

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

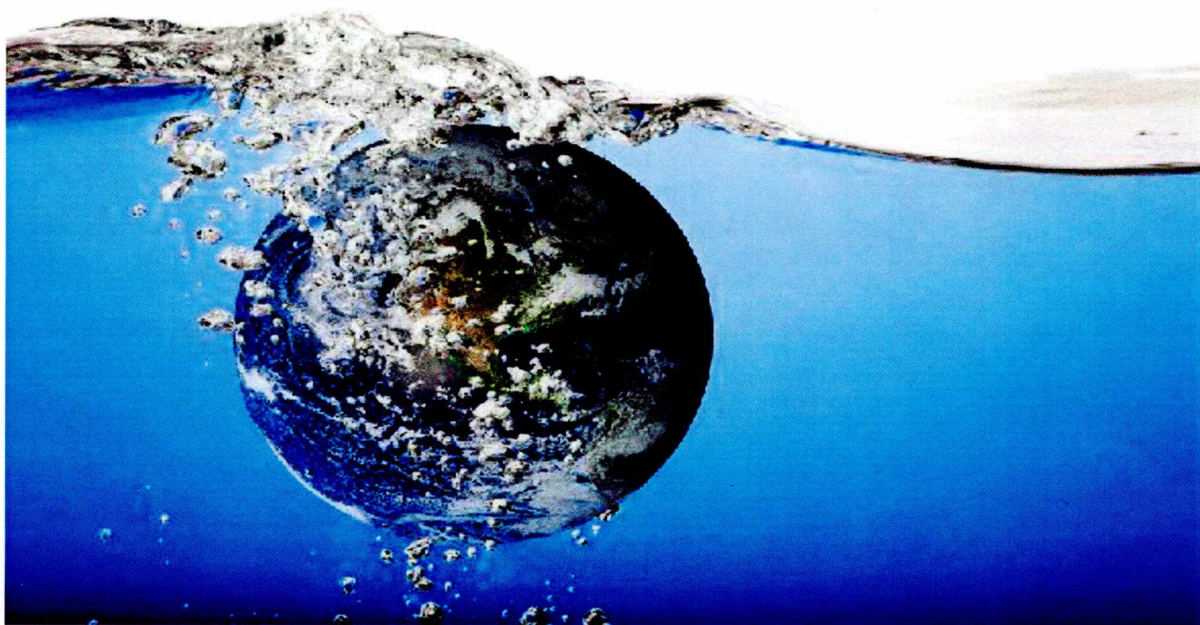
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»



Βασιλόπουλος Ιωάννης AM:01247
Επιβλέπων Αναπληρωτής Καθηγητής : Κανακούδης Βασίλειος

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 16111/1
Ημερ. Εισ.: 03-10-2017
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2017
ΒΑΣ

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν άμεσα ή έμμεσα στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αδερφό μου, για όλα όσα μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια και την υποστήριξη με κάθε τρόπο, σε κάθε έκφανση της ζωής μου. Αισθάνομαι πως σε αυτούς οφείλω τα πάντα.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου αναπληρωτή καθηγητή κ. Β. Κανακούδη και τον υποψήφιο διδάκτορα Μ. Πατέλη για την ευκαιρία που μου έδωσαν να ασχοληθώ με τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία και για την βοήθεια που μου πρόσφεραν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθύτατα όλους όσους ήταν δίπλα μου και συνέβαλαν με τον τρόπο τους στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας αλλά και τη συνολικότερη διαμόρφωσή μου κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων με τις αξέχαστες στιγμές που ζήσαμε, και ιδιαίτερα τους φίλους μου, Βασίλη Σταμούλη και Σωτήρη Σωτηριάδη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη Μαριάννα Βαργιάμη για την επιμέλεια της εργασίας αλλά και για τη στήριξη και βοήθεια, που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	4
Abstract	5
1. Εισαγωγή.....	6
2. Διαχείριση Πίεσης.....	7
2.1 Τα οφέλη από τη διαχείριση της πίεσης.....	8
3. Υδραυλική Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Εργοστάσια.....	9
4. Σκοπός εργασίας	11
5. Το δίκτυο Ύδρευσης	12
6. Pumps as Turbines (PATs).....	15
6.1 Γενικά Χαρακτηριστικά των Pumps as Turbines (PATs).....	15
6.2 Πιθανές Θέσεις Εγκατάστασης PATs	16
6.2.1 Εκτίμηση ενέργειας αγωγού για κάθε θέση.....	36
6.3 Σχεδιασμός καμπυλών λειτουργίας.....	40
6.4 Τελική επιλογή θέσεων και αντλιών	43
6.5 Τοποθέτηση PATs στο δίκτυο ύδρευσης	52
6.5.1 1 ^ο Σενάριο.....	52
6.5.2 2 ^ο Σενάριο.....	64
6.5.3 3 ^ο Σενάριο.....	69
7. Ανάλυση Δεδομένων.....	74
8. Κόστος υλοποίησης	77
8.1 Οικονομικά Οφέλη.....	78
8.2 Επιλογή βέλτιστου σεναρίου.....	80
9. Τρόπος Εγκατάστασης PATs στο Δίκτυο.....	82
10. Συμπεράσματα.....	84
11. Διαδικασία Αδειοδότησης.....	85
11.1 Γενικά Στοιχεία.....	85
11.2 Διαδικασία Αδειοδότησης μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών ισχύος μικρότερης των 50kw	86
12. Μελλοντική Έρευνα.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	96
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	98
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	106

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να αναδείξει ότι η μείωση των απωλειών, μέσω διαχείρισης της πίεσης, σε ένα δίκτυο ύδρευσης μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση μικρο-υδροτουρμπίνων (PAT), εκτός από τον κλασικό τρόπο με τη χρήση βαλβίδων μείωσης της πίεσης (PRVs), πράγμα το οποίο μάλιστα θα έχει ως αποτέλεσμα και μια ανάκτηση ενέργειας. Ως πρότυπο τέτοιο δίκτυο μελετήθηκε το δίκτυο ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης (που διαχειρίζεται η ΔΕΥΑΚ). Η μελέτη και η προσομοίωση του δικτύου έγιναν με τη βοήθεια του προγράμματος Watergems V8i.

Η έρευνα περιελάμβανε την αναζήτηση των κατάλληλων θέσεων για την τοποθέτηση PATs στο δίκτυο ύδρευσης καθώς και τη μελέτη της πιθανής ενέργειας που θα μπορούσε να ανακτηθεί. Το δίκτυο της Κοζάνης είναι χωρισμένο σε DMAs και ως πιθανές θέσεις θεωρήθηκαν οι εισοδοί των DMAs.

Στη συνέχεια, έγινε αναζήτηση του κατάλληλου εξοπλισμού και προτάθηκε ένας θεωρητικός τρόπος κατανόησης της συμπεριφοράς της αντλίας, όταν λειτουργεί σαν τουρμπίνα. Έπειτα, έγινε σύγκριση της μείωσης της πίεσης και του εξοικονομούμενου νερού σε σχέση μόνο με το αν υπάρχουν στο δίκτυο PRVs.

Τα εξαγόμενα συμπεράσματα οδηγούν στην ανάγκη περαιτέρω μελέτης της συμπεριφοράς των αντλιών, όταν λειτουργούν σαν τουρμπίνες, καθώς αποδείχθηκε ότι είναι ένας αρκετά αποτελεσματικός τρόπος έλεγχου της πίεσης, παρόλο που, προς το παρόν, δεν κυκλοφορούν στο εμπόριο και δεν υπάρχει κάποιος ακριβής τρόπος πρόβλεψης της λειτουργίας τους.

Τέλος, έγινε μια οικονομική ανάλυση για το κόστος και το όφελος από την τοποθέτηση PATs και PRVs καθώς και μια πρόταση για τον τρόπο εγκατάστασης μιας PAT σε δίκτυο ύδρευσης.

Abstract

Aim of this diploma thesis is to prove that loss reduction through pressure management, can be achieved not only with usage of pressure release valves (PRVs) but also with the use of pump as turbines (PAT) which will subsequently lead to a recovery of energy. The water distribution network used in this study is that of the city of Kozani (which is managed by the company ΔΕΥΑΚ). Both the study and simulation of the network was accomplished with the user of Watergems V8i program.

The survey contained the search about the suitable positions for the PATs' placement in the water supply network, as well as the research of the potential amount of energy that could be retrieved. The network in Kozani is separated into DMAs, consequently, the entrances of the DMAs were considered as the possible location positions. The study and the simulation of the network were made with the help of the programme Watergems V8i.

Subsequently, a research about the suitable equipment took place and a theoretical way of understanding the pump's behavior (while working as a turbine) was suggested. Then, there was a comparison between the pressure reduction and the water savings, only in relation with the PRVs' presence or absence along the network.

The exported conclusions of the project lead to the need of further research about the pumps' behavior, while working as turbines, as it was proved that it is a quite effective way of controlling the pressure, although, in the present, there aren't PATs available for sale and there is no precise way to predict their function, too.

Finally, an economic resolution about the cost and the profit of the PATs' and PRVs' placement was made, as well as a suggestion about the way of installing a PAT in a water supply network.

1. Εισαγωγή

Είναι γεγονός ότι ο πλανήτης πλήττεται από παγκόσμια κρίση νερού και ενέργειας. Όσον αφορά στην κρίση του νερού, έχει παρατηρηθεί ότι οι ανάγκες των ανθρώπων για τη χρήση του ολοένα και αυξάνονται με αποτέλεσμα να εκλείπουν ή να υποβαθμίζονται οι υδατικοί πόροι. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του γεγονότος ότι το νερό παίζει σημαντικό ρόλο σε όλους τους τομείς της δραστηριότητας του ανθρώπου, ενώ συνιστά και βασικό παράγοντα για την οικονομική ανάπτυξη των κρατών. Το πρόβλημα εντείνεται λόγω της κλιματικής αλλαγής, με την εμφάνιση όλο και περισσότερων ακραίων φαινομένων, όπως έντονες πλημμύρες και μακροχρόνιες ξηρασίες. Λόγω της σπουδαιότητας του νερού υπάρχει μία αυξανόμενη συνειδητοποίηση, ότι πρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα για την αντιμετώπιση της κατάστασης αλλά και για την αποφυγή κρισιμότερων προβλημάτων. Ύψιστης σημασίας αποτελεί η βελτιστοποίηση και η σωστή διαχείριση των δικτύων ύδρευσης, που οδηγούν στη μείωση των απωλειών του νερού.

Σχετικά με την ενεργειακή κρίση, που ταλανίζει τον πλανήτη στις μέρες μας, έρευνες έχουν δείξει ότι ολοένα και αυξάνονται οι απαιτήσεις σε ενέργεια λόγω της υπερκατανάλωσης του πληθυσμού και της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης, που χαρακτηρίζει τις σύγχρονες κοινωνίες, με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε σε έλλειψη ενεργειακών πόρων. Έτσι, διαρκώς αναζητούνται νέοι τρόποι παραγωγής ενέργειας, κυρίως από ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τρόποι εξοικονόμησής της. Μια εναλλακτική μέθοδος είναι η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας, που υπάρχει στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής, καθώς αποτελεί χαρακτηριστική μορφή πράσινης ενέργειας και όχι ανθρακογενούς. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε αφενός να παράγουμε ενέργεια και αφετέρου να μειώσουμε τις υφιστάμενες απώλειες, που προκαλούνται συνήθως λόγω των υψηλών πιέσεων. Έχει παρατηρηθεί ότι οι απώλειες του νερού στα δίκτυα ύδρευσης κυμαίνονται από 30% έως 40%, ενώ σε κάποιες χώρες φτάνουν και το 60% του όγκου νερού, που εισέρχεται στο δίκτυο.

Οι εταιρείες ύδρευσης, παρότι γνωρίζουν το μείζον πρόβλημα των απωλειών, δεν είναι συνήθως διατεθειμένες να δαπανήσουν χρήματα για την αντιμετώπισή του. Αυτό συμβαίνει, γιατί υπάρχουν άφθονες και φθηνές πηγές νερού, τις οποίες εκμεταλλεύονται, φροντίζοντας συνήθως για τη διόρθωση μόνο των επιφανειακών διαρροών, ασκώντας το λεγόμενο “παθητικό έλεγχο διαρροών”.

2. Διαχείριση Πίεσης

Το μη αποδοτικό νερό σε ένα δίκτυο ύδρευσης, σύμφωνα με την IWA, αποτελείται από: τη μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, τις φαινόμενες ή εμπορικές απώλειες και τις πραγματικές ή φυσικές απώλειες. Οι φυσικές απώλειες νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης οφείλονται, κυρίως, σε διαρροές και θραύσεις αγωγών μεταφοράς και διανομής, καθώς και στις υπερχειλίσεις των δεξαμενών αποθήκευσης νερού και τις διαρροές στις συνδέσεις των αγωγών με τους καταναλωτές[15]. Οι επιπτώσεις των πραγματικών-φυσικών απωλειών είναι αρκετά σημαντικές, καθώς θέτουν σε άμεσο κίνδυνο τη δημόσια υγεία, μιας και υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του νερού από φερτά υλικά, τα οποία μεταφέρονται από αγωγούς που διαρρέουν. Επιπλέον, σημειώνονται άμεσες οικονομικές επιπτώσεις για την εταιρεία ύδρευσης, αλλά και περιβαλλοντικές, αφού πρέπει να γίνει πρόωρη αναζήτηση και επένδυση για την ανάδειξη νέων πηγών. Για την αντιμετώπιση των πραγματικών απωλειών έχουν προταθεί τέσσερις βασικοί τρόποι[15]:

- Ενεργός έλεγχος διαρροών
- Έλεγχος και Διαχείριση της Πίεσης λειτουργίας του δικτύου
- Ταχύτητα και ποιότητα επισκευών
- Διαχείριση αγωγών και συσκευών δίκτυο

Η διαχείριση της πίεσης είναι το πιο αποτελεσματικό μετρό αντιμετώπισης των διαρροών βάσης, εξαιρούμενης της αντικατάστασης των αγωγών. Έχει αποδειχθεί πως ο ρυθμός απωλειών στα συστήματα διανομής νερού είναι συνάρτηση της παρεχομένης πίεσης είτε με τη χρήση αντλιών είτε μέσω της βαρύτητας[15]. Σε πολλές περιπτώσεις, μάλιστα, οι διαρροές μειωθήκαν θεαματικά, χάρη στη διαχείριση της πίεσης. Στην νότια Αφρική, για παράδειγμα, η μείωση των διαρροών ήταν 40%, ενώ στην Αυστραλία οι διαρροές μειωθήκαν στο 50%. Αντίστοιχα, στο δίκτυο ύδρευσης της Λεμεσού, στην Κύπρο, καταγράφηκε εξοικονόμηση 38% στον όγκο του διαρρέοντος νερού και μείωση κατά 41% στη συχνότητα των αστοχιών των αγωγών[15].

Η μείωση της πίεσης συνήθως επιτυγχάνεται με τη χρήση βαλβίδων μείωσης πίεσης (Pressure Reduction Valves-PRVs). Υπάρχουν τριών ειδών PRVs, που χρησιμοποιούνται[15]:

- Σταθερής ρύθμισης (fixed outlet), όπου η πίεση είναι ορισμένη στην έξοδο της βαλβίδας.
- Μεταβλητής ρύθμισης χρονοδιαγράμματος (time-modulated), όπου η πίεση στην έξοδο ορίζεται από τον χειριστή και αυξομειώνεται σε διαφορές ώρες της μέρας.
- Μεταβλητής ρύθμισης βάσει ζήτησης (flow modulated), όπου η πίεση στην έξοδο εξαρτάται από τη ζήτηση για νερό, που δέχεται το δίκτυο.

Επιπλέον, η διαχείριση της πίεσης γίνεται με τη δημιουργία στεγανών υποζωνών (District Meter Areas-DMAs), ενώ μια εναλλακτική μέθοδος για την μείωσή της είναι η χρήση μικρο-υδροτουρμπίνων, όπου συγχρόνως έχουμε και παράγωγη ενέργειας[14].

2.1 Τα οφέλη από τη διαχείριση της πίεσης

- Μειωμένες διαρροές και θραύσεις, καθώς και μειωμένη συχνότητα διαρροών, με αποτέλεσμα τη μείωση των απωλειών νερού.
- Εξυπηρέτηση και αξιοπιστία των καταναλωτών, λόγω καλύτερης λειτουργίας του δικτύου (λιγότερες διακοπές νερού, επιθυμητή πίεση σε όλους τους χρηστές σε όλες τις χρονικές στιγμές).
- Μη επιδείνωση της κατάστασης του δικτύου με μεγάλη διάρκεια της λειτουργικότητας του εξοπλισμού.
- Μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης, λόγω μειωμένων επισκευών και ενεργού έλεγχου διαρροών.
- Εξοικονόμηση κεφαλαίων, λόγω της μη αντικατάστασης εξοπλισμού και της μείωσης των επισκευών.
- Μικρότερη πιθανότητα μόλυνσης του νερού, λόγω των μικρότερων διαρροών στο δίκτυο.

Παρότι η διαχείριση της πίεσης, απ' ότι έχει αποδειχθεί, βοηθάει σημαντικά στη μείωση των πραγματικών απωλειών, έχει και επιπτώσεις στις μεθόδους αντιμετώπισης των απωλειών. Λόγω της μείωσης της πίεσης είναι πιο δύσκολο να γίνει ενεργός έλεγχος διαρροών, καθώς μειώνεται ο θόρυβος από τις διαρροές, με αποτέλεσμα να είναι πιο δύσκολη η ανίχνευση τους από την επιφάνεια[15,20]. Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος, αν γίνει αρκετή μείωση τις ώρες αιχμής, κάποιες περιοχές του δικτύου να μην έχουν αρκετή πίεση, ώστε να εξυπηρετούνται ικανοποιητικά οι καταναλωτές. Τέλος, ανεπαρκής πίεση στο δίκτυο προκύπτει και σε περιπτώσεις πυρόσβεσης.

3. Υδραυλική Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Εργοστάσια

Η ενέργεια αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής, καθώς είναι η κινητήριος δύναμη για όλες σχεδόν τις δραστηριότητες του ανθρώπου, όπως η εκπαίδευση, η κίνηση, η διασκέδαση, η ανάπτυξη της τεχνολογίας, αλλά και η εξασφάλιση της υγείας. Τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της αύξησης της κατανάλωσης της ενέργειας, των αυξήσεων της τιμής του πετρελαίου, αλλά και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αναζητήθηκαν νέες εναλλακτικές πηγές ενέργειας.

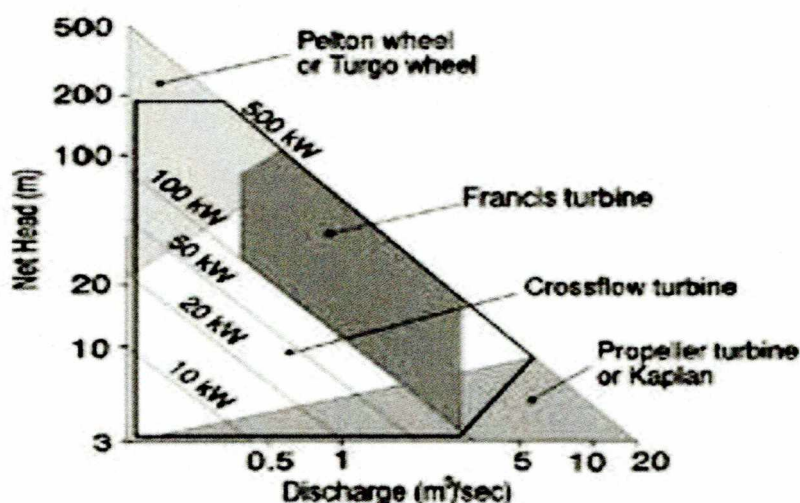
Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί την πιο σημαντική ανανεώσιμη πηγή, καθώς από αυτήν παράγεται το 16,4% της ενέργειας, που καταναλώνεται σε όλο τον κόσμο[17]. Το πρώτο υδροηλεκτρικό σύστημα αναπτύχθηκε το 1880[17]. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια διαχωρίζονται ανάλογα με το μέγεθος της ενέργειας, που μπορούν να παράγουν. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Κένυα και το Laos, όλο και περισσότερο κερδίζουν έδαφος τα μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια (έως και 100kW) αλλά και τα pico υδροηλεκτρικά συστήματα (έως 5kW)[2]. Η επιλογή των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών άρχισε να γίνεται μια ελκυστική επιλογή μετά την αύξηση της τιμής του πετρελαίου τη δεκαετία του 1970[9]. Αυτού του είδους οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί παράγουν ενέργεια από καταρράκτες, δίκτυα ύδρευσης και αρδευτικά δίκτυα, ενώ έχουν το πλεονέκτημα ότι δε χρειάζονται μεγάλες εκτάσεις για την κατασκευή τους ούτε τεράστιες ποσότητες νερού για τη λειτουργία τους[17]. Παράλληλα, δεν έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το κόστος τους είναι χαμηλό. Τέλος, η αξία ανά kW ενέργειας, που παράγεται από αυτούς τους σταθμούς, είναι υψηλότερη συγκριτικά με τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά εργοστάσια[9].

Σε διαφορές πόλεις, όπως η Νάπολη, το Παλέρμο και το Ιράν, έχει προταθεί η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας, που ενυπάρχει στα δίκτυα ύδρευσης, και τη δημιουργία μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών (έως 100kW) από αυτήν. Η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας γίνεται με τη χρήση υδροτουρμπίνων. Ως υδροτουρμπίνα ορίζεται μια περιστροφική συσκευή, που μετατρέπει την κινητική και δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική. Οι υδροτουρμπίνες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το μανομετρικό ύψος λειτουργίας, τη ροή του νερού και την ενέργεια που αξιοποιούν[11,18].

- Ανάλογα με την ενέργεια διακρίνονται σε: impulse turbines και reaction turbines.
- Ανάλογα με το μανομετρικό ύψος λειτουργίας διακρίνονται σε: υψηλό μανομετρικό ύψος (250-1800m), μεσαίο (50-250m) και χαμηλό μανομετρικό ύψος (<50m).
- Ανάλογα με τη ροή του νερού διακρίνονται σε: axial flow, radial in axial out, inward flow και outward flow.

Βάσει των παραπάνω κατηγοριοποιήσεων, διακρίνονται διάφορα είδη υδροτουρμπίνων. Τα πιο βασικά είναι[11,18] :

- **Pelton turbine:** το συγκεκριμένο είδος υδροτουρμπίνας ανήκει στις impulse turbines για υψηλό και μεσαίο μανομετρικό ύψος λειτουργίας και χαμηλή ροή.
- **Francis turbine:** ανάλογα με την ενέργεια κατατάσσεται στις reaction turbines για μεσαίο και χαμηλό μανομετρικό ύψος λειτουργίας και πολύ υψηλή ροή.
- **Cross-flow ή Banki turbine:** ανήκει στις impulse turbines για μεσαίο και ακόμη χαμηλότερο μανομετρικό ύψος λειτουργίας και πολύ υψηλή ροή.
- **Propeller turbine:** αυτό το είδος υδροτουρμπίνας, όσον αφορά στην ενέργεια, ανήκει στις reaction turbines για πολύ χαμηλό μανομετρικό ύψος λειτουργίας και τεράστια ροή. Ένα ιδιαίτερο είδος που υπάγεται στο είδος των Propeller turbines είναι η Kaplan turbine.
- **Turgo turbine:** ανήκει στις impulse turbines για υψηλό και μεσαίο μανομετρικό ύψος λειτουργίας και μεσαία και χαμηλή ροή.
- **Pump as Turbine (PAT):** πρόκειται για φυγόκεντρες αντλίες, που βρίσκονται σε αντίστροφη λειτουργία για την παραγωγή ενέργειας, λειτουργώντας ως τουρμπίνες. Ανήκουν στις impulse turbines για μεσαίο μανομετρικό ύψος λειτουργίας. Ένα συγκεκριμένο είδος αντλιών που χρησιμοποιείται ως τουρμπίνα είναι οι vertical turbine pumps.



Γράφημα 1: Ενέργεια (kW), που παράγεται από τις τουρμπίνες, σε σχέση με το μανομετρικό ύψος (m) και την αποφόρτιση του νερού (m³/sec). (Paish, O. 2002)

4. Σκοπός εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η εφαρμογή τρόπων διαχείρισης της πίεσης, που θα οδηγήσουν στην παραγωγή ενέργειας και στη μείωση των απωλειών του δικτύου ύδρευσης της Κοζάνης αλλά και περιοχών, που εξυπηρετούνται από αυτό. Το συγκεκριμένο δίκτυο διαχειρίζεται η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Κοζάνης (Δ.Ε.Υ.Α.Κ). Η προσομοίωση του δικτύου ύδρευσης της Κοζάνης και η εισαγωγή σε αυτό μηχανολογικού εξοπλισμού για μείωση της πίεσης έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος watergems V8i. Η αρχική αποτύπωση του δικτύου, καθώς και ο χωρισμός του σε στεγανές υποζώνες (DMAs) έγινε από το Δρ Κ. Γκονέλα.

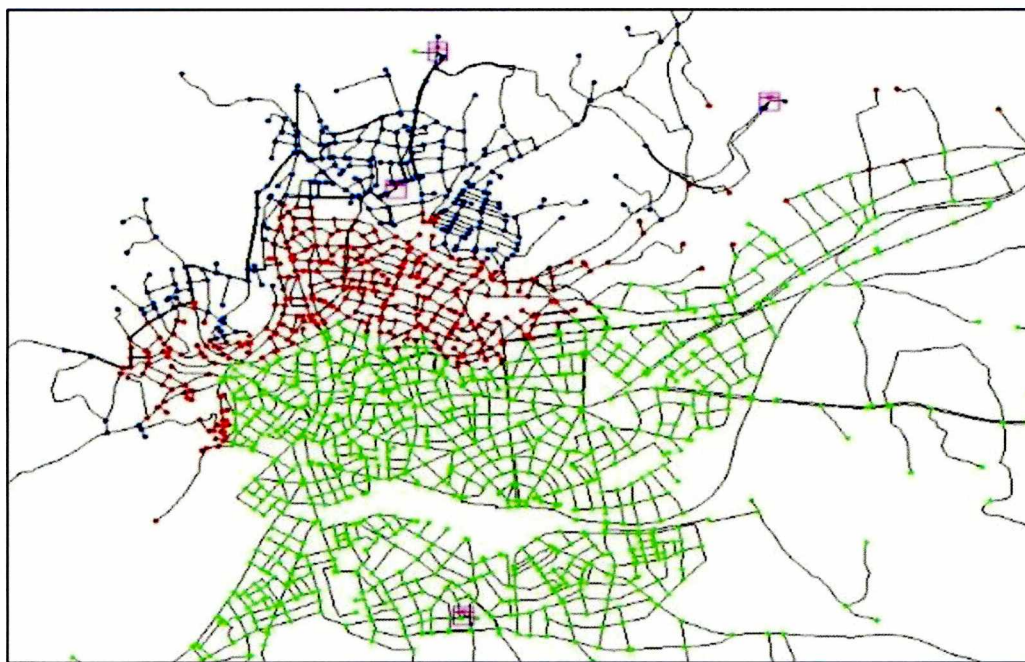
Ο κύριος σκοπός της εργασίας είναι η διαχείριση της πίεσης με τη χρήση αντλιών που λειτουργούν σαν τουρμπίνες (PATs), ώστε να έχουμε ταυτόχρονα και παραγωγή ενέργειας, που δύναται να αξιοποιηθεί από τη ΔΕΥΑΚ για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της περιοχής. Στα πλαίσια της μελέτης θα γίνει σύγκριση με τη μέθοδο, που μελετήθηκε στη διπλωματική εργασία του υποψήφιου διδάκτορα Μ. Πατέλη, δηλαδή τη ρύθμιση της πίεσης με τη χρήση PRVs. Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε είναι ακόμη σε πειραματικό στάδιο, καθώς υπάρχει έλλειψη μηχανολογικού εξοπλισμού. Παρόλα αυτά, έχει αρχίσει να εφαρμόζεται από ορισμένες εταιρείες ύδρευσης σε διαφορετικές χώρες. Είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος, γι' αυτό και θεωρείται απαραίτητη η διεξαγωγή νέων ερευνών και εξαγωγή περισσότερων και εγκυρότερων αποτελεσμάτων. Εν κατακλείδι, η παρούσα εργασία στοχεύει στην εξαγωγή ρεαλιστικών αποτελεσμάτων, ώστε να μπορέσουν να αξιοποιηθούν από την αρμόδια εταιρεία ύδρευσης. Τα οφέλη της αξιοποίησης αυτής πρόκειται να είναι τόσο οικονομικά όσο και επιστημονικά.

5. Το δίκτυο Ύδρευσης

Η πόλη της Κοζάνης βρίσκεται στη βορειοδυτική Ελλάδα, είναι πρωτεύουσα της περιφέρειας δυτικής Μακεδονίας και βρίσκεται σε υψόμετρο 720m από την επιφάνεια της θάλασσας[11]. Αρμόδια εταιρεία για την ύδρευση της πόλης είναι η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Κοζάνης, η οποία ιδρύθηκε το 1985 και λειτούργησε για πρώτη φορά στις 20 Ιουνίου 1988[11]. Η εταιρεία εξυπηρετεί περίπου 50.000 καταναλωτές και είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία, κατασκευή και συντήρηση του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης, καθώς και για τη λειτουργία δύο μονάδων βιολογικού καθαρισμού. Το 1992 στις δραστηριότητες της εταιρείας προστέθηκε το πρωτοποριακό σύστημα της τηλεθέρμανσης.

Από το 1992 και μετά, η πόλη το χειμώνα τροφοδοτείται από τις πηγές της Ερμακιάς και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού από τις γεωτρήσεις του χωριού Βαθύλακος. Το δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης είναι χωρισμένο σε 3 ζώνες πίεσης, ανάλογα με την υψομετρική τους διαφορά[19,20]:

- α) Η υπερύψηλη ζώνη βόρεια, όπου το ύψος κυμαίνεται μεταξύ 750 και 800 m (μπλε)
- β) Μεσαία ζώνη, όπου το ύψος κυμαίνεται μεταξύ 710 και 750 m (κόκκινη)
- γ) Χαμηλή ζώνη, όπου το ύψος κυμαίνεται μεταξύ 610 και 710 m (πράσινο)

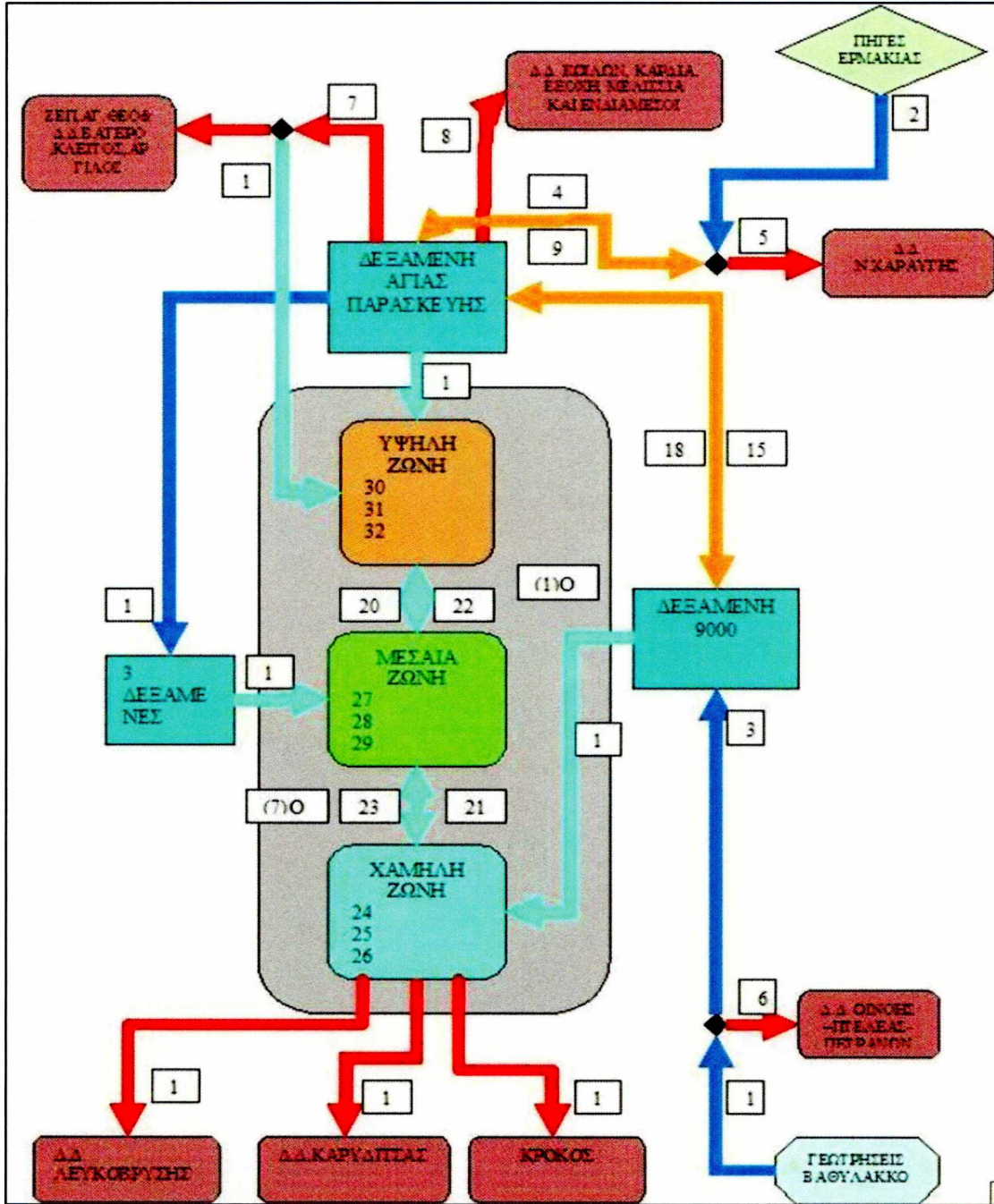


Εικόνα 1: Δίκτυο ύδρευσης Κοζάνης: ζώνες πίεσης, δεξαμενές (Πατέλης κ.ά., 2016)

Το νερό από τις πηγές και τις γεωτρήσεις συγκεντρώνεται σε δεξαμενές και διανέμεται στην πόλη και στα δημοτικά διαμερίσματα της Κοζάνης. Συγκεκριμένα, η δεξαμενή Αγίας Παρασκευής, με χωρητικότητα 1000m³, υδροδοτεί την υψηλή ζώνη[20].

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

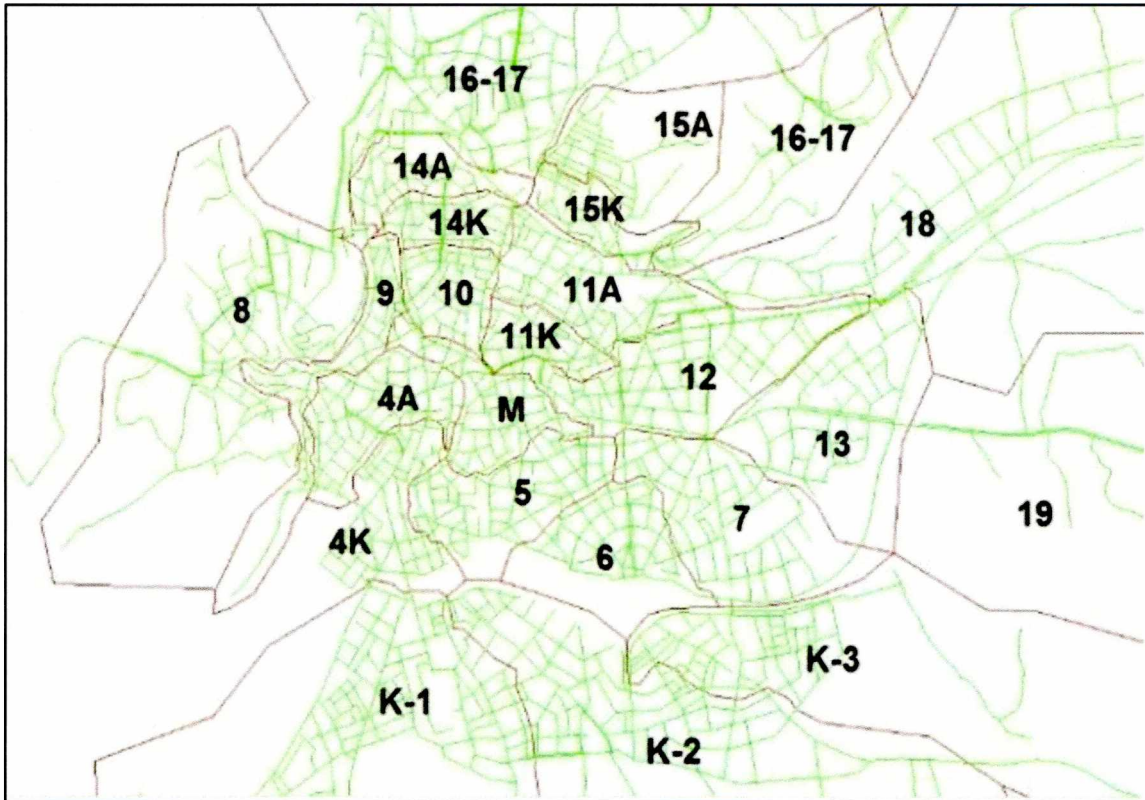
Συγκρότημα 3 δεξαμενών, με χωρητικότητα 1200, 1800 και 3000 m³ αντίστοιχα, υδροδοτεί τη μεσαία ζώνη[20]. Η δεξαμενή 9000 υδροδοτεί τη μεσαία και χαμηλή ζώνη της πόλης, καθώς και ορισμένα δημοτικά διαμερίσματα[20]. Τέλος, υπάρχει μια ανενεργή δεξαμενή στην υπερύψηλη ζώνη. Η μέγιστη ημερήσια παροχή νερού του δικτύου ύδρευσης φτάνει τα 22,744m³ τον Ιούλιο, ενώ το ελάχιστο 18,584m³ αγγίζει τον Ιανουαρίου[20].



Γράφημα 2: Σκαρίφημα του εξωτερικού και του εσωτερικού υδραγωγείου (ΔΕΥΑΚ) (Πατέλης, 2013)

Το δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης, λόγω της τοπογραφικής του θέσης, λειτουργεί με βαρύτητα, καθώς υπάρχει μεγάλη υψομετρική διάφορα, η όποια αγγίζει σε ορισμένα σημεία τα 200 μέτρα. Το δίκτυο είναι χωρισμένο από τη ΔΕΥΑΚ σε ζώνες πίεσης, οι οποίες, όμως, δεν αποτελούν στεγανές υποζώνες. Κατά το παρελθόν το δίκτυο είχε χωριστεί (εικονικά) από προηγούμενους ερευνητές σε 24 District Meter Areas DMAs. Ο χωρισμός σε στεγανές

υποζώνες έγινε με τη βοήθεια βαλβίδων απομόνωσης. Ο χωρισμός του δικτύου σε DMA's αποτελεί αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας του υποψήφιου διδάκτορα Μ. Πατέλη[20].



Εικόνα 2: Χωρισμός του εσωτερικού υδραγωγείου (ΔΕΥΑΚ) σε DMA's (Πατέλης κ.ά., 2016)

Το βασικό πρόβλημα του δικτύου είναι ότι λειτουργεί σε πολύ μεγάλες πιέσεις. Σε ορισμένες περιοχές, μάλιστα, η πίεση μπορεί να φτάσει τις 10atm. Οι μεγάλες πιέσεις στο δίκτυο δημιουργούν πολλά προβλήματα στον εξοπλισμό του (βάνες, αντλιοστάσια, βαλβίδες), καθώς και στους αγωγούς, με αποτέλεσμα να φθείρονται πιο γρήγορα και εν τέλει να αστοχούν. Ακόμη, οι απώλειες νερού του δικτύου είναι πολύ μεγάλες με αποτέλεσμα να αυξάνεται η τιμή του μη αποδοτικού νερού, καθώς αγγίζει το 58% του εισερχομένου από τις δεξαμενές νερού[20]. Το πρόβλημα αυτό εντείνεται, εφόσον υπάρχει όλο και περισσότερη ζήτηση, λόγω της αύξησης του πληθυσμού και των αναγκών του, με αποτέλεσμα να προκύπτει η ανάγκη για αναζήτηση από τη ΔΕΥΑΚ νέων πόρων νερού, καθώς εξαντλούνται και υποβαθμίζονται οι τοπικοί υδροφόροι ορίζοντες.

6. *Pumps as Turbines (PATs)*

6.1 Γενικά Χαρακτηριστικά των Pumps as Turbines (PATs)

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα διάφορα προβλήματα, που εντοπίζονται στο δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης, πρέπει να γίνει ρύθμιση της πίεσής του. Η πίεση σε ένα δίκτυο είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία του αλλά, όταν ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια, δημιουργεί ποικιλόμορφα προβλήματα. Ο συνήθης τρόπος ρύθμισης της πίεσης ενός δικτύου ύδρευσης είναι η χρήση των PRVs.

Στη δεδομένη περίπτωση, λόγω του τοπογραφικού της πόλης η ρύθμιση της πίεσης είναι δυνατό να γίνει και με τη χρήση αντλιών, που λειτουργούν ως τουρμπίνες (PATs). Οι PATs είναι φυγόκεντρες αντλίες, που λειτουργούν κατά αντίστροφο τρόπο, αναστρέφοντας την κατεύθυνση της ροής, ενώ χρησιμοποιούν τον ηλεκτρικό κινητήρα της αντλίας σαν γεννήτρια. Λειτουργούν κυρίως σε χαμηλό και μεσαίο μανομετρικό ύψος και, ανάλογα με το είδος της αντλίας (multistage, single impeller centrifugal και axial), η λειτουργία τους μπορεί να συγκριθεί με αυτή των τουρμπίνων Pelton, Francis και Kaplan[9].

