ζήτηση:**  
τα μεγαλύτερα μερίδια έχουν  
οι περιοχές  
της Θεσσαλίας (25,1%),  
της Ανατολικής Στερεάς(12.5%)  
και  
της Κεντρικής Μακεδονίας (10.5%).



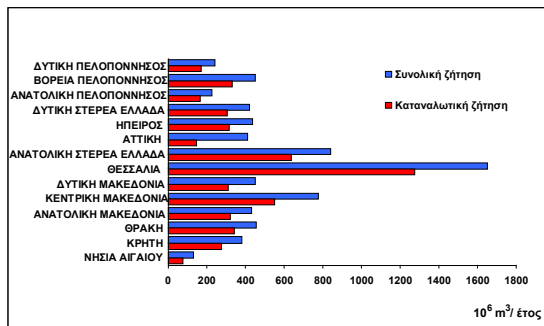
**Αγροτική Ζήτηση ανά υδατικό διαμέρισμα**



**Αστική και Αγροτική Χρήση ανά υδατικό διαμέρισμα**

Για την αστική χρήση,  
που το μεγαλύτερο ποσοστό  
της πηγαίνει στην ύδρευση,  
είναι φανερός  
ο έντονος «υδροκεφαλισμός»  
των μεγάλων αστικών κέντρων

Πρωτιά κατέχει η Αττική (37.1%),  
όπου η ζήτηση είναι υπερτριπλάσια  
της Κεντρικής Μακεδονία (10.5%).



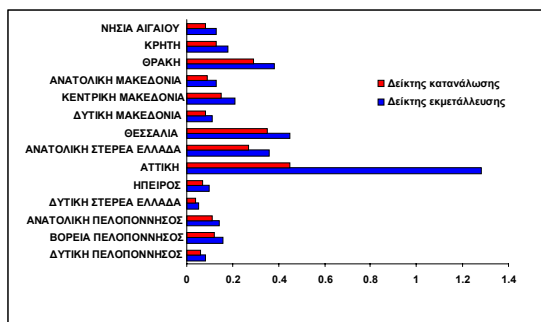
**Συνολική ζήτηση και καταναλωτική ζήτηση**

Μεγάλο ποσό του νερού που χρησιμοποιείται κατά τις παραπάνω χρήσεις  
δεν καταναλώνεται πραγματικά αλλά επιστρέφει στον υδρολογικό κύκλο  
αφού πρώτα επεξεργαστεί και χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε από τις  
παραπάνω χρήσεις.

Ο δείκτης εκμετάλλευσης είναι ο λόγος της συνολικής ζήτησης νερού προς τους ωφέλιμους πόρους.

Ο δείκτης κατανάλωσης αποτελεί τον λόγο της καταναλωτικής ζήτησης προς τους ωφέλιμους πόρους.

Οι ωφέλιμοι πόροι ορίζονται ως το 80% των συνολικών εσωτερικών πόρων με βάση την παραδοχή ότι οι υδατικοί πόροι δεν είναι πλήρως εκμεταλλεύσιμοι.



Δείκτες κατανάλωσης και εκμετάλλευσης ανά υδατικό διαμέρισμα.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

- ❖ Οι ανατολικές περιοχές της χώρας, τα νησιά του Αιγαίου και η Κρήτη είναι περιοχές ιδιαίτερα προβληματικές από πλευράς φυσικού εμπλουτισμού. Βιώνουν καταστροφικές πλημμύρες το χειμώνα και ξηρασίες το καλοκαίρι.
- ❖ Η αγροτική ζήτηση καλύπτει ένα δυσανάλογα μεγάλο ποσοστό της τάξεως του 86%, γεγονός που περιορίζει πολύ τα διαθέσιμα και δρα ανασταλτικά σε κάθε ορθή πρακτική για την διαχείριση και οικονομία του νερού.
- ❖ Οι μεγάλοι χρήστες νερού (αγροτική, αστική) βρίσκονται κυρίως στις ανατολικές περιοχές της χώρας που μειονεκτούν από πλευράς φυσικού εμπλουτισμού. Ιδιαίτερα στη Θεσσαλία για την αγροτική χρήση και στην Αττική για την αστική, δημιουργούν σχεδόν μόνιμες συνθήκες λειψυδρίας, δηλαδή διαρκούς επικινδυνότητας έλλειψης νερού και μη κάλυψης της ζήτησης.
- ❖ Η μελέτη των περιβαλλοντικών αλλαγών είναι επιβεβλημένη.
- ❖ Η κλιματική αλλαγή έχει σημαντικές επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους, ✓ στα έργα αξιοποίησης και στη διαχείρισή τους.
- ❖ Η εγκατεστημένη πολυαρχία στο τομέα του νερού δεν επιτρέπει συνολική θεώρηση, η οποία είναι απαραίτητη για να συνδεθούν οι υδατικοί πόροι με τα έργα αξιοποίησης και με τις χρήσεις τους, χωρίς αντικρουόμενες επιμέρους αποφάσεις και ενέργειες

## **ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

- Εφαρμογή του νόμου 3199/2003 : « 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».
  - Ενσωμάτωση στην Ελληνική πραγματικότητα και υλοποίηση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας – Πλαίσιο για τα Νερά
  - Ειδικά για τον Τομέα των Υδατικών Πόρων επιβάλλεται η δημιουργία Ινστιτούτου. Η θεσμική μορφή του Ινστιτούτου πρέπει να παρέχει σχετική ανεξαρτησία, ευελιξία και χρηματοδότηση βάσει, έτσι ώστε να υπηρετεί την έρευνα και να παράγει νέα γνώση, αλλά και να υποστηρίζει τη λειτουργία του σε συνθήκες αγοράς, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται παράλληλα και η βιωσιμότητά του
  - Στον τομέα των χρήσεων του νερού είναι απαραίτητο να μειωθεί σταδιακά η ποσοστιαία απόληψη νερού από τα υδατικά διαθέσιμα της χώρας για την αγροτική χρήση από το 86% που είναι σήμερα σε σημαντικά μικρότερο ποσοστό
- 
- Επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών ανάλογα με τα υδατικά διαθέσιμα της περιοχής
  - Τήρηση των νόμων για την εκμετάλλευση και τη ρύπανση των υπογείων νερών.
  - Σημαντική μείωση της σπατάλης και της κατανάλωσης νερού για τις αρδεύσεις.
  - Ενημέρωση και καθοδήγηση των αγροτών στα θέματα αυτά.