

## ΑΝΑΚΤΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ Ε.ΥΔ.Α.Π.

Β. ΣΤΕΡΓΙΟΠΟΥΛΟΣ\*, Ι. ΝΑΖΛΟΠΟΥΛΟΣ\*\*, Κ. ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ\*

\*ΤΟΜΕΑΣ ΜΙΚΡΩΝ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ, Κ.Α.Π.Ε./ΚΕΝΤΡΟ  
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 19ο χλμ, ΛΕΩΦ. ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ,  
190 09 ΠΙΚΕΡΜΙ, ΑΤΤΙΚΗ  
\*\*Ε.ΥΔ.Α.Π., Δ/ΝΣΗ Η.Μ. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ, ΩΡΩΠΟΥ 156,  
111 46 ΓΑΛΑΤΣΙ, ΑΘΗΝΑ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κύριος στόχος του παρόντος άρθρου είναι να παρουσιαστεί η "μη συμβατική φιλοσοφία" της ανάκτησης της υδραυλικής ενέργειας που καταστρέφεται στις διατάξεις καταστροφής πίεσης και στους διαχύτες ενέργειας. Η φιλοσοφία αυτή έχει ήδη εισαχθεί στην γενικότερη στρατηγική της διαχείρισης των υδατικών πόρων της μεγαλύτερης στην Ελλάδα επιχείρησης μεταφοράς, επεξεργασίας και διανομής νερού. Η παρούσα εργασία ρίχνει φως σε μερικά βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου της Ε.ΥΔ.Α.Π. που χρειάζονται περαιτέρω μελέτη, και δίνει πληροφορίες για τα "μη συμβατικά μικρά υδροηλεκτρικά έργα" που μπορούν να υλοποιηθούν στο πολύ μεγάλο μήκους δίκτυο μεταφοράς νερού Ευήνου-Μόρνου-Υλίκης-Μαραθώνος-Αθηνών της Ε.ΥΔ.Α.Π.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μικρά Υδροηλεκτρικά, Νερό, Ε.ΥΔ.Α.Π., Ευήνος, Μόρνος, Υλίκη, Μαραθών, Αθήνα, Δίκτυο μεταφοράς νερού, Καταστροφείας πίεσης, Διαχύτης ενέργειας.

### ABSTRACT

The main aim of the present paper is to present the unconventional small hydro philosophy of recovering the hydraulic energy wasted in the existing water breakpressure tanks and hydraulic energy dissipated structures, to be integrated in the water management strategy of the Greater Municipal Enterprise for Water Supply and Sewage of Greece. This work highlights some important features which need further investigations, and discusses ways by which such small unconventional small hydro schemes could be realized in the very long Evinos-Mornos-Yliki-Marathon-Athens water network of EYDAP.