Η έρευνα για τη χρήση των αντλιών ως τουρμπίνες ξεκίνησε το 1930[9]. Οι εφαρμογές των PATs έχουν αναπτυχθεί σε χωριά, φάρμες και αρδευτικά συστήματα, προκειμένου να επιτευχθεί τόσο η μείωση της πίεσης όσο και η μικρή παραγωγή ενέργειας[9]. Η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια προβάλλει το αίτημα για αξιοποίηση τέτοιων πηγών μελλοντικά, πρακτική που θα επιφέρει οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη μελέτη της δομής και λειτουργίας των PATs, εκτός από τις αναπτυγμένες χώρες, όπως η Μ. Βρετανία, η Γερμανία, ο Καναδάς και η Ιταλία, επιδεικνύουν και αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Ινδία, το Ιράν και η Κινά[12]. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η παραγωγή ενέργειας από PATs παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, συγκριτικά με τις κλασσικές μικρο-υδροτουρμπίνες, για τη δημιουργία μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών (μέχρι 500 kW). Τα πλεονεκτήματα αυτά συνοψίζονται ως εξής[16,23]:

- Οι αντλίες είναι φθηνός μηχανολογικός εξοπλισμός έναντι των κλασσικών υδροτουρμπινών.
- Όλο το σετ της αντλίας και του κινητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν τουρμπίνα και γεννήτρια.
- Οι αντλίες είναι διαθέσιμες σχεδόν σε όλες τις χώρες, ακόμη και στις αναπτυσσόμενες.
- Είναι διαθέσιμες για μεγάλη ποικιλία μανομετρικών υψών και ροών.
- Είναι πολύ εύκολο να βρεθούν διάφορα ανταλλακτικά.
- Είναι πολύ εύκολη η εγκατάστασή τους.
- Οι αντλίες παραδίδονται σχετικά σύντομα.
- Η περίοδος αποπληρωμής του κεφαλαίου για τις αντλίες, που λειτουργούν ως τουρμπίνες (5-50kW), δεν ξεπερνά τα δύο χρόνια.

Ωστόσο, υπάρχουν και μειονεκτήματα κατά τη χρήση των PATs. Συνήθως δεν παρέχονται στοιχεία για τη λειτουργία των αντλιών ως τουρμπίνες από τους κατασκευαστές των αντλιών. Επιπλέον, πολύ ερευνητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα, ότι είναι αρκετά δύσκολο να προβλέψει κανείς ακριβώς τη λειτουργία τους. Επομένως, καθίσταται αρκετά δύσκολη η επιλογή της σωστής αντλίας, προκειμένου να λειτουργήσει σαν τουρμπίνα σε συγκεκριμένες συνθήκες. Τέλος, οι PATs έχουν, συνήθως, χειρότερη απόδοση από τις μικρο-υδροτουρμπίνες.

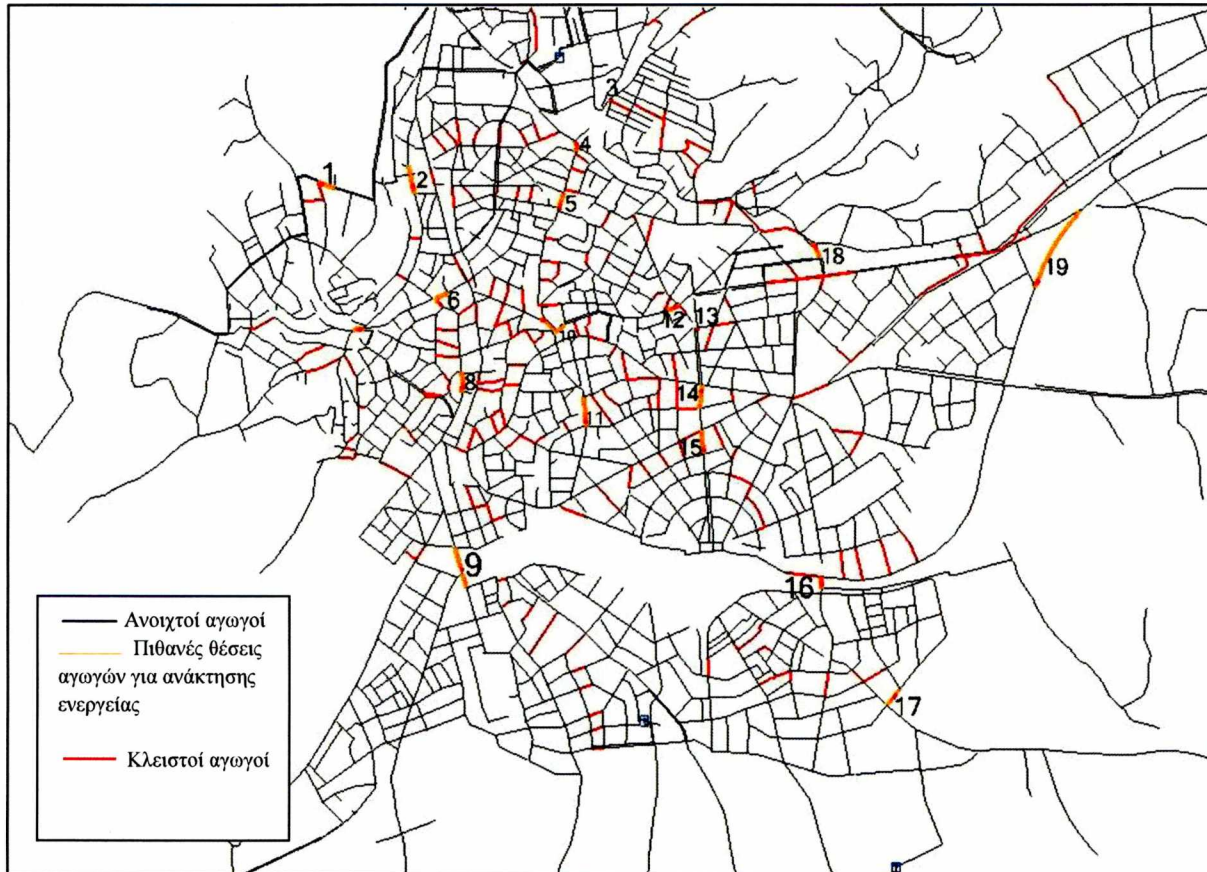
Παρότι οι PATs μελετούνται από το 1930, λόγω των προαναφερθέντων μειονεκτημάτων, μόνο τα τελευταία χρόνια έχουν επισημανθεί και μελετηθεί τα οφέλη από τη χρήση τους σε δίκτυα ύδρευσης. Η εφαρμογή τους έχει γίνει σε ορισμένα δίκτυα ύδρευσης, όπως στο Tabriz του Iran, με εφαρμογή 8 PATs, όπου η ελάχιστη παραγωγή ενέργειας φτάνει τα 175kW/h και η μέγιστη τα 400kW/h[13]. Ανάλογο ενδιαφέρον ανέδειξαν κι άλλες χώρες, όπως η Ιταλία, με τη μελέτη 4 σεναρίων, όπου εγκαταστάθηκαν στο Παλέρμο PATs σε διάφορες θέσεις με ισχύ από 2.5 έως 8.5kW[7]. Και στα τέσσερα σενάρια σημειώθηκε μεγάλη μείωση των απωλειών και, μάλιστα, οι απώλειες του δικτύου κυμαίνονταν από 15% έως 25% για κάθε σενάριο[7]. Για το κάθε σενάριο ο χρόνος αποπληρωμής κυμαινόταν από 2 έως 5 χρόνια. Επίσης, και στην πόλη Νάπολη της Ιταλίας δοκιμάστηκαν διάφορα σενάρια με PATs και η μείωση των απωλειών κυμάνθηκε από 15% έως 23%, ενώ η παραγωγή ενέργειας από 418 έως 822KWh/d[14].

6.2 Πιθανές Θέσεις Εγκατάστασης PATs

Σύμφωνα με τους ερευνητές[7,13,14] που ασχολήθηκαν με τη μελέτη των αντλιών ως τουρμπίνες, ως πιθανά σημεία τοποθέτησης των PATs, προκειμένου να επιτευχθεί η ανάκτηση ενέργειας και η ρύθμιση της πίεσης του δικτύου, είναι τα σημεία, όπου βρίσκονται οι PRVs στο δίκτυο. Ως πιθανές θέσεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν και οι αγωγοί, που βρίσκονται μετά από τις δεξαμενές. Όσον αφορά στην περίπτωση της Κοζάνης, για την τοποθέτηση των PATs επιλέχθηκαν οι θέσεις, που βρίσκονται οι υπάρχουσες PRVs στο δίκτυο. Στο συγκεκριμένο δίκτυο ύδρευσης υπάρχουν 19 βαλβίδες ρύθμισης της πίεσης σε διαφορετικά σημεία, οι οποίες βρίσκονται στην αρχή κάθε DMA. Με τη χρήση του προγράμματος watergem για το σενάριο, όπου το δίκτυο της Κοζάνης είναι χωρισμένο σε DMAs και οι PRVs απενεργοποιημένες, πήραμε για κάθε δίμηνο στοιχεία για τους αγωγούς, στους οποίους βρίσκονται οι PRVs. Τα στοιχεία που μελετήθηκαν ήταν:

- ηλικία αγωγών
- διάμετρος
- πίεση κόμβου πριν και μετά την PRV
- μέγιστη-μέση-ελάχιστη ροή
- υλικό κατασκευής
- μήκος αγωγών
- διαφορά υψόμετρου κόμβων.

Τα δεδομένα αυτά θα χρειαστούν, ώστε να γίνει η καταλληλότερη επιλογή υδροτουρμπινών, καθώς και για να επιλεγούν τα σημεία, όπου τελικά υπάρχει η δυνατότητα ανάκτησης της ενέργειας. Παρατηρήθηκε ότι σε όλα τα δίκμηνα το σημείο 3, όπου βρίσκεται η PRV-14, έχει την χαμηλότερη ροή, ενώ το σημείο 10, όπου βρίσκεται η PRV-28, έχει την μεγαλύτερη ροή. Το υλικό των αγωγών είναι PVC ή A/C και η διάμετρός τους κυμαίνεται από 80mm ως 350mm. Στη συνέχεια, παρατίθενται οι πίνακες με τα σημεία του δικτύου, που μελετήθηκαν για κάθε δίκμηνο. Οι αγωγοί έχουν επισημανθεί με πορτοκαλί χρώμα .



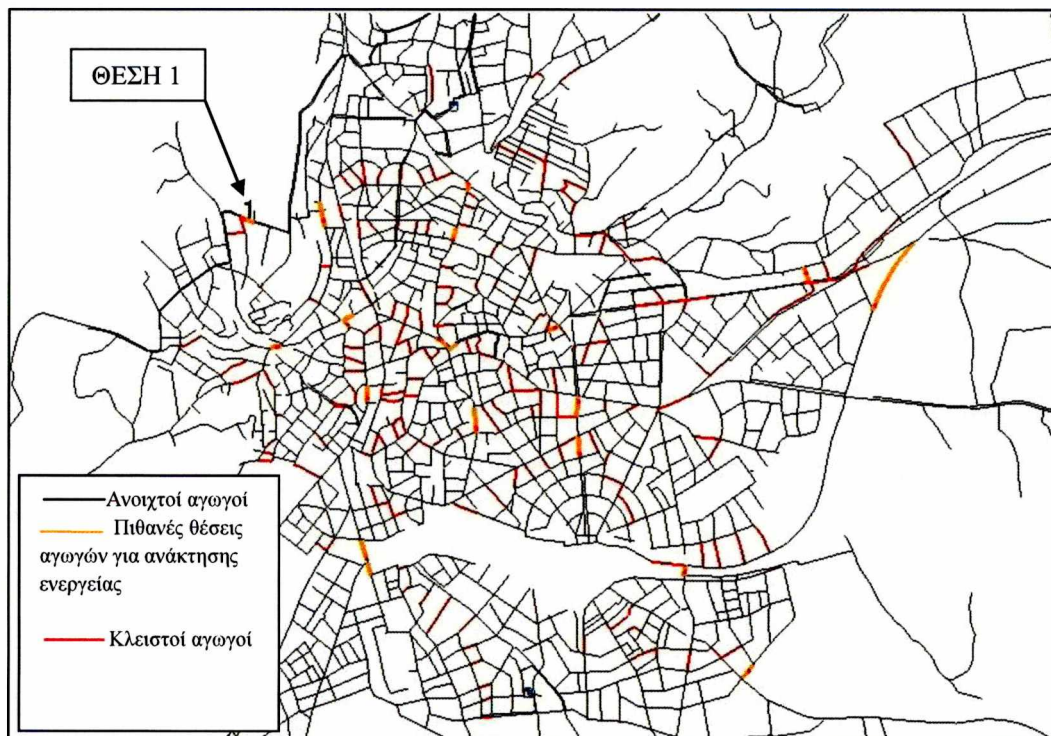
Εικόνα 3: Πιθανές θέσεις ανάκτησης ενέργειας στο δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

ΘΕΣΗ 1

Πίνακας 1: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 1, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	1											
inactive	PRV-6											
diametre(mm)	140											
Material	PVC											
ΔH	12,4											
age	29											
Pipe	P268	P269	P268	P269	P268	P269	P268	P269	P268	P269	P268	P269
Junction	J 139	f.N 1219	J 139	f.N 1219	J 139	f.N 1219	J 139	f.N 1219	J 139	f.N 1219	J 139	f.N 1219
Pressure(Kpa)	382,026	502,887	382,448	503,308	375,8417	496,5333	375,932	496,61	378,402	499,148	380,264	501,03
Flow min(m ³ /h)	15,4		15,9		20,1		19,9		18,5		18,1	
Flow max(m ³ /h)	24,3		23,2		26,3		28,1		26,4		24,6	
Flow(m ³ /h)	20,9		19,9		23,1		23,7		22,4		21,7	
Length(m)	39	17	39	17	39	17	39	17	39	17	39	17

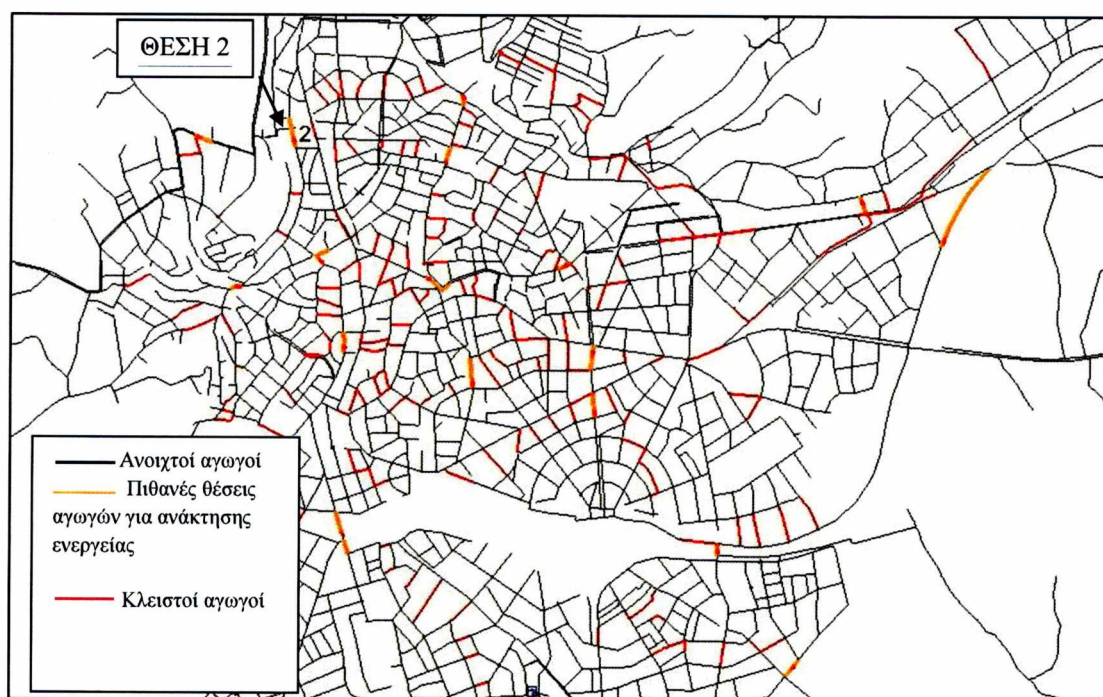


Εικόνα 3.1: Σημείο 1 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 2

Πίνακας 2: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 2, ανά δίκτυο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	2											
inactive	PRV-34											
diametre(mm)	140											
Material	PVC											
ΔΗ	3,01											
age	29											
Pipe	P383	P384	P383	P384	P383	P384	P383	P384	P383	P384	P383	P384
Junction	f.N 64	f. 1447	f.N 64	f. 1447	f.N 64	f. 1447	f.N 64	f. 1447	f.N 64	f. 1447	f.N 64	f. 1447
Pressure(Kpa)	286,38	313,12	288,23	315,44	284,37	310,55	284,01	310,06	283,46	309,48	284,13	310,32
Flow min(m ³ /h)	32,5		28,2		37,8		37,5		37,4		36,8	
Flow max(m ³ /h)	42,6		39,1		46,3		48,6		48,8		47,5	
Flow(m ³ /h)	37,9		34,1		42,0		42,8		43,1		42,0	
Length(m)	62	27	62	27	62	27	62	27	62	27	62	27



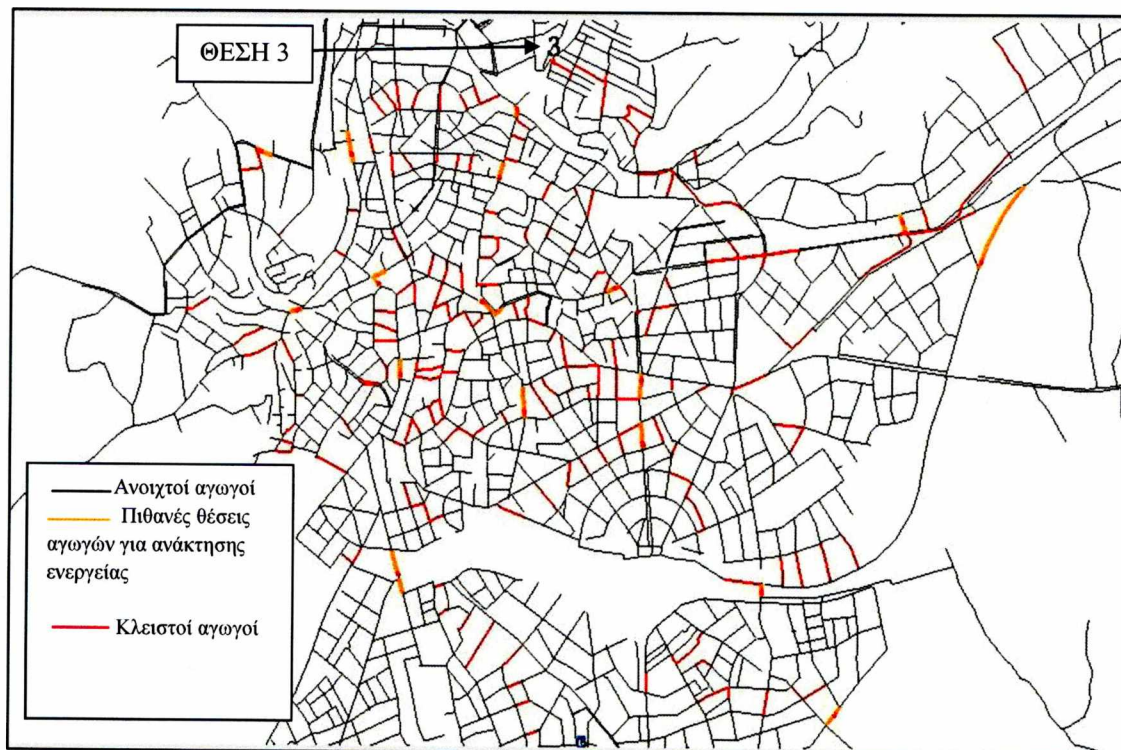
Εικόνα 3.2: Σημείο 2 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

ΘΕΣΗ 3

Πίνακας 3: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 3, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	3											
inactive	PRV-14											
diametre(mm)	160											
Material	PVC											
ΔΗ	0,44											
age	29											
Pipe	P290	P291	P290	P291	P290	P291	P290	P291	P290	P291	P290	P291
Junction	f.N 1459	f.N 236	f.N 1459	f.N 236	f.N 1459	f.N 236	f.N 1459	f.N 236	f.N 1459	f.N 236	f.N 1459	f.N 236
Pressure(Kpa)	660,04	664,36	661,27	665,60	658,42	662,73	659,74	664,07	660,29	664,60	660,76	665,09
Flow min(m ³ /h)	6,55		8,42		10,17		10,07		10,44		10,25	
Flow max(m ³ /h)	11,84		12,50		13,53		14,57		15,11		14,53	
Flow(m ³ /h)	9,04		10,64		11,78		12,11		12,67		12,23	
Length(m)	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3

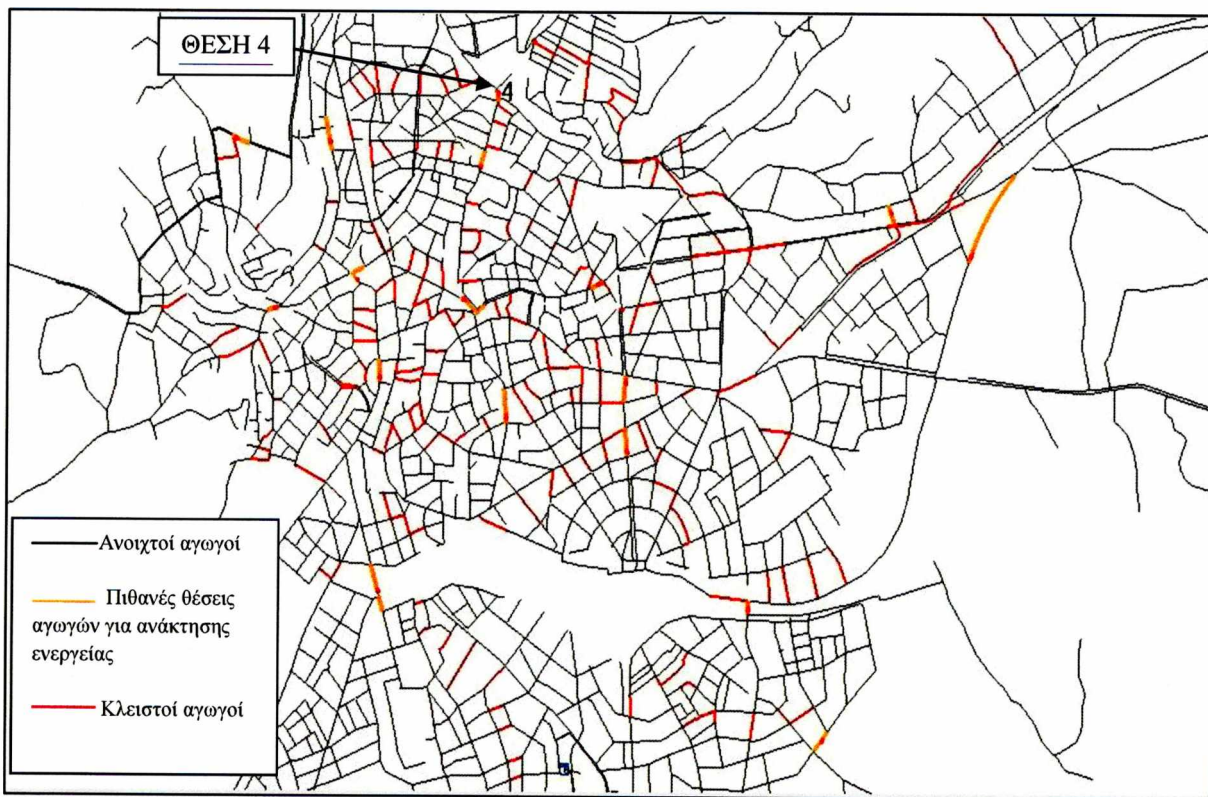


Εικόνα 3.3: Σημείο 3 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 4

Πίνακας 4: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 4, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	4											
inactive	PRV-36											
diametre(mm)	160											
Material	PVC											
ΔΗ	8											
age	29											
Pipe	P388	P387	P388	P387	P388	P387	P388	P387	P388	P387	P388	P387
Junction	f.N 391	f.N 773	f.N 391	f.N 773	f.N 391	f.N 773	f.N 391	f.N 773	f.N 391	f.N 773	f.N 391	f.N 773
Pressure(Kpa)	319,3	319,3	280,5	355,3	280,3	355,1	279,5	354,1	279,2	353,7	280,4	355,2
Flow min(m ³ /h)	83,4		85,4		91,4		90,6		90,5		89,0	
Flow max(m ³ /h)	114,4		119,0		117,2		124,3		124,6		120,5	
Flow(m ³ /h)	99,5		103,7		104,0		106,5		107,2		104,0	
Length(m)	8	27	8	27	8	27	8	27	8	27	8	27

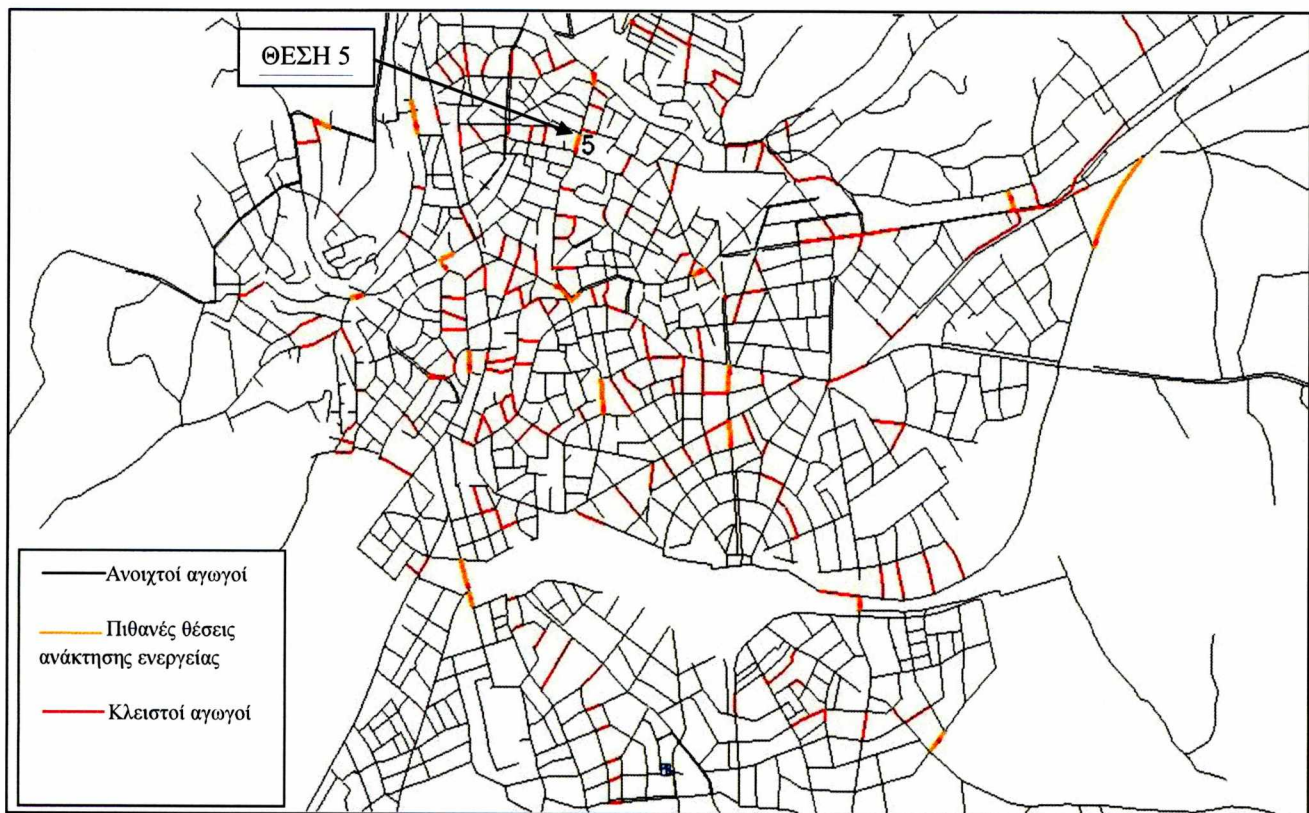


Εικόνα 3.4: Σημείο 4 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 5

Πίνακας 5: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 5, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	5											
inactive	PRV-26											
diametre(mm)	150											
Material	A/C											
ΔΗ	5,79											
age	56											
Pipe	P368	P367	P368	P367	P368	P367	P368	P367	P368	P367	P368	P367
Junction	f.N 1413	f.N 1415	f.N 1413	f.N 1415	f.N 1413	f.N 1415	f.N 1413	f.N 1415	f.N 1413	f.N 1415	f.N 1413	f.N 1415
Pressure(Kpa)	426,67	426,64	396,84	452,55	396,77	452,53	395,62	451,33	394,88	450,51	396,59	452,28
Flow min(m ³ /h)	25,96		27,33		28,67		30,96		29,50		28,97	
Flow max(m ³ /h)	38,27		39,65		37,91		40,57		42,14		40,54	
Flow(m ³ /h)	32,11		33,93		33,11		35,51		35,57		34,38	
Length(m)	43	4	43	4	43	4	43	4	43	4	43	4



Εικόνα 3.5: Σημείο 5 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 6

Πίνακας 6: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 6, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	6											
inactive	PRV-24											
diametre(mm)	250											
Material	A/C											
ΔΗ	1,33											
age	56											
Pipe	P363	P364	P363	P364	P363	P364	P363	P364	P363	P364	P363	P364
Junction	f.N 233	f.N 1238	f.N 233	f.N 1238	f.N 233	f.N 1238	f.N 233	f.N 1238	f.N 233	f.N 1238	f.N 233	f.N 1238
Pressure(Kpa)	436,3	447,6	426,3	437,4	419,7	430,5	427,1	437,8	436,5	447,3	440,7	451,7
Flow min(m ³ /h)	115,8		142,8		139,9		139,1		130,6		128,5	
Flow max(m ³ /h)	158,2		162,8		176,8		189,3		178,3		172,5	
Flow(m ³ /h)	137,8		118,8		157,7		162,4		153,8		149,3	
Length(m)	62	15	62	15	62	15	62	15	62	15	62	15

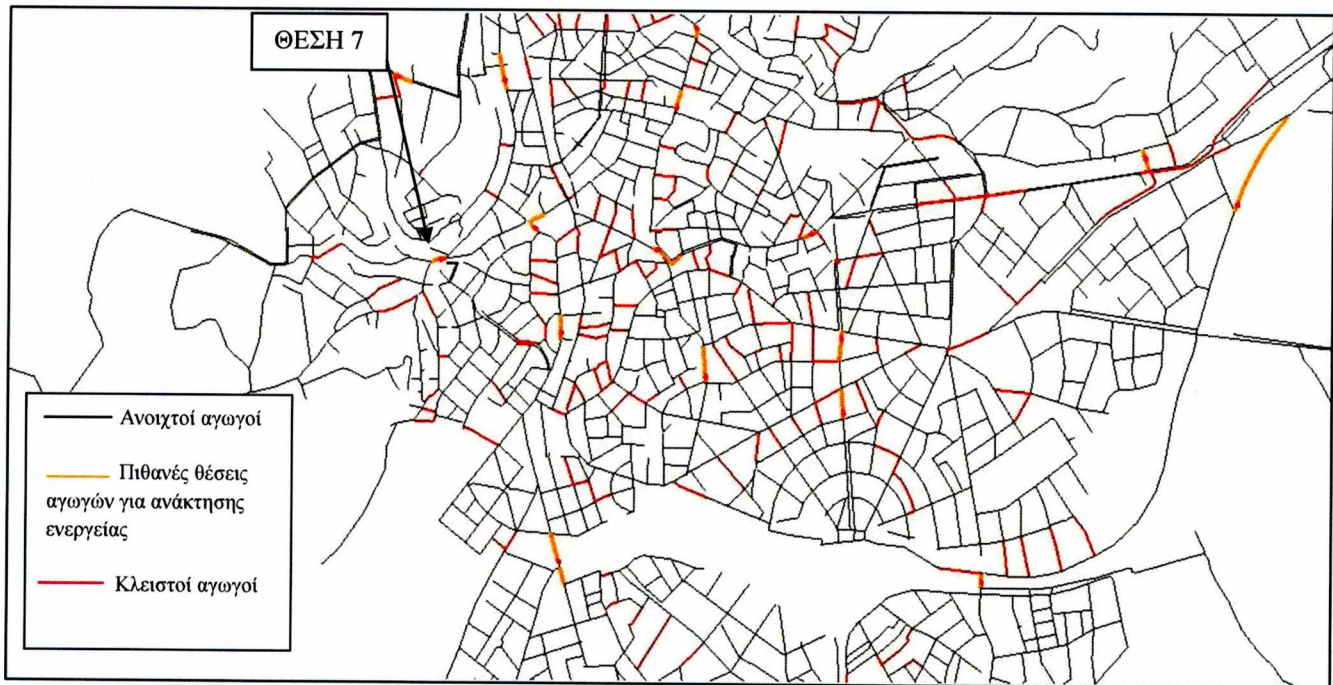


Εικόνα 3.6: Σημείο 6 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 7

Πίνακας 7: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 7, ανά δίκμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	7											
inactive	PRV-25											
diametre(mm)	140											
Material	PVC											
ΔH	1,35											
age	29											
Pipe	P365	P366	P365	P366	P365	P366	P365	P366	P365	P366	P365	P366
Junction	f.N 758	f.N 630	f.N 758	f.N 630	f.N 758	f.N 630	f.N 758	f.N 630	f.N 758	f.N 630	f.N 758	f.N 630
Pressure(Kpa)	585,9	572,0	589,7	576,0	581,8	567,8	581,0	567,0	580,5	566,6	581,7	567,8
Flow min(m ³ /h)	23,8		19,3		27,3		28,4		26,3		26,0	
Flow max(m ³ /h)	30,4		26,2		32,4		37,4		32,9		32,2	
Flow(m ³ /h)	27,4		23,1		29,9		31,8		29,7		29,1	
Length(m)	10	28	10	28	10	28	10	28	10	28	10	28



Εικόνα 3.7: Σημείο 7 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 8

Πίνακας 8: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 8, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	8											
inactive	PRV-23											
diametre(mm)	200											
Material	A/C											
ΔΗ	3,99											
age	56											
Pipe	P362	P361	P362	P361	P362	P361	P362	P361	P362	P361	P362	P361
Junction	f.N 685	f.N 1144	f.N 685	f.N 1144	f.N 685	f.N 1144	f.N 685	f.N 1144	f.N 685	f.N 1144	f.N 685	f.N 1144
Pressure(Kpa)	526,3	563,4	514,9	551,8	504,2	540,7	510,3	546,6	541,0	541,1	528,2	564,9
Flow min(m ³ /h)	80,2		82,2		97,2		96,6		89,6		88,2	
Flow max(m ³ /h)	108,2		111,3		122,0		130,2		120,9		117,1	
Flow(m ³ /h)	94,6		98,0		109,1		112,2		104,7		101,8	
Length(m)	43	17	43	17	43	17	43	17	43	17	43	17

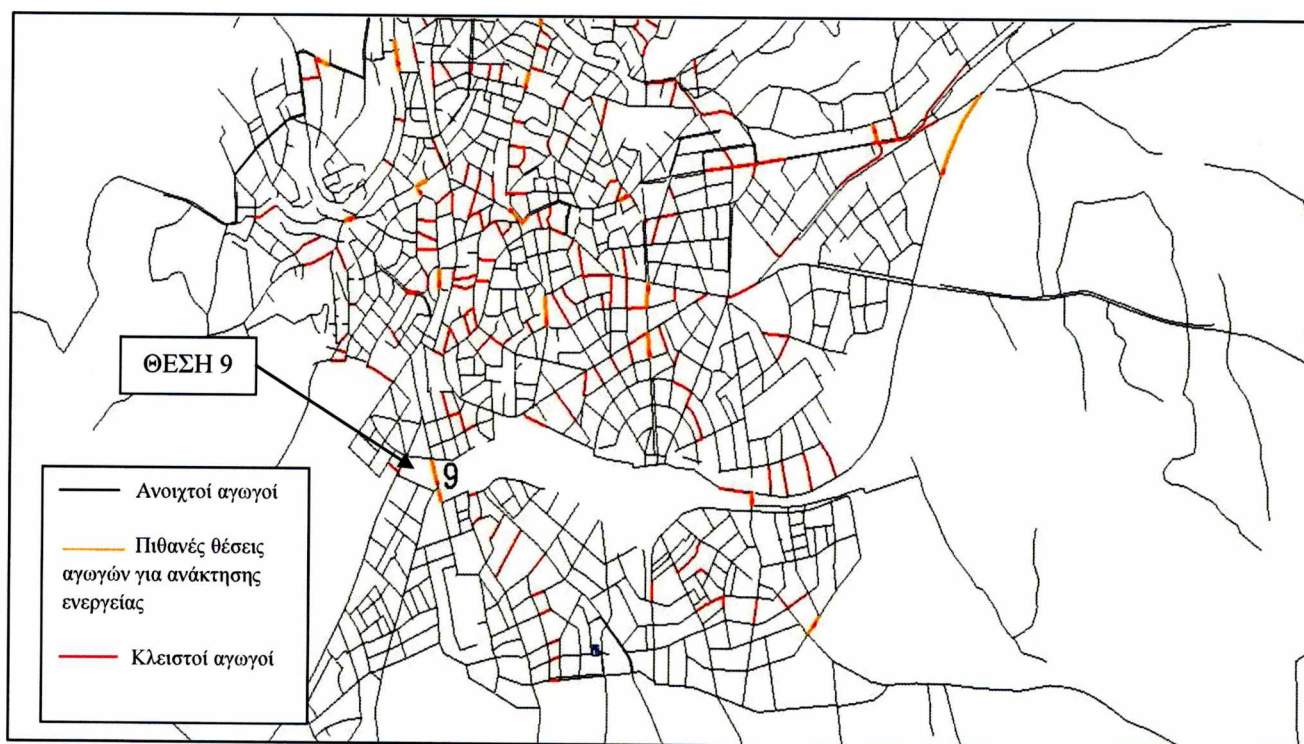


Εικόνα 3.8: Σημείο 8 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 9

Πίνακας 9: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 9, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	9											
inactive	PRV-9											
diametre(mm)	160											
Material	PVC											
ΔΗ	0,17											
age	29											
Pipe	P275	P276	P275	P276	P275	P276	P275	P276	P275	P276	P275	P276
Junction	f.N 270	f.N 616	f.N 270	f.N 616	f.N 270	f.N 616	f.N 270	f.N 616	f.N 270	f.N 616	f.N 270	f.N 616
Pressure(Kpa)	637,8	662,9	625,4	650,4	611,1	635,2	616,3	640,2	631,1	655,6	637,4	662,0
Flow min(m ³ /h)	47,2		48,3		59,2		58,9		53,6		52,9	
Flow max(m ³ /h)	62,5		63,7		73,3		78,0		70,8		68,7	
Flow(m ³ /h)	55,1		56,6		65,9		67,7		61,9		60,3	
Length(m)	67	15	67	15	67	15	67	15	67	15	67	15

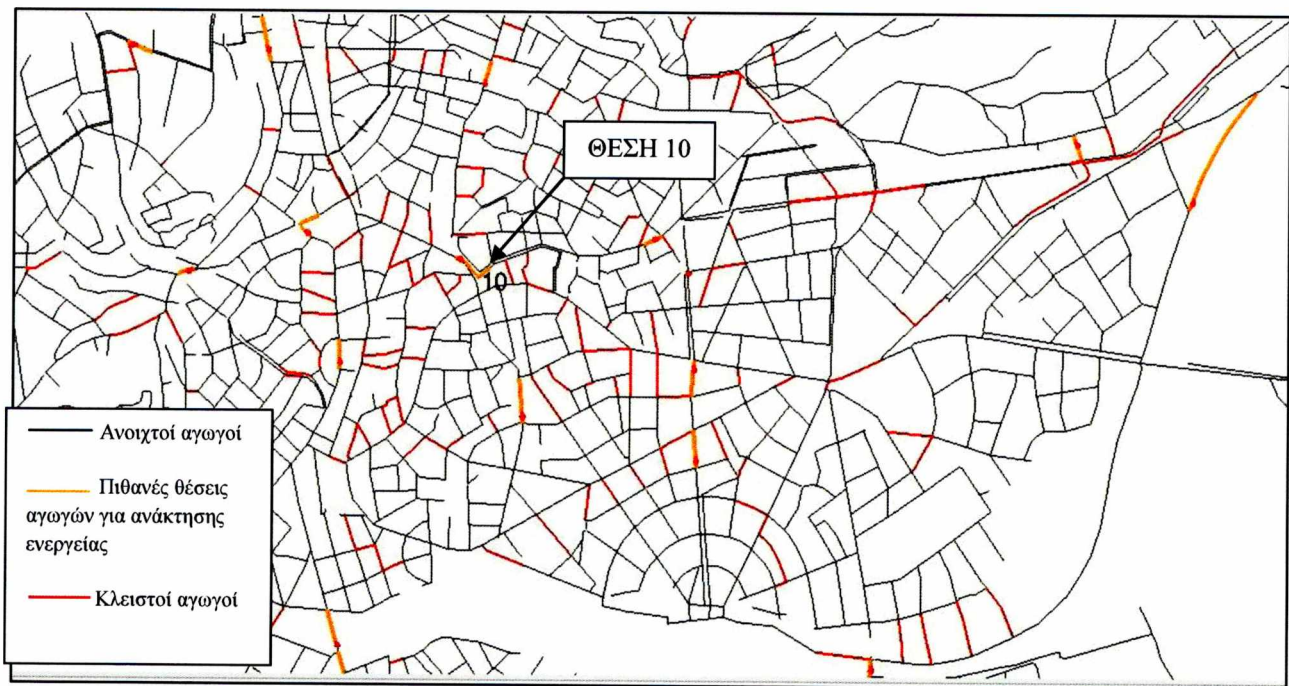


Εικόνα 3.9: Σημείο 9 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 10

Πίνακας 10: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 10, ανά δήμο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	10											
inactive	PRV-28											
diameter(mm)	350											
Material	A/C											
ΔΗ	0,34											
age	56											
Pipe	P371	P372	P371	P372	P371	P372	P371	P372	P371	P372	P371	P372
Junction	f.N 175	f.N 1278	f.N 175	f.N 1278	f.N 175	f.N 1278	f.N 175	f.N 1278	f.N 175	f.N 1278	f.N 175	f.N 1278
Pressure(Kpa)	466,6	466,6	460,3	455,7	457,8	453,0	466,8	461,9	473,6	468,8	476,4	471,7
Flow min(m ³ /h)	204,3		208,2		243,1		241,6		238,0		229,9	
Flow max(m ³ /h)	283,6		289,8		310,9		333,9		315,1		304,3	
Flow(m ³ /h)	245,7		252,7		275,9		284,5		269,8		261,6	
Length(m)	78	14	78	14	78	14	78	14	78	14	78	14