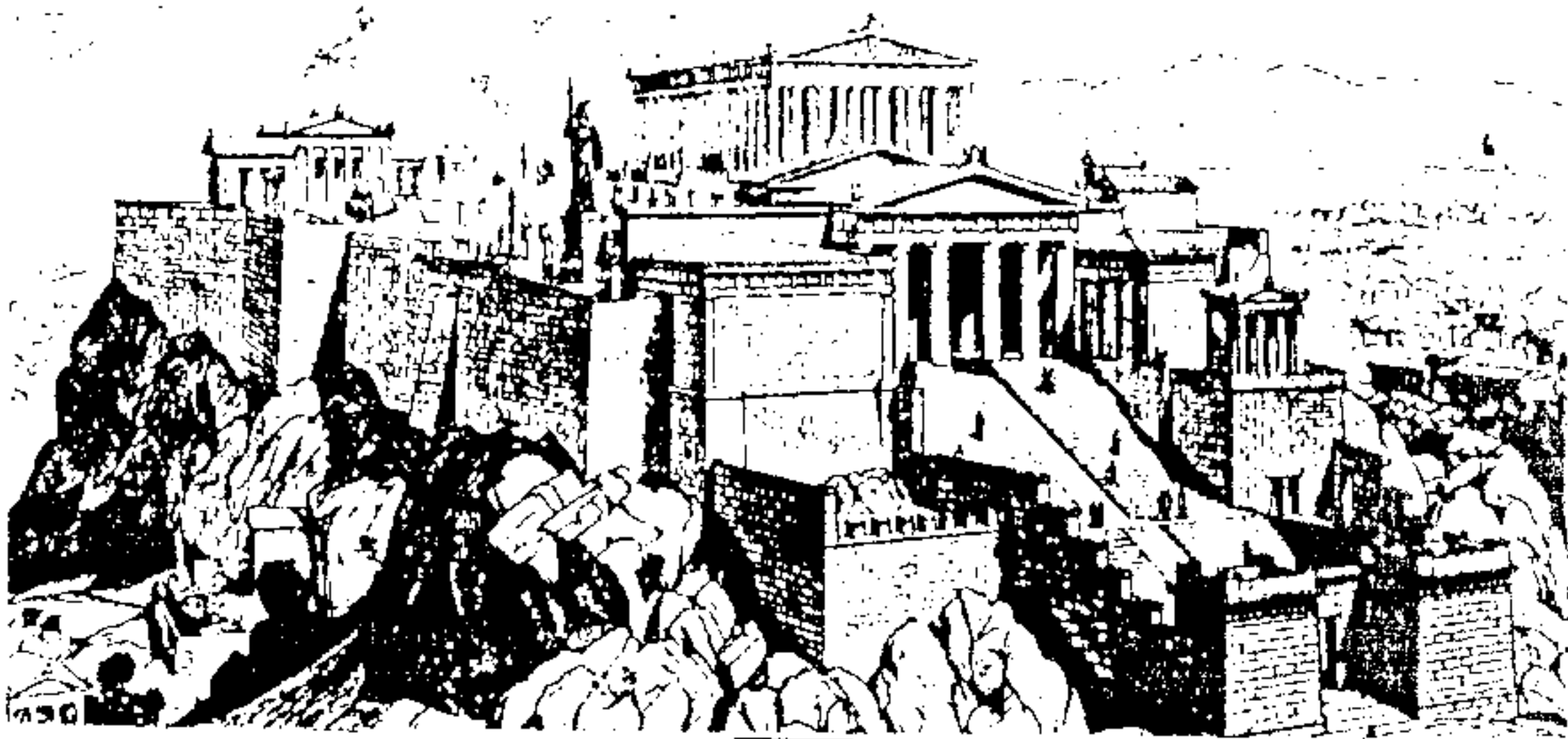
KEY WORDS: Small Hydro, Water, Energy, EYDAP, Evinos, Mornos, Yliki, Marathon, Athens, Water Supply network, Breakpressure, Energy dissipator

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεν είναι γνωστό ότι η κατ' άλλους "ξηρά πάσα και ου εύδρος", πόλη των Αθηνών, ήταν πάντοτε αρκετά πλούσια σε υπόγεια νερά. Περισσότερα από επτακόσια ποταμάκια, ρέματα και ρυάκια διέσχιζαν την πόλη της Αθήνας. Πηγές υπήρχαν παντού, στην Σταδίου, στα Εξάρχεια, στο Κολωνάκι, στα Πατήσια, στο Χαλάνδρι, στην Κηφισιά, τα ρέματα της Χελιδονούς, του Ποδονίφτη. Με το πέρασμα του χρόνου, στο βωμό μιας άναρχης αστικής και περιαστικής ανάπτυξης τα πάλαι ποτέ ρέματα έγιναν λεωφόροι, η Καλίροος πηγή δεν υπάρχει πια, η Καλιρόης αντικατέστησε τον Ιλυσό, ο Ηριδανός στραγγαλισμένος στη λεωφόρο που διέρχεται μπροστά από το Κάραβελ συνεχίζει να ζει υπογειοποιημένος και να επανεμφανίζεται στον αρχαιολογικό χώρο του Κεραμεικού, ο δε Κηφισός αναμένει τον εγκιβωτισμό του και την μετατροπή του σε μια ακόμη λεωφόρο.

Η περιοχή των Αθηνών υπέφερε ήδη από την απώτατη αρχαιότητα από τα προβλήματα του νερού. Αυτό εξηγεί και το γεγονός της ύπαρξης ιερών αφιερωμένων στον όμβριο Δία. Ίσως ακόμη και εκείνη η "μυθική μονομαχία", μεταξύ της Παλλάδας και του Ποσειδώνα είχε στην βάση της το νερό.

Το νερό αποτελούσε και αποτελεί πάντοτε την "άορνο πέτρα" για την επιβίωση των εκατομμυρίων κατοίκων του Υδατικού Διαμερίσματος της Αττικής, εξαιτίας του μικρού σχετικά ύψους συνολικού ετησίου υετού. Ενώ το λεκανοπέδιο δέχεται συνήθως 400-500 mm ύψους υετού ανά έτος εντούτοις παρουσιάζει τις μεγαλύτερες υδατικές απαιτήσεις σε αντίθεση με βόρειες και βοριοδυτικές περιοχές της χώρας που, ενώ έχουν πολλαπλάσιο ύψος βροχής έχουν κυριολεκτικά ερημώσει.



ΣΧΗΜΑ 1 Προβλήματα νερού και στην Αρχαία Αθήνα

Η διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής των Αθηνών γίνονταν πάντοτε με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο. Αυτό αποδεικνύεται από τις σημαντικές υδραυλικές ιστορικές παρεμβάσεις τύπου Ανδριανείου υδραγωγείου. Σήμερα, η ανάκτηση της υδραυλικής ενέργειας και η κατασκευή μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών πολλαπλής σκοπιμότητας αποτελεί ένα βασικό στοιχείο μιας αποτελεσματικής πολιτικής ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων για όλες τις Επιχειρήσεις Μεταφοράς και Διανομής Ύδατος. Το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα μικροϋδροηλεκτρικών παρεμβάσεων σε δίκτυα μεταφοράς και διανομής ύδατος είναι το πρόγραμμα συνεργασίας Κ.Α.Π.Ε. και Ε.ΥΔ.Α.Π. σχετικά με την εγκατάσταση μιας σειράς

βιώσιμων Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων Πολλαπλής Σκοπιμότητας, σε σειρά θέσεων Ε.Κ.Ε./Έργων Καταστροφής Ενέργειας του συστήματος προσαγωγής νερού "Εύηνος - Μόρνος - Υλίκη - Μαραθώνας", ανακτώντας με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο το σύνολο της καταστρεφόμενης ενέργειας, και συμβάλλοντας τα μέγιστα τόσο στην ενεργειακή απεξάρτηση της Ε.ΥΔ.Α.Π., όσο και στην βέλτιστη διαχείριση των υδατικών πόρων ολόκληρης της Στερεάς Ελλάδος.

## 2. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ Ε.ΥΔ.Α.Π.

Το δίκτυο ύδρευσης της Ε.ΥΔ.Α.Π. προμηθεύει με πόσιμο νερό 4 500 000 ανθρώπους περίπου στην ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσής. Η Εταιρία Ύδρευσης Αποχέτευσης Πρωτεύουσής αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη εταιρείες διαχείρισης του σημαντικότερου βιωτικού πόρου, του νερού, τόσο από πλευράς αριθμού καταναλωτών όσο και από πλευράς γεωγραφικού εύρους διαχείρισης υδατικών πόρων (Δυτική, Κεντρική και Ανατολική Στερεά Ελλάδα).

Το νερό έρχεται από τον ταμιευτήρα του Μόρνου, στον οποίο προστίθενται ήδη σημαντικές ποσότητες από τον ποταμό Εύηνο της Δυτικής Ελλάδας, και τους ταμιευτήρες της Υλίκης και του Μαραθώνα, στους οποίους προστίθενται ενίοτε και σημαντικές ποσότητες νερού από τις κατά τόπου γεωτρήσεις.

Η κατασκευή του υδραγωγείου του Μόρνου άρχισε το 1969, ενώ η ολοκλήρωση του φράγματος έγινε το 1972. Το έργο εγκαινιάστηκε το 1979 ενώ άρχισε να λειτουργεί υπό συνθήκες πλήρους φορτίου το 1982. Ο αγωγός μεταφοράς νερού έχει χαρακτηριστικά σχεδιασμού 23 m<sup>3</sup>/sec η 2 εκατομμύρια περίπου m<sup>3</sup>/ανά ημέρα, ποσότητες διπλάσιες από την εκτιμώμενη μέση ημερήσια κατανάλωση του λεκανοπεδίου για το διάστημα 1985 - 1995.

Το αρχικό δίκτυο μεταφοράς νερού του υδραγωγείου Μόρνου αποτελείται από μια σειρά ανοικτών αγωγών, κλειστών αγωγών και σιφώνων, με ένα συνολικό μήκος περίπου 192 χιλιόμετρα. Οι αυξημένες ανάγκες της παρελθούσης ξηρασίας οδήγησαν την Ε.ΥΔ.Α.Π. στην αναζήτηση συμπληρωματικών υδατικών πόρων και στην εκτροπή του Ευήνου προς το φράγμα του Μόρνου. Κατά μήκος του δικτύου του Μόρνου υπάρχουν 22 εγκαταστάσεις ρύθμισης και ελέγχου της ροής του νερού εκ των οποίων οι 12 είναι Εγκαταστάσεις Καταστροφής Ενέργειας.

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται οι κοινές προσπάθειες Κ.Α.Π.Ε.-Ε.ΥΔ.Α.Π. σχετικά με την εγκατάσταση σειράς βιώσιμων Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων πολλαπλής Σκοπιμότητας, σε όλες τις θέσεις Έργων Καταστροφής Ενέργειας του συστήματος προσαγωγής νερού, ανακτώντας με τον βέλτιστο τρόπο το σύνολο της καταστρεφόμενης υδραυλικής ενέργειας στο σύστημα "Εύηνος-Μόρνος-Υλίκη-Μαραθώνας", και συμβάλλοντας τα μέγιστα τόσο στην ενεργειακή απεξάρτηση της Ε.ΥΔ.Α.Π. και στην μείωση της τιμής του νερού, όσο και στην βέλτιστη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ε.ΥΔ.Α.Π. και ολόκληρης της Στερεάς Ελλάδος.



ΣΧΗΜΑ 2. Σχηματική παράσταση του δικτύου μεταφοράς νερού της Ε.ΥΔ.Α.Π.

### 3. ΕΡΓΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ Ε.ΥΔ.Α.Π.

Η παροχή των υδραυλικών δικτύων της Ε.ΥΔ.Α.Π., προερχόμενη από την αθροιστική συνεισφορά των υδρολογικών λεκανών Μόρνου, Ευήνου, Υλίκης, Παραλίμνης, Βοιωτικού Κηφισού, Μαραθώνα, Ασωπού, φθάνει σε μερικά σημεία και την τιμή των 14 m<sup>3</sup>/sec. Η επίλυση των σημαντικών προβλημάτων υπερβολικά μεγάλης πίεσης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αντιπληγματικών βαλβίδων, δεξαμενών ανάπαυσης, φρεατίων ή δεξαμενών που δρουν ως Έργα Καταστροφής Ενέργειας. Η παρούσα κοινή προσπάθεια Κ.Α.Π.Ε.- Ε.ΥΔ.Α.Π. αποσκοπεί στην ρεαλιστική αξιολόγηση των πραγματικών δυνατοτήτων ανάκτησης ενέργειας τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικό δίκτυο μεταφοράς και διανομής νερού της Ε.ΥΔ.Α.Π. και στην συστηματική δρομολόγηση της υλοποίησης του συνόλου των αναγκαίων έργων. Τα υπάρχοντα τοπογραφικά και υδροδυναμικά βασικά χαρακτηριστικά των υπάρχοντων Έργων Καταστροφής Ενέργειας (Ε.Κ.Ε.) αλλά και οι τεχνικές προτεραιότητες της Ε.ΥΔ.Α.Π. επιβάλλουν την υλοποίηση των πρώτων μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών του δικτύου σε κάποιες από τις θέσεις των Έργων Καταστροφής Ενέργειας. Στο Σχήμα 3. παρουσιάζονται κάποια χαρακτηριστικά του δικτύου μεταφοράς νερού της Ε.ΥΔ.Α.Π. και των θέσεων των Ε.Κ.Ε.

Σ' ΑΥΤΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΝΤΕ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

*INSERT PICTURE "MORNOS.BMP",*

Ε.Κ.Ε.

Η συνολική καταστρεφόμενη υδροϊσχύ, και η αντιστοιχούσα ισχύς εγκατάστασης των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών που καλούνται να υποκαταστήσουν τα Ε.Κ.Ε., μεταβάλλεται από θέση σε θέση. Από τα χαρακτηριστικά των Ε.Κ.Ε. προκύπτει ότι η αντιστοιχούσα υδροϊσχύς κυμαίνεται από 0,3 MW μέχρι 4,0 MW. Θεωρείται ως άμεσος στόχος προς υλοποίηση τα έργα μιας μέσης ισχύος 0,8 MW - 1,3 MW. Τα

Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα Κίρφης, Ελικώνος, Κιθαιρώνος, σήραγγας Αφιδών, υδραγωγείου Διστόμου ανταποκρίνονται σ' αυτήν την κλίμακα εγκατεστημένης ισχύος. Τα μικρότερα έργα Ασπροπύργου, Μάνδρας, Χελιδονούς, Κλειστού και Γαλασίου συνιστούν έναν δεύτερο μεταγενέστερο στόχο μικροϋδροηλεκτρικού χαρακτήρα.

Η προσπάθεια ανάκτησης της καταστρεφόμενης στα Ε.Κ.Ε. υδραυλικής ενέργειας, με την υλοποίηση σειράς Μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών, παραλληλισμένων στο δίκτυο, έχει εκ των προτέρων εξασφαλισμένα θετικά αποτελέσματα και θετικότητα συνεισφορά στο όλο θέμα της βέλτιστης διαχείρισης των υδατικών πόρων που διαχειρίζεται η Ε.ΥΔ.Α.Π. Άμεση θετική συνέπεια είναι η μείωση των δαπανών της Ε.ΥΔ.Α.Π. για ηλεκτρική ενέργεια, η μείωση των τεραστίων ποσών που δαπανούνται για την μεταφορά νερού και του κόστους κατανάλωσης και χρήσης του νερού, η καλύτερη διαχείριση και ο καλύτερος έλεγχος του νερού για πολλαπλούς σκοπούς, αλλά και στη μείωση των εκπεμπομένων στην ατμόσφαιρα ρυπογόνων καυσαερίων που απελευθερώνονται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς.

Στο Σχήμα 4. δίδεται μια άποψη του δικτύου μεταφοράς νερού της Ε.ΥΔ.Α.Π. και ενός Έργου Καταστροφής Ενέργειας.

#### 4. ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ Ε.Κ.Ε. ΚΙΡΦΗΣ, ΕΛΙΚΩΝΑ ΚΑΙ ΚΙΘΑΙΡΩΝΑ

Στο πρώτο στάδιο αυτής της συνεργασίας Κ.Α.Π.Ε.- Ε.ΥΔ.Α.Π. πρόκειται να εγκατασταθούν τρία επιδεικτικά μικρά υδροηλεκτρικά έργα, που θα υποκαταστήσουν τρία Ε.Κ.Ε. του δικτύου μεταφοράς νερού. Ένα από αυτά τα τρία μικρά υδροηλεκτρικά έργα αναφέρεται στο Ε.Κ.Ε. Κιθαιρώνα, ενώ τα άλλα αναφέρονται στα Ε.Κ.Ε. Κίρφης και Ελικώνα. Στο Σχήμα 5. παρουσιάζεται σχηματικά η υφιστάμενη

διάταξη του καταστροφέα ενέργειας του Κιθαιρώνα, με τη σήραγγα, τον υπερχειλιστή, τον πύργο ανάπαλσης, την διώρυγα απαγωγής, τη λεκάνη ηρεμίας, την διάταξη by-pass, δείχνοντας ταυτόχρονα και την υδροενεργειακή τεχνική παρέμβασης. Η διερχόμενη παροχή από το έργο μεταβάλλεται από 5 μέχρι 12 m<sup>3</sup>/sec ενώ το αντίστοιχο διαθέσιμο φορτίο μεταβάλλεται από 17,8 μέχρι 15 μέτρα.

Στην περίπτωση του Κιθαιρώνα, η υποκατάσταση του Ε.Κ.Ε. από ένα Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο μπορεί να οδηγήσει σε μια αξιοποιητέα εγκατεστημένη ισχύ από 800 kW μέχρι 1500 kW και μια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περίπου 7 GWh/έτος.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πρόκειται για μια συντονισμένη προσπάθεια του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και της Ε.ΥΔ.Α.Π. με στόχο την εγκατάσταση μιας ολόκληρης σειράς βιώσιμων Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων πολλαπλής σκοπιμότητας, σε όλες τις θέσεις Έργων Καταστροφής Ενέργειας του συστήματος προσαγωγής νερού, ανακτώντας με το βέλτιστο δυνατό τρόπο το σύνολο της καταστρεφόμενης υδραυλικής ενέργειας στο σύστημα "Εύηνος-Μόρνος-Υλίκη-Μαραθώνας", και συμβάλλοντας τα μέγιστα τόσο στην ενεργειακή απεξάρτηση της Ε.ΥΔ.Α.Π. και στην μείωση της τιμής πώλησης του νερού, όσο και στην βέλτιστη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ε.ΥΔ.Α.Π. και ολόκληρης της Στερεάς Ελλάδος.

Σύμφωνα με το νόμο Ν2244/94 η Ε.ΥΔ.Α.Π. θα γίνει, με τη βοήθεια του Κ.Α.Π.Ε., αυτοπαραγωγός εξοικονομώντας σε ετήσια βάση αρκετές εκατοντάδες εκατομμύριων



δραχμών. Σε δεύτερο στάδιο η συνεργασία Κ.Α.Π.Ε.-Ε.Υ.Δ.Α.Π. θα γενικευτεί και θα καλύψει όλες τις δυνατές θέσεις Ε.Κ.Ε. του δικτύου, με απώτερο σκοπό την ανάκτηση μιας συνολικής υδροϊσχύος περίπου 12 MW. Η όλη προσπάθεια μπορεί να αποτελέσει πιλοτικό σημείο αναφοράς και για το σύνολο των Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης της χώρας, για την υποκατάσταση των έργων καταστροφής υδραυλικής ενέργειας με μικρά υδροηλεκτρικά έργα παραγωγής ενέργειας, και συμψηφισμού της παραγομένης ενέργειας με την ενέργεια που δαπανάται στα υπάρχοντα αντλιοστάσια, και αποτελεσματική εφαρμογή των δυνατοτήτων αυτοπαραγωγής του Νόμου 2244/94.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Stergiopoulos B., Vasilicos C.: "Small Hydro Demonstration Projects harnessing the energy dissipated", PEPER project, 1996.

Stergiopoulos B., Vasilicos C., Vardakou E., Nazlopoulos J.: "Towards a Sustainable Integration of some Unconventional Small Hydro Techniques into the Greek Coastal Water Production Utilities", MEDITERRANEAN CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR WATER PRODUCTION, Santorini, 10-12 June 1996.

Stergiopoulos B., Vasilicos C.: "Small Hydro Energy Recovery on the Water Supply Network of Athens", UNIVERSITY POWER ENGINEERING CONFERENCE 1996, Iraklio, 1996.