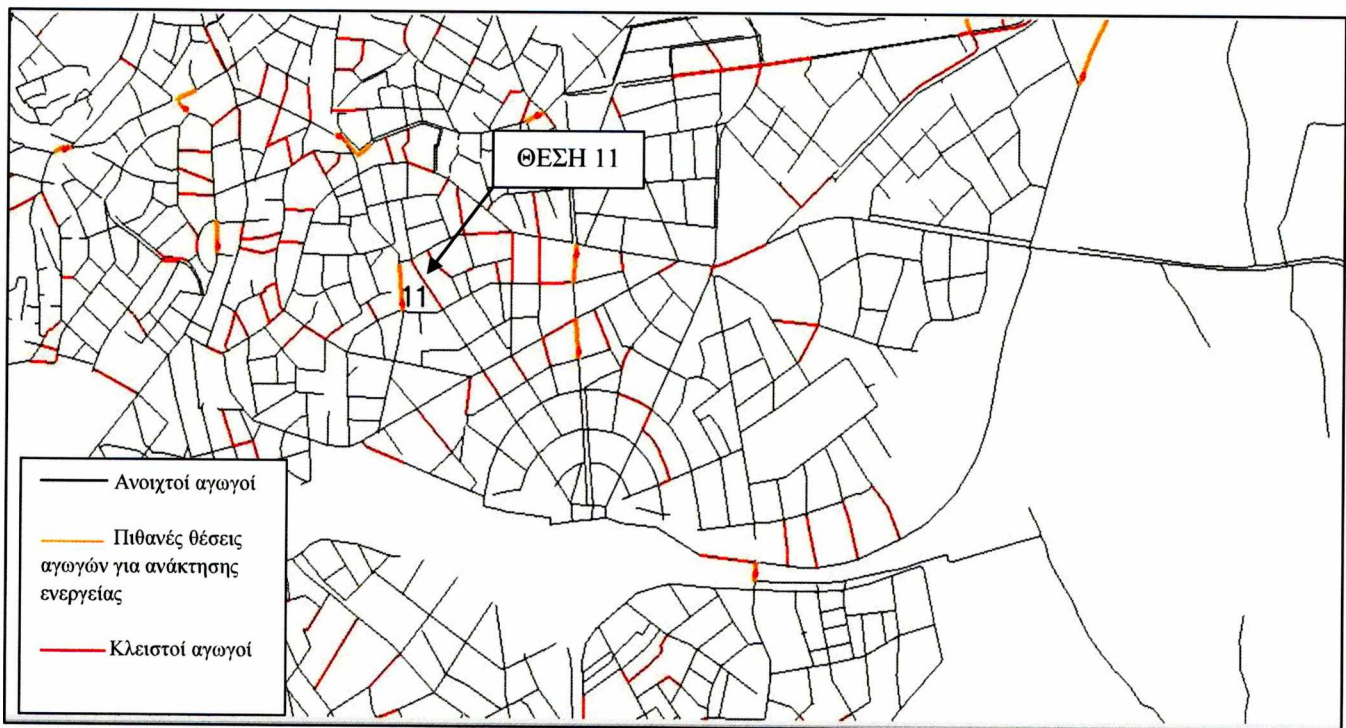


Εικόνα 3.10: Σημείο 10 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 11

Πίνακας 11: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 11, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	11											
inactive	PRV-20											
diametre(mm)	250											
Material	A/C											
ΔΗ	2,97											
age	56											
Pipe	P356	P355	P356	P355	P356	P355	P356	P355	P356	P355	P356	P355
Junction	f.N 492	f.N91	f.N 492	f.N91	f.N 492	f.N91	f.N 492	f.N91	f.N 492	f.N91	f.N 492	f.N91
Pressure(Kpa)	601,8	630,4	592,9	621,5	588,2	616,7	596,3	624,8	604,6	633,2	608,3	636,8
Flow min(m ³ /h)	50,4		50,6		62,7		62,3		56,6		55,6	
Flow max(m ³ /h)	71,4		72,1		81,6		87,9		80,1		77,2	
Flow(m ³ /h)	61,4		62,3		71,9		74,2		68,0		65,8	
Length(m)	72	17	72	17	72	17	72	17	72	17	72	17

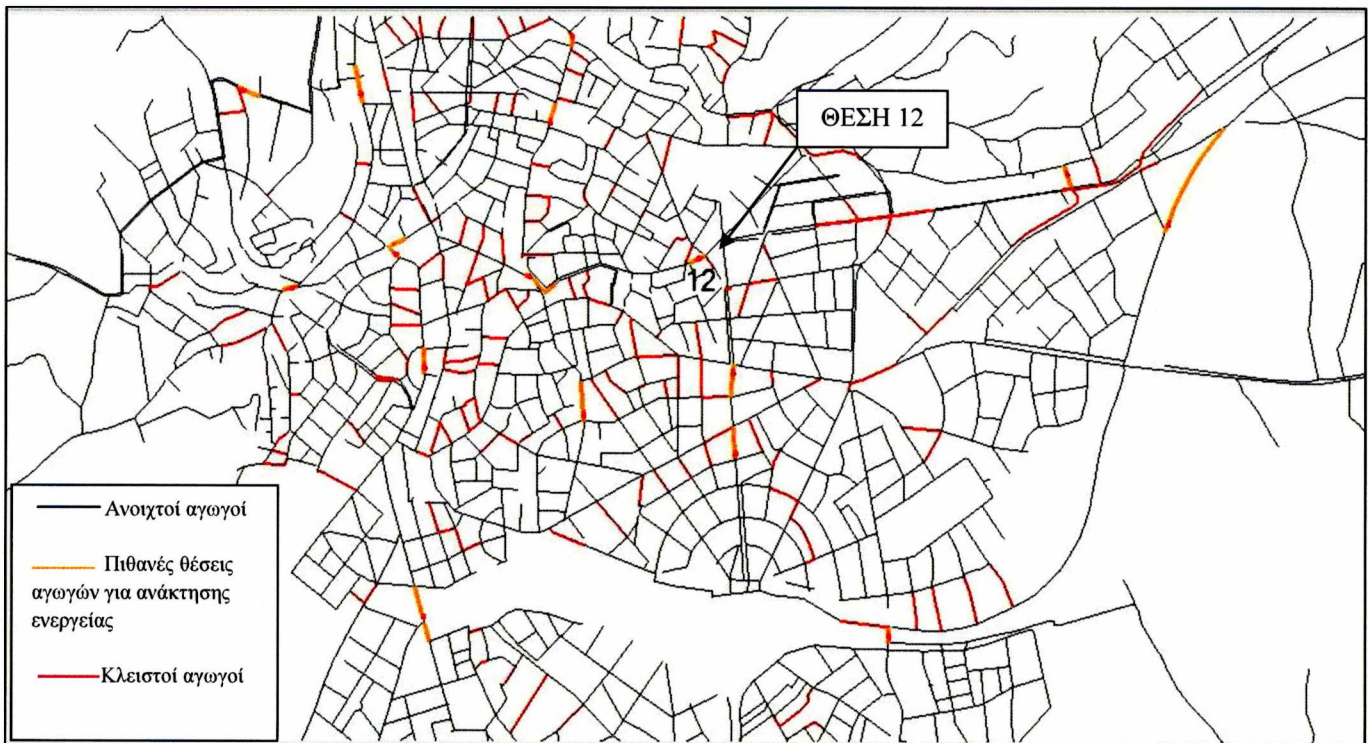


Εικόνα 3.11: Σημείο 11 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 12

Πίνακας 12: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 12, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	12											
inactive	PRV-35											
diametre(mm)	200											
Material	A/C											
ΔΗ	1,13											
age	56											
Pipe	P386	P385	P386	P385	P386	P385	P386	P385	P386	P385	P386	P385
Junction	f.N 501	f.N 1294	f.N 501	f.N 1294	f.N 501	f.N 1294	f.N 501	f.N 1294	f.N 501	f.N 1294	f.N 501	f.N 1294
Pressure(Kpa)	348,7	348,7	332,3	343,3	334,4	345,4	326,9	337,9	338,4	349,4	347,9	358,9
Flow min(m ³ /h)	16,7		17,2		17,4		17,2		16,0		15,8	
Flow max(m ³ /h)	22,1		22,9		21,5		22,5		21,0		20,4	
Flow(m ³ /h)	19,6		20,4		19,4		19,8		18,5		18,1	
Length(m)	13	26	13	26	13	26	13	26	13	26	13	26



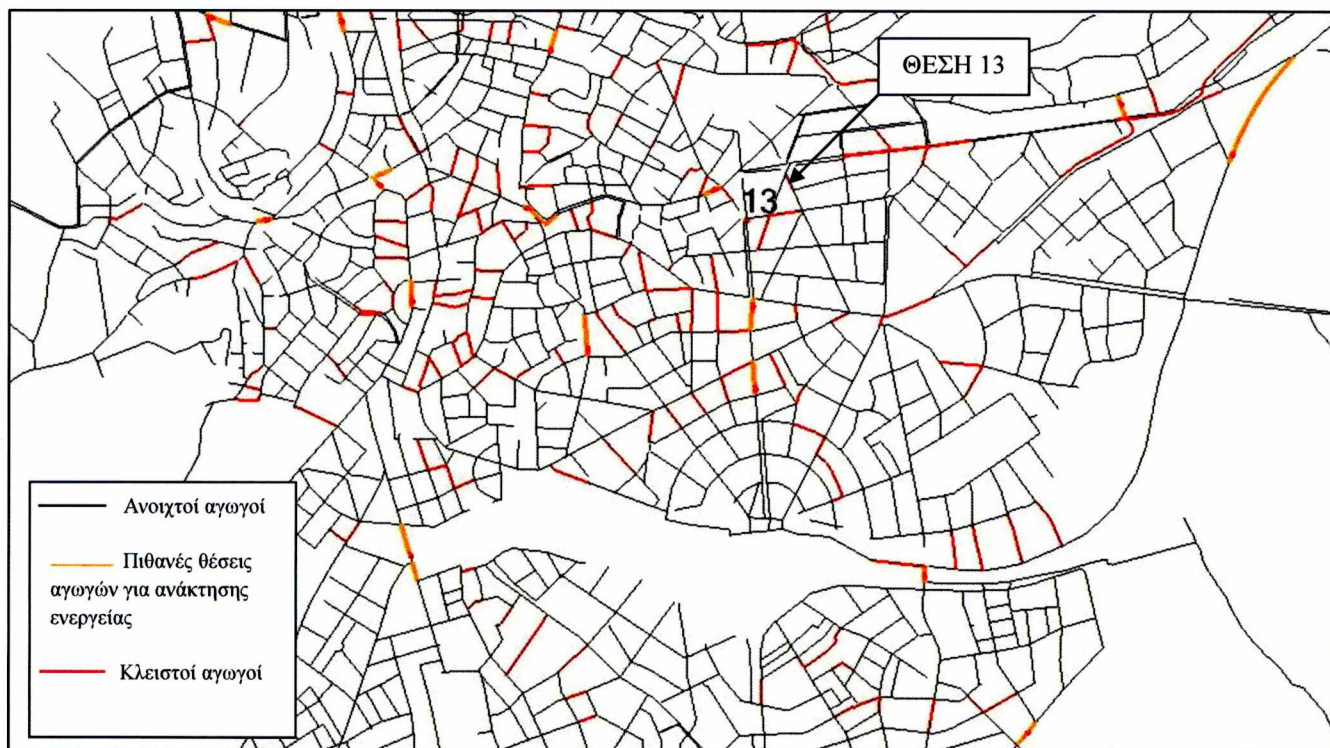
Εικόνα 3.12: Σημείο 12 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

ΘΕΣΗ 13

Πίνακας 13: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 13, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	13											
inactive	PRV-30											
diametre(mm)	200											
Material	A/C											
ΔΗ	0											
age	56											
Pipe	P376	P375	P376	P375	P376	P375	P376	P375	P376	P375	P376	P375
Junction	f.N 1290	J 66	f.N 1290	J 66	f.N 1290	J 66	f.N 1290	J 66	f.N 1290	J 66	f.N 1290	J 66
Pressure(Kpa)	463,9	463,9	456,0	455,8	455,2	455,0	464,8	464,7	470,5	470,3	472,7	472,5
Flow min(m ³ /h)	95,5		98,0		106,6		105,9		94,3		92,6	
Flow max(m ³ /h)	136,0		140,2		139,4		150,7		134,6		129,6	
Flow(m ³ /h)	116,4		120,9		122,5		126,5		113,7		109,9	
Length(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

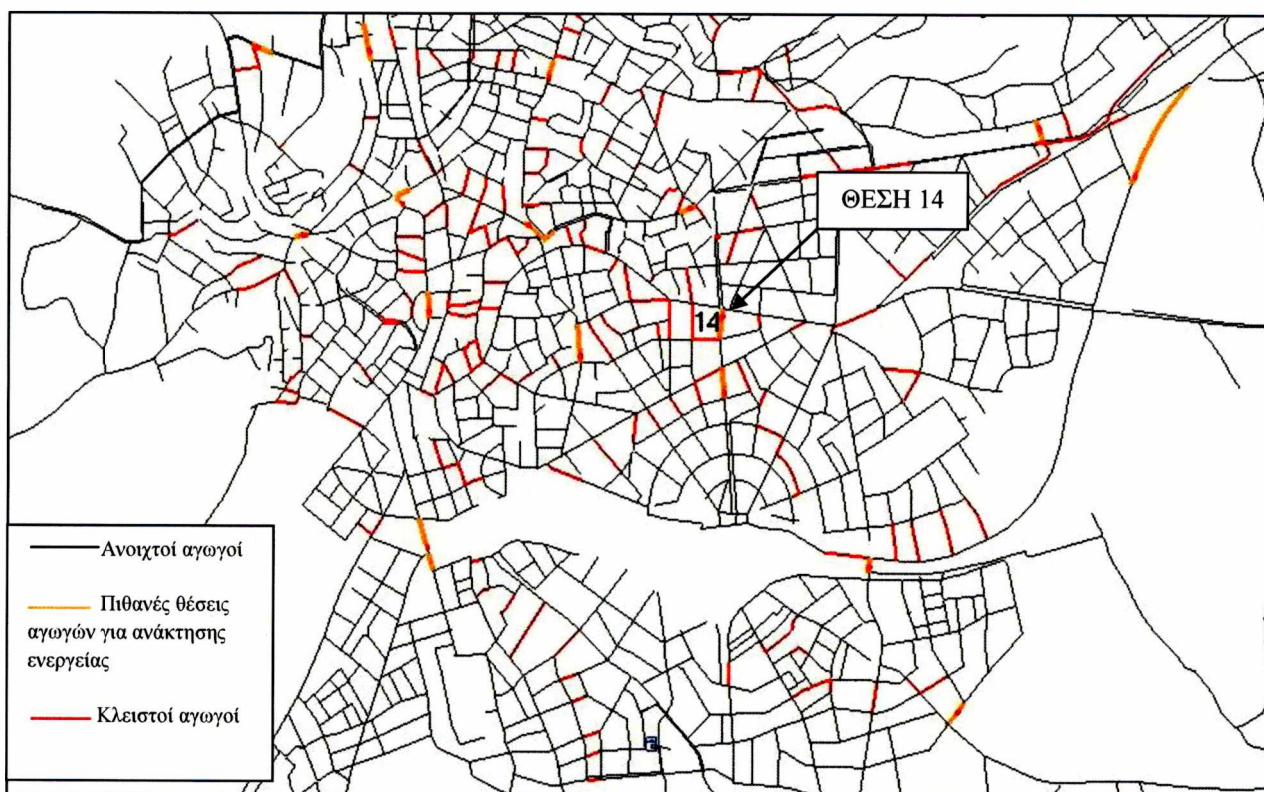


Εικόνα 3.13: Σημείο 13 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 14

Πίνακας 14: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 14, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	14											
inactive	PRV-11											
diametre(mm)	200											
Material	A/C											
ΔΗ	4,6											
age	56											
Pipe	P279	P280	P279	P280	P279	P280	P279	P280	P279	P280	P279	P280
Junction	f.N 1115	f.N 1102	f.N 1115	f.N 1102	f.N 1115	f.N 1102	f.N 1115	f.N 1102	f.N 1115	f.N 1102	f.N 1115	f.N 1102
Pressure(Kpa)	664,8	621,1	656,3	612,7	655,3	611,7	664,4	621,0	671,7	627,9	674,3	630,4
Flow min(m ³ /h)	55,1		56,4		62,7		62,3		53,4		52,5	
Flow max(m ³ /h)	79,1		80,9		82,2		88,8		76,3		73,5	
Flow(m ³ /h)	67,2		69,7		72,1		74,5		64,5		62,3	
Length(m)	54	17	54	17	54	17	54	17	54	17	54	17



Εικόνα 3.14: Σημείο 14 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

ΘΕΣΗ 15

Πίνακας 15: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 15, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	15											
inactive	PRV-15											
diameter(mm)	200											
Material	A/C											
ΔΗ	1,96											
age	56											
Pipe	P345	P346	P345	P346	P345	P346	P345	P346	P345	P346	P345	P346
Junction	f.N 1113	f.N 1112	f.N 1113	f.N 1112	f.N 1113	f.N 1112	f.N 1113	f.N 1112	f.N 1113	f.N 1112	f.N 1113	f.N 1112
Pressure(Kpa)	678,9	697,6	670,3	689,0	669,2	687,8	678,3	696,9	685,8	704,6	688,5	707,2
Flow min(m ³ /h)	24,8		30,9		28,2		28,0		23,2		22,8	
Flow max(m ³ /h)	35,5		35,9		37,0		40,0		33,2		31,9	
Flow(m ³ /h)	30,3		25,0		32,5		33,5		28,0		27,0	
Length(m)	57	17	57	17	57	17	57	17	57	17	57	17



Εικόνα 3.15: Σημείο 15 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

ΘΕΣΗ 16

Πίνακας 16: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 16, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	16											
inactive	PRV-16											
diametre(mm)	80											
Material	Asbestos Cement											
ΔΗ	1,46											
age	41											
Pipe	P348	P347	P348	P347	P348	P347	P348	P347	P348	P347	P348	P347
Junction	f.N 977	f.N 1808	f.N 977	f.N 1808	f.N 977	f.N 1808	f.N 977	f.N 1808	f.N 977	f.N 1808	f.N 977	f.N 1808
Pressure(Kpa)	663,8	596,9	652,6	583,9	632,6	552,9	636,4	553,5	665,2	593,8	673,0	604,9
Flow min(m ³ /h)	47,9		57,2		67,7		66,3		59,9		54,9	
Flow max(m ³ /h)	75,9		77,2		84,1		88,9		80,3		79,6	
Flow(m ³ /h)	66,7		67,9		75,1		77,1		69,8		67,5	
Length(m)	18	16	18	16	18	16	18	16	18	16	18	16

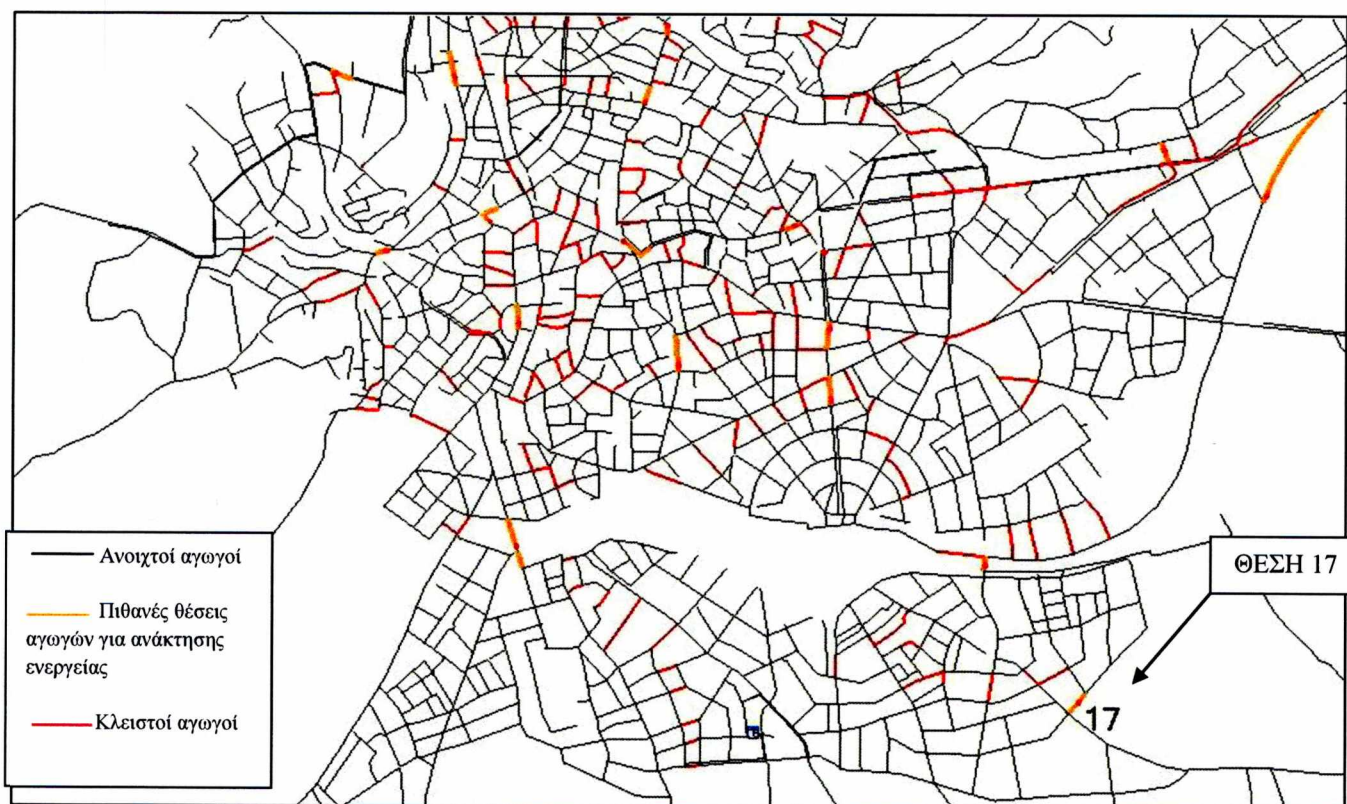


Εικόνα 3.16: Σημείο 16 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 17

Πίνακας 17: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 17, ανά δήμο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	17											
inactive	PRV-17											
diametre(mm)	200											
Material	PVC											
ΔΗ	3,33											
age	29											
Pipe	P349	P350	P349	P350	P349	P350	P349	P350	P349	P350	P349	P350
Junction	f.N 502	f.N 697	f.N 502	f.N 697	f.N 502	f.N 697	f.N 502	f.N 697	f.N 502	f.N 697	f.N 502	f.N 697
Pressure(Kpa)	663,8	596,9	652,6	583,9	632,6	552,9	636,4	553,5	665,2	593,8	673,0	604,9
Flow min(m ³ /h)	30,4		38,6		45,4		44,4		39,3		35,5	
Flow max(m ³ /h)	52,8		54,0		58,9		62,1		55,6		55,2	
Flow(m ³ /h)	46,4		47,3		52,2		53,7		47,7		46,0	
Length(m)	24	39	24	39	24	39	24	39	24	39	24	39

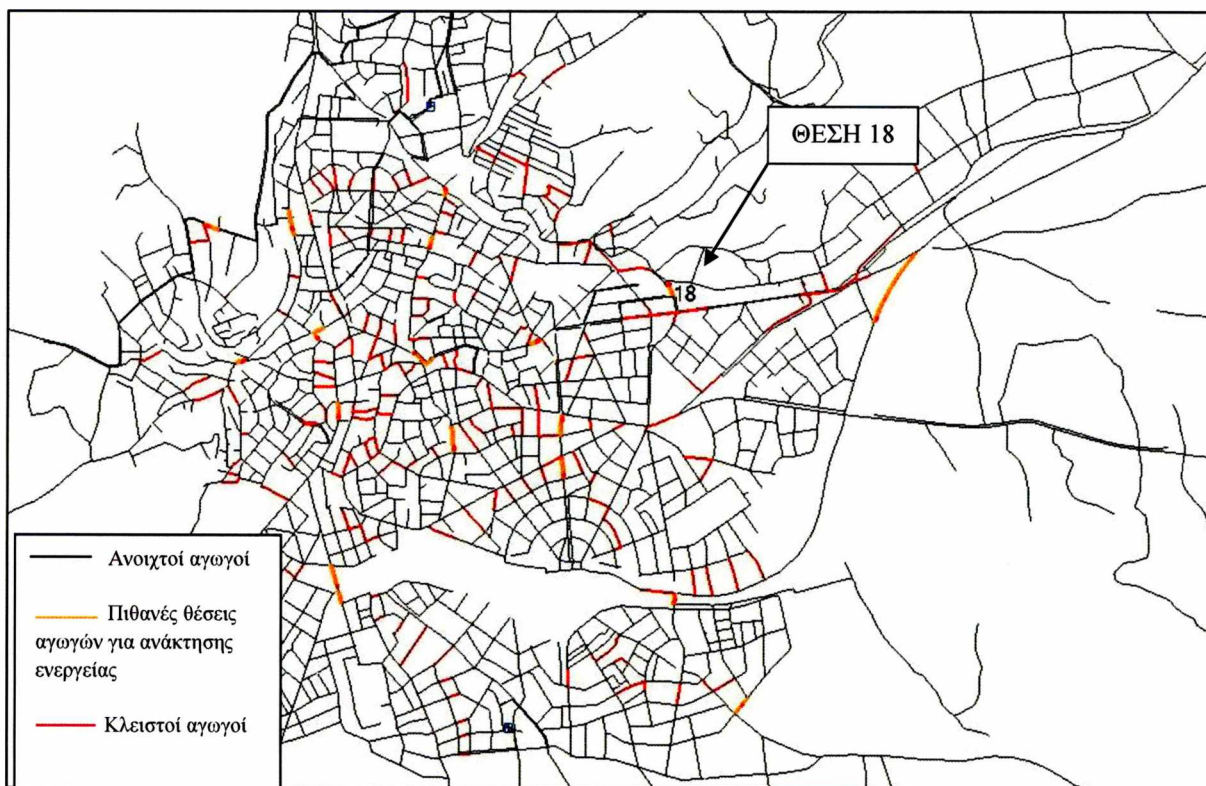


Εικόνα 3.17: Σημείο 17 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

ΘΕΣΗ 18

Πίνακας 18: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 18, ανά δίμηνο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	18											
inactive	PRV-37											
diametre(mm)	250											
Material	A/C											
ΔΗ	4,52											
age	46											
Pipe	P413	P414	P413	P414	P413	P414	P413	P414	P413	P414	P413	P414
Junction	f.N 1701	f.N 1358	f.N 1701	f.N 1358	f.N 1701	f.N 1358	f.N 1701	f.N 1358	f.N 1701	f.N 1358	f.N 1701	f.N 1358
Pressure(Kpa)	537,4	492,3	535	490	532	487	533	488	536	490,7	531,2	490,4
Flow min(m ³ /h)	90		93,6		111,6		113,2		97,2		100,8	
Flow max(m ³ /h)	130,6		140,4		151,6		154		140,4		143,3	
Flow(m ³ /h)	120,8		123,3		135,7		139,8		125,1		121,2	
Length(m)	35	18	35	18	35	18	35	18	35	18	35	18



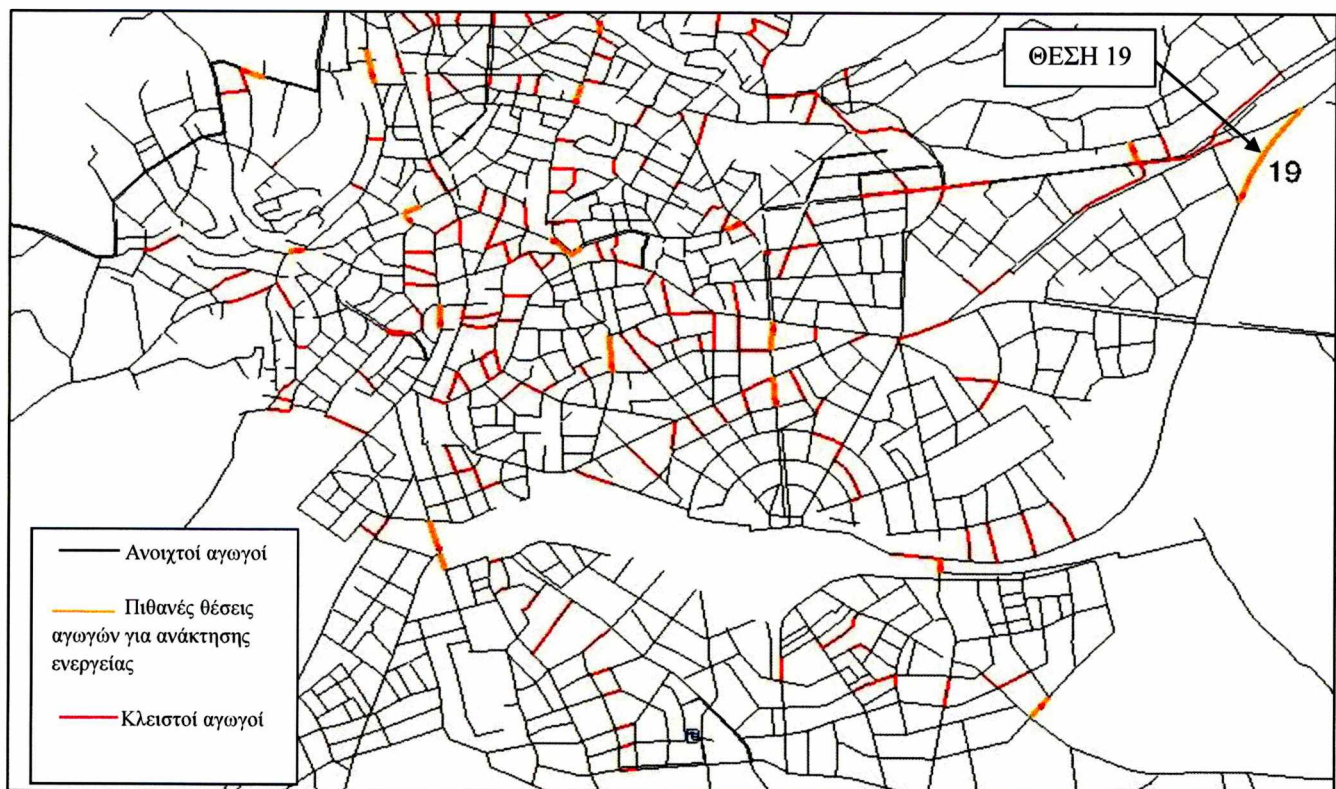
Εικόνα 3.18: Σημείο 18 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

ΘΕΣΗ 19

Πίνακας 19: Στοιχεία των αγωγών (PRVs) στη θέση 19, ανά δήμο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΙΑΝ+ΦΕΒ		ΜΑΡΤ+ΑΠΡΙΛ		ΜΑΙ+ΙΟΥΝ		ΙΟΥΛ+ΑΥΓ		ΣΕΜΠΤ+ΟΚΤ		ΝΟΕΜ+ΔΕΚ	
Σημείο	19											
inactive	PRV-33											
diametre(mm)	160											
Material	PVC											
ΔΗ	1,7											
age	29											
Pipe	P382	P381	P382	P381	P382	P381	P382	P381	P382	P381	P382	P381
Junction	f.N 9	f.N 776	f.N 9	f.N 776	f.N 9	f.N 776	f.N 9	f.N 776	f.N 9	f.N 776	f.N 9	f.N 776
Pressure(Kpa)	717,2	717,2	713,9	704,0	711,4	696,4	720,9	704,3	728,8	719,2	731,0	723,0
Flow min(m ³ /h)	75,2		84,6		100,6		100,0		87,8		81,7	
Flow max(m ³ /h)	114,0		116,4		125,9		133,9		116,4		115,2	
Flow(m ³ /h)	99,5		101,6		111,8		115,0		101,2		97,9	
Length(m)	245	21	245	21	245	21	245	21	245	21	245	21



Εικόνα 3.19: Σημείο 19 πιθανή θέση ανάκτησης ενέργειας

6.2.1 Εκτίμηση ενέργειας αγωγού για κάθε θέση

Προκειμένου να εκτιμηθεί η υδραυλική ενέργεια, που πιθανόν μπορεί να ανακτηθεί με την εγκατάσταση υδροτουρμπίνας σε ένα συγκεκριμένο αγωγό, τόσο από επιστημονικά άρθρα, όπως των O. Paish 2002[18], B. A. Nasir 2013[17], όσο και από κατασκευαστές (AC-TEC)[11], προτείνεται η συνάρτηση (1), η οποία εξαρτάται, κυρίως, από το μανομετρικό ύψος και την παροχή του αγωγού, καθώς και από την αποδοτικότητα της υδροτουρμπίνας.

$$P_{el} = \Delta h * Q * g * \rho * n_{turb.} * n_{gen.} \quad (Watt) \quad (1)$$

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

$$P_{el} = (m) * \left(\frac{m^3}{s}\right) * \left(\frac{m}{s^2}\right) * \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \left(kg * \frac{m^2}{s^3}\right) = \frac{J}{s} = W$$

Όπου: P_{el} = η μηχανική ενέργεια, που μπορεί να παραχθεί από την υδροτουρμπίνα

Δh = το μανομετρικό ύψος (ανάντη) - μανομετρικό ύψος (κατάντη) (m)

Q = η παροχή του νερού (m^3/s)

g = η επιτάχυνση βαρύτητας ($9,81 m/s^2$)

ρ = η πυκνότητα του νερού ($1000 kg / m^3$)

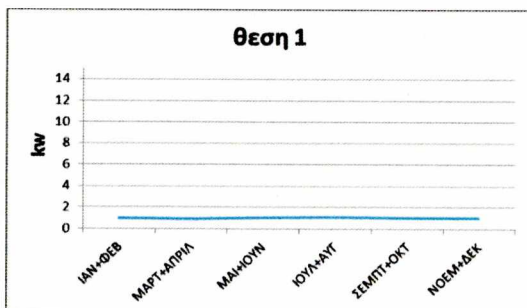
$\eta_{turb.}$ = ο συντελεστής απόδοσης τουρμπίνας (συνήθως 0,8-0,9)

$\eta_{gen.}$ = ο συντελεστής απόδοσης γεννήτριας (συνήθως 0,8-0,9)

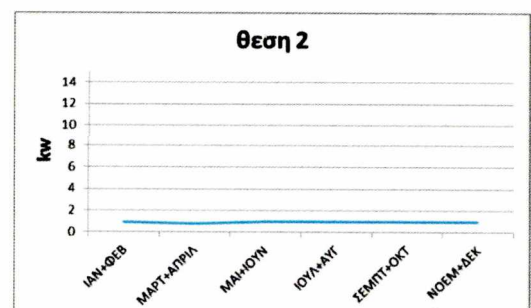
Επομένως, με τη συνάρτηση (1) υπολογίζεται η πιθανή ενέργεια, που θα μπορούσε να μετατραπεί σε μηχανική και να αξιοποιηθεί. Ο συντελεστής απόδοσης της τουρμπίνας, στην περίπτωση αυτή, εξαρτάται από τη μανομετρική διαφορά (net head).

Με τη συνάρτηση (1) υπολογίστηκε η πιθανή ενέργεια, που μπορεί να ανακτηθεί από τις 19 θέσεις του δικτύου που επιλέχθηκαν. Στη συνάρτηση για κάθε θέση, ως παροχή του νερού, θεωρήθηκε η παροχή της PRV και ως μανομετρικό ύψος οι μανομετρικές απώλειες της εκάστοτε PRV, καθώς δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθεί όλη η ενέργεια, που βρίσκεται σε κάθε αγωγό. Αυτό συμβαίνει, γιατί η εγκατάσταση υδροτουρμπίνων αφορά στο δίκτυο ύδρευσης και, επομένως, μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο η ενέργεια που δε χρειάζεται για τη σωστή λειτουργία του. Η πίεση του δικτύου, δηλαδή, πρέπει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας να βρίσκεται πάνω από 2atm, ώστε να εξυπηρετούνται οι καταναλωτές.

Η εκτίμηση του δυναμικού είναι απαραίτητη, ώστε να δούμε αν υπάρχει στο δίκτυο επαρκής ενεργεία, που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί, καθώς και η δυνατότητα αντικαταστατής των PRV με PAT. Δίνει, ακόμη, τη δυνατότητα να αναζητηθεί ο κατάλληλος εξοπλισμός στο εμπόριο. Από τις 19 θέσεις, που επιλέχθηκαν, η πιο ικανή για την παραγωγή περισσότερης ενέργειας είναι η θέση 10, που βρίσκεται στη DMA M, και στην οποία μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια ως και 11kW/h. Η μέγιστη παραγωγή εμφανίζεται τον Ιούλιο, λόγω της μεγάλης ζήτησης, που οδηγεί στην αύξηση της παροχής. Αντίθετα, η μικρότερη παραγωγή ενέργειας εμφανίζεται στη θέση 9 και 12, που είναι κάτω από 0,5kW. Η θέση 7, αν και επιλέχθηκε αρχικά, στη συνέχεια απορρίφθηκε, καθώς δεν τοποθετήθηκε PRV.

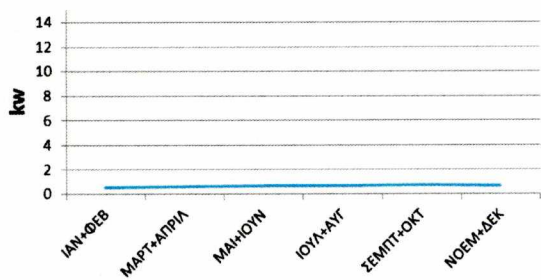


Γράφημα 3: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 1



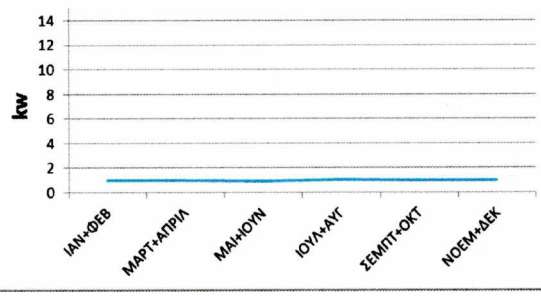
Γράφημα 4: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 2

θεση 3



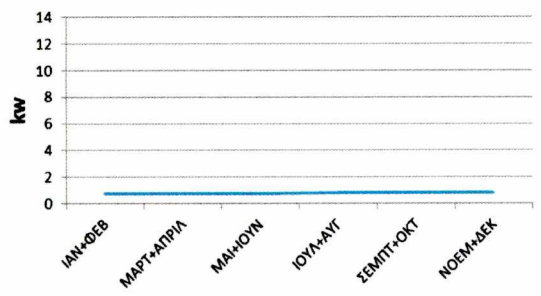
Γράφημα 5: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 3

θεση 4



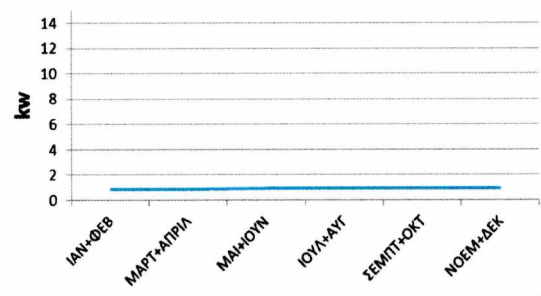
Γράφημα 6: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 4

θεση 5



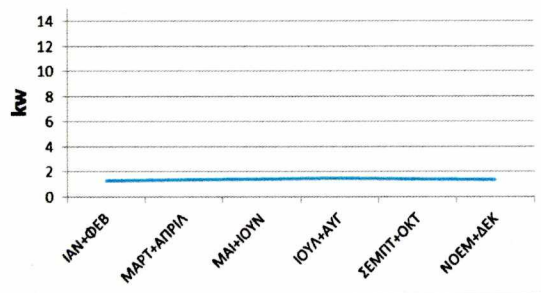
Γράφημα 7: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 5

θεση 6



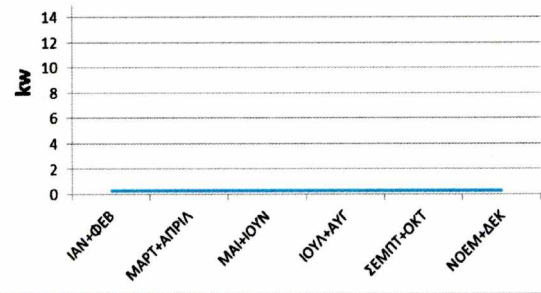
Γράφημα 8: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 6

θεση 8



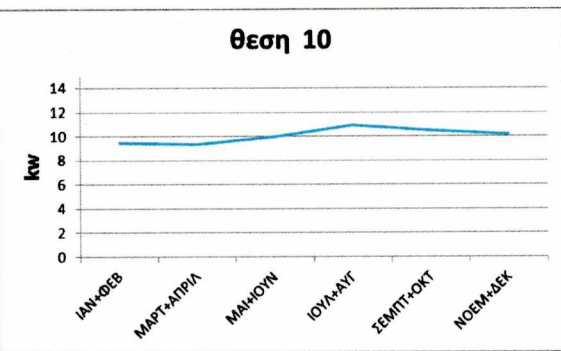
Γράφημα 9: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 8

θεση 9

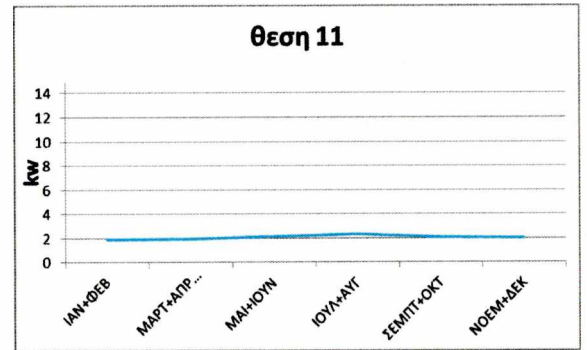


Γράφημα 10: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 9

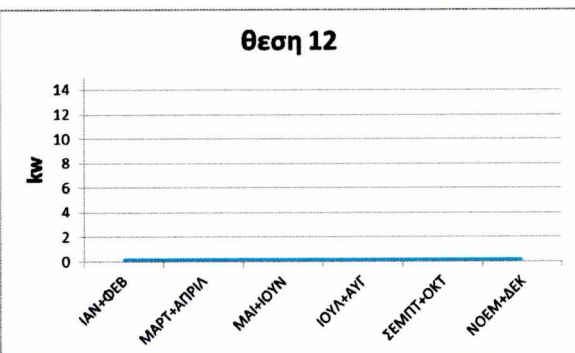
Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»



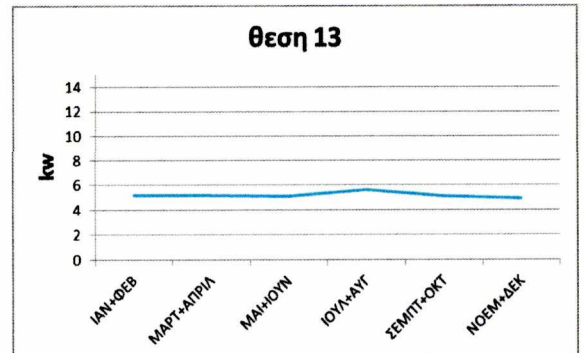
Γράφημα 11: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 10



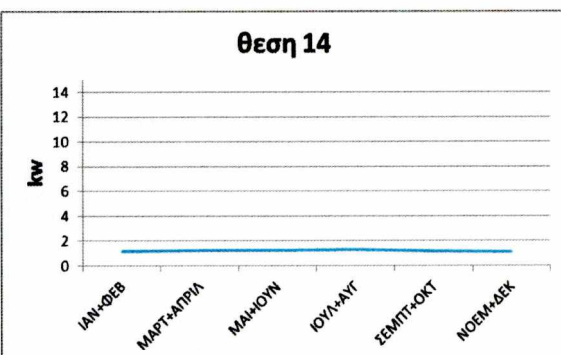
Γράφημα 12: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 11



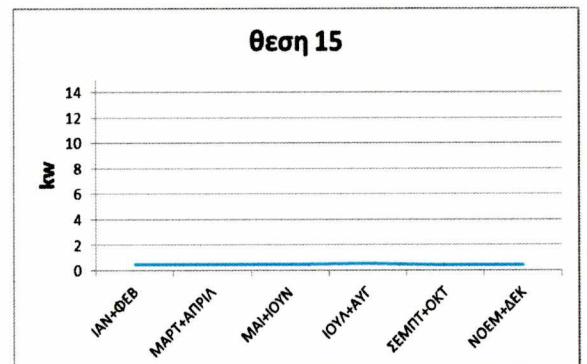
Γράφημα 13: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 12



Γράφημα 14: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 13

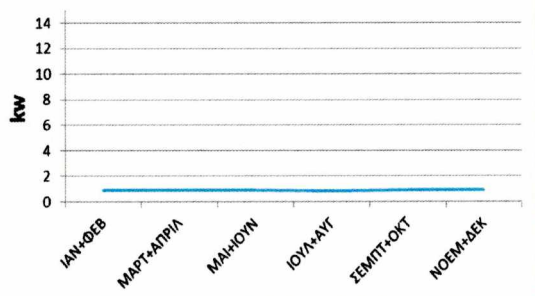


Γράφημα 15: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 14

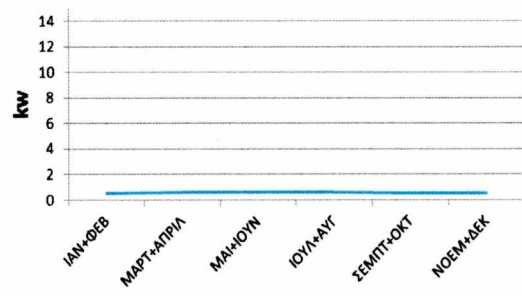


Γράφημα 16: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 15

Θεση 16



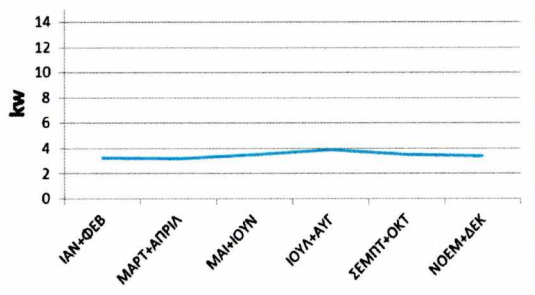
Θεση 17



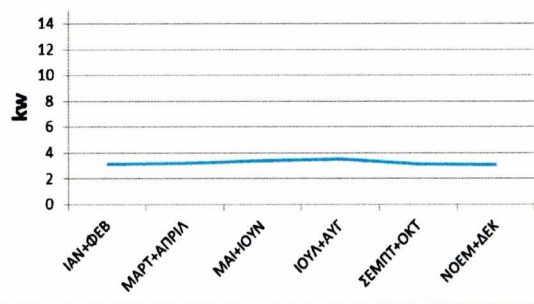
Γράφημα 17: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 16

Γράφημα 18: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 17

Θεση 18



Θεση 19



Γράφημα 19: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 18

Γράφημα 20: Πιθανή Παραγωγή Ενέργειας στη θέση 19

6.3 Σχεδιασμός καμπυλών λειτουργίας

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μιας τουρμπίνας είναι οι καμπύλες, που συμβάλλουν στον προσδιορισμό και κατανόηση της συμπεριφοράς, καθώς και της απόδοσης της τουρμπίνας, κάτω από διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το κύριο μειονέκτημα των PATs είναι ότι δεν παρέχονται από τους κατασκευαστές αντλιών οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας της αντλίας, όταν λειτουργεί σαν τουρμπίνα. Επομένως, καθίσταται πολύ δύσκολη η επιλογή της σωστής αντλίας, η οποία πρόκειται να λειτουργήσει ως τουρμπίνα σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Η πρώτη θεωρητική μελέτη για τις PATs έγινε το 1962 από τον Childs[12]. Οι εξισώσεις που ανέπτυξε βασιστήκαν στο γεγονός ότι το καλύτερο σημείο απόδοσης (BEP) της αντλίας αλλά και της αντλίας, όταν λειτουργεί σαν τουρμπίνα, είναι το ίδιο. Παράλληλα, η ενέργεια, που παράγει η τουρμπίνα, είναι ισότιμη με την ενέργεια, που καταναλώνει η αντλία. Τις ίδιες παραδοχές έκαναν και άλλοι ερευνητές, όπως οι McClaskey & Lundquist και Lueneburg & Nelson το 1967 και 1985, αντίστοιχα[3]. Ο Hancock το 1963, από την άλλη μεριά, υποστήριξε ότι μεταξύ του BEP της τουρμπίνας και της αντλίας υπάρχει διάφορα 2%[3]. Ακολουθώντας παρόμοιες μεθόδους ο Stepanoff το 1957 πρότεινε δύο εξισώσεις, ώστε να υπολογιστεί το μανομετρικό ύψος και η παροχή της αντλίας, λειτουργώντας ως τουρμπίνα, χρησιμοποιώντας το BEP της αντλίας[12].

$$Q_{tb} = \frac{Q_{bp}}{n_{bp}^{0.5}}, H_{tb} = \frac{H_{bp}}{n_{bp}} n_{tp} = n_{bp}$$

Σε παρόμοιο πλαίσιο κινήθηκε και ο Sharma, ο οποίος βασιζόμενος στις παραδοχές του Childs, ανέπτυξε την παρακάτω μέθοδο[12]:

$$Q_{tb} = \frac{N_t}{N_p} * \frac{Q_{bp}}{n_{bp}^{0.8}} \quad , \quad H_{tb} = \frac{H_{bp}}{n_{bp}^{1.2}} n_{tp} = n_{bp}$$

Αργότερα, στη βάση της ραγδαίας αύξησης των γνώσεων και της ανάπτυξης των τεχνολογιών, πραγματοποιήθηκαν υδραυλικές μελέτες σχετικά με τη γεωμετρία και την επίδοση μιας PAT. Οι Alatorre & Frenk (1994) πραγματοποίησαν τέτοιες αναλύσεις στη διατριβή τους, αλλά δεν κατέληξαν σε κάποια τεχνική πρόβλεψη της απόδοσης των PATs[12]. Ο Gulich (2010) προέβλεψε τις επιδόσεις αναλύοντας τις υδραυλικές απώλειες της αντλίας και της αντλίας, όταν λειτουργεί σαν τουρμπίνα[12]. Ο ίδιος υποστηρίζει ότι η μέθοδος αυτή είναι πολύ ακριβής, ωστόσο είναι δύσκολο να εφαρμοστεί πρακτικά, καθώς χρειάζονται πολλά λεπτομερή γεωμετρικά δεδομένα και στοιχεία δοκιμών (testing data) για τις αντλίες, τα οποία δεν παρέχονται από τους κατασκευαστές. Στο πλαίσιο αυτό κινήθηκε και ο Shahram Derakhshan προβαίνοντας σε υδραυλικές αναλύσεις, όσον αφορά στη γεωμετρία και τις απώλειες των αντλιών, όταν λειτουργούν κανονικά και όταν λειτουργούν ως τουρμπίνες[12]. Ωστόσο, στη μελέτη του αυτή δεν παρουσίασε κάποια συγκεκριμένη και εφαρμόσιμη μέθοδο. Σε μεταγενέστερη μελέτη, που πραγματοποίησε μαζί με τον Yang (2012) παρουσίασαν μια παρόμοια μέθοδο με το Sharma.

$$Q_{tb} = \frac{1.2 * Q_{bp}}{n_{bp}^{0.55}} \quad , \quad H_{tb} = \frac{1.2 * H_{bp}}{n_{bp}^{1.1}}$$

Τέλος, ο G.Ventrone (2000) πρότεινε μια θεωρητική μέθοδο πρόβλεψης βασισμένη σε πολύ λεπτομερή γεωμετρικά στοιχεία των αντλιών[12].

Εκτός από τις θεωρητικές μεθόδους πρόβλεψης έχουν γίνει και πολλές πειραματικές μελέτες. Ορισμένοι ερευνητές, που ασχολήθηκαν με αυτού του είδους τις μεθόδους πρόβλεψης, είναι οι Alatorre & Frenks, Schmiedl's, Grover's, Hergt's, S. Derakhshan και Nautiyal[12,3,9,10].

Πρόσφατα, αρκετοί ερευνητές, όπως ο Shahram Derakhshan, Sun-ShengYang και Li Deyou, έχουν δημοσιεύσει μελέτες, κατά τις οποίες χρησιμοποιούν μοντελοποίηση με τεχνικές υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD), προκειμένου να προβλέψουν την επίδοση της αντλίας, όταν λειτουργεί σαν τουρμπίνα[12,10].

Όπως φάνηκε, έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες από το 1962 και μετά, ώστε να βρεθεί ένας αποτελεσματικός τρόπος πρόβλεψης της λειτουργίας της αντλίας, που συμπεριφέρεται ως τουρμπίνα, καθώς και της απόδοσή της. Το 1994 ο Williams, ύστερα από πειράματα σε 35 αντλίες, έδειξε ότι η μέθοδος του Sharma είναι αυτή που προσεγγίζει την πραγματική λειτουργία μιας αντλίας, που δρα ως τουρμπίνα[12,23]. Παρόλα αυτά, η απόκλιση μεταξύ των συναρτήσεων και των πειραματικών δεδομένων μπορεί να αγγίζει ακόμα και το 20%[. Ο Williams[22] (1995), σε μια προσπάθεια για ανάπτυξη μιας πιο αποτελεσματικής και εφαρμόσιμης προσέγγισης, τροποποίησε τη μέθοδο του Sharma, χρησιμοποιώντας και την ταχύτητα περιστροφής τόσο της αντλίας όσο και της τουρμπίνας. Η

εξίσωση του Sharma αφορά στη σχέση μεταξύ του σημείου καλύτερης απόδοσης της αντλίας και του καλύτερου σημείου απόδοσης (BEP) της PAT, σύμφωνα με τη ροή και το μανομετρικό ύψος. Η απόδοση και σε λειτουργία αντλίας αλλά και σε λειτουργία τουρμπίνας θεωρείται ίδια στο BEP. Στην παρούσα εργασία για τον προσδιορισμό του H_{tb} και Q_{tb} της PATs στο BEP, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος (1), καθώς έχει χρησιμοποιηθεί και από προηγούμενους ερευνητές, οι οποίοι μελέτησαν τη συμπεριφορά των PATs μέσα σε δίκτυο ύδρευσης.

$$Q_{tb} = \frac{N_t}{N_p} * \frac{Q_{bp}}{n_{bp}^{0.8}} \quad , \quad H_{tb} = \left(\frac{N_t}{N_p}\right)^2 * \frac{H_{bp}}{n_{bp}^{1.2}} n_{tp} = n_{bp} \quad (1)$$

όπου, Q_{tb} = η ροή της τουρμπίνας στο bep

H_{tb} = το μανομετρικό ύψος της τουρμπίνας στο bep

Q_{pb} = η ροή της αντλίας στο bep

H_{pb} = το μανομετρικό ύψος της αντλίας στο bep

N_t = η ταχύτητα περιστροφής της τουρμπίνας

N_p = η ταχύτητα της αντλίας

n_{bp} =η απόδοση της αντλίας

Η επιλογή της αντλίας για τις θέσεις, οι οποίες επιλέχθηκαν, ώστε να εγκατασταθούν οι PATs και να αντικαταστήσουν τις PRVs, έγινε βάσει της ροής και των μανομετρικών απωλειών στις εκάστοτε PRVs. Το καλύτερο σημείο απόδοσης της αντλίας υπολογίζεται από τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας, οι οποίες δείχνουν τη σχέση μεταξύ ροής και μανομετρικού ύψους και παρέχονται από τους κατασκευαστές. Αν οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας δεν είναι διαθέσιμες, τότε μπορεί προσεγγιστικά να θεωρηθεί ότι το καλύτερο σημείο απόδοσης της αντλίας είναι: $Q_{bp} = 0,75Q_{max}$, $H_{bp} = 0,75H_{max}$.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (2) και (3), που έχουν προτείνει οι Derakhshan & Nourbakhsh (2008)[9] για αντλίες με ειδική ταχύτητα $Ns < 60$ (m,m³/s), κατασκευάστηκαν οι καμπύλες λειτουργίας των PATs.

$$\frac{H_t}{H_{tb}} = 1.0283\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right)^2 - 0.5468\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right) + 0.5314 \quad (2)$$

$$\frac{P_t}{P_{tb}} = -0.3092\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right)^3 + 2.1472\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right)^2 - 0.8865\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right) + 0.0452 \quad (3)$$

Συμπερασματικά, ο σχεδιασμός των χαρακτηριστικών καμπύλων λειτουργίας των PATs είναι απαραίτητος, καθώς, προκειμένου να επιτευχθεί η προσημείωσή τους στο δίκτυο ύδρευσης με τη χρήση του προγράμματος *watertgemV8i*, απαιτούνται οι καμπύλες λειτουργίας. Ακόμη, παρέχει τη δυνατότητα για αξιοποίηση του μανομετρικού ύψους από τις τουρμπίνες, ανάλογα με τη ροή του νερού, που υπάρχει σε κάθε θέση, για την παράγωγη ενέργειας από τις υδροτουρμπίνες, καθώς και τον προσδιορισμό της απόδοσής της. Η ροή σε ένα δίκτυο ύδρευσης αυξομειώνεται ανάλογα με τη ζήτηση κάθε ώρα και κάθε μήνα,

επομένως υπάρχει ανάγκη για ακριβή προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ ροής και μανομετρικού ύψους στις PATs, καθώς ελλοχεύει ο κίνδυνος, λόγω μεγάλης πτώσης του μανομετρικού ύψους στο δίκτυο ύδρευσης από την εκμετάλλευσή του από τις PATs, να πέσει η πίεση στο δίκτυο κάτω από 2atm και να μην εξυπηρετείται ο καταναλωτής.

6.4 Τελική επιλογή θέσεων και αντλιών

Από τις 19 πιθανές θέσεις, που επιλέχτηκαν με βάση τη μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας σε kW/h, επιλέχτηκαν μόνο 7 θέσεις, οι οποίες είναι ικανές να ανακτήσουν ενέργεια. Οι τελικές θέσεις, που επιλέχτηκαν, έχουν μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά ώρα πάνω από 1,2kW. Ως τέτοιου είδους θέσεις αναδείχθηκαν, η θέση 10, που βρίσκεται στη DMA M, με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 10 kW/h, η θέση 11, που βρίσκεται στη DMA 5, με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 2,07 kW/h, η θέση 8, που βρίσκεται στη DMA 4K, με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 1,40 kW/h, η θέση 13, που βρίσκεται στη DMA 12, με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 5,17 kW/h, η θέση 14, που βρίσκεται στη DMA 7, με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 1,22 kW/h, η θέση 18, που βρίσκεται στη DMA 18, με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 3,45 kW/h και η θέση 19, που βρίσκεται στη DMA 13, με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 3,25 kW/h. Πρόκειται για την ενέργεια, που θα μπορούσε να ανακτηθεί από κάθε θέση.

Η τελική ενέργεια, που παράγεται, εξαρτάται από το μηχανολογικό εξοπλισμό (PATs), που διατίθεται στο εμπόριο και, επομένως, μπορεί να διαφέρει από αυτήν, που έχει εκτιμηθεί ότι θα παραχθεί. Για κάθε θέση αναζητήθηκαν στο εμπόριο αντλίες, που θα μπορούσαν με την κατάλληλη μετατροπή να λειτουργήσουν σαν τουρμπίνες. Η επιλογή των αντλιών για την κάθε θέση έγινε βάσει των PRVs. Για κάθε θέση θεωρήθηκε ότι το μανομετρικό ύψος (H), που μπορεί να αξιοποιηθεί, είναι οι μανομετρικές απώλειες της PRV. Αντίστοιχα, η παροχή του νερού της εκάστοτε θέσης είναι η παροχή της PRV (Q). Έτσι, επιτυγχάνεται η διατήρηση της πίεσης σε κάθε κόμβο από 2atm και πάνω. Αναζητήθηκαν, επομένως, αντλίες με H_{pb} και Q_{pb} κοντά στο H και Q κάθε θέσης. Κατόπιν έρευνας βρεθήκαν αντλίες από την εταιρεία Pumiran[11]. Στη συνέχεια, για κάθε φυγοκεντρική αντλία, βάσει το μανομετρικό της ύψος (H_{pb}), τη ροή της (Q_{pb}) και την απόδοσή (η_{bp}) της στο καλύτερο σημείο απόδοσης και αξιοποιώντας τις εξισώσεις του Sharma (1), προσδιορίστηκε το μανομετρικό ύψος και η ροή της τουρμπίνας στο καλύτερο σημείο απόδοσης. Ακόμη, για κάθε αντλία ελέγχτηκε, αν βρίσκεται η ειδική της ταχύτητα $Ns < 60$ ($m, m^3/s$) (5), ώστε να μπορέσουν να εφαρμοστούν οι σχέσεις (2) και (3), που πρότειναν οι Derakhshan & Nourbakhsh (2008)[9] για την κατασκευή καμπύλων PATs. Στη συνέχεια, η P_{tb} υπολογίστηκε από τη σχέση (4). Για τη μετατροπή των αντλιών σε τουρμπίνα αυξήθηκε η ταχύτητα περιστροφής της αντλίας από 1450 στα 1550 (rpm) και από 2900 στα 3100 (rpm), σύμφωνα με προηγούμενους ερευνητές, που χρησιμοποίησαν τους ίδιους τύπους αντλίας από την ίδια κατασκευάστρια εταιρεία[3,13].

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι 7 αντλίες που επιλεχθήκαν για κάθε θέση, τα H, Q, η , N,P μετά τη μετατροπή της αντλίας σε τουρμπίνα, καθώς και οι καμπύλες λειτουργίας τους.

$$Q_{tb} = \frac{N_t}{N_p} * \frac{Q_{bp}}{n_{bp}^{0.8}} \quad , \quad H_{tb} = \left(\frac{N_t}{N_p}\right)^2 * \frac{H_{bp}}{n_{bp}^{1.2}} \quad n_{tp} = n_{bp} \quad (1)$$

$$\frac{H_t}{H_{tb}} = 1.0283\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right)^2 - 0.5468\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right) + 0.5314 \quad (2)$$

$$\frac{P_t}{P_{tb}} = -0.3092\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right)^3 + 2.1472\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right)^2 - 0.8865\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}}\right) + 0.0452 \quad (3)$$

$$P_{tb} = 1000 * H_{tb} * Q_{tb} * g * \rho * n_{tb}. \quad (kW) \quad (4)$$

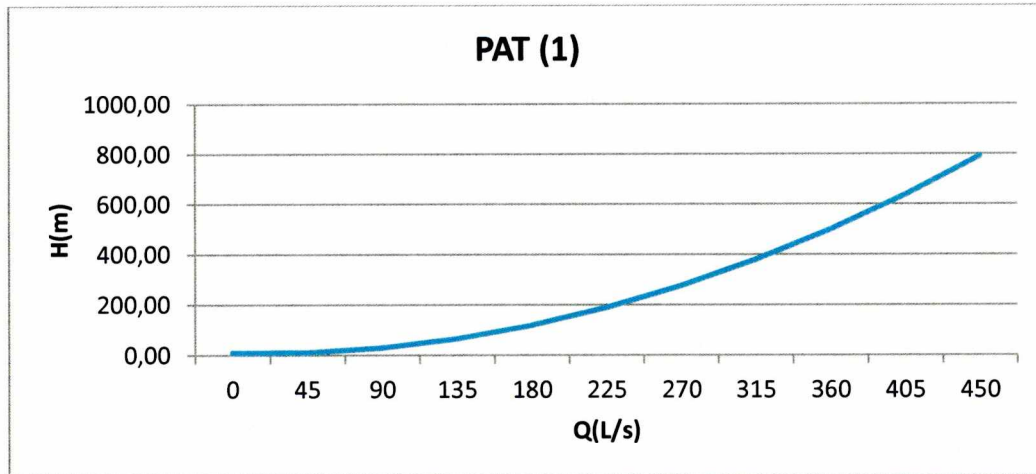
$$N_s = N * \frac{Q^{0.5}}{H^{0.75}} \quad (m, m^3/s) \quad (5)$$

Πινάκας 20: Ειδική Ταχύτητα Αντλίας N_s (m.m³/s)

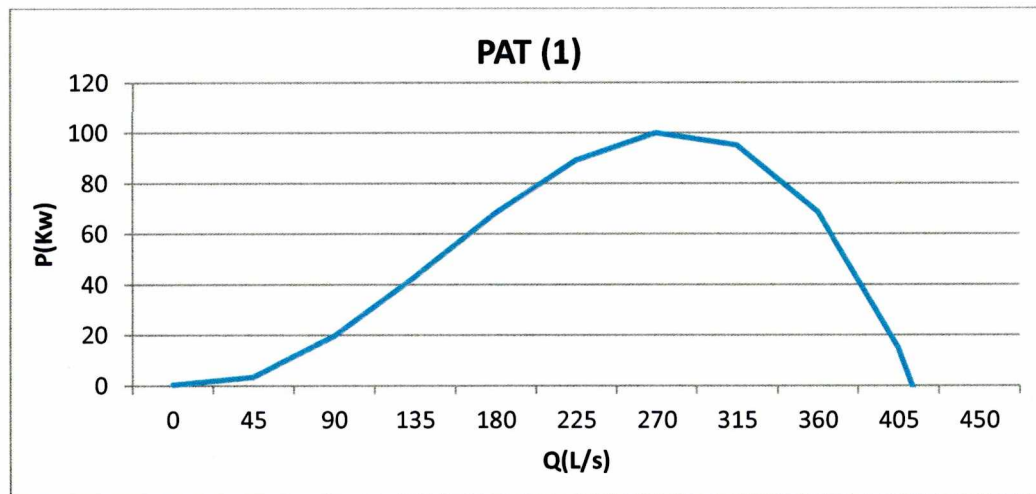
ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	65-125	125-200	65-200	80-200	65-160	65-160	80-200
$N_s, N=1450$	1450		51,66	26,95	52,33	38,52	38,69
$N_s, N=2900$	2900	61,04					36,28

Πινάκας 21: Στοιχεία αντλίας και στοιχεία αντλίας σε λειτουργία τουρμπίνας

ΘΕΣΗ 10 (DMA M)						
Αντλία	Τύπος	η_{pb}	$H_{pb}(m)$	$Q_{pb}(L/s)$	$N_p(rpm)$	Ισχύς κινητήρα(kW)
Φυγοκεντρική αντλία	125-200	0,86	12	52,77	1450	11
Αντλία σαν τουρμπίνα(PATs)	Τύπος	η_{tb}	$H_{tb}(m)$	$Q_{tb}(L/s)$	N_t	$P_{tb}(kw)$
PAT (1)	125-200	0,86	16,43	63,64	1550	8,82



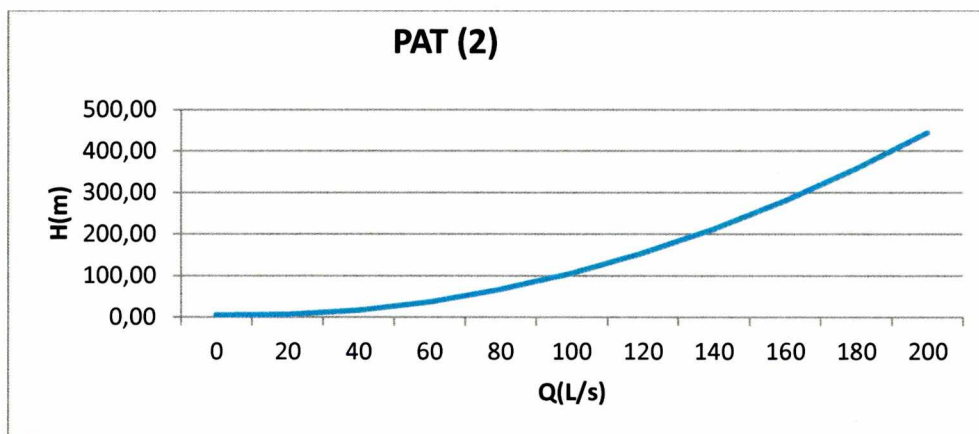
Γράφημα 20: Σχέση Q-H για την PAT(1)



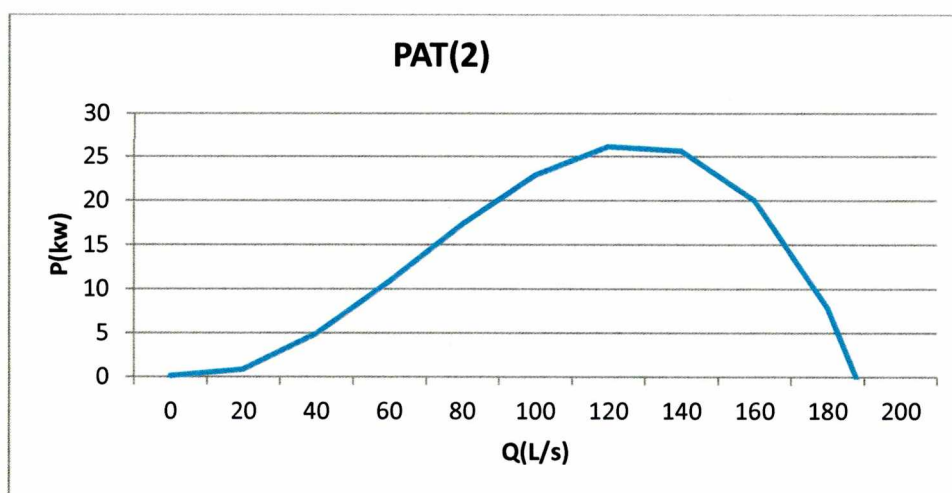
Γράφημα 21: Σχέση Q-P για την PAT(1)

Πινάκας 22: Στοιχεία αντλίας και στοιχεία αντλίας σε λειτουργία τουρμπίνας

ΘΕΣΗ 8 (DMA 4K)						
Αντλία	Τύπος	n_{pb}	$H_{pb}(m)$	$Q_{pb}(L/s)$	$N_p(rpm)$	Ισχύς κινητήρα(kW)
Φυγοκεντρική αντλία	80-160	0,84	6,9	23,61	1450	2,2
Αντλία σαν τουρμπίνα(PATs)	Τύπος	n_{tb}	$H_{tb}(m)$	$Q_{tb}(L/s)$	N_t	$P_{tb}(kw)$
PAT (2)	80-160	0,84	9,72	29,02	1550	2,32



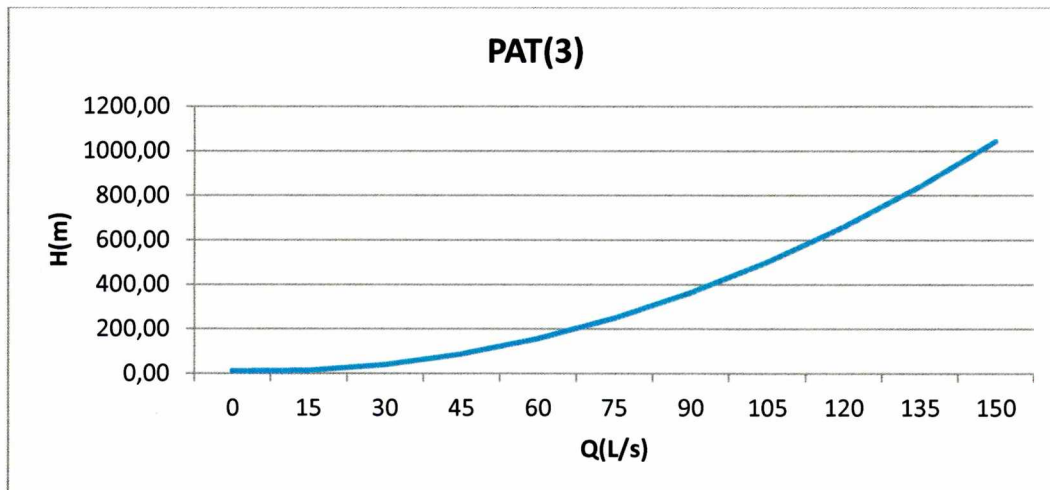
Γράφημα 22: Σχέση Q-H για την PAT(2)



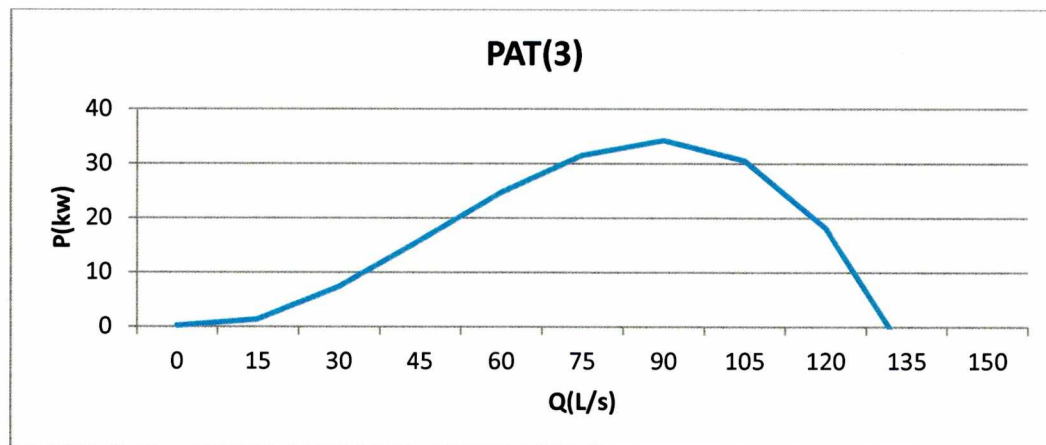
Γράφημα 23: Σχέση Q-P για την PAT(2)

Πινάκας 23: Στοιχεία αντλίας και στοιχεία αντλίας σε λειτουργία τουρμπίνας

ΘΕΣΗ 11 (DMA 5)						
Αντλία	Τύπος	η_{pb}	$H_{pb}(m)$	$Q_{pb}(L/s)$	$N_p(rpm)$	Ισχύς κινητήρα(kW)
Φυγοκεντρική αντλία	65-200	0,76	12,5	15,27	1450	4
Αντλία σαν τουρμπίνα(PATs)	Τύπος	η_{tb}	$H_{tb}(m)$	$Q_{tb}(L/s)$	N_t	$P_{tb}(kw)$
PAT (3)	65-200	0,76	19,85	20,33	1550	3,00



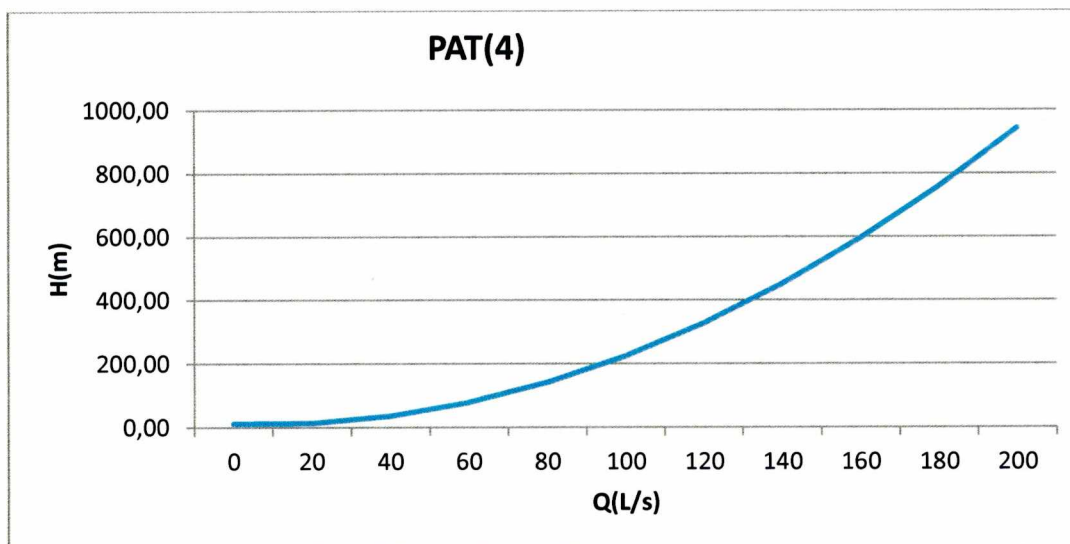
Γράφημα 23: Σχέση Q-H για την PAT(3)



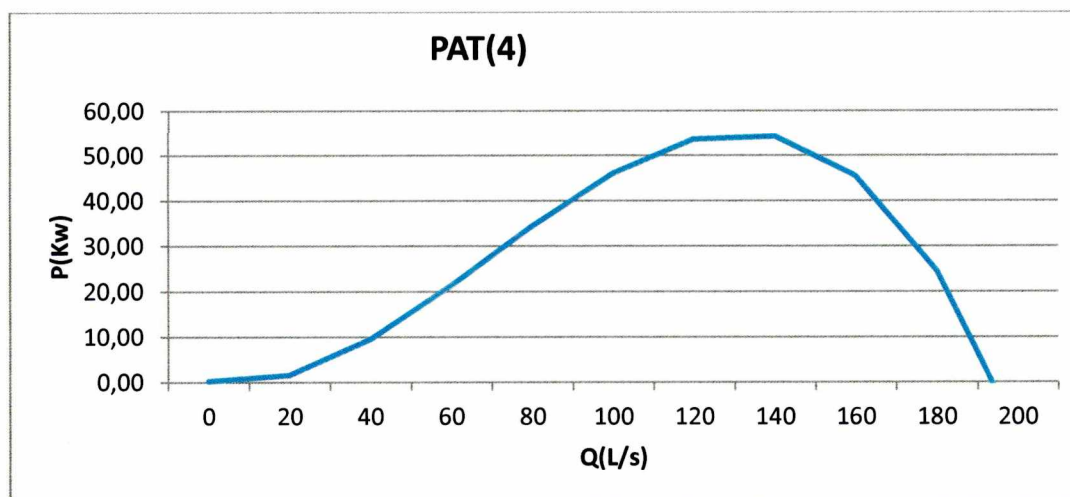
Γράφημα 24: Σχέση Q-P για την PAT(3)

Πινάκας 24: Στοιχεία αντλίας και στοιχεία αντλίας σε λειτουργία τουρμπίνας

ΘΕΣΗ 13 (DMA 12)						
Αντλία	Τύπος	n_{pb}	$H_{pb}(m)$	$Q_{pb}(L/s)$	$N_p(rpm)$	Ισχύς κινητήρα(kW)
Φυγοκεντρική αντλία	65-125	0,75	13,6	22,22	2900	5,5
Αντλία σαν τουρμπίνα(PATs)	Τύπος	n_{tb}	$H_{tb}(m)$	$Q_{tb}(L/s)$	N_t	$P_{tb}(kw)$
PAT (4)	65-125	0,75	21,95	29,90	3100	4,82



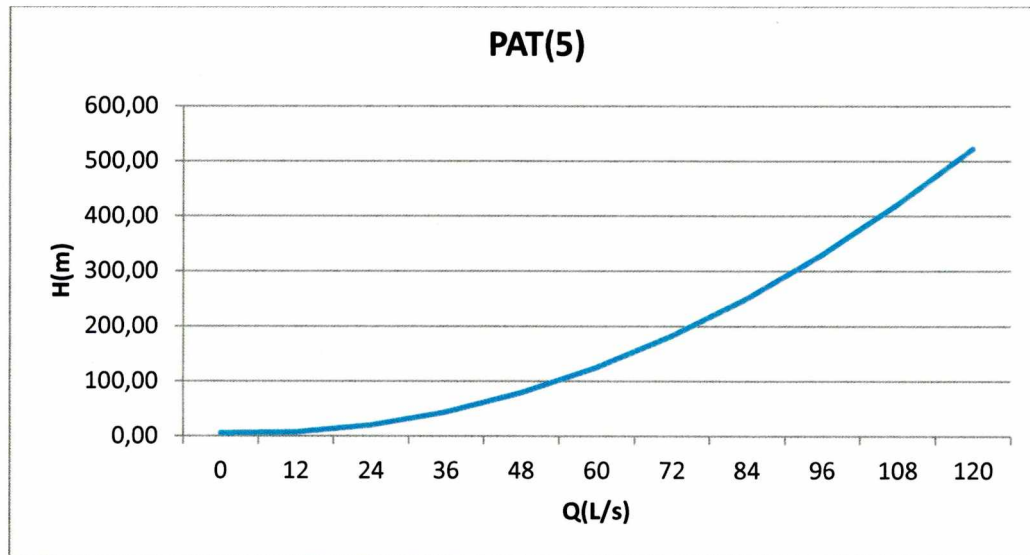
Γράφημα 25: Σχέση Q-H για την PAT(4)



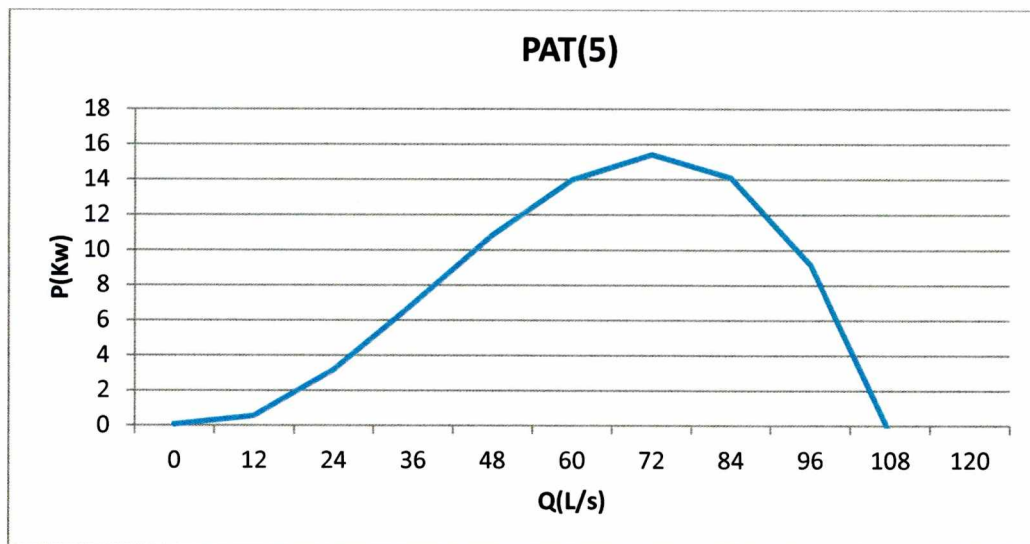
Γράφημα 26: Σχέση Q-P για την PAT(4)

Πινάκας 25: Στοιχεία αντλίας και στοιχεία αντλίας σε λειτουργία τουρμπίνας

ΘΕΣΗ 14 (DMA7)						
Αντλία	Τύπος	η_{pb}	$H_{pb}(m)$	$Q_{pb}(L/s)$	$N_p(rpm)$	Ισχύς κινητήρα(kW)
Φυγοκεντρική αντλία	65-160	0,81	7	13,07	1450	1,5
Αντλία σαν τουρμπίνα(PATs)	Τύπος	η_{tb}	$H_{tb}(m)$	$Q_{tb}(L/s)$	N_t	$P_{tb}(kw)$
PAT (5)	65-160	0,81	10,30	16,54	1550	1,35



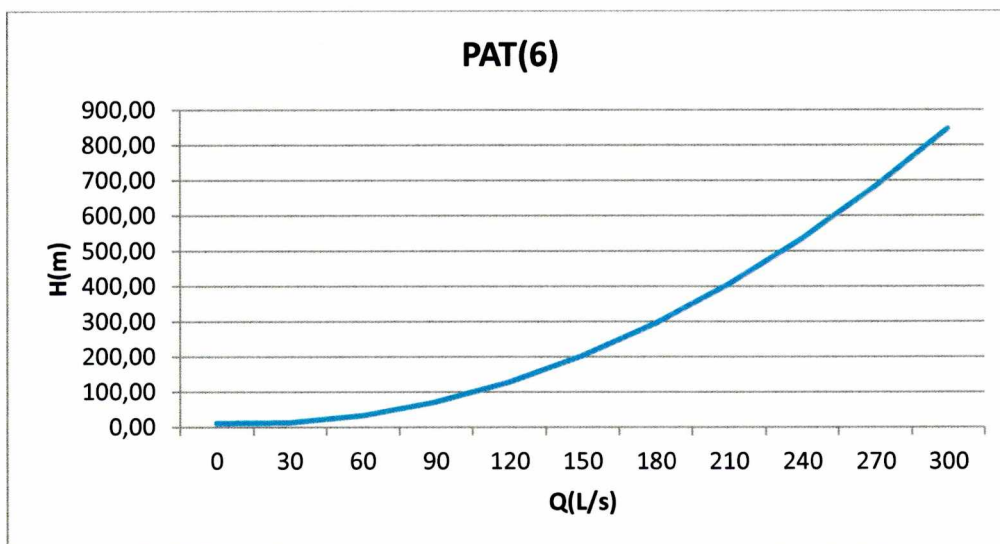
Γράφημα 27: Σχέση Q-H για την PAT(5)



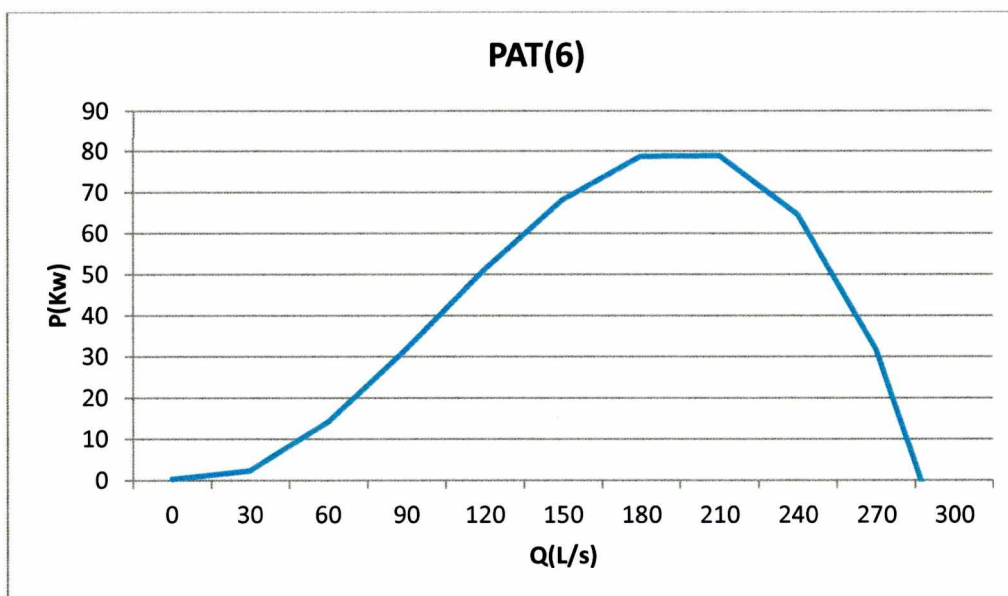
Γράφημα 28: Σχέση Q-P για την PAT(5)

Πινάκας 26: Στοιχεία αντλίας και στοιχεία αντλίας σε λειτουργία τουρμπίνας

ΘΕΣΗ 18 (DMA18)						
Αντλία	Τύπος	η_{pb}	$H_{pb}(m)$	$Q_{pb}(L/s)$	$N_p(rpm)$	Ισχύς κινητήρα(kW)
Φυγοκεντρική αντλία	65-160	0,84	13,7	36,11	1450	7,5
Αντλία σαν τουρμπίνα(PATs)	Τύπος	η_{tb}	$H_{tb}(m)$	$Q_{tb}(L/s)$	N_t	$P_{tb}(kw)$
PAT (6)	65-160	0,84	19,30	44,38	1550	7,05



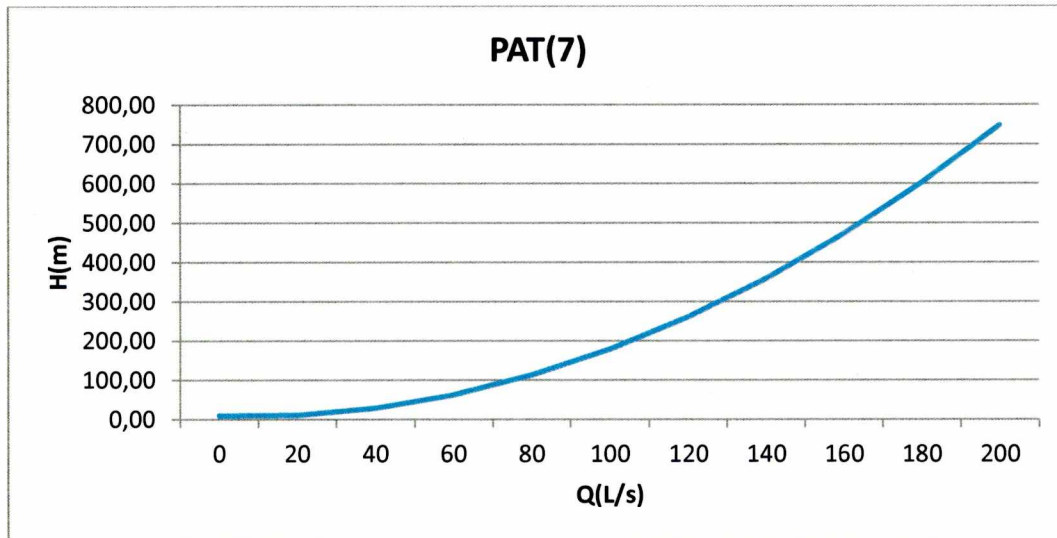
Γράφημα 29: Σχέση Q-H για την PAT(6)



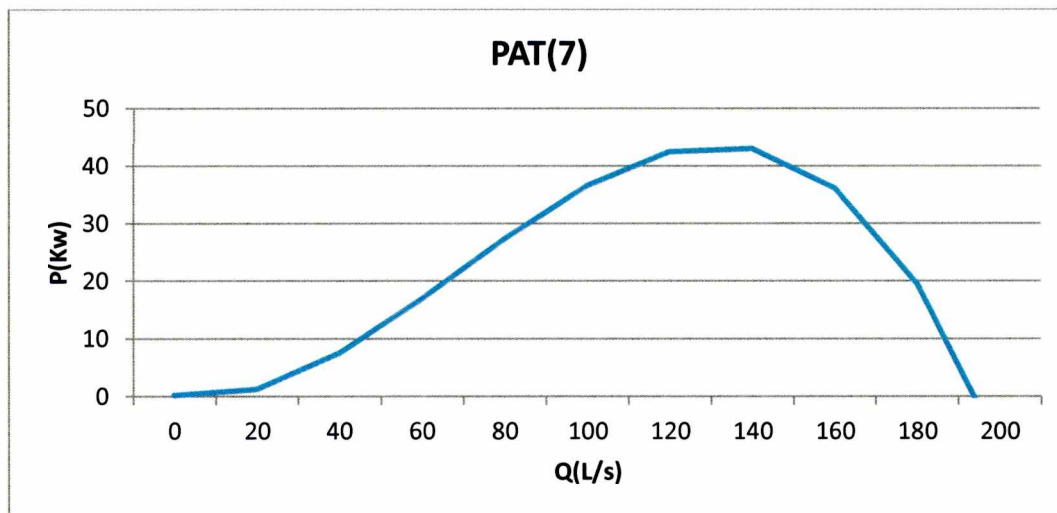
Γράφημα 30: Σχέση Q-P για την PAT(6)

Πινάκας 27: Στοιχεία αντλίας και στοιχεία αντλίας σε λειτουργία τουρμπίνας

ΘΕΣΗ 19 (DMA 13)						
Αντλία	Τύπος	η_{pb}	$H_{pb}(m)$	$Q_{pb}(L/s)$	$N_p(rpm)$	Ισχύς κινητήρα(kW)
Φυγοκεντρική αντλία	80-200	0,75	10,8	22,22	1450	5,5
Αντλία σαν τουρμπίνα(PATs)	Τύπος	η_{tb}	$H_{tb}(m)$	$Q_{tb}(L/s)$	N_t	$P_{tb}(kw)$
PAT (7)	80-200	0,75	17,42	29,90	1550	3,84



Γράφημα 31: Σχέση Q-H για την PAT(7)



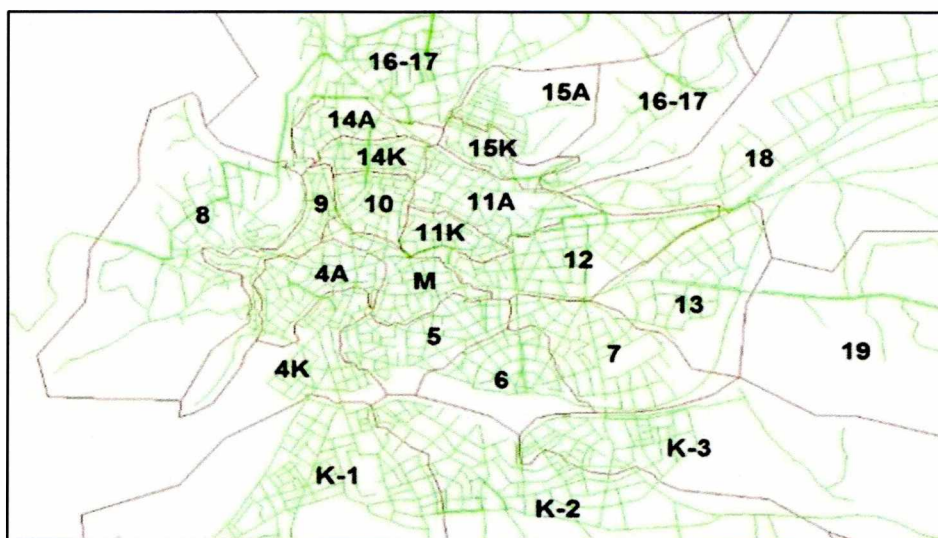
Γράφημα 32: Σχέση Q-P για την PAT(7)

6.5 Τοποθέτηση PATs στο δίκτυο ύδρευσης

6.5.1 1^ο Σενάριο

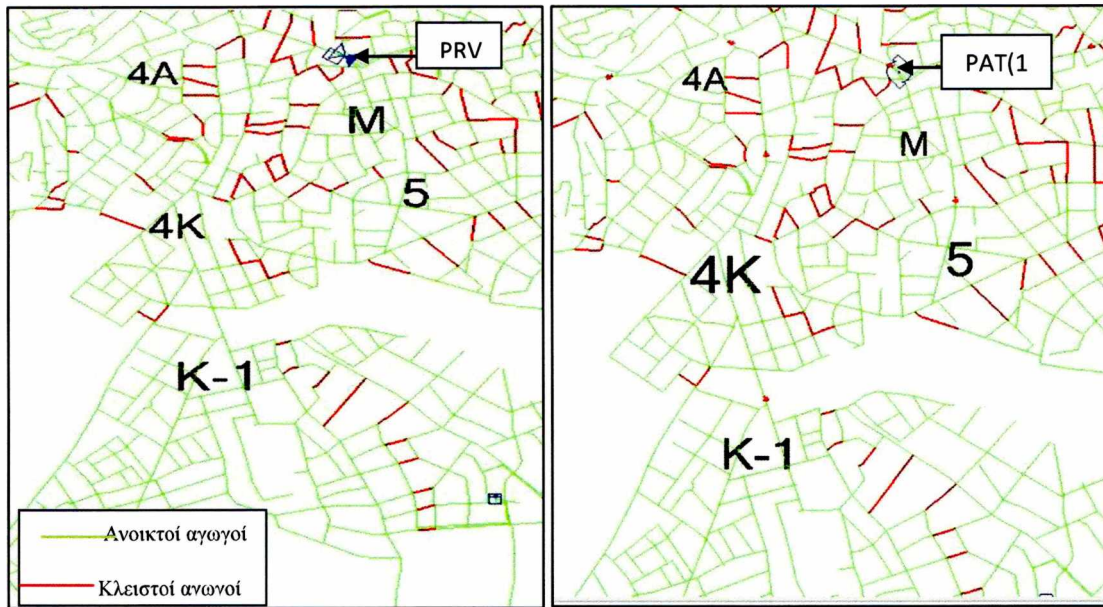
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης είναι χωρισμένο σε 24 DMAs. Επιπλέον είναι χωρισμένο σε 5 μεγαλύτερες ζώνες, στην καθεμιά από τις οποίες υπάρχει μια ομάδα από DMAs. Οι DMAs κάθε ομάδας βρίσκονται σε διαρκή αλληλεξάρτηση μεταξύ τους.

Αρχικά, ελέγχθηκε το σενάριο, κατά το οποίο τοποθετούνται στο δίκτυο μόνο οι PATs στις DMA M, 12, 18 και συγκρίνεται με την τοποθέτηση PRV στις ίδιες DMA, ώστε να εξεταστεί κατά ποσό μειώνεται η πίεση και πόσο νερό εξοικονομείται από την αρχική κατάσταση, όπου δεν υπάρχουν ούτε PAT ούτε PRV. Εξετάζεται, ακόμη, κατά πόσο επηρεάζονται οι επόμενες DMAs, που ανήκουν στην ίδια ζώνη και τροφοδοτούνται από τον ίδιο αγωγό.



Εικόνα 4: Χωρισμός Δικτύου σε DMAs(Πατέλης κ.ά., 2016)

Η DMA M ανήκει στην πρώτη ομάδα υποζωνών και βρίσκεται στην είσοδο της ζώνης. Ο κύριος τροφοδοτικός αγωγός αρχικά διατρέχει την DMA M και στη συνέχεια εξέρχεται και διασπάται τροφοδοτώντας τη DMA 4A και τη DMA 5. Ο αγωγός εξέρχεται από τη DMA 4A και, αφού την τροφοδοτήσει, εισέρχεται στην DMA K-1. Οι DMAs K-1 και 5 είναι τερματικές ως προς τη ροή του νερού. Αρχικά, εξετάστηκε το σενάριο, κατά το οποίο τοποθετήθηκε στη θέση 10, που βρίσκεται στην είσοδο της DMA M, η PAT (1) με κλειστές όλες τις PRVs τόσο σε αυτή όσο και στις επόμενες DMAs. Ακολούθως, ελέγχθηκε το σενάριο, κατά το οποίο είναι κλειστές όλες οι PRVs, εκτός από αυτές, στις οποίες βρίσκεται η DMA M και είναι ρυθμισμένη στα 250kpa. Τέλος, έγινε σύγκριση των δύο σεναρίων, ως προς τον τρόπο που οι PATs και PRVs μειώνουν την πίεση και τις απώλειες της DMA M, καθώς και ως προς τον τρόπο, με τον οποίο επηρεάζουν τις επόμενες DMAs συγκριτικά με την αρχική κατάσταση, όπου δεν υπάρχουν ούτε PATs ούτε PRVs. Η μελέτη του δικτύου έγινε ανά δίμηνο καθώς έχει παρατηρηθεί ότι η ζήτηση δε διαφέρει πολύ από μήνα σε μήνα.



Εικόνα 5: Τοποθέτηση PRV ή PAT στην πρώτη υποζώνη

Πινάκας 27: Στοιχεία για την DMA M χωρίς PRV ή PAT ανά δίμηνο

Θεση 10 DMA M	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		
	ΠΙΕΣΗ (Kpa)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ(L/s)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΟΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (m ³)
ΙΑΝ+ΦΕΒ	536,67	68,24	0
ΜΑΡ+ΑΠΡ	527,63	70,18	0
ΜΑΙ+ΙΟΥΝ	523,42	76,64	0
ΙΟΥΛ+ΑΥΓ	531,44	79,03	0
ΣΕΠ+ΟΚΤ	539,69	74,95	0
ΝΟΕ+ΔΕΚ	543,09	72,66	0

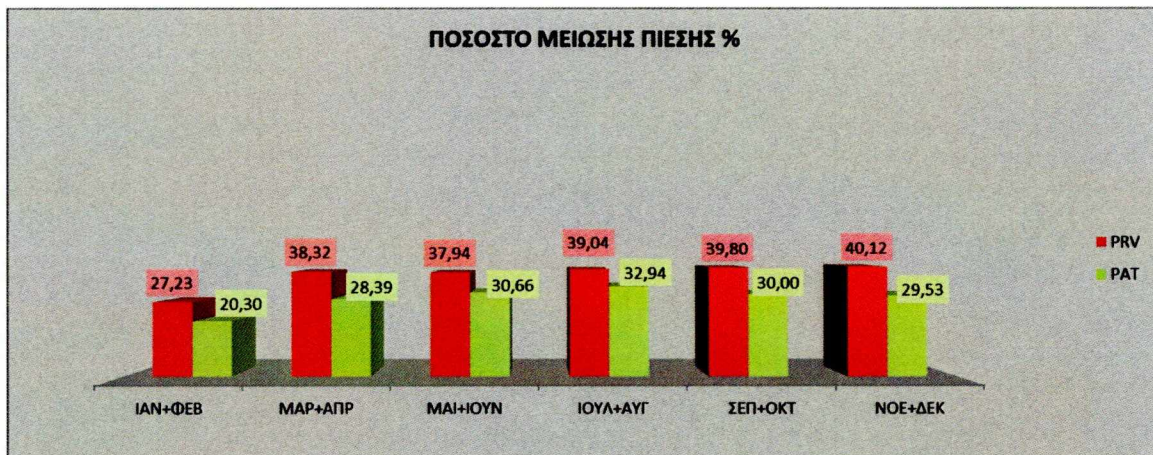
Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμλίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

Πινάκας 28α: Στοιχεία για την DMA M με PRV

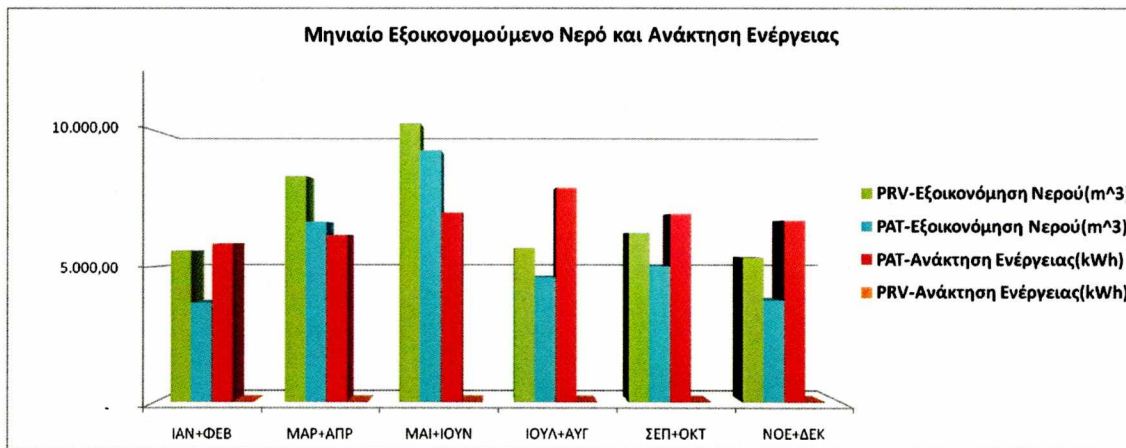
PRV(DMA M)		
ΠΙΕΣΗ (Kpa)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ(L/s)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΟΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (m ³)
427,67	58,33	5573,69
325,46	59,91	8340,05
324,83	63,05	10286,44
323,95	67,61	5676,69
324,89	63,85	6254,56
325,17	62,22	5346,63

Πινάκας 28β: Στοιχεία για την DMA M με PAT

PAT(DMA M)				
ΠΙΕΣΗ (Kpa)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ(L/s)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΟΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (m ³)	ΩΡΙΑΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(Kw)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(Kwh)
390,49	61,66	3666,63	8,12	5848,49
377,84	62,98	6653,92	8,57	6167,56
362,95	66,34	9281,84	9,74	7012,42
356,40	69,77	4612,11	11,00	7918,67
377,76	66,14	5030,76	9,67	6961,25
382,73	65,21	3777,55	9,34	6723,80



Γράφημα 20: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA M για κάθε δίμηνο

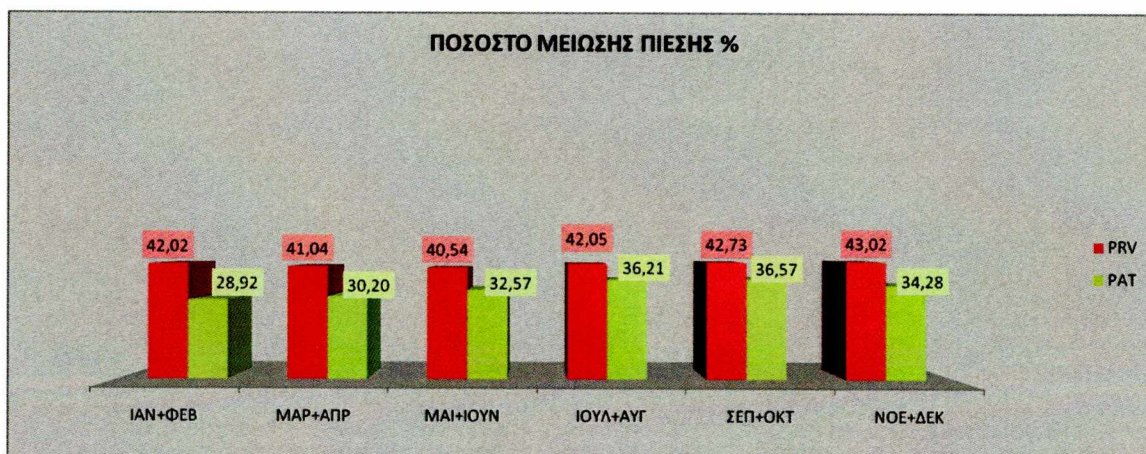


Γράφημα 21: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA M

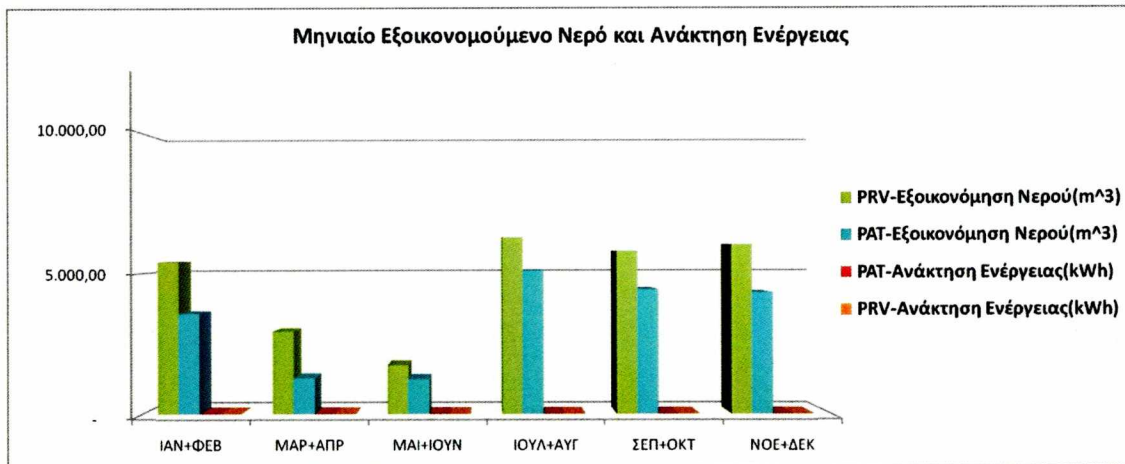
Όπως φαίνεται και από τα γραφήματα 20 και 21, η PRV κάνει καλύτερη ρύθμιση πίεσης από την PAT και μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού. Η PRV μειώνει την πίεση της DMA M 10% περισσότερο από την αντίστοιχη PAT. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού και στις δύο περιπτώσεις επιτυγχάνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου, όπου φτάνει για την PRV στα 10.000m³ και για την PAT στα 9.280m³, ενώ η μέγιστη μείωση της πίεσης για την PRV γίνεται το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου, όπου φτάνει το 40%, ενώ για την PAT το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου, όπου η μείωση της πίεσης φτάνει το 33%. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον ότι παρά το γεγονός ότι η κύρια λειτουργία της PAT δεν είναι η ρύθμιση της πίεσης αλλά η παραγωγή ενέργειας, τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντά σε αυτή της PRV, που η βασική λειτουργία της είναι η ρύθμιση της πίεσης. Επιπλέον, με τη χρήση της PAT έχουμε ανάκτηση ενεργείας, η οποία φτάνει τα 81.265kW τον χρόνο.



Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι DMA 4A, 4K ,5 και K-1 και πώς αυτές επηρεάζονται από την ύπαρξη των PRV και PAT στη DMA M.

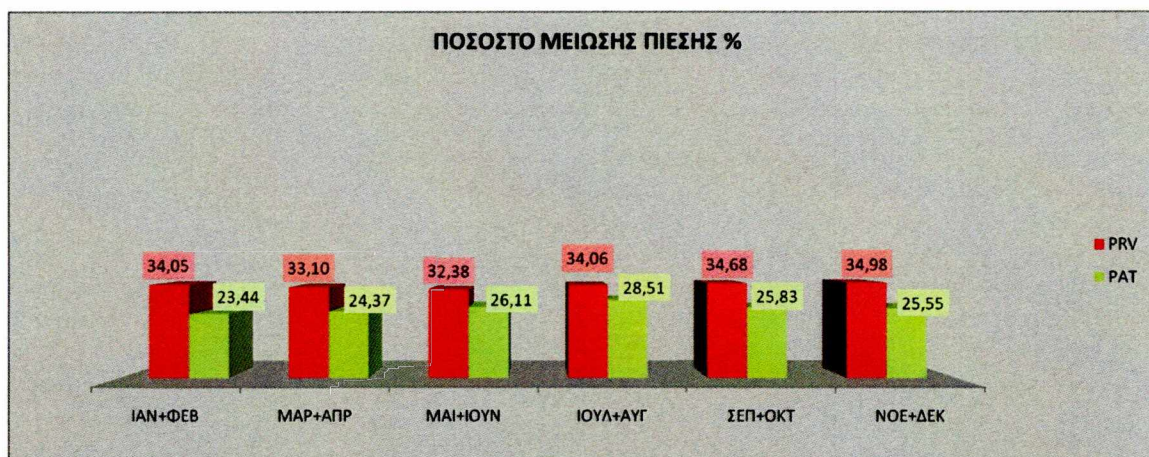


Γράφημα 22: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 4A για κάθε δίμηνο

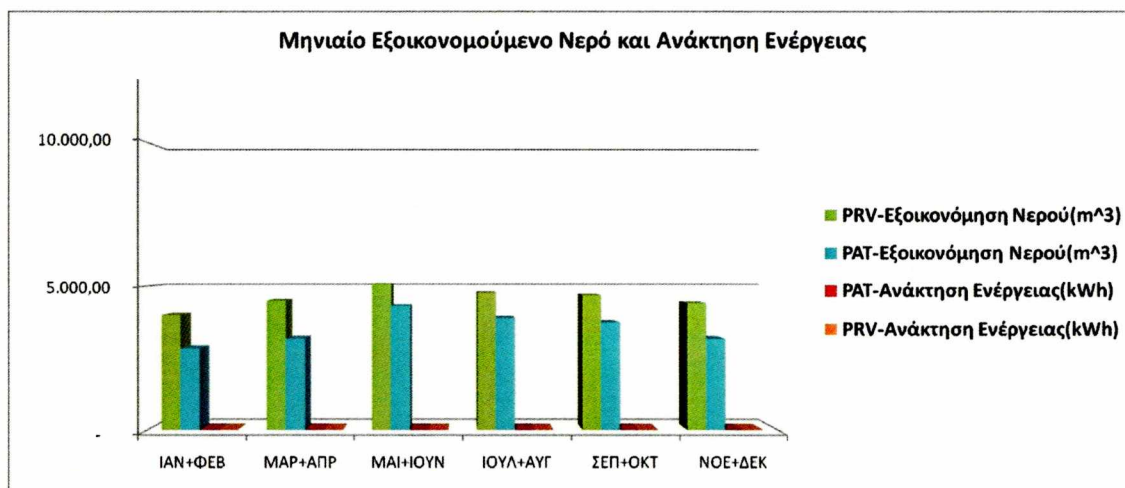


Γράφημα 22: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 4A

Η DMA 4A βρίσκεται μετά τη DMA M και παρατηρείται ότι με την τοποθέτηση της PRV ή της PAT στη DMA M υπάρχει μείωση της πίεσης, η οποία φτάνει με PRV στο 43,03% το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου και με PAT στο 36,57% στο δίμηνο Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου. Η μεγίστη εξοικονόμηση νερού, όταν υπάρχει PRV ή PAT στη DMA M, γίνεται κατά το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου και φτάνει περίπου τα 5.000m³.

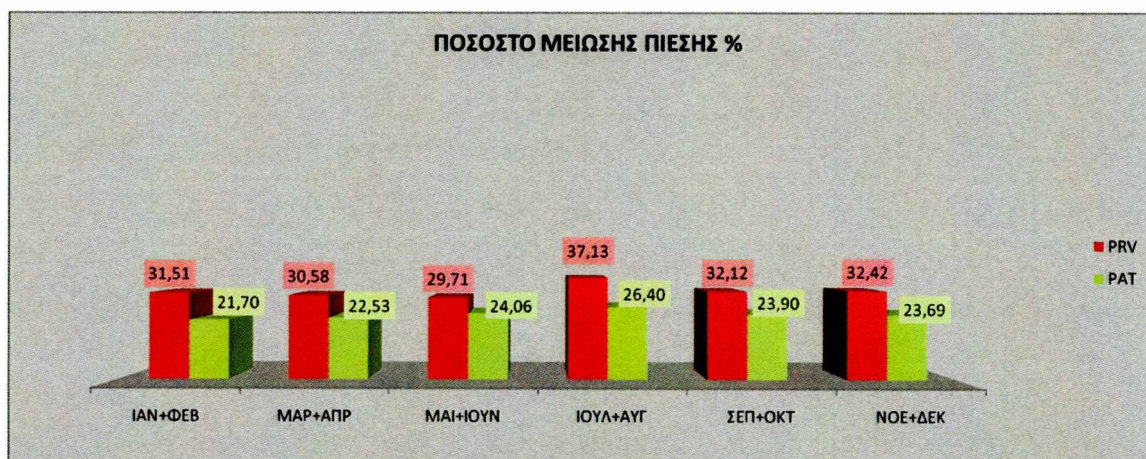


Γράφημα 23: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 4K για κάθε δίμηνο

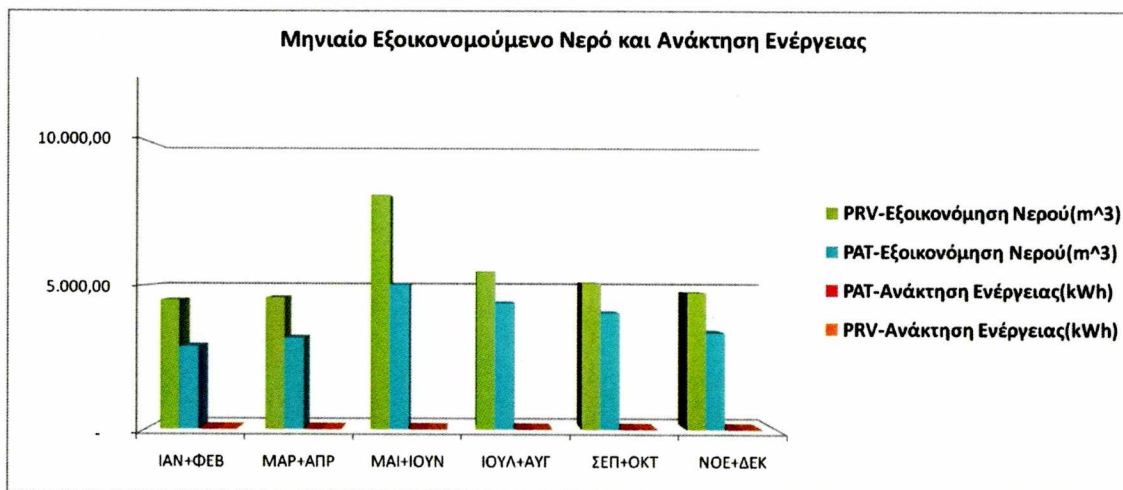


Γράφημα 24: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 4K

Η DMA 4K βρίσκεται μετά τη DMA 4A και παρατηρείται ότι με την τοποθέτηση της PRV ή της PAT στη DMA M έχουμε μείωση της πίεσης, η οποία με PRV αγγίζει το 34,98% το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου και με PAT το 28,51% στο δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού, στις περιπτώσεις που υπάρχει PRV ή PAT στη DMA M, γίνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου, όπου η εξοικονόμηση φτάνει τα 5.000m³ και τα 4000m³ αντίστοιχα.

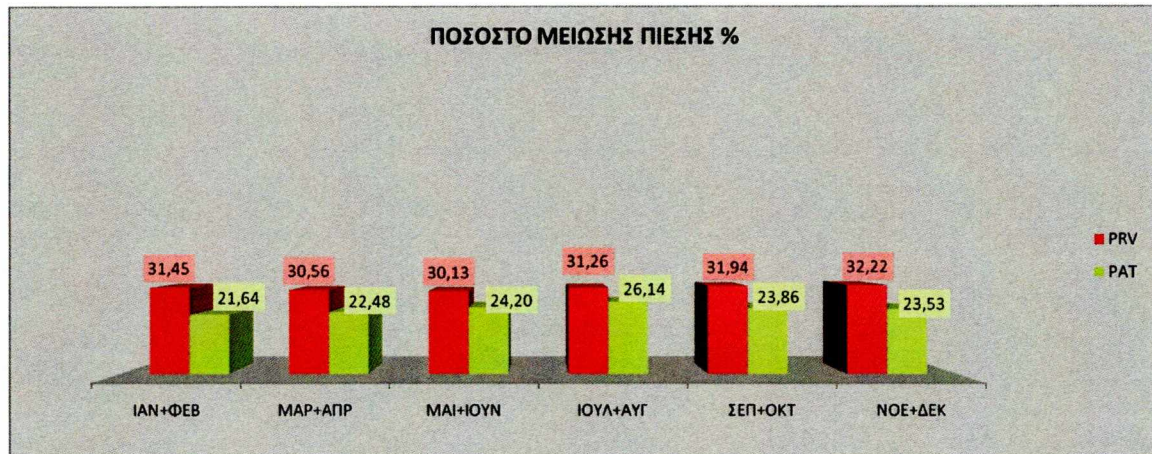


Γράφημα 25: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA K-1 για κάθε δίμηνο

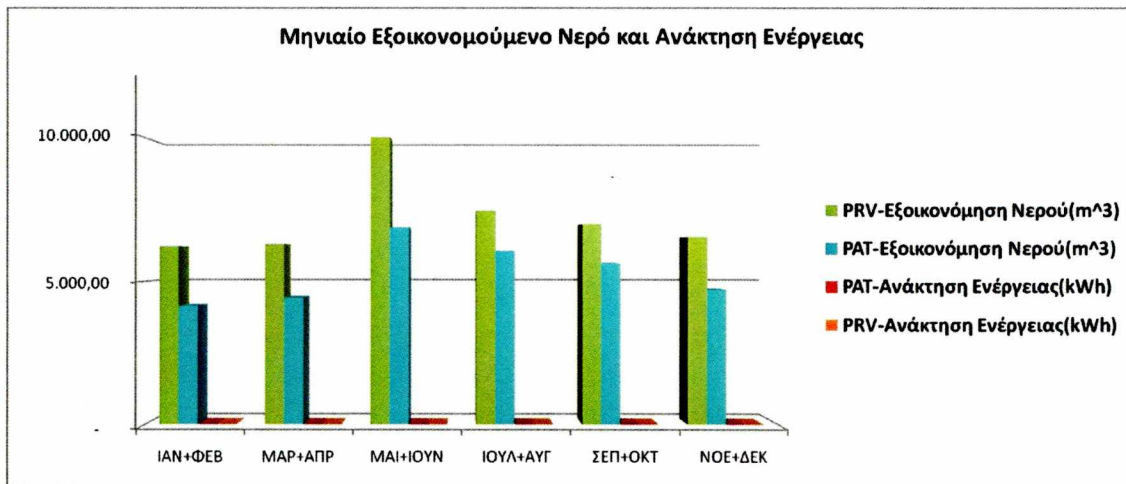


Γράφημα 26: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA K-1

Η DMA K-1 βρίσκεται μετά τη DMA 4K και παρατηρείται ότι, και στην περίπτωση αυτή, με την τοποθέτηση PRV ή PAT στη DMA M έχουμε μείωση της πίεσης. Η μείωση αυτή φτάνει με PRV στο 37,13% το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου και με PAT στο 26,40% κατά το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού, όταν υπάρχει PRV στη DMA M, παρουσιάζεται κατά το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου και αγγίζει τα 8.128m³, ενώ με χρήση της PAT στη DMA M η μέγιστη εξοικονόμηση γίνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου και φτάνει τα 5.026m³.



Γράφημα 27: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 5 για κάθε δίμηνο

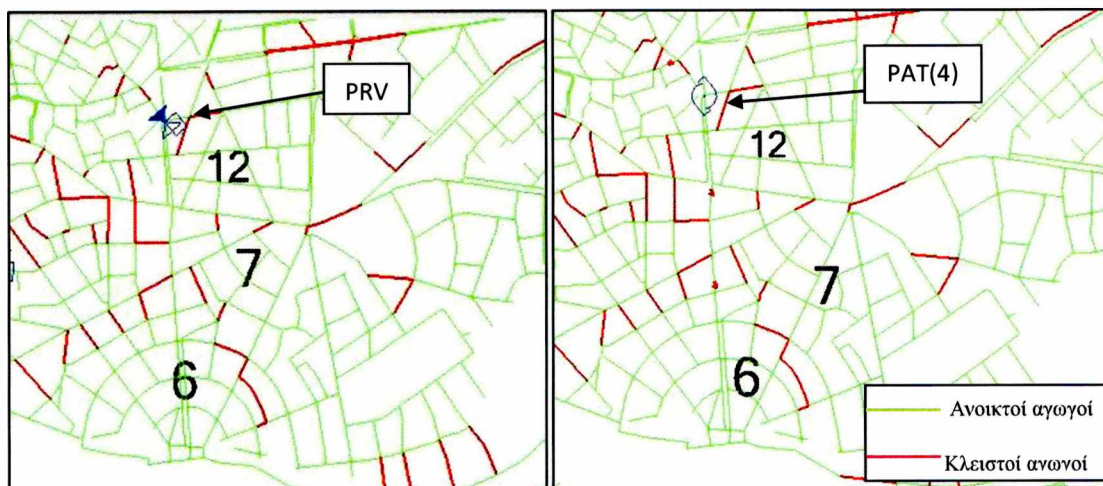


Γράφημα 28: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 5

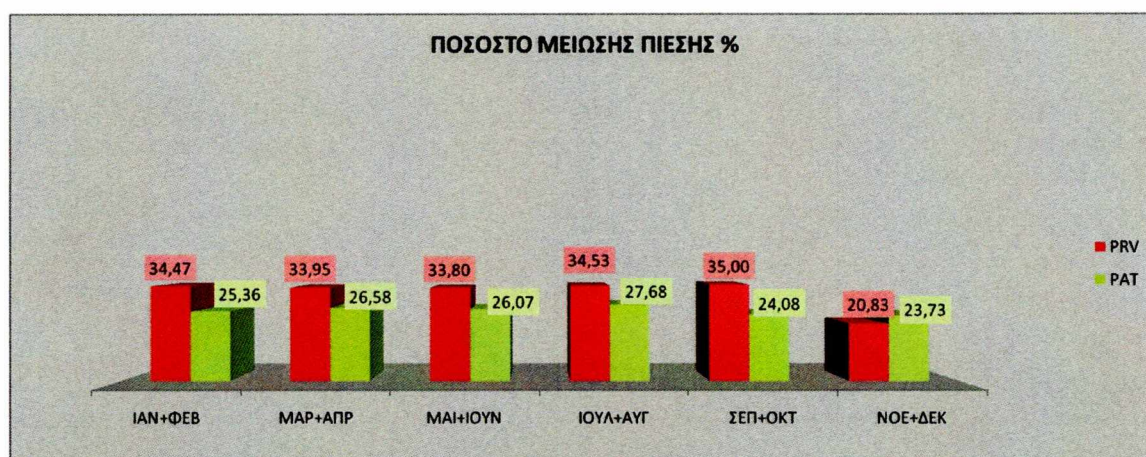
Η DMA 5 βρίσκεται και αυτή μετά τη DMA M και παρατηρείται ότι με την τοποθέτηση της PRV ή της PAT στη DMA M σημειώνεται κι εδώ μείωση της πίεσης, η οποία φτάνει με PRV στο 32,22% το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου και με PAT στο 26,14% κατά το δίμηνο Ιουλίου-Αύγουστου. Και στις δύο περιπτώσεις, η μέγιστη εξοικονόμηση νερού πραγματοποιείται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου και φτάνει τα 10.026m³, όταν τοποθετείται PRV, και 6.890m³, στις περιπτώσεις που τοποθετείται PAT στο δίκτυο.

Ακόμη, τοποθετήθηκε PAT στη θέση 13, η οποία βρίσκεται στη DMA 12, ανήκει στην τέταρτη ομάδα υποζωνών και βρίσκεται στην είσοδο της ζώνης. Ο κύριος τροφοδοτικός αγωγός αρχικά διατρέχει τη DMA 12. Στη συνέχεια, αφού διανέμει νερό σε αυτή τη DMA, εισέρχεται στη DMA 7 και κατόπιν στη DMA 6. Για την περίπτωση αυτή, εξετάστηκε το σενάριο, κατά το οποίο τοποθετήθηκε στη DMA 12 η PAT (4) με κλειστές όλες τις PRVs τόσο σε αυτή τη DMA όσο και στις επόμενες. Ακολούθως, εξετάστηκε και το σενάριο, κατά το οποίο είναι κλειστές όλες οι PRVs, εκτός εκείνων που βρίσκεται η DMA 13 ρυθμισμένη στα 200kpa. Έπειτα, έγινε σύγκριση των δύο σεναρίων και συγκεκριμένα πώς αυτές μειώνουν την πίεση και τις απώλειες της DMA 12, αλλά και κατά πόσο επηρεάζουν τις

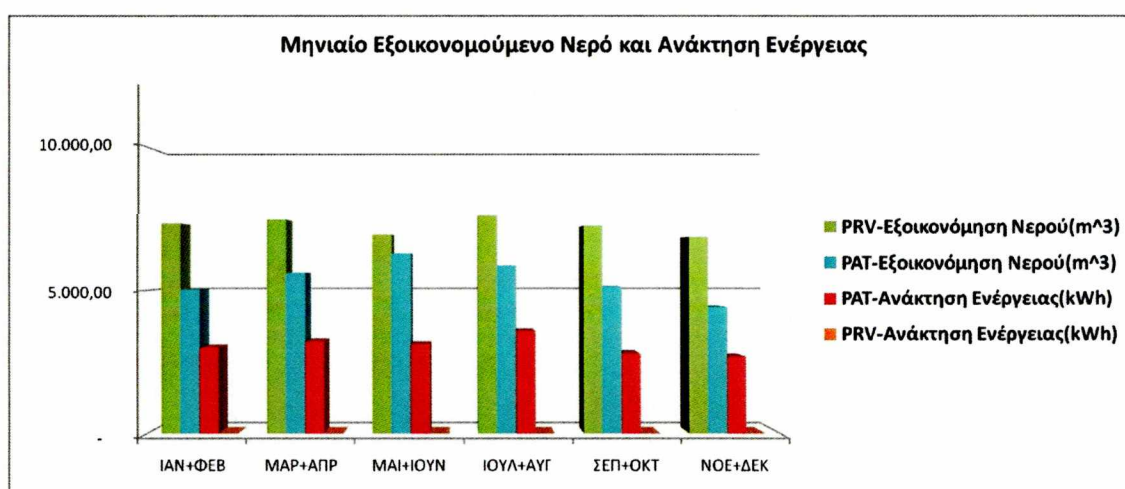
επόμενες DMAs σε σύγκριση με την αρχική κατάσταση, όπου δεν υπάρχουν ούτε PRVs ούτε PATs. Η μελέτη του δικτύου έγινε ανά δίκλινο.



Εικόνα 6: Τοποθέτηση PRV ή PAT στην τέταρτη υποζώνη



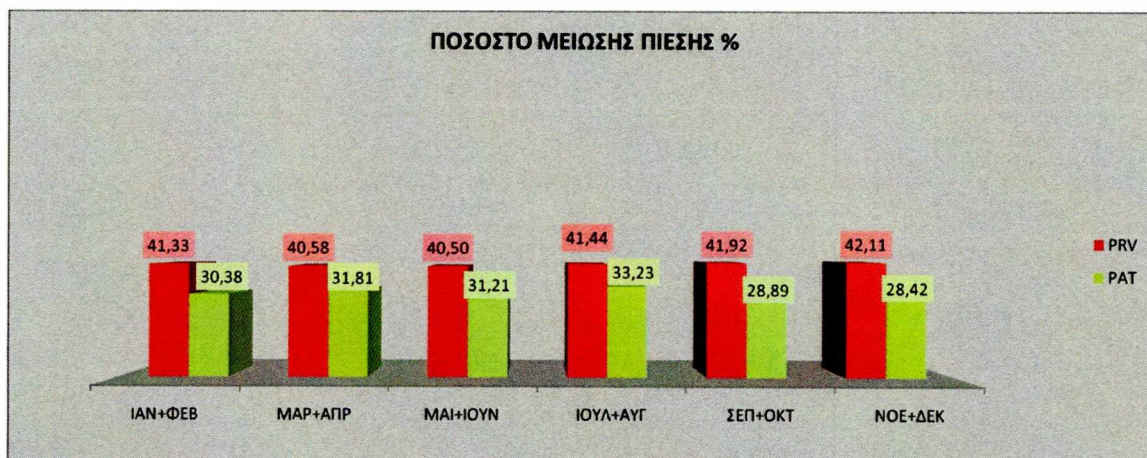
Γράφημα 29: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 12 για κάθε δίκλινο



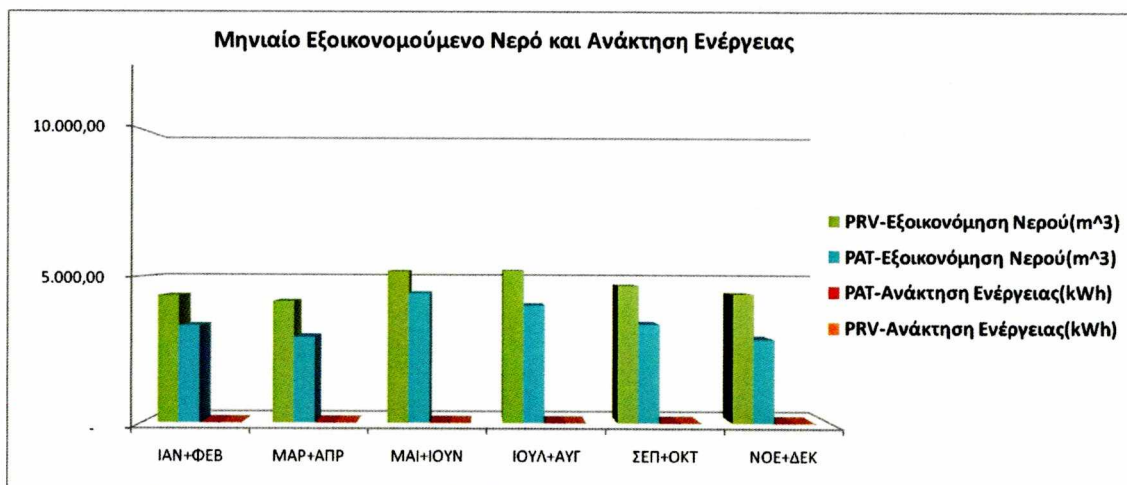
Γράφημα 30: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 12

Σύμφωνα με τα γραφήματα 29 και 30, διαπιστώνεται ότι η PRV ευνοεί τη ρύθμιση πίεσης αλλά και την εξοικονόμηση νερού συγκριτικά με την PAT. Η PRV μειώνει την πίεση της DMA 13 9% περισσότερο από την PAT. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού τόσο με τη χρήση της PRV όσο και με αυτή της PAT επιτυγχάνεται το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου και φτάνει τα 7.600m³ και τα 6.000m³ αντίστοιχα. Επιπλέον, η μέγιστη μείωση της πίεσης για την PRV γίνεται το δίμηνο Σεπτεμβρίου-Οκτώβριου, οπότε και φτάνει το 35%, ενώ για την PAT το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου και φτάνει το 27,68%. Τέλος, με τη χρήση της PAT έχουμε ανάκτηση ενέργειας της τάξεως των 36.538kW το χρόνο.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι DMAs 7 και 6, ως προς τον τρόπο που αυτές επηρεάζονται από την PRV και την PAT στη DMA 12.

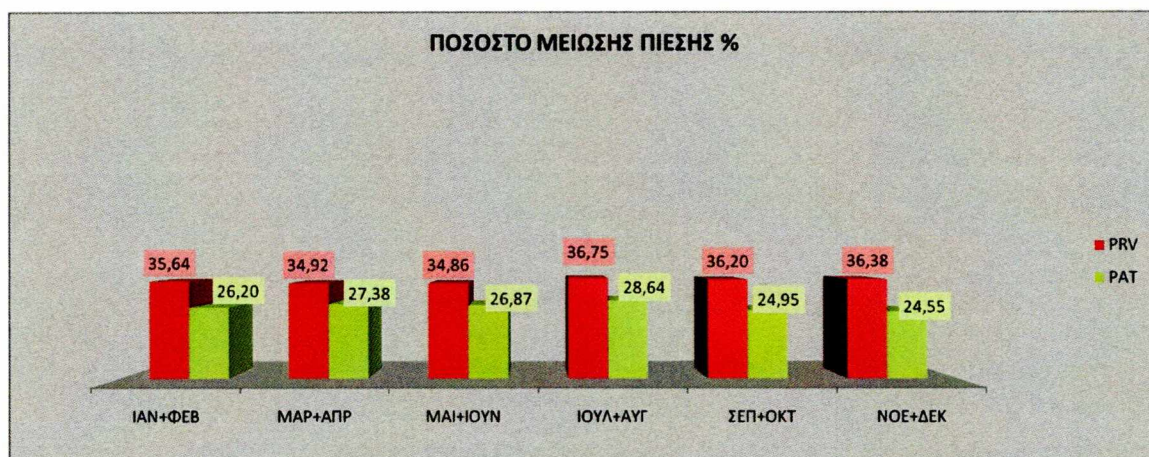


Γράφημα 31: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 7 για κάθε δίμηνο

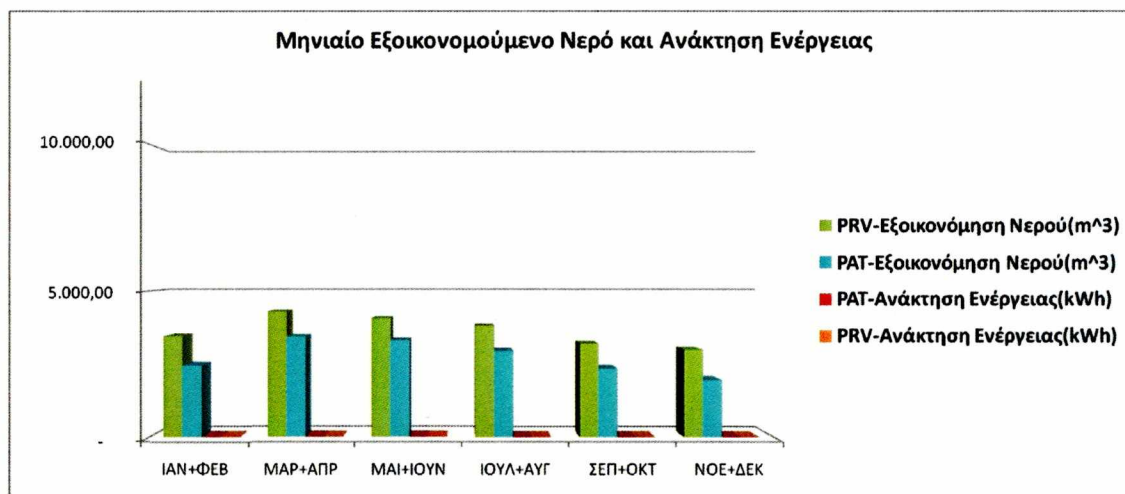


Γράφημα 32: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 7

Η DMA 7 βρίσκεται μετά τη DMA 12 και παρατηρείται ότι με την τοποθέτηση της PRV ή της PAT στη DMA 12 έχουμε μείωση της πίεσης, η οποία φτάνει με PRV στο 42,11% το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου και με PAT στο 32,23% κατά το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού, όταν υπάρχει PRV στη DMA 12, γίνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου και φτάνει τα 5,200m³. Στο ίδιο δίμηνο παρατηρείται μέγιστη εξοικονόμηση και στην περίπτωση που χρησιμοποιείται PAT και φτάνει τα 4.000m³.



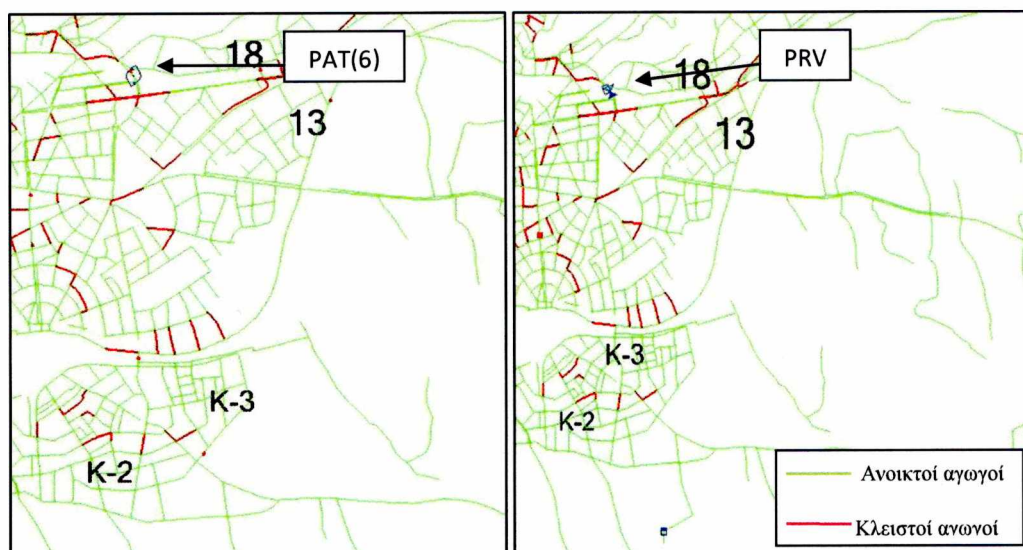
Γράφημα 33: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 6 για κάθε δίμηνο



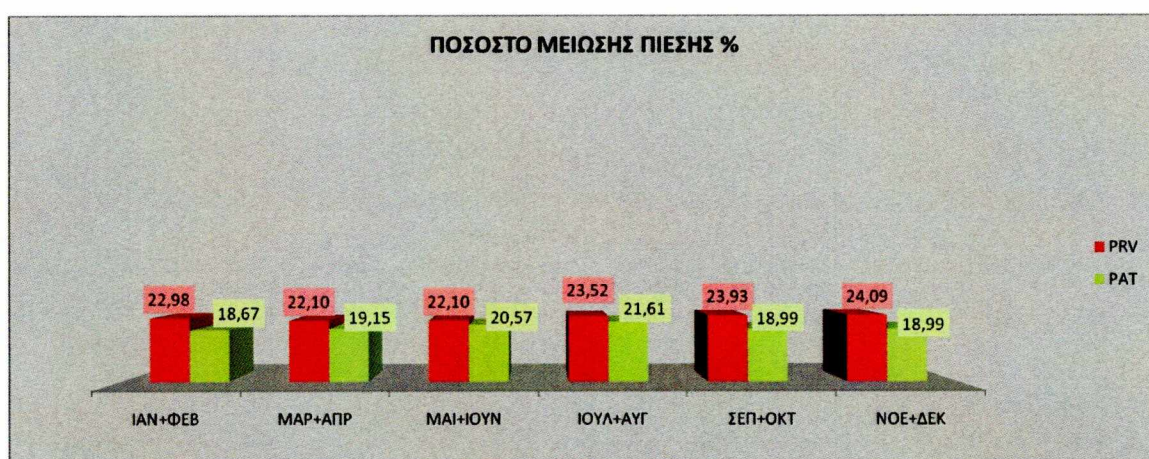
Γράφημα 34: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 6

Η DMA 6 βρίσκεται μετά τη DMA 7 και με τοποθέτηση PRV ή PAT στη DMA 12 παρατηρείται μείωση της πίεσης. Η μείωση με χρήση PRV φτάνει στο 36,75% το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου και με PAT στο 32,23% κατά το ίδιο δίμηνο. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού όταν υπάρχει PRV στη DMA 12 γίνεται το δίμηνο Μαρτίου-Απριλίου και φτάνει τα 4.301m³. Στο ίδιο δίμηνο γίνεται και για την περίπτωση που τοποθετείται PAT και φτάνει τα 3.431m³.

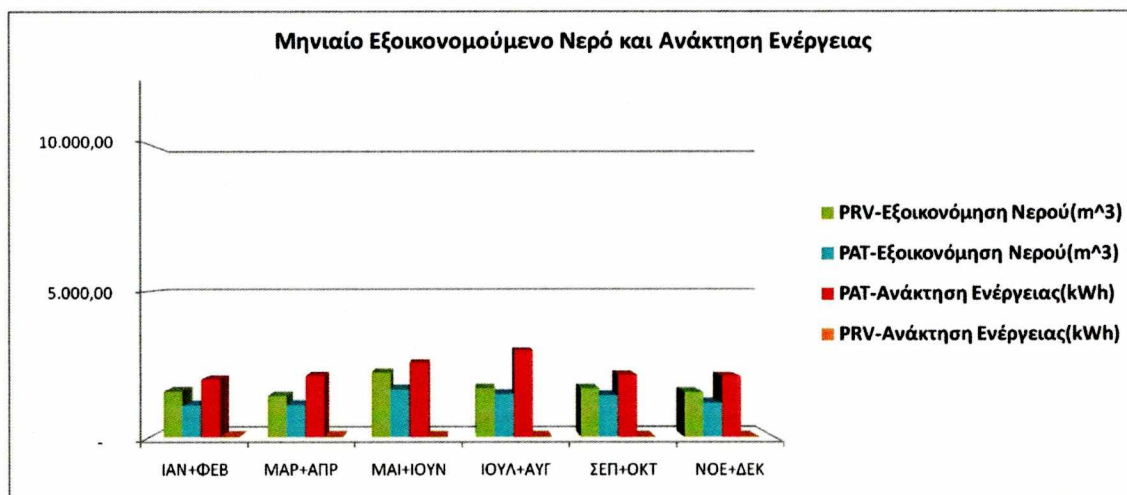
PAT τοποθετήθηκε, ακόμη, στη θέση 18, που βρίσκεται στην είσοδο της DMA 18. Η συγκεκριμένη DMA δεν ανήκει σε κάποια ομάδα υποζωνών, ωστόσο επηρεάζει τη δεύτερη ομάδα υποζωνών, όπου ανήκουν και οι DMAs 13 και Κ2,Κ3. Εξετάστηκε, έτσι, το σενάριο στο οποίο τοποθετήθηκε στη DMA 18 η PAT (6) με κλειστές όλες τις PRVs τόσο σε αυτή τη DMA όσο και στις επόμενες. Στη συνέχεια, εξετάστηκε και το σενάριο, κατά το οποίο είναι κλειστές όλες οι PRVs, εκτός της PRV, που βρίσκεται στη DMA 18 και είναι ρυθμισμένη στα 350kpa. Ακολούθως, συγκρίθηκαν τα δύο σενάρια και ελέγχθηκε, αρχικά, πώς η PRV και PAT μειώνουν την πίεση και τις απώλειες της DMA 12 και, δευτερευόντως, κατά ποσό επηρεάζουν τις επόμενες DMAs συγκριτικά με την αρχική κατάσταση, όπου δεν υπάρχουν PATs και PRVs. Η μελέτη του δικτύου έγινε και σ' αυτή την περίπτωση ανά δίμηνο.



Εικόνα 7: Τοποθέτηση PRV ή PAT στην DMA 18



Γράφημα 35: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 18 για κάθε δίμηνο



Γράφημα 36: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 18

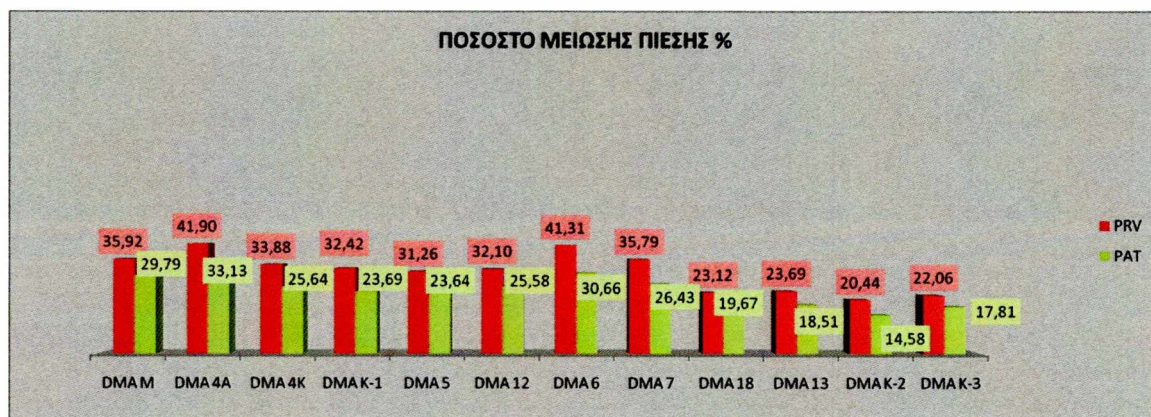
Όπως φαίνεται και από τα γραφήματα 35 και 36 η PRV κάνει λίγο καλύτερη ρύθμιση πίεσης και λίγο μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού από την PAT. Η PRV μειώνει την πίεση της DMA 18 κατά 5% περισσότερο απ' ό τι η PAT. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού και στις δύο περιπτώσεις επιτυγχάνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου και φτάνει για την PRV στα 2,200m³ και για την PAT στα 1,600m³. Η μέγιστη μείωση της πίεσης για την PRV γίνεται το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου, όπου και φτάνει το 24%, ενώ για την PAT το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου, όπου φτάνει το 21,61%. Επιπλέον, με τη χρήση της PAT έχουμε ανάκτηση ενέργειας, η οποία φτάνει τα 27,772kW το χρόνο.

Η τοποθέτηση PRV ή PAT στη DMA 18 επηρεάζει και τις DMAs 13, K-3 και K-2. Παρατηρήθηκε ότι στη DMA 13, που βρίσκεται μετά τη DMA 18, μετά την τοποθέτηση PRV ή PAT στη DMA 18 έχουμε μείωση της πίεσης, η οποία φτάνει με PRV στο 34,51% το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου και με PAT στο 20,55% στο δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού, όταν υπάρχει PRV στη DMA 18 γίνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου, όπου η εξοικονόμηση φτάνει τα 2.800m³. Στο ίδιο δίμηνο γίνεται και για την PAT και φτάνει τα 2.200m³.

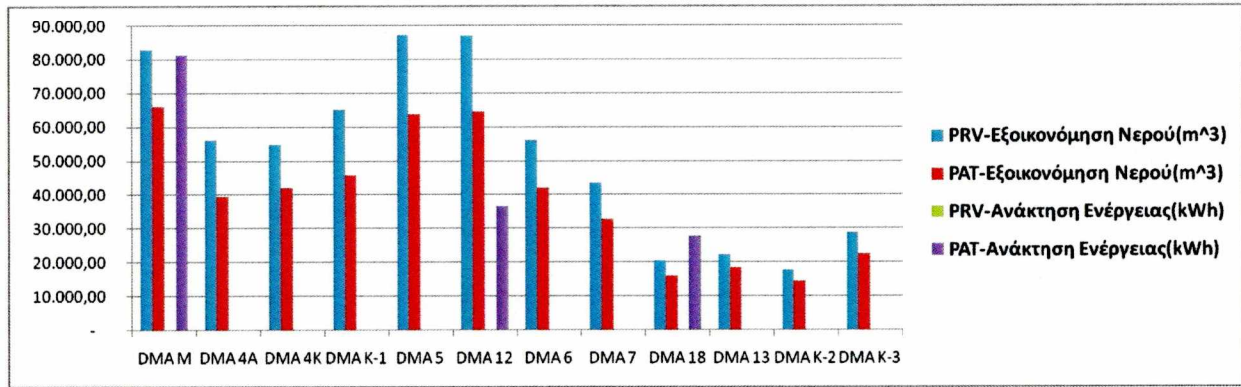
Για τη DMA K-3, που βρίσκεται μετά τη DMA 13, παρατηρείται ότι με την τοποθέτηση της PRV ή της PAT στη DMA 18 υπάρχει μείωση της πίεσης, που φτάνει με PRV στο 29,77% το δίμηνο Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου και με PAT στο 20,13% στο δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού, όταν υπάρχει PRV στη DMA 18 γίνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου αγγίζοντας τα 2.100m³, ενώ στο ίδιο δίμηνο γίνεται και για την PAT και φτάνει τα 1.600m³.

Τέλος, για τη DMA K-2, που είναι και τερματική της δεύτερης ζώνης, παρατηρήθηκε ότι μετά την τοποθέτηση της PRV ή της PAT στη DMA 18 υπάρχει μείωση της πίεσης, που φτάνει με PRV στο 30,76% το δίμηνο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου και με PAT στο 16,35% κατά το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου. Η μέγιστη εξοικονόμηση νερού και στις δύο περιπτώσεις γίνεται το δίμηνο Μαΐου-Ιουνίου, όπου η εξοικονόμηση φτάνει τα 3.870m³ με PRV και τα 3.140m³ με PAT στη DMA 18.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται η ετήσια μείωση της πίεσης, καθώς και η εξοικονόμηση νερού και παραγωγή ενέργειας.



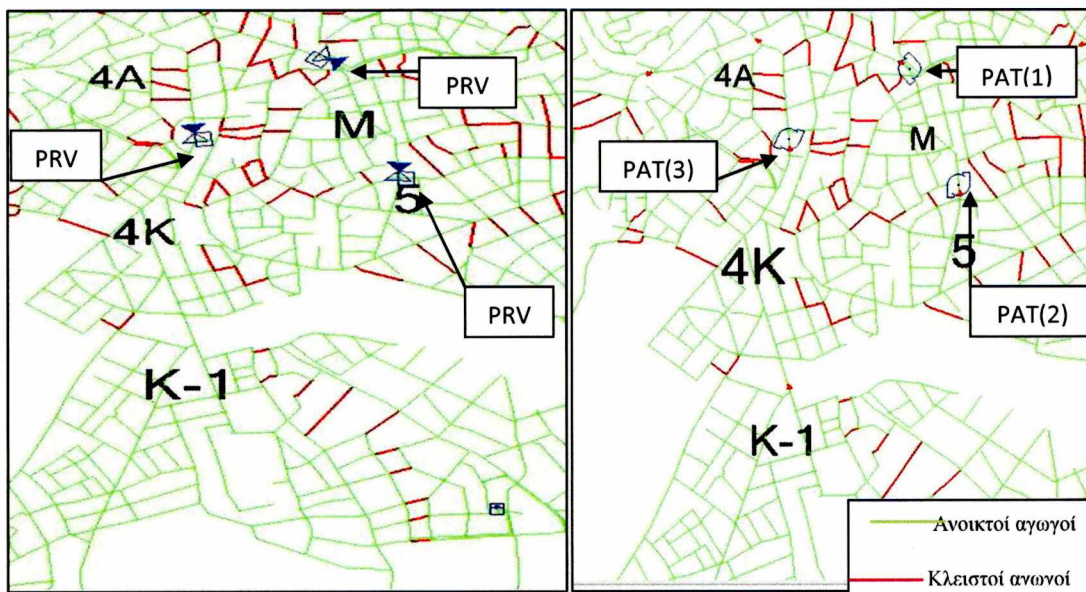
Γράφημα 37: Ετήσιο ποσοστό μείωσης της πίεσης για κάθε DMA



Γράφημα 38: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας για κάθε DMA

6.5.2 2^ο Σενάριο

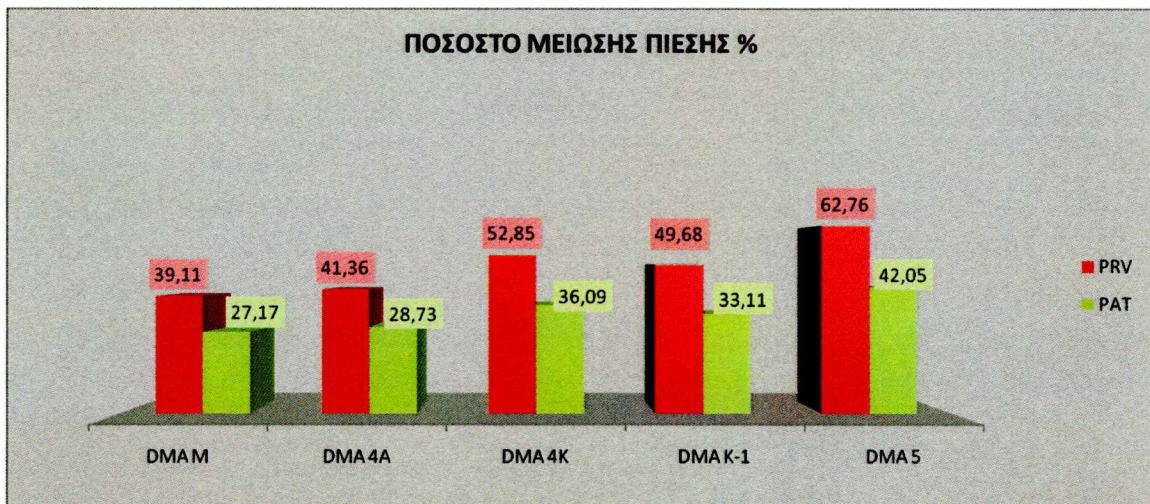
Στη συνέχεια, με ανοιχτές τις PATs στις DMAs M, 12 και 18, τοποθετήθηκαν PATs και στις επόμενες θέσεις, που είχε κριθεί ότι μπορούν να ανταπεξέλθουν στην παρουσία και λειτουργία των PATs. Τοποθετήθηκαν, δηλαδή, PATs στις DMAs 5, 4K, 7 και 13. Αυτό το σενάριο συγκρίθηκε τόσο με την αρχική κατάσταση, όπου δεν υπάρχει κανένας μηχανολογικός εξοπλισμός στο δίκτυο, αλλά και με την τοποθέτηση PRVs μόνο σε αυτές τις θέσεις.



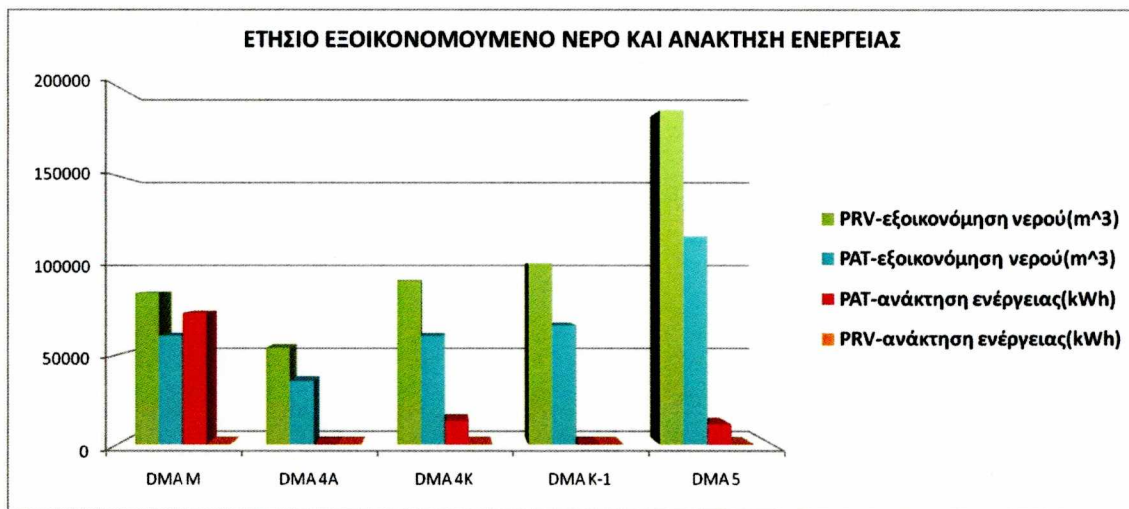
Εικόνα 8: Τοποθέτηση PRV ή PAT στην πρώτη υποζώνη

Στην πρώτη ομάδα υποζωνών, στη θέση 10 της DMA M, τοποθετήθηκαν, εκτός της PAT(1), και άλλες 2 PATs με σκοπό την παραγωγή ενέργειας και τη ρύθμιση της πίεσης. Τοποθετήθηκε η PAT(2) στη θέση 8, η οποία βρίσκεται στην είσοδο της DMA 4K και η PAT(3) στη θέση 11, που εντοπίζεται στην είσοδο της DMA 5. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η ετήσια ρύθμιση της πίεσης, η εξοικονόμηση νερού και η παραγωγή ενέργειας, που εξασφαλίζουν οι PATs συγκριτικά με τις PRVs και την αρχική κατάσταση.

Στη DMA M παρατηρούμε ότι η μέση ετήσια μείωση της πίεσης για την PRV φτάνει το 39%. Παρατηρούμε, ακόμη, ότι η PAT(1) μετά την τοποθέτηση των επόμενων δύο PAT εξασφαλίζει μείωση της πίεσης, που κυμαίνεται στο 27%, σε αντίθεση με το πρώτο σενάριο, κατά το οποίο παρουσιάστηκε μέση μείωση της πίεσης της τάξεως του 29,7%. Αυτό, βέβαια, είχε συνέπειες τόσο στη μείωση του εξοικονομούμενου νερού στη DMA όσο και στην ανακτώμενη από την PAT ενέργεια. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι εξοικονομούνται 6.000m³ λιγότερα το χρόνο και το νερό αγγίζει τα 60.000m³/χρόνο, ενώ η ανακτώμενη ενέργεια μειώνεται κατά 10.000Kw και φτάνει τα 73,400Kw/χρόνο. Η λειτουργία της PRV από την τοποθέτηση των PRVs στις παρακάτω DMAs δεν επηρεάζεται και εξοικονομούνται περίπου 84.000m³.



Γράφημα 39: Ετήσιο ποσοστό μείωσης της πίεσης για τις DMAs της πρώτης ομάδας υποζωνών

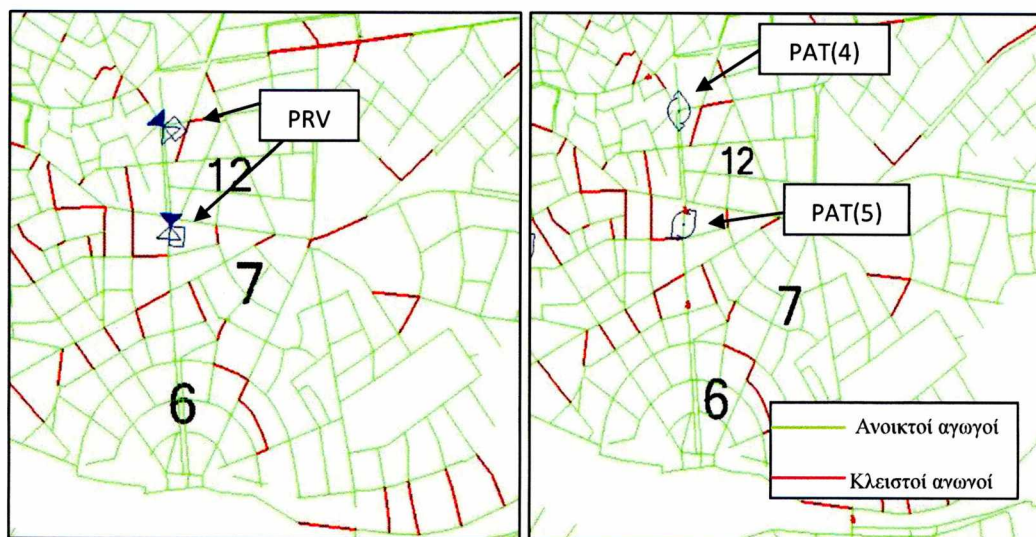


Γράφημα 40: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της πρώτης ομάδας υποζωνών

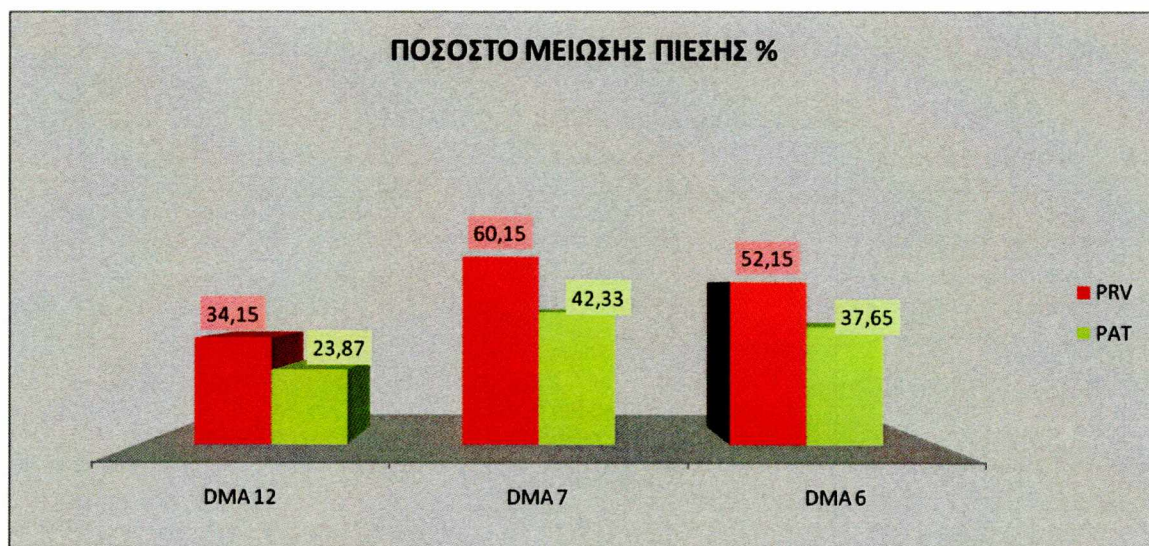
Στη DMA 5 τοποθετούμε την PAT(3) και παρατηρείται ότι η μείωση της πίεσης στη DMA 5 φτάνει το 42%, ενώ, όταν στη θέση αυτή τοποθετηθεί η PRV ρυθμισμένη στα 200kpa, η πίεση μειώνεται έως 63%. Με την τοποθέτηση της PAT έχουμε ανάκτηση ενέργειας, η οποία είναι της τάξεως των 11.326Kw το χρόνο. Η εξοικονόμηση νερού με την PAT φτάνει τα 116.000 m³ το χρόνο, ενώ με την PRV τα 186.000m³. Ακόμη, τοποθετήθηκε

η PAT(3) στη θέση 8, που βρίσκεται στη DMA 4K. Η μείωση της πίεσης μετά την τοποθέτηση της PAT κυμαίνεται στο 36%. Από την άλλη αν τοποθετήσουμε PRV η μείωση της πίεσης είναι περίπου 52% και η εξοικονόμηση νερού φτάνει τα 90,000m³ το χρόνο. Συνολικά, φάνηκε ότι με την ύπαρξη της PAT εξοικονομούνται περίπου 60.000m³ νερό και παράγονται 13.137 KW το χρόνο. Στις DMA 6 και K-1 δεν τοποθετήθηκε ούτε PAT ούτε PRV παρ' όλα αυτά, όπως και στο σενάριο 1, επηρεάζονται από την τοποθέτηση των PATs ή PRVs στις DMA M και 5.

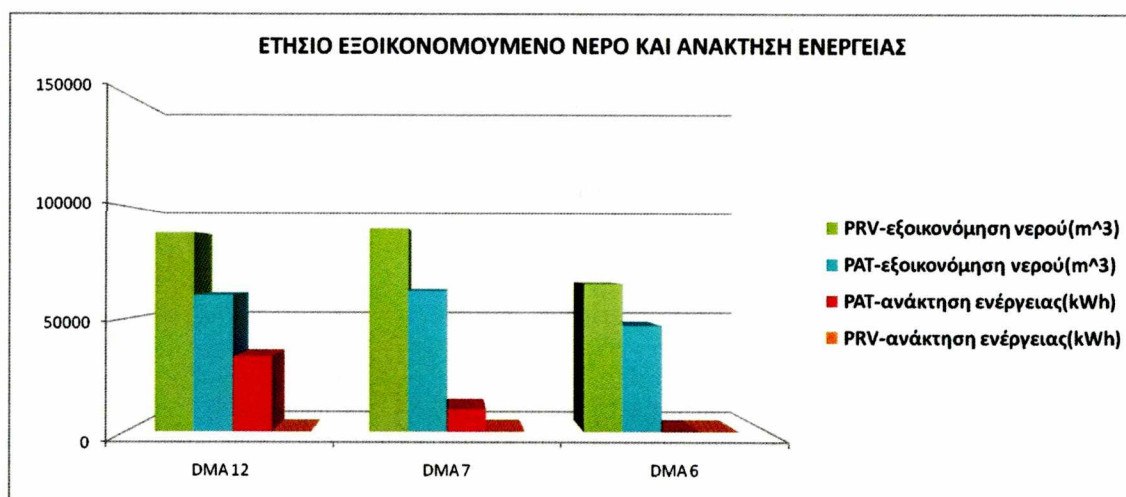
Στην τέταρτη ομάδα υποζωνών, εκτός από την PAT(4), που βρίσκεται στη DMA 12 και τοποθετήθηκε στο σενάριο 1, τοποθετήθηκε και η PAT(5) στην είσοδο της DMA 7. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να υπάρξει μία μέση πτώση της πίεσης της DMA 12 της τάξεως του 24%, δηλαδή κατά 2% λιγότερη απ' ότι στο σενάριο 1. Παρ' όλα αυτά έχουμε 60,000m³ εξοικονόμηση νερού το χρόνο, δηλαδή κατά 3000 κυβικά λιγότερο απ' ότι όταν τοποθετήθηκε μόνο η PAT(4). Με την PRV παρατηρείται μέση μείωση της πίεσης στο 34% και εξοικονόμηση 84.000 κυβικών νερού το χρόνο. Η PAT ανακτά ενέργεια της τάξεως των 33Mw το χρόνο περίπου, δηλαδή, 3Mw/χρόνο λιγότερη απ' ότι στο σενάριο 1. Μετά την τοποθέτηση της PAT(5) στην είσοδο της DMA 7 έχουμε μια μείωση της πίεσης, η οποία φτάνει το 42%, ενώ με την τοποθέτηση της PRV φτάνει το 60%. Η εξοικονόμηση νερού με την PRV αγγίζει τα 90.000m³ το χρόνο και με την PAT τα 63.000m³. Παράλληλα, σημειώνεται και ανάκτηση ενέργειας της τάξεως των 10Mw. Στη DMA 6, που βρίσκεται μετά τη DMA 7, δεν έχουμε τοποθέτηση μηχανολογικού εξοπλισμού αλλά επηρεάζεται, όπως και στο σενάριο 1, και έχουμε επιπλέον μείωση της πίεσης, καθώς και εξοικονόμηση νερού. Τα αποτελέσματά της παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 9: Τοποθέτηση PRV ή PAT στην τέταρτη υποζώνη

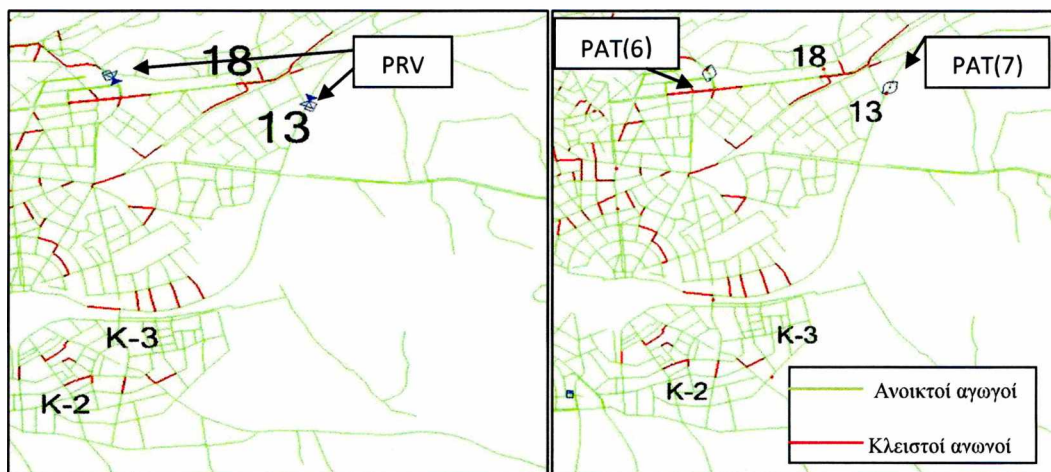


Γράφημα 41: Ετήσιο ποσοστό μείωσης της πίεσης για τις DMAs της τέταρτης ομάδας υποζωνών

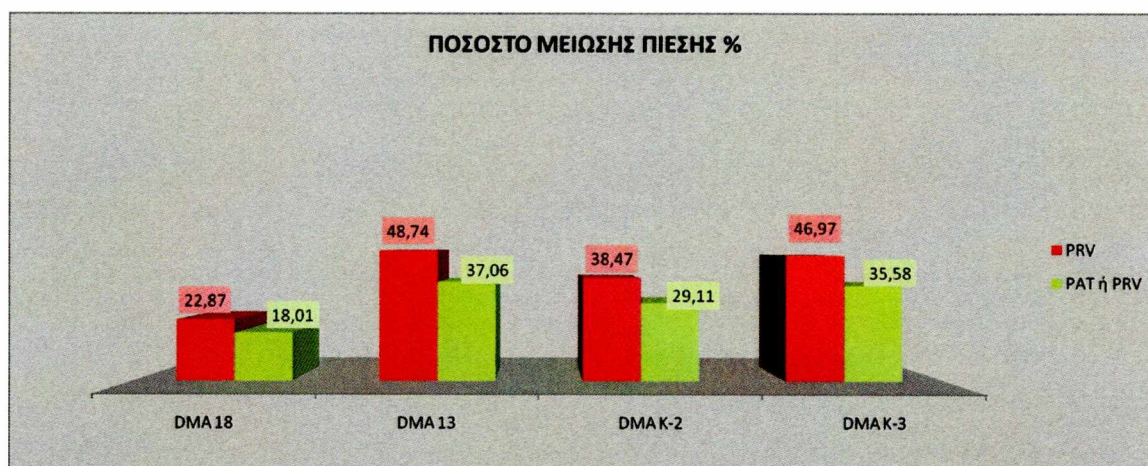


Γράφημα 42: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της τέταρτης ομάδας υποζωνών

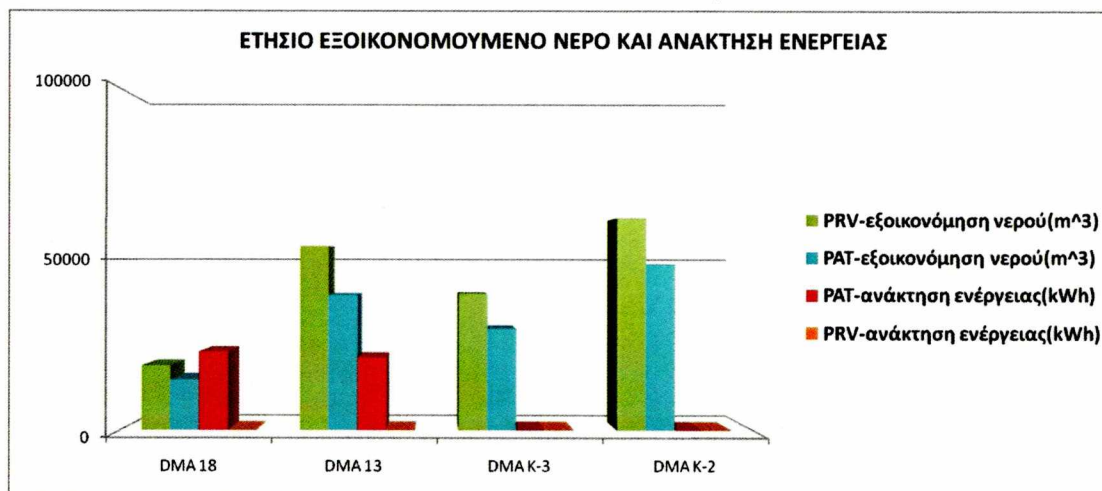
Τέλος, τοποθετήθηκαν PATs και στη DMA 13, η οποία βρίσκεται στη δεύτερη υποζώνη, αλλά παρ' όλα αυτά επηρεάζεται από τη DMA 18. Με την τοποθέτηση της PAT(6) στη DMA 18 παρατηρείται μείωση της πίεσης της τάξεως του 18%, καθώς και εξοικονόμηση νερού περίπου 14.000m³/χρόνο. Αντίστοιχα, με την τοποθέτηση PRV έχουμε 19.000m³ εξοικονομούμενο νερό και μείωση της πίεσης, που φτάνει το 22%. Παρατηρείται, ακόμη, ότι η παραγωγή ενέργειας από την PAT μειώνεται λόγω της τοποθέτησης PAT στη DMA 13 και από 27Mw πέφτει στα 23Mw/χρόνο. Ανάλογα δρα και η εξοικονόμηση νερού. Στη DMA 13, μετά την τοποθέτηση της PAT(7), έχουμε ανάκτηση ενέργειας της τάξεως των 2.1Mw και εξοικονόμηση νερού 40.000m³/χρόνο. Στην περίπτωση, όπου τοποθετήσουμε PRV ρυθμισμένη στα 350Kpa σημειώνεται εξοικονόμηση νερού περίπου 53.000m³. Στις DMA K-2 και K-3 δεν τοποθετείται κάποιος μηχανολογικός εξοπλισμός, ωστόσο, όπως και στο σενάριο 1, οι εν λόγω DMAs επηρεάζονται σαφώς περισσότερο με την τοποθέτηση των PATs στις παραπάνω DMAs.



Εικόνα 10: Τοποθέτηση PRV ή PAT στη DMA 18 στη δεύτερη υποζώνη



Γράφημα 43: Ετήσιο ποσοστό μείωσης της πίεσης για τις DMAs της δεύτερης ομάδας υποζωνών



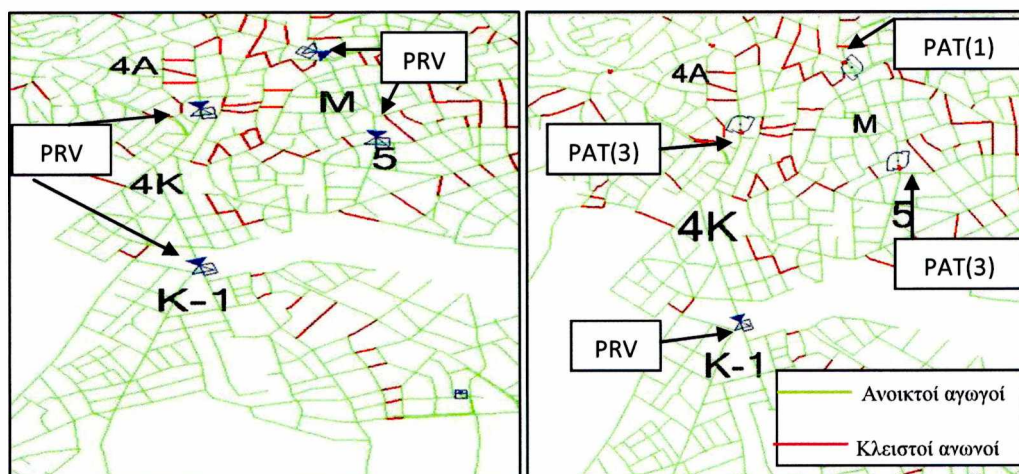
Γράφημα 44: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της δεύτερης ομάδας υποζωνών

6.5.3 3^ο Σενάριο

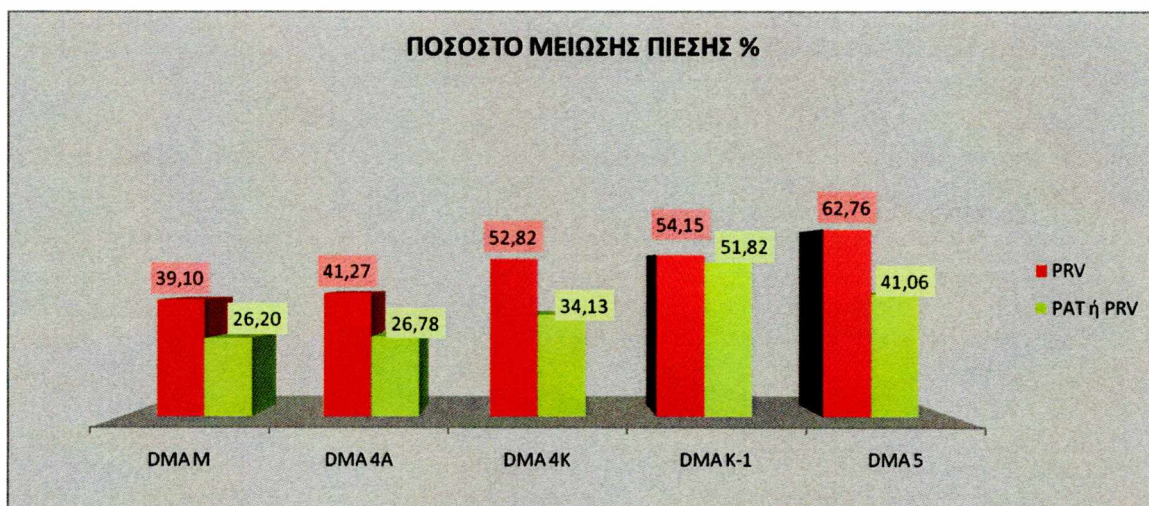
Τέλος, ενεργοποιήθηκαν οι PATs αλλά και οι PRVs στις υπόλοιπες DMAs, που προηγουμένως δεν τοποθετήθηκαν PATs. Στο πλαίσιο αυτό έγινε σύγκριση με το σενάριο, κατά το οποίο τοποθετούνται σε όλες τις DMAs PRVs.

Αρχικά, για την πρώτη ομάδα υποζωνών παρουσιάζονται τα ετήσια οφέλη και για τις δυο περιπτώσεις. Στην πρώτη υποζώνη, με βάση το σενάριο 2, έχουμε τοποθετήσει στη DMA M την PAT(1), την PAT(2) στη DMA 4K και την PAT(3) στη DMA 5. Στη συνέχεια, ενεργοποιήθηκε και η PRV στη DMA K-1 και ρυθμίστηκε στα 325Kpa. Στο σενάριο, όπου έχουμε μόνο τις PRVs, ενεργοποιούμε και την PRV στη DMA K-1 ρυθμισμένη στα 310Kpa. Είναι σκόπιμο, στο σημείο αυτό, να υπενθυμιστεί ότι οι PRVs στις DMAs M, 4K και 5 είναι ρυθμισμένες στα 250, 230 και 200Kpa αντίστοιχα. Στη DMA 4A δεν τοποθετήθηκε, τελικά, PRV, καθώς έγινε αρκετή ρύθμιση της πίεσης από την PRV στη DMA M και οποιαδήποτε περαιτέρω μείωση θα προκαλούσε πρόβλημα στη DMA 4A ρίχνοντας την πίεση αρκετούς κόμβους κάτω από 2atm.

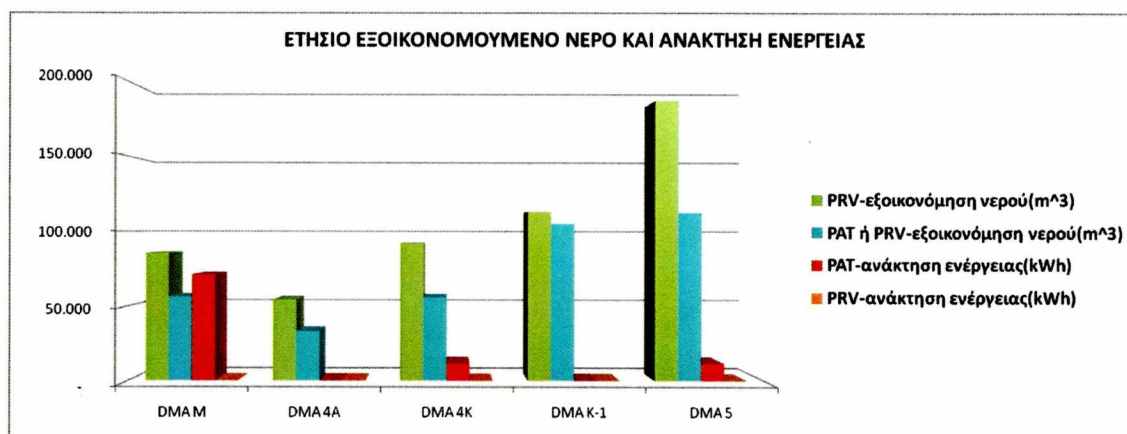
Γίνεται, επομένως, αντιληπτό ότι με το συνδυασμό PATs και PRVs υπάρχει σε όλη τη ζώνη μια μέση μείωση της πίεσης, που κυμαίνεται από 26% έως 51% ανάλογα τον μηχανολογικό εξοπλισμό. Επίσης, το ετήσιο νερό που εξοικονομείται σε όλη τη ζώνη κυμαίνεται από 35.000m³ στη DMA 4A έως και 115.000m³ στη DMA 5. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας από τις τουρμπίνες, που τοποθετήθηκαν στις DMAs M, 4K και 5 φτάνει τα 71Mw, 11.2 Mw και 11.2 Mw αντίστοιχα. Η παραγωγή ενέργειας στις DMAs M, 4K, σε σύγκριση με το σενάριο 2, είναι ελαφρώς μειωμένη κατά 2.000Kw. Και στην περίπτωση αυτή, μετά την τοποθέτηση της PRV στην τελευταία DMA επηρεάζεται η λειτουργία των τουρμπίνων, που βρίσκονται στις παραπάνω DMAs, με αποτέλεσμα να έχουμε λιγότερη εξοικονόμηση νερού της τάξεως των 5000m³ σε καθεμιά από αυτές. Αντίθετα, στην περίπτωση που έχουμε μόνο τις PRVs η εξοικονόμηση νερού στη ζώνη κυμαίνεται από 50,000m³ στη DMA 4A και φτάνει τα 187,000m³ στη DMA 5. Η μείωση της πίεσης στη ζώνη ανάλογα τη DMA κυμαίνεται από 39% έως 62%.



Εικόνα 11: Τοποθέτηση PRVs ή PATs στην πρώτη υποζώνη

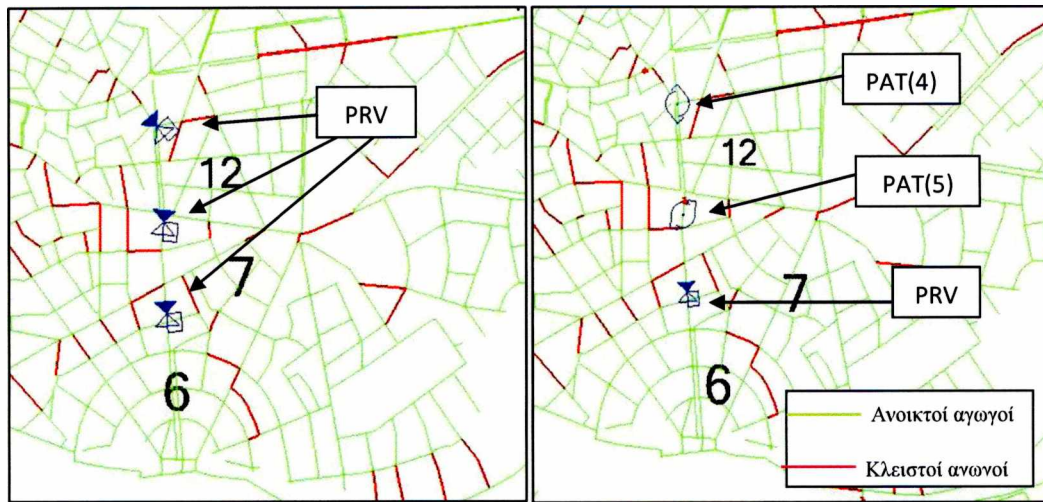


Γράφημα 45: Ετήσιο ποσοστό μείωσης της πίεσης για τις DMA της πρώτης ομάδας υποζωνών

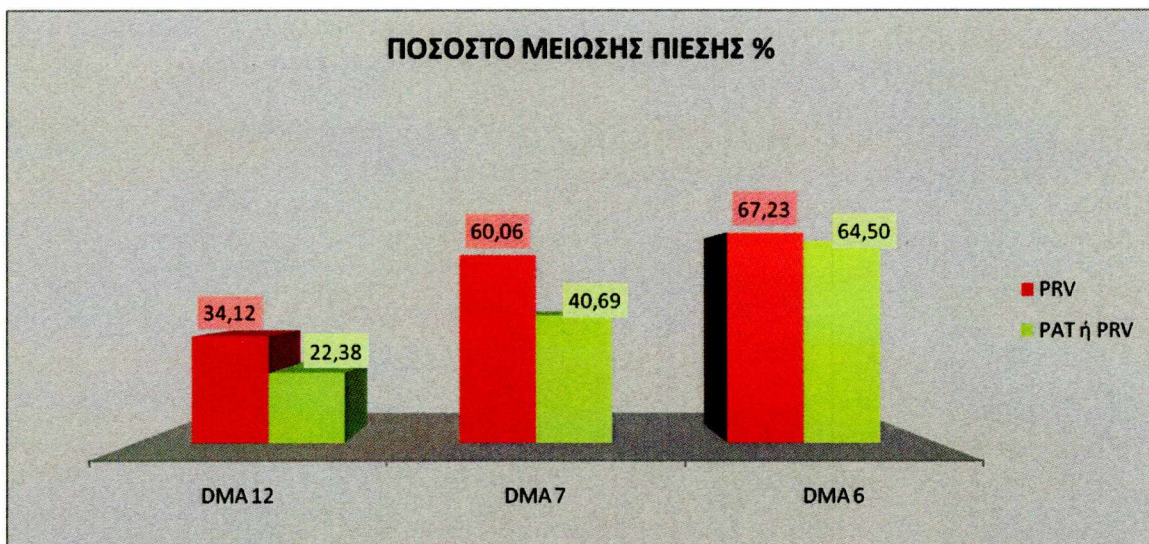


Γράφημα 46: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της πρώτης ομάδας υποζωνών

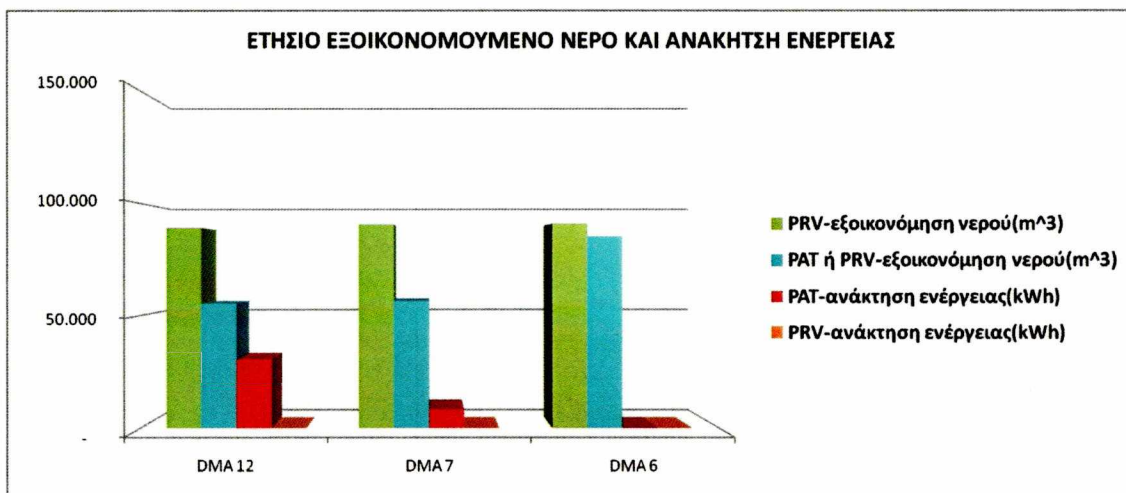
Στην τέταρτη ομάδα υποζωνών, εκτός των PATs, που τοποθετηθήκαν στις DMAs 12 και 7, τοποθετήθηκε, στη DMA 6, PRV ρυθμισμένη στα 220kpa. Αυτό το σενάριο συγκρίθηκε με εκείνο, όπου υπήρχε ενεργοποίηση μόνο των PRVs σε όλες τις DMAs της ζώνης και ήταν ρυθμισμένες στα 200, 250 και 200 αντίστοιχα για τις DMAs 12, 6 και 7. Όταν έχουμε και PRV και PAT, η ετήσια μείωση της πίεσης κυμαίνεται στη ζώνη από 22% έως 65% ενώ, όταν υπάρχουν μόνο PRVs, η μείωση της πίεσης κυμαίνεται από 34% έως 67% ανάλογα τη DMA. Και σε αυτή τη ζώνη παρατηρείται ότι στις DMAs, στις οποίες υπάρχουν υπάρχουν PATs, η μείωση του εξοικονομούμενου νερού σε καθεμία φτάνει περίπου τα 5000m³, λόγω της τοποθέτησης της PRV, ενώ παράλληλα σημειώνεται μείωση της πίεσης κατά 2%. Η ετήσια εξοικονόμηση νερού από όλη την ζώνη είναι στα 270,000m³, όταν έχουμε μόνο PRVs, ενώ, όταν έχουμε και PATs και PRVs, φτάνει τα 197.000m³ το χρόνο. Τέλος, από τις PATs έχουμε μια συνολική ανάκτηση ενέργειας περίπου 39Mw το χρόνο.



Εικόνα 12: Τοποθέτηση PRVs ή PATs στην τέταρτη υποζώνη

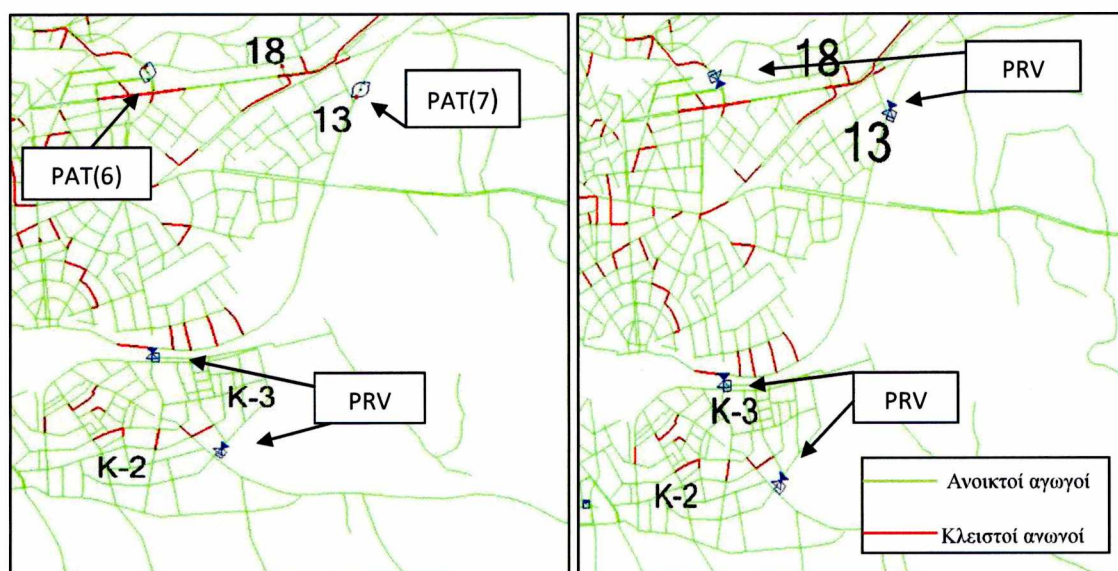


Γράφημα 47: Ετήσιο ποσοστό μείωσης της πίεσης για τις DMAs της τέταρτης ομάδας υποζωνών

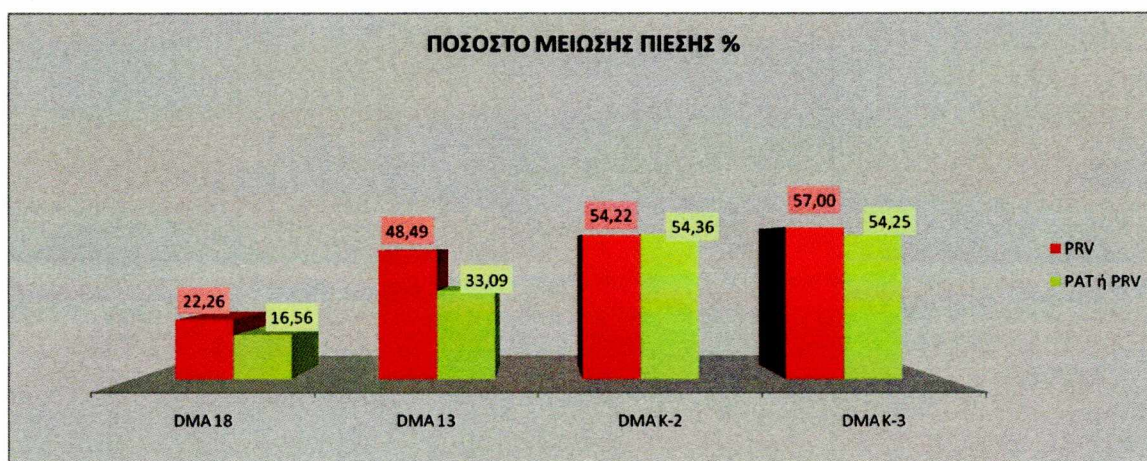


Γράφημα 48: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της τέταρτης ομάδας υποζωνών

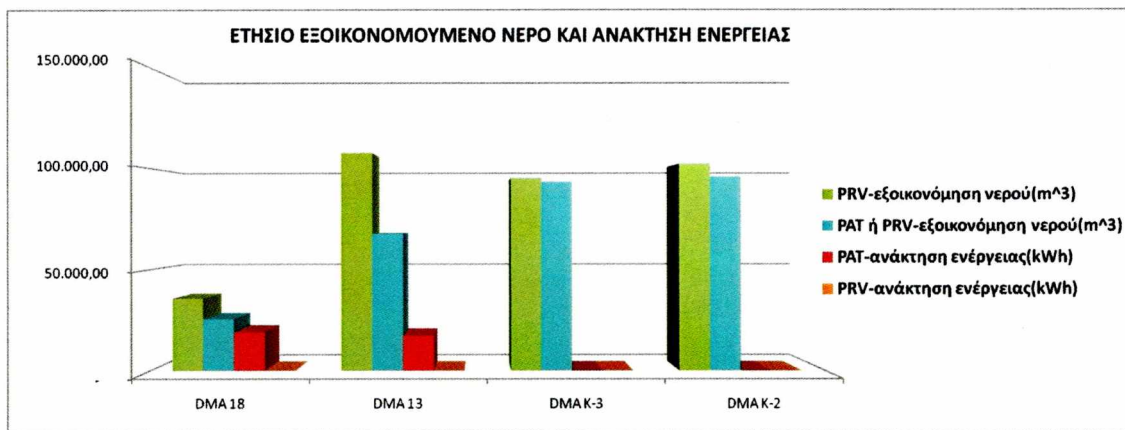
Τέλος, μετά την τοποθέτηση των PATs στις DMAs 18 και 13 ενεργοποιήθηκαν και εκεί οι PRVs στις επόμενες DMAs (K-3 και K-2) και ρυθμιστήκαν στα 270kpa και 260kpa αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα συγκριθήκαν με την τοποθέτηση μόνο PRVs σε όλες τις DMAs, οι οποίες ρυθμιστήκαν στα 350kpa, 385kpa, 250kpa, 240kpa αντίστοιχως για τις DMAs 18,13,K-3,K-2. Η DMA 18 δεν ανήκει σε κάποια ζώνη, ενώ οι υπόλοιπες DMAs συνιστούν τη δεύτερη ομάδα υποζωνών. Όταν έχουμε και PRV και PAT στη δεύτερη ζώνη, η ετήσια μείωση της πίεσης κυμαίνεται από 33% έως 54%, ενώ αντίστοιχα, όταν υπάρχουν μόνο PRVs από 48% έως 57% ανάλογα τη DMA. Η ετήσια εξοικονόμηση νερού συνολικά από όλη τη ζώνη ανέρχεται στα 304.000m³, όταν έχουμε μόνο PRVs, ενώ όταν έχουμε PAT και PRV, φτάνει τα 253.000m³ το χρόνο. Επίσης, από την PAT στη DMA 13 έχουμε μια συνολική ανάκτηση ενέργειας της τάξεως των 17Mw το χρόνο. Για αυτό το σενάριο, όταν λειτουργεί η PAT στη DMA 18, έχουμε παραγωγή ενέργειας, που φτάνει τα 19Mw το χρόνο, η πίεση μειώνεται κατά 17% και εξοικονομούνται περίπου 25.000m³ νερού το χρόνο, ενώ όταν λειτουργεί η PRV έχουμε μείωση της πίεσης κατά 22% και η εξοικονόμηση νερού αγγίζει τα 35.000m³ το χρόνο.



Εικόνα 13: Τοποθέτηση PRVs ή PATs στην DMA 18 στη δεύτερη υποζώνη



Γράφημα 49: Ετήσιο ποσοστό μείωσης της πίεσης για τις DMAs της δεύτερης ομάδας υποζωνών



Γράφημα 50: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της δεύτερης ομάδας υποζωνών

7. Ανάλυση Δεδομένων

Τα αποτελέσματα από την παραπάνω μελέτη παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Παρατηρήθηκε, λοιπόν, από το σενάριο 1, ότι, όταν γίνει εισαγωγή κάποιου μηχανολογικού εξοπλισμού PRV ή PAT στην είσοδο κάποιας DMA, ο εξοπλισμός αυτός επηρεάζει και τη DMA αυτή αλλά και τις επόμενες, εφόσον φυσικά υπάρχουν. Όπως ήταν αναμενόμενο μέγιστη μείωση της πίεσης και εξοικονόμηση νερού επιτυγχάνεται στο σενάριο 3, όπου σε όλες σχεδόν τις DMAs μιας ζώνης υπάρχει μηχανολογικός εξοπλισμός. Επομένως, αν η εταιρεία ύδρευσης επιδιώκει τη μέγιστη ρύθμιση του δικτύου θα πρέπει να τοποθετήσει PRVs σε όλες τις DMAs.

Ακόμη, αποδείχθηκε ότι σε ορισμένες θέσεις αντί για PRV είναι δυνατό να τοποθετηθούν αντλίες, που λειτουργούν σαν τουρμπίνα (PAT). Τα αποτελέσματα από την τοποθέτηση PAT σε ορισμένες DMAs είναι αξιοσημείωτα και πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη. Στο σενάριο 3 έγινε σύγκριση της τοποθέτησης PRV σε όλες τις θέσεις με την τοποθέτηση PAT στις θέσεις, που είχαν κριθεί κατάλληλες για εγκατάσταση PAT, ενώ στις υπόλοιπες DMAs τοποθετήθηκαν PRVs. Στις θέσεις, στις οποίες, αντί να τοποθετηθούν οι PRVs, τοποθετήθηκαν PATs, η πίεση ήταν κατά 10%-15% υψηλότερη, ενώ και στις δυο περιπτώσεις στις υπόλοιπες DMAs, που λειτουργούν οι PRVs, η μείωση της πίεσης ήταν ίδια. Παρ' όλα αυτά και στις δύο περιπτώσεις η εξοικονόμηση νερού ήταν εξίσου πολύ μεγάλη και, όταν λειτουργούν μόνο οι PRVs, και για τις 3 υποζώνες φτάνει τα 1.143.000m³, ενώ σε συνδυασμό με PATs τα 842.000m³. Παράλληλα, με την τοποθέτηση PATs υπάρχει η δυνατότητα για ανάκτηση ενέργειας, η οποία μπορεί να φτάσει τα 170Mw ετησίως και να αξιοποιηθεί καταλλήλως.

Είναι λογικό, βέβαια, η ρύθμιση της πίεσης και η εξοικονόμηση νερού να γίνεται πολύ καλύτερα με την PRV, καθώς αυτή είναι η βασική λειτουργία της και μπορεί να ρυθμιστεί με τον ακριβέστερο και πιο επικερδή τρόπο. Αντίθετα, η βασική λειτουργία μιας τουρμπίνας είναι να παράγει ενέργεια και όχι να ρυθμίζει την πίεση. Όταν τοποθετούμε σε έναν αγωγό μέσα στο δίκτυο μια PRV, τη ρυθμίζουμε επιλέγοντας την πίεση που θέλουμε να αφήνει και στη συνέχεια αυτή κάνει τη ρύθμιση μειώνοντας το μανομετρικό ύψος της θέσης. Κατά συνέπεια, μειώνεται και η ροή στον αγωγό. Σε αντιδιαστολή, όταν τοποθετούμε μια αντλία, που λειτουργεί σαν τουρμπίνα, ανάλογα με τη ροή του αγωγού, αξιοποιεί μια ποσότητα μανομετρικού ύψους του σημείου και γίνεται, στη συνέχεια, η εκάστοτε ρύθμιση της πίεσης. Επομένως, η ρύθμιση της πίεσης σε αυτή την περίπτωση εξαρτάται από τον εξοπλισμό, τη ροή του αγωγού κάθε ώρα αλλά και το μέγεθος του μανομετρικού ύψους, που μπορεί να αξιοποιηθεί.

Για την εγκατάσταση μηχανολογικού εξοπλισμού ακολουθήθηκε μια ορισμένη μεθοδολογία. Συγκεκριμένα, αρχικά επιλέχθηκαν τα σημεία, στα οποία θα μπορούσαν να τοποθετηθούν οι αντλίες, που θα λειτουργούν σαν τουρμπίνες και θα εγκατασταθούν στο δίκτυο αντί για PRVs. Έπειτα, έγινε αναζήτηση του ανάλογου εξοπλισμού στην αγορά και ακολούθησαν τρία σενάρια για την εγκατάστασή του. Στο πρώτο σενάριο επιχειρήθηκε εισαγωγή μόνο των PATs στις αρχικές DMAs των ζωνών, ενώ στο δεύτερο σενάριο με τις ήδη τοποθετημένες PATs τοποθετήθηκαν επιπλέον PATs και στις επόμενες DMAs. Τέλος,

στο σενάριο 3 με τοποθετημένες όλες τις PATs στις DMAs τοποθετηθήκαν PRVs στις υπόλοιπες DMAs. Όλη αυτή η διαδικασία έγινε με γνώμονα ότι σε όλες τις περιπτώσεις η πίεση του δικτύου δεν έπρεπε να πέσει κάτω από 2atm. Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι, μετά την τοποθέτηση των πρώτων PATs, η τοποθέτηση των επόμενων είχε ως αποτέλεσμα να επηρεαστεί η λειτουργία των πρώτων, μειώνοντας έτσι την παραγωγή ενέργειας. Αυτό έγινε και όταν, στη συνέχεια, τοποθετηθήκαν και οι PRVs στις επόμενες DMAs. Κάτι τέτοιο συμβαίνει, καθώς όλες οι DMAs σε μια ζώνη τροφοδοτούνται από τον ίδιο αγωγό, επομένως, όταν τοποθετούμε PAT ή PRV σε κάποια από αυτές, αυτή επιφέρει μείωση ροής σε όλο τον αγωγό. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι αυτό δεν έχει κάποια επίπτωση στις θέσεις, όπου υπάρχουν PRVs. Όταν υπάρχουν τουρμπίνες, η μείωση ροής έχει σαν αποτέλεσμα τη λιγότερη αξιοποίηση μανομετρικού ύψους από την PAT, με συνέπεια να προκαλείται μικρότερη παραγωγή ενέργειας, καθώς και μικρότερη ρύθμιση πίεσης. Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι, όταν θέλουμε να εγκαταστήσουμε μια PAT σε μια DMA, η οποία τροφοδοτείται από ή τροφοδοτεί μια άλλη DMA, πρέπει να ληφθεί υπόψη αν σε εκείνες τις DMAs έχει γίνει ή πρόκειται να γίνει η τοποθέτηση κάποιου μηχανολογικού εξοπλισμού, που θα οδηγήσει σε μείωση της ροής στον αγωγό.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η μέση ετήσια ενέργεια ανά ώρα, που παράγεται ανά σενάριο για τις PATs σε σχέση με αυτή που προεκτιμήθηκε, καθώς και η μέση ετήσια παροχή σε κάθε θέση.

Πινάκας 29: Ετήσια ενέργεια που εκτιμάται και ανακτάται για κάθε περίπτωση

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ kWh	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΤΙΜΑΤΑΙ	70% ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΤΙΜΑΤΑΙ ΟΤΙ ΘΑ ΑΝΑΚΤΗΘΕΙ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1ο	ΣΕΝΑΡΙΟ 2ο	ΣΕΝΑΡΙΟ 3ο
ΘΕΣΗ 10 DMA M	10,00	7,00	9,41	8,49	8,24
ΘΕΣΗ 8 DMA 4K	1,40	0,98	0,00	1,52	1,34
ΘΕΣΗ 11 DMA 5	2,00	1,40	0,00	1,31	1,33
ΘΕΣΗ 13 DMA 12	5,15	3,61	4,23	3,87	3,54
ΘΕΣΗ 14 DMA 7	1,20	0,84	0,00	1,15	0,95
ΘΕΣΗ 18 DMA 18	3,47	2,43	3,21	2,67	2,20
ΘΕΣΗ 19 DMA 13	3,25	2,28	0,00	2,48	1,99

Πινάκας 30: Μέση ετήσια παροχή για κάθε DMA σε κάθε περίπτωση

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΣΕ L/s	ΣΕΝΑΡΙΟ 1ο	ΣΕΝΑΡΙΟ 2ο	ΣΕΝΑΡΙΟ 3ο
ΘΕΣΗ 10 DMA M	65,35	62,70	61,95
ΘΕΣΗ 8 DMA 4K	25,90	24,64	23,55
ΘΕΣΗ 11 DMA 5	16,63	14,94	15,05
ΘΕΣΗ 13 DMA 12	28,39	27,39	26,52
ΘΕΣΗ 14 DMA 7	16,59	15,47	14,44
ΘΕΣΗ 18 DMA 18	33,16	31,19	29,39
ΘΕΣΗ 19 DMA 13	27,23	25,22	23,36

Όπως φαίνεται και από τους πινάκες, καθώς μειώνεται η ροή ανά σενάριο, μειώνεται και η παραγωγή ενέργειας. Αυτό, συνακόλουθα, επηρεάζει και την εξοικονόμηση νερού, που γίνεται στην εκάστοτε DMA, όπου υπάρχουν οι PATs, καθώς παρατηρήθηκε ότι σε κάθε σενάριο, κάθε φορά που τοποθετείται ένας εξοπλισμός, που φέρει μείωση της ροής στον αγωγό, έχουμε περίπου 5000m³ λιγότερη εξοικονόμηση νερού το χρόνο. Θεωρήθηκε, παρόλα αυτά, ότι, αν η παραγωγή ενέργειας είναι κοντά στο 70% από την ενέργεια, που

προεκτιμήθηκε, τότε είναι αποδεκτό να τοποθετηθεί η τουρμπίνα. Η θεώρηση αυτή έγινε με γνώμονα ότι δεν μπορεί να βρεθεί τουρμπίνα, η όποια στη ροή κάθε θέσης να αξιοποιεί τοσομανομετρικό ύψος όσες είναι και οι μανομετρικές απώλειες μιας PRV.

Είναι, ακόμη, σημαντικό να αναφερθεί ότι δεν υπάρχουν αντλίες, που λειτουργούν σαν τουρμπίνες, οπότε πρέπει να γίνει η μετατροπή τους από αντλίες σε τουρμπίνες. Επομένως, στην παρούσα εργασία δεν υπήρχε η δυνατότητα πληθώρας δοκιμών, καθώς δεν υπήρχε η πρόσβαση σε πολλά δεδομένα για αντλίες από κατασκευαστές. Ένας ακόμα παράγοντας, που ήταν καθοριστικός και πρέπει να αναφερθεί, είναι ότι η επιλογή των κατάλληλων και πιο αποδοτικών PATs δυσχεραίνεται λόγω των μεγάλων αυξομειώσεων της ροής τόσο μέσα στην ημέρα όσο και ανάμεσα στους μήνες. Ειδικότερα οι μήνες Ιούλιος και Αύγουστος παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες ροές σε σχέση με τους άλλους μήνες, επομένως ο σχεδιασμός και η αναζήτηση PAT έγινε με βάση αυτούς τους δύο μήνες, καθώς υπήρχε ο κίνδυνος λόγω των μεγάλων ροών οι PATs να εξάγουν περισσότερο μανομετρικό από το επιτρεπτό. Κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα να υπάρχουν προβλήματα εξυπηρέτησης των καταναλωτών του δικτύου εξαιτίας της πολύ χαμηλής πίεσης.

Αυτό που βλέπουμε από τους πίνακες 29 και 30 είναι ότι οι PATs, που βρίσκονται στις DMAs M, 5, 4K, 12 και 7, πληρούν αυτήν την προϋπόθεση σε όλα τα σενάρια παρά τη μείωση της παραγωγής ενέργειας, που έχει γίνει λόγω της τοποθέτησης PRV. Είναι εξίσου ενδιαφέρον να παρατηρηθεί ότι η PAT, που βρίσκεται στη DMA 5, τροφοδοτείται από ξεχωριστό από τη DMA M αγωγό και είναι τερματική, δεν επηρεάζεται από την τοποθέτηση PRV στις άλλες περιοχές της ζώνης. Για τις DMAs 18 και 13 θα πρέπει να γίνει εκ νέου αναζήτηση καινούργιων PATs.

Εν κατακλείδι, προτείνεται να γίνει η τοποθέτηση των 5 τουρμπίνων στις DMAs M, 5, 4K, 12 και 7. Όσον αφορά στις άλλες δύο DMAs (18 και 13) πρέπει να γίνει περαιτέρω ανάλυση και αναζήτηση άλλων PATs. Έτσι, πρόκειται να επιτευχθεί παραγωγή ενέργειας, η όποια θα αγγίζει τα 135Mw το χρόνο. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι PRVs προκαλούν αρκετά μεγάλη μείωση της πίεσης στο δίκτυο και αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού. Για παράδειγμα, είναι πιθανό να προκύψουν προβλήματα γεύσεως ή οσμής του νερού ή να εμφανιστούν χαμηλά υπολείμματα χλωρίου. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν αποτελεί αντικείμενο έρευνας στην παρούσα στιγμή.

Είναι απαραίτητο, λοιπόν, να γίνουν πειράματα για την ανεύρεση της ακριβούς λειτουργίας των PATs, καθώς και της μεθοδολογίας τοποθέτησης τους στο Δίκτυο, ώστε να έχουν την μέγιστη απόδοση. Γενικότερα, τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά και μας δείχνουν ότι η τοποθέτηση των PATs είναι μια νέα, εναλλακτική λύση, αλλά, όπως φαίνεται, είναι δύσκολο να προβλεφτεί με ακρίβεια η συμπεριφορά τους, κυρίως γιατί δεν παρέχονται στοιχεία από τους κατασκευαστές τους. Επομένως, δεχόμαστε ότι ο εξοπλισμός μας υστερεί έναντι των PRVs, παρόλο που με τις δεδομένες συνθήκες τα αποτελέσματα των PATs είναι παρόμοια με αυτά των PRVs. Τέλος, η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να αναδείξει ότι η ρύθμιση της πίεσης ενός δικτύου μπορεί να γίνει και με αυτόν τον νέο τρόπο, ωστόσο δεν κατέστη δυνατή η αναζήτηση των βέλτιστων PATs, καθώς δεν υπάρχει ακόμη κάποια ακριβής μεθοδολογία.

8. Κόστος υλοποίησης

Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού συνδέεται άμεσα με το πιο αποδοτικό και οικονομικό σενάριο για την εταιρεία ύδρευσης Δ.Ε.Υ.Α.Κ. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η σχέση οφέλους – κόστους. Στο όφελος περιλαμβάνεται η μείωση της πίεσης, η εξοικονόμηση νερού, που πρέπει να ληφθεί υπόψη, και η παραγωγή ενέργειας. Αντίστοιχα, στο κόστος περιλαμβάνεται η επένδυση για αγορά του μηχανολογικού εξοπλισμού (PRV, PAT). Είναι προφανές ότι η μέγιστη εξοικονόμηση νερού, με τον πιο οικονομικό τρόπο, παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς οδηγεί σε άμεσο κέρδος για την εταιρεία.

Εξίσου αξιοσημείωτα είναι τα οφέλη, που εντοπίζονται, αν ελέγξει κανείς το εγχείρημα αυτό και από περιβαλλοντική σκοπιά. Η μη κατασπατάληση των υδατικών πόρων, η δυνατότητα εκμετάλλευσης ενέργειας, η όποια θα χανόταν, καθώς και η απουσία οποιασδήποτε περιβαλλοντικής επίπτωσης από την ανάκτηση της ενέργειας, είναι ορισμένα από τα οφέλη αυτά. Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι οι εταιρείες ύδρευσης δεν έχουν απεριόριστο κεφάλαιο και ότι ο μέγιστος έλεγχος της πίεσης οδηγεί στη μείωση του ανταποδοτικού νερού, κάτι που μπορεί να μην ωφελεί την επιχείρηση, μιας και έχει θεωρηθεί ότι η κατανάλωση αντιστοιχεί στο 30% της εξαρτωμένης πίεσης.

Στην συνέχεια, παρουσιάζεται μια προσεγγιστική οικονομοτεχνική μελέτη, ώστε να αναδειχθεί το κόστος του εξοπλισμού, που πρόκειται να εγκατασταθεί στην περίπτωση που έχουμε μόνο PRVs αλλά και στην περίπτωση που υπάρχουν PATs σε ορισμένες θέσεις αντί για PRVs. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως έγινε η επιλογή τοποθέτησης μόνο 5 PAT από τις 7 αρχικές, που είχαν προταθεί, λόγω της δυσκολίας εύρεσης του κατάλληλου και βέλτιστου εξοπλισμού. Η οικονομική ανάλυση κόστους και οφέλους έγινε μόνο σε αυτές τις δύο ζώνες, καθώς η ανάλυση στις υπόλοιπες ζώνες του δικτύου έχει γίνει στην διπλωματική εργασία του Μ. Πατέλη, όπου υπάρχουν εγκατεστημένες μόνο PRVs σε όλες τις DMAs[20]. Τα κόστη για την απόκτηση του εξοπλισμού, όταν πρόκειται για την τοποθέτηση των PRVs, προκύπτουν με βάση την ονομαστική διάμετρο των αγωγών. Το κόστος για την τοποθέτηση των αντλιών, που λειτουργούν σαν τουρμπίνες, σύμφωνα με προηγούμενους ερευνητές, για κάθε εγκατεστημένο Kw είναι 1500 ευρώ[14,7]. Στο κόστος αυτό πρέπει να προστεθεί και ένα 30% για την εγκατάσταση PAT αλλά και το κόστος του φρεατίου (4.320 ευρώ), στο οποίο θα τοποθετηθεί η τουρμπίνα. Λεπτομερή περιγραφή για τον τρόπο εγκατάστασης μιας PAT, καθώς και του κόστους ενός φρεατίου PAT θα περιγράψει στη συνέχεια.

Πινάκας 31: Κόστος εγκατάστασης και αγοράς εξοπλισμού PAT & PRV στην πρώτη υποζώνη

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		ΚΟΣΤΟΣ
DMA M	PATS	20.389,00 €
DMA 5	PATS	6.914,50 €
DMA 4A		- €
DMA 4K	PATS	6.934,00 €
DMA K-1	PRV	2.400,00 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ		36.637,50 €

Πινάκας 32: Κόστος εγκατάστασης και αγοράς εξοπλισμού PRV στην πρώτη υποζώνη

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		ΚΟΣΤΟΣ
DMA M	PRV	10.000,00 €
DMA 5	PRV	6.000,00 €
DMA 4A		- €
DMA 4K	PRV	3.750,00 €
DMA K-1	PRV	2.400,00 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ		22.150,00 €

Πινάκας 33: Κόστος εγκατάστασης και αγοράς εξοπλισμού PRV & PAT στην τέταρτη υποζώνη

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		ΚΟΣΤΟΣ
DMA 12	PATS	11.224,00 €
DMA 7	PATS	6.173,50 €
DMA 6	PRV	3.750,00 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ		21.147,50 €

Πινάκας 34: Κόστος εγκατάστασης και αγοράς εξοπλισμού PRV στην τέταρτη υποζώνη

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		ΚΟΣΤΟΣ
DMA 12	PRV	10.000,00 €
DMA 7	PRV	3.750,00 €
DMA 6	PRV	3.750,00 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ		17.500,00 €

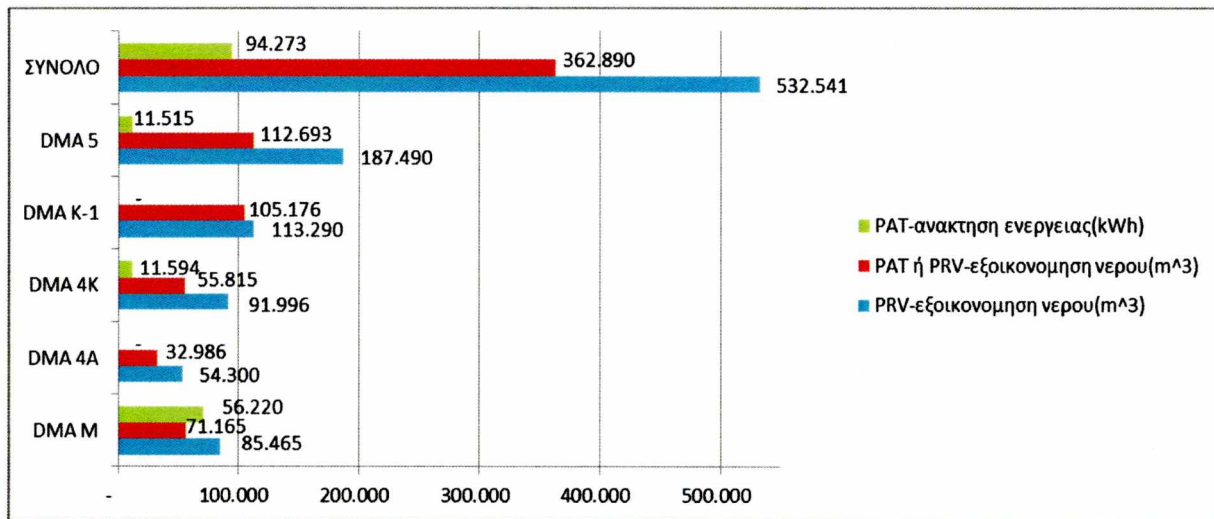
Πινάκας 35: Αναλυτικό κόστος εγκατάστασης και αγοράς εξοπλισμού PAT

	P(kw)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ PATS	ΚΟΣΤΟΣ ΦΡΕΑΤΙΟΥ	ΣΥΝΟΛΟ
DMA M	8,2	16.068,00 €	4.321,00 €	20.389,00 €
DMA 4K	1,33	2.613,00 €	4.321,00 €	6.934,00 €
DMA 5	1,33	2.593,50 €	4.321,00 €	6.914,50 €
DMA 12	3,54	6.903,00 €	4.321,00 €	11.224,00 €
DMA 7	0,95	1.852,50 €	4.321,00 €	6.173,50 €
ΣΥΝΟΛΟ ΟΛΙΚΟ				51.635,00 €

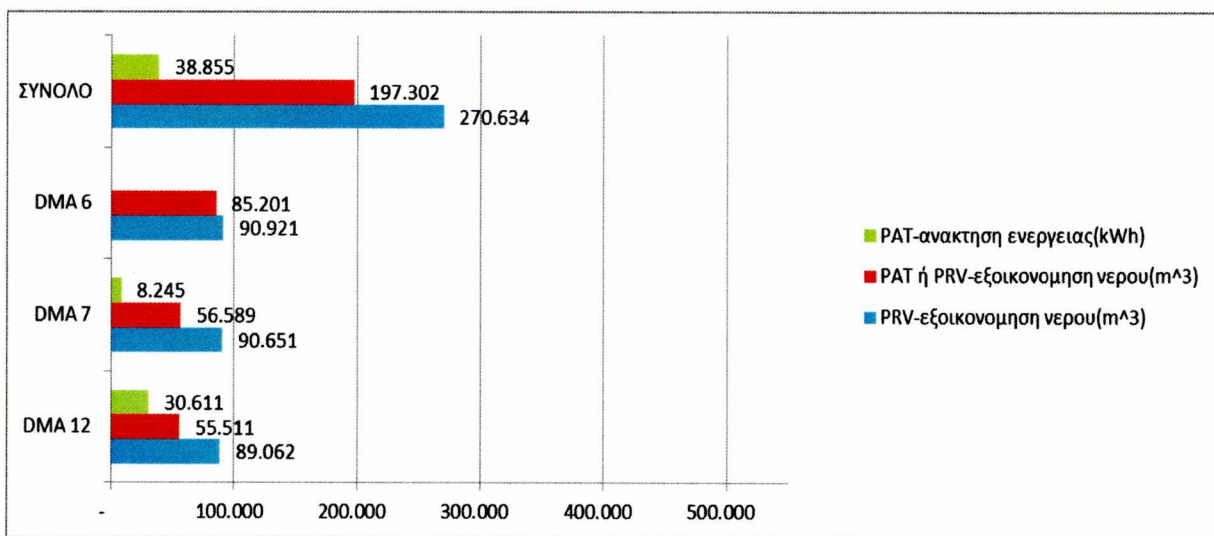
8.1 Οικονομικά Οφέλη

Η μείωση της πίεσης συνεπάγεται και μείωση του εισερχομένου νερού στην κάθε ομάδα υποζωνών, που έχουν εξεταστεί. Έτσι, για τις δύο ομάδες υποζωνών θα παρουσιαστεί η ποσότητα του νερού που εξοικονομήθηκε ετησίως για κάθε DMA στην περίπτωση που υπάρχουν μόνο PRVs αλλά και σε εκείνη που υπάρχουν PATs σε ορισμένες θέσεις, αντί για PRVs, καθώς και η χρηματική αντιστοιχία του εγχειρήματος αυτού. Εξετάστηκε, ακόμη, η αξία της ανακτωμένης ενέργειας. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται τόσο η ετήσια εξοικονόμηση νερού όσο και η ανάκτηση ενέργειας.

Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση δυναμικού ενέργειας του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης και εγκατάσταση μικρο-υδροτουρμπίνων για ανάκτηση ενέργειας και ρύθμιση πίεσης»

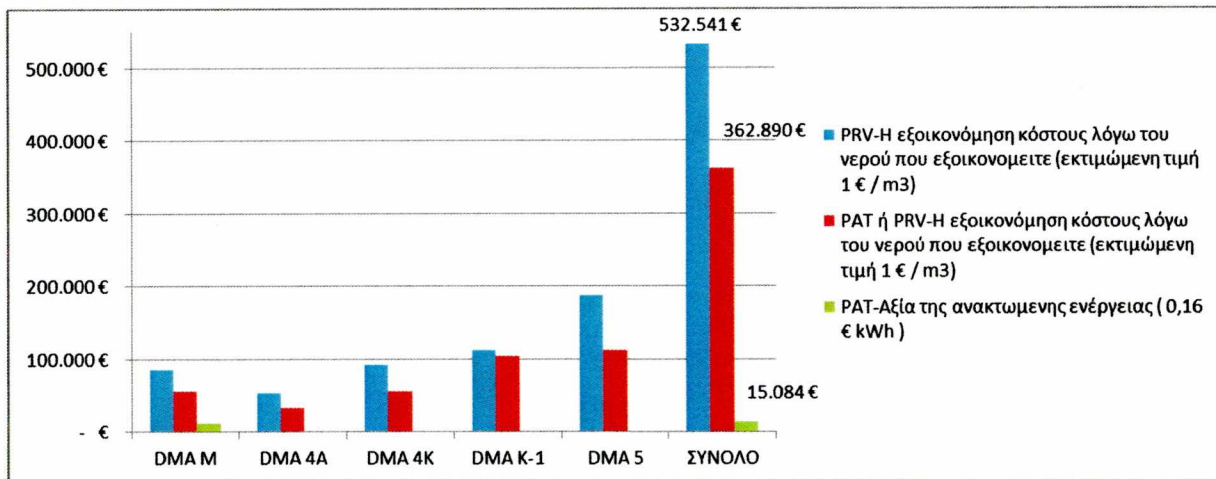


Γράφημα 51: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της πρώτης ομάδας υποζωνών

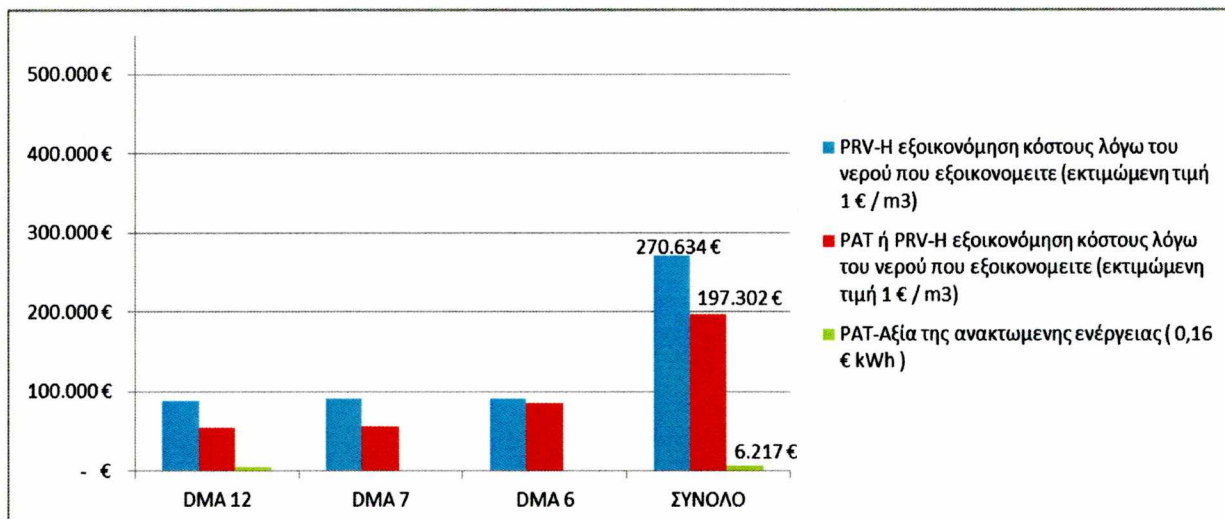


Γράφημα 52: Ετήσια εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της τέταρτης ομάδας υποζωνών

Η διαμόρφωση της τιμής του εξοικονομούμενου νερού έγινε από τις ενδεικτικές τιμές που αναφέρονται στην διπλωματική του Μ. Πατέλη[20], καθώς και στο διαδίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος άντλησης ή δέσμευσης, μεταφοράς, επεξεργασίας και διάθεσης από πηγές λήφθηκε ως 1€/m³. Επομένως, για κάθε κυβικό μέτρο νερού εξοικονομείτε ένα ευρώ. Η αξία της κάθε Kwh διαμορφώθηκε στα 0,16 λεπτά σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας. Παρ' όλα αυτά η τιμή της Kwh είναι μια ενδεικτική τιμή, που χρησιμοποιείται, καθώς η τελική τιμή θα διαμορφωθεί μεταξύ της εταιρείας ύδρευσης και του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα διαγράμματα με τα ετήσια οικονομικά οφέλη από κάθε περίπτωση.



Γράφημα 53: Ετήσια κέρδη από την εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της πρώτης ομάδας υποζωνών



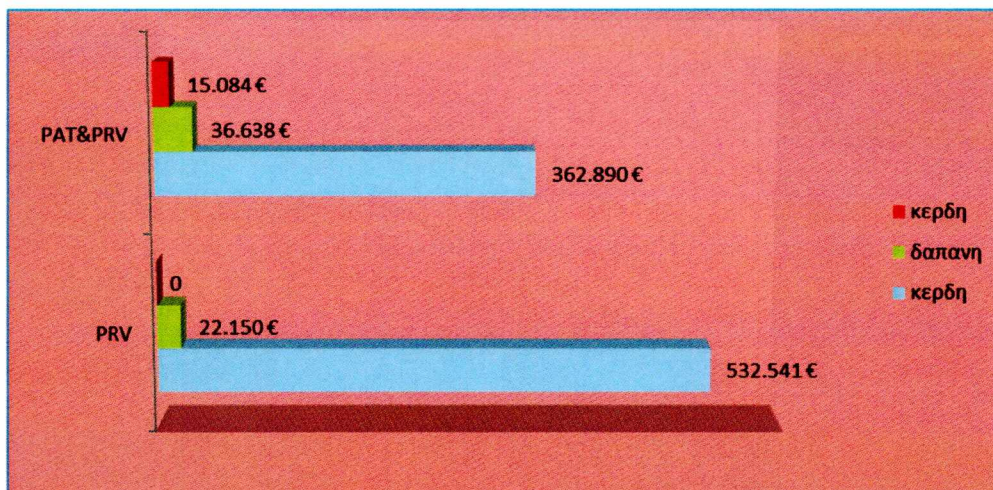
Γράφημα 53: Ετήσια κέρδη από την εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας των DMAs της τέταρτης ομάδας υποζωνών

8.2 Επιλογή βέλτιστου σεναρίου

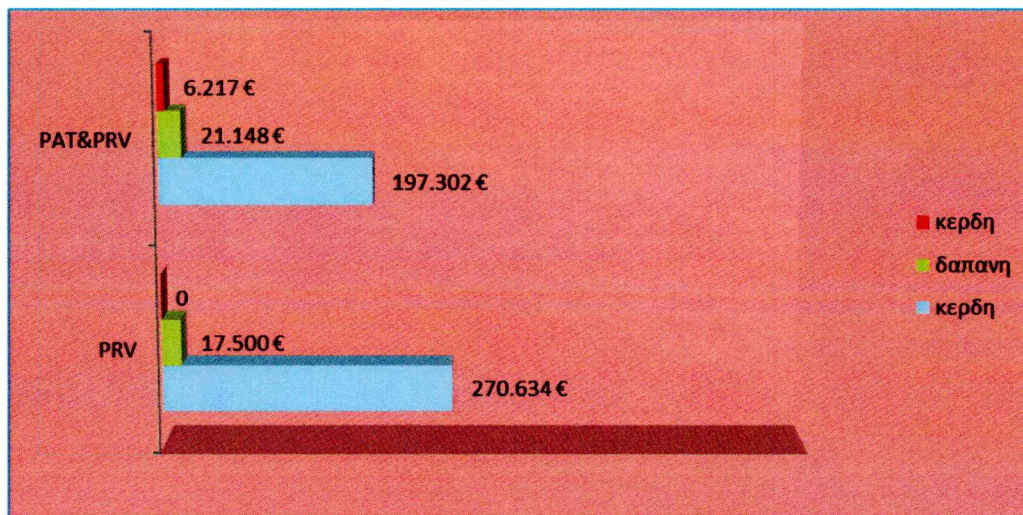
Η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου είναι αρκετά δύσκολη, καθώς δε διατίθενται επαρκή δεδομένα. Από μια πρώτη μάτια, αν δούμε καθαρά τη σχέση κέρδους και δαπάνης για τον εξοπλισμό, γίνεται αντιληπτό ότι το μέγιστο κέρδος με την ελάχιστη δαπάνη εμφανίζεται και στις δύο ζώνες στην περίπτωση που τοποθετείται μόνο PRV στο δίκτυο, καθώς επιτυγχάνουν τη μέγιστη εξοικονόμηση νερού. Παρ' όλα αυτά, στην περίπτωση που υπάρχουν και PATs, σε ορισμένες θέσεις υπάρχει ένα εξίσου σημαντικό κέρδος και, μάλιστα, χωρίς να έχει τοποθετηθεί ο βέλτιστος εξοπλισμός, καθώς τη δεδομένη στιγμή, που πραγματοποιείται η μελέτη, δεν υπάρχουν στο εμπόριο αντλίες, που λειτουργούν σαν τουρμπίνες. Επομένως, χρειάζεται να κατασκευαστούν κάποιες θεωρητικά και προσεγγιστικά. Ακόμα και να υπήρχε, όμως, η δυνατότητα εύρεσης του βέλτιστου εξοπλισμού πιθανότατα και πάλι η PRV να αναδεικνυόταν ως η πιο συμφέρουσα λύση. Αυτό συμβαίνει, καθώς η εξοικονόμηση νερού, που συνεπάγεται και έμμεσο κέρδος, εξαρτάται από τη μείωση της πίεσης, εφόσον η κατανάλωση νερού έχει θεωρηθεί ότι εξαρτάται από την

πίεση και η μεγίστη ρύθμιση της πίεσης γίνεται συνήθως από τις PRVs. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ποιότητα του νερού, καθώς παρατηρείται αύξηση της ηλικίας του στους αγωγούς.

Δεν πρέπει να ξεχνάμε, βέβαια, ότι με την τοποθέτηση τουρμπίνων στο δίκτυο εκτός από εξοικονόμηση νερού σημειώνεται και παραγωγή ενέργειας. Θα πρέπει, λοιπόν, η εταιρεία ύδρευσης να μη στοχεύει μόνο στο μέγιστο κέρδος, αλλά να μετρήσει και τις ωφέλειες, που εξασφαλίζονται από την εξοικονόμηση ενέργειας, μιας και η εποχή μας ταλανίζεται από ενεργειακή κρίση και όλο και περισσότερο η εμφανίζεται η ανάγκη για πράσινη ενέργεια. Επομένως, με τον καταλληλότερο εξοπλισμό, ίσως καταφέρει να καλύψει μόνη της όλες τις ενεργειακές της ανάγκες. Εγκαθιστώντας μόνο PRVs στις δύο ζώνες, που εξετάστηκαν, το κέρδος, που προέρχεται από την εξοικονόμηση νερού, αγγίζει τα 802.000 ευρώ και η δαπάνη για τον εξοπλισμό τα 39.700 ευρώ. Στις περιπτώσεις που υπάρχουν και PATs σε ορισμένες θέσεις και PRVs, τα κέρδη ανέρχονται στα 560.000 ευρώ από την εξοικονόμηση νερού, ενώ από την παράγωγή ενέργειας στις 21.000 ευρώ. Συνολικά η δαπάνη ανέρχεται στα 57.000 ευρώ. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε ζώνη τα κέρδη και τα έξοδα για τον εξοπλισμό.



Γράφημα 54: Κέρδη και δαπάνη για την εγκατάσταση PAT & PRV ή μόνο PRV για την πρώτη υποζώνη



Γράφημα 55: Κέρδη και δαπάνη για την εγκατάσταση PAT & PRV ή μόνο PRV για την τέταρτη υποζώνη

9. Τρόπος Εγκατάστασης PATs στο Δίκτυο

Η εγκατάσταση μιας PAT στο εσωτερικό του δικτύου δεν είναι απλή υπόθεση, σε αντίθεση με την εγκατάσταση μιας PRV. Αρχικά θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα φρεάτιο, στο οποίο θα τοποθετηθεί η αντλία, που θα λειτουργεί σαν τουρμπίνα, μαζί με τη γεννήτριά της. Στη συνέχεια, αφού εγκατασταθεί στον αγωγό ύδρευσης, θα πρέπει να κατασκευαστεί και ένας παράπλευρος αγωγός (by pass), στον οποίο θα τοποθετηθεί μια βαλβίδα απομόνωσης, η οποία θα επιτρέπει να περνά το νερό παρά μόνο στην περίπτωση, που δε λειτουργεί η τουρμπίνα στον κύριο αγωγό, ώστε να εξυπηρετείται το δίκτυο. Επίσης, λίγο πριν την PAT θα τοποθετηθεί μια μικρή PRV, επιφορτισμένη με το ρόλο να ρυθμίζει τις απότομες αυξομειώσεις της ροής, ώστε να μην προκαλέσουν ζημιά στον εξοπλισμό. Η ενέργεια, που θα παράγεται, θα πρέπει να μεταφέρεται σε ένα εξωτερικό κυτίο στην επιφάνεια, το οποίο με τη σειρά του θα διανέμει την ενέργεια στον ηλεκτρικό πάροχο. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πιθανός τρόπος κατασκευής του φρεατίου, η αναλυτική κοστολόγησή του, καθώς και ο τρόπος εγκατάστασης του εξοπλισμού. Το φρεάτιο που πρόκειται να κατασκευαστεί έχει διαστάσεις 4 μέτρα μήκος και 2 μέτρα πλάτος και ύψος.

Πινάκας 36: Αναλυτικό κόστος κατασκευής φρεατίου

Α/Α	ΕΝΔΕΞΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	Α.Τ.	ΜΟΝ.	ΠΟΣΟΠΤ. ΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝ. (σε Ευρώ)	ΔΑΠΑΝΗ (σε Ευρώ)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(6)*(5)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΓΟΥ: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ						
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΕΑΤΙΟΥ						
3°	Εκσκαφή ορυγμάτων υπογείων δικτύων σε έδαφος γαιώδες ή ημιβραχώδες 3.1 Για βάθος ορύγματος έως 4,00 m	3				0,00 €
16°	Υπόβαση οδοστρωσίας μεταβλητού πάχους (Π.Τ.Π. Ο-150)	16	m ³	47,74	14,47	690,80 €
17°	Βάση οδοστρωσίας μεταβλητού πάχους (Π.Τ.Π. Ο-155)	17	m ³	0,70	16,78	11,75 €
18°	Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη	18	m ²	18,36	0,36	6,61 €
19°	Ασφαλτική στρώση βάσης πάχους 0,05 m (Π.Τ.Π. Α260)	19	m ²	7,00	10,78	75,46 €
20°	Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας πάχους 0,05 m (Π.Τ.Π. Α265)	20	m ²	18,36	11,00	201,96 €
	22.1 Για συνολικό πάχος επίχωσης έως 50 cm	22.1	m ³	18,17	15,28	277,64 €
27°	Λειτουργία εργοταξιακών αντλητικώνσυγκροτημάτων, diesel ή βενζινοκίνητα 27.2 Ισχύος 1,0 έως 2,0 HP	27				0,00 €
30°	Αντιστηρίξεις παρειών χάνδακος με μεταλλικά πετάσματα.	30	m ²	49,28	33,60	1.655,81 €
32°	Ξυλότυποι ή σιδηρότυποι επιπέδων επιφανειών	32	m ²	82,56	6,30	520,13 €
33°	Ξυλότυποι ή σιδηρότυποι καμπύλων επιφανειών	33	m ²		17,90	0,00 €
34°	34.1 Παραγωγή, μεταφορά, διάστρωση, συμπίκνωση και συντήρηση 34.2 Παραγωγή, μεταφορά, διάστρωση, συμπίκνωση και συντήρηση	34.1	m ³	1,10	73,50	80,85 €
		34.2	m ³	9,20	81,00	745,20 €
37°	Χυτοσίδηρα καλύμματα φρεατίων.	37	Kg	3,00	2,20	6,60 €
38°	Βαθμίδες από χυτοσίδηρο.	38	Kg	3,5	2,20	7,70 €
ΑΘΡΟΙΣΜΑ						4.320,28 €

10. Συμπεράσματα

Γενικά, τα αποτελέσματα, που αναδείχθηκαν, είναι πολύ ενθαρρυντικά. Παρουσιάστηκε ένας εναλλακτικός και πολλά υποσχόμενος τρόπος για τη μείωση των απωλειών και τη ρύθμιση της πίεσης. Ωστόσο, τα αποτελέσματα, που παρουσιάστηκαν, χρήζουν περαιτέρω ανάλυσης, καθώς δεν έχει βρεθεί ένας ακριβής τρόπος πρόβλεψης της συμπεριφοράς μιας αντλίας, όταν λειτουργεί σαν τουρμπίνα, και δεν παρέχονται στοιχεία από τους κατασκευαστές. Είναι, λοιπόν, επιτακτική ανάγκη η πραγματοποίηση πειραμάτων με αντλίες σε λειτουργία τουρμπίνας, προκειμένου να καθοριστεί με ακρίβεια ο τρόπος λειτουργίας τους, καθώς θα παρασχεθούν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, σε περίπτωση που επιδιωχθεί η τοποθέτησή τους σε ένα δίκτυο ύδρευσης.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι, παρότι υπάρχουν δυσκολίες και ο εξοπλισμός μας δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτικός, η ρύθμιση της πίεσης και η εξοικονόμηση νερού, που επιτυγχάνεται με τη χρήση των PATs, είναι παραπλήσια με αυτά των PRVs. Μεγάλο όφελος για την εταιρεία είναι και η ενέργεια, την όποια ανακτά για την κάλυψη των αναγκών της, χωρίς να υποχρεώνεται να την προμηθευτεί από οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Το χρηματικό όφελος είναι άλλο ένα σημαντικό κίνητρο για κάθε εταιρεία, καθώς και η ανάγκη για εκσυγχρονισμό του δικτύου. Τέλος, η ρύθμιση της πίεσης με οποιοδήποτε τρόπο είναι αρκετά σημαντική, καθώς εκτός από τα οικονομικά κέρδη, που εξασφαλίζει, εξοικονομούνται και υδατικοί πόροι, κάτι το όποιο φαντάζει επιτακτική ανάγκη στην εποχή μας, που ταλανίζεται από παγκόσμια κρίση νερού.

11. Διαδικασία Αδειοδότησης

11.1 Γενικά Στοιχεία

Για την εγκατάσταση μιας αντλίας, που λειτουργεί σαν τουρμπίνα και παράγει ενέργεια σε ένα δίκτυο ύδρευσης, δεν υπάρχει ακόμα στη χώρα μας κάποιο νομοθετικό πλαίσιο. Επομένως, η διαδικασία αδειοδότησης θεωρήθηκε ότι είναι παρόμοια με αυτή των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών, ισχύος μικρότερης των 50Kw. Θα πρέπει να διευκρινιστεί, επομένως, ότι τα στοιχεία, που αναφέρονται, αφορούν στην ελληνική πραγματικότητα.

Γενικότερα, για την κατασκευή και λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), απαιτείται η έκδοση ή υπογραφή σχετικών αδειών και συμβάσεων. Αυτές χορηγούνται από τους αρμόδιους, κατά περίπτωση, φορείς, κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από τα απαραίτητα δικαιολογητικά και μελέτες. Η διαδικασία, που πρέπει να ακολουθηθεί, είναι η εξής[11]:

1. Έκδοση Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΡΑΕ).
2. Ταυτόχρονα (παραλληλισμός διαδικασιών) αιτήσεις για:
 - Διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης του σταθμού παραγωγής στο Σύστημα ή σε Δίκτυο (αρμόδιος Διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΔΕΣΜΗΕ).
 - Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) ή Απαλλαγή από Ε.Π.Ο. (Περιφέρεια).
 - Άδεια Επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου (Περιφέρεια).
3. Ταυτόχρονα (παραλληλισμός διαδικασιών) ενέργειες για:
 - Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης (με ενσωματωμένη Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού και Εκτέλεσης Έργων όταν πρόκειται για Μικρό Υδροηλεκτρικό Σταθμό) (Περιφέρεια).
 - Έκδοση Οικοδομικών Αδειών (όπου απαιτείται εκτέλεση δομικών έργων) ή άλλων αδειών και εγκρίσεων που τυχόν απαιτούνται και μπορούν να εκδοθούν χωρίς να υπάρχει ακόμα η Άδεια Εγκατάστασης (Πολεοδομία ή αρμόδια κατά περίπτωση αρχή).
 - Υπογραφή Σύμβασης Σύνδεσης στο Σύστημα ή σε Δίκτυο (αρμόδιος Διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΔΕΣΜΗΕ).
 - Υπογραφή Σύμβασης Αγοραπωλησίας Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ)
4. Δοκιμαστική Περίοδος και έκδοση Άδειας Λειτουργίας (Περιφέρεια).

11.2 Διαδικασία Αδειοδότησης μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών ισχύος μικρότερης των 50kw

Η διαδικασία αδειοδότησης ενός υδροηλεκτρικού σταθμού διαφοροποιείται ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ του σταθμού παραγωγής, την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και τον τόπο εγκατάστασής του. Για μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος μικρότερης των 50kw αναλυτικά τα βήματα που χρειάζεται να γίνουν είναι τα εξής[11]:

1. Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής, ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (Ν.3468/2006, αρθ.4, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.2, §12).
2. Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (έκδοση απόφασης ΕΠΟ).

• Προσφορά Σύνδεσης στο Σύστημα ή το Δίκτυο:

Διαχειριστής αρμόδιος για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι ο ΔΕΣΜΗΕ, ενώ Διαχειριστής του Διασυνδεδεμένου Δικτύου (ΜΤ & ΧΤ) αλλά και του Δικτύου των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων είναι η ΔΕΗ.

Σύμφωνα με τον “Κανονισμό Έκδοσης Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας” (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β’1153), η Προσφορά Σύνδεσης του σταθμού στο Σύστημα ή σε Δίκτυο, που διατυπώνεται από τον αρμόδιο Διαχειριστή, προηγείται της αίτησης του επενδυτή για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων. Προκειμένου να συνταχθεί η προσφορά αυτή, ο κάτοχος Άδειας Παραγωγής πρέπει να υποβάλλει σχετική αίτηση στον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος και την χορηγεί μέσα σε τέσσερις (4) μήνες. Αυτή πρέπει να συνοδεύεται από τα δικαιολογητικά που ορίζονται στο άρθρο 4, §2 της ΥΑ.13310.

• Δικαιολογητικά:

- α) Τοπογραφικά διαγράμματα σε υπόβαθρο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) υπό κλίμακα 1:5000 και 1:50.000 με σημειωμένο ευκρινώς τον χώρο εγκατάστασης του σταθμού.
- β) Διάγραμμα κάλυψης σε κλίμακα 1:200 έως 1:500 των προτεινομένων εγκαταστάσεων, με ένδειξη της θέσης των μονάδων, των υποσταθμών ζεύξης/ανύψωσης και των κτιρίων ελέγχου.
- γ) Ηλεκτρικό μονογραμμικό διάγραμμα, στο οποίο θα παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σημαντικός εξοπλισμός της εγκατάστασης και ιδιαίτερα οι μονάδες παραγωγής όπου κάθε μονάδα θα χαρακτηρίζεται με διακριτή αρίθμηση, οι μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης, οι διατάξεις αντιστάθμισης και τα μέσα απόζευξης και προστασίας.
- δ) Περιγραφή των διατάξεων κεντρικής αντιστάθμισης αέργου ισχύος του σταθμού εάν υπάρχουν, καθώς και του συστήματος ελέγχου αυτών.

ε) Περιγραφή των διατάξεων προστασίας, περιλαμβανομένων των δυνατών ή και των συνιστώμενων από τον κατασκευαστή ρυθμίσεων, για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας.

στ) Περιγραφή της διάταξης εκκίνησης/συγχρονισμού για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας. Στην περιγραφή αυτή περιλαμβάνονται ο τρόπος εκκίνησης/ συγχρονισμού, οι συγκεκριμένες τιμές για τη χρονική διάρκεια και την ταχύτητα περιστροφής κατά την ζεύξη, καθώς και τα όρια απόκλισης τάσης και συχνότητας που τηρούνται από την διάταξη συγχρονισμού. Εάν το σύστημα εποπτείας και ελέγχου των μονάδων και του σταθμού περιορίζει τη συχνότητα των χειρισμών ή/και το δηλούμενο στο σημείο 7.1. του Παραρτήματος της παρούσας αριθμό των μονάδων που εκκινούν ταυτόχρονα, τότε πρέπει να παρασχεθούν αναλυτικότερες πληροφορίες.

ζ) Περιγραφή της διάταξης αντιστάθμισης για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας, που διαθέτει τοπικές διατάξεις αντιστάθμισης, καθώς πληροφορίες για τυχόν κεντρικές διατάξεις αντιστάθμισης που αναφέρονται στο σύνολο του σταθμού.

η) Προκειμένου για εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν μετατροπείς ισχύος, πιστοποιητικό μέτρησης του μέγιστου αναμενόμενου πλάτους των αρμονικών εξόδου από αναγνωρισμένο φορέα πιστοποίησης, καθώς και περιγραφή των φίλτρων αρμονικών εάν υπάρχουν. Ο τρόπος μέτρησης των αρμονικών πρέπει να είναι συμβατός με το πρότυπο IEC 6100047.

θ) Τυχόν πρόσθετα στοιχεία που απαιτεί ο αρμόδιος Διαχειριστής σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στον Κώδικα κα Διαχείρισης Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και τον Κώδικα Διαχείρισης του Δικτύου και μη Διασυνδεδεμένων Νησιών ή οφείλει να λάβει υπόψη του.

Οι όροι και οι απαιτήσεις που περιλαμβάνονται στην Προσφορά αποτελούν τους ελάχιστους όρους και απαιτήσεις, που πρέπει να ικανοποιεί το έργο σύνδεσης. Αν για οποιονδήποτε λόγο τροποποιηθούν τα στοιχεία, που αναφέρονται στα δικαιολογητικά, όπως αυτά κατατέθηκαν αρχικά με την παραπάνω αίτηση, ο επενδυτής πρέπει να ενημερώσει τον αρμόδιο Διαχειριστή.

Η Προσφορά Σύνδεσης ισχύει για τέσσερα (4) έτη από την οριστικοποίησή της για σταθμούς, που υποχρεούνται σε έκδοση Άδειας Παραγωγής, και για έξι (6) μήνες για σταθμούς, που εξαιρούνται απ' αυτήν (βλέπε άρθ.187, Ν.4001/2011, ΦΕΚ.Α'179). Μπορεί δε να ανανεώνεται από τον αρμόδιο Διαχειριστή, ιδίως στις περιπτώσεις α' και β' του άρθ.3, §4 του Ν. 3468/2006.

Μετά τη διατύπωση της Προσφοράς Σύνδεσης ο κάτοχος της Άδειας Παραγωγής πρέπει να αποτυπώσει σε κατάλληλα τοπογραφικά διαγράμματα τον προτεινόμενο τρόπο σύνδεσης του σταθμού και να το υποβάλλει στον Διαχειριστή για θεώρηση (βλ. άρθ.6, §§2,3 της ΥΑ.13310). Αν ο σταθμός συνδέεται μέσω νέου υποσταθμού μέσης προς υψηλή τάση, ο ενδιαφερόμενος πρέπει να συνυποβάλλει βεβαίωση καταλληλότητας του γηπέδου εγκατάστασης του υποσταθμού. Η βεβαίωση αυτή εκδίδεται κατόπιν αιτήσεως και εντός τριών (3) μηνών από την ΔΕΗ / Διεύθυνση Νέων Έργων Μεταφοράς.

Τα παραπάνω θεωρημένα τοπογραφικά διαγράμματα μαζί με την Προσφορά Σύνδεσης του σταθμού, αποτελούν απαραίτητα συνοδευτικά της αίτησης για την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.).

3. Για όλες τις κατηγορίες μΥΗΣ απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Η απόφαση έγκρισης εκδίδεται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) ή Περιβαλλοντικής Έκθεσης (εφόσον το έργο ενταχθεί στην κατηγορία Β4 κατά το αρθ.10, §1 του Ν.3468).

• Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων

Η ΕΠΟ είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη συνέχιση της διαδικασίας αδειοδότησης σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ. Για την έκδοση απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (βλ. ΚΥΑ.104247/2006, ΦΕΚ. Β'663, αρθ.11 και ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, αρθ.7), ο κάτοχος Άδειας Παραγωγής υποβάλλει αίτηση στην αρμόδια διεύθυνση της οικείας Περιφέρειας. Επισημαίνεται στο σημείο αυτό, ότι με τον Ν.3851/2010 (αρθ.3, §1), τροποποιήθηκε ο Ν.1650/1986 («Για την Προστασία του Περιβάλλοντος») που απαιτούσε την διενέργεια Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.). Τώρα πλέον δεν απαιτείται ΠΠΕΑ για τους υβριδικούς σταθμούς και τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές, καθώς και για τα συνοδά έργα σύνδεσης με το Σύστημα ή το Δίκτυο και τα έργα οδοποιίας, εσωτερικής και πρόσβασης. Βέβαια, τα περιβαλλοντικά κριτήρια που εξετάζονται κατά την διενέργεια της ΠΠΕΑ, εξετάζονται και τώρα αλλά στα πλαίσια της ΕΠΟ.

Η αρμόδια αρχή εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα προτεινόμενα μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης, μεριμνά για την τήρηση των διαδικασιών δημοσιοποίησης και αποφαινεται για τη χορήγηση ή μη απόφασης Ε.Π.Ο. μέσα σε τέσσερις (4) μήνες από το χρόνο που ο φάκελος θεωρήθηκε πλήρης. Ο φάκελος θεωρείται πλήρης, εάν μέσα σε είκοσι (20) ημέρες από την υποβολή του δεν ζητηθούν εγγράφως από τον ενδιαφερόμενο συμπληρωματικά στοιχεία. Η αδειοδοτούσα αρχή δεν μπορεί να ζητήσει εκ νέου από τον ενδιαφερόμενο συμπληρωματικά στοιχεία εκτός από διευκρινίσεις επί στοιχείων που είχαν ήδη ζητηθεί εγγράφως (αρθ.8, §6 του Ν.3468/2006 όπως αντικαταστάθηκε με το αρθ.3 του Ν.3851/2010 και ισχύει).

Η απόφαση Ε.Π.Ο. για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ισχύει για δέκα (10) έτη και μπορεί να ανανεώνεται, με αίτηση που υποβάλλεται υποχρεωτικά έξι (6) μήνες πριν από τη λήξη της, για μία ή περισσότερες φορές, μέχρι ίσο χρόνο κάθε φορά.

Τα περιεχόμενα των φακέλων που συνοδεύουν την αίτηση για την έκδοση ΕΠΟ καθώς και η συνέχεια της πορείας της διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατηγορία του έργου και την προτεινόμενη χωροθέτησή του:

Υποκατηγορίας Α1

Υποκατηγορίας Α2

Υποκατηγορίας Β3

Υποκατηγορίας Β4

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ Ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΡΩΤΗ		ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΕΥΤΕΡΗ		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
	A1	A2	B3	B4	
Υδροηλεκτρικά έργα	Με ταμιευτήρα $T > 10^6 \text{ m}^3$ ή αγωγό εκτροπής $\geq 1000 \text{ m}$, είτε με ισχύ $8 \text{ MW} \leq P_{\text{installed}} \leq 15 \text{ MW}$	Τα υπόλοιπα εκτός των υποκατηγοριών A1, B3	Χωρίς ταμιευτήρα (μόνο έργο υδροληψίας μεγίστου ύψους 2 m) και με αγωγό εκτροπής $< 1000 \text{ m}$ και ισχύος $P_{\text{installed}} < 1$		- // -

Για τα έργα της υποκατηγορίας Β4, ή έργα της Β3 που κρίθηκαν σε προηγούμενο στάδιο ως υπαγθέντα στην Β4, η αίτηση συνοδεύεται από Περιβαλλοντική Έκθεση που υποβάλλεται σε έξι (6) τουλάχιστον αντίγραφα. Ως και το τέλος του 2010, αρμόδιος για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων της υποκατηγορίας αυτής ήταν ο Νομάρχης στον οποίον διαβιβαζόταν ο φάκελος της αίτησης. Με την έναρξη ισχύος του νόμου 3852/2010/ΦΕΚ.Α'87 ("Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης") και τη θέση σε εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης", η αρμοδιότητα της έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για έργα Β' και Γ' κατηγορίας μεταβιβάζεται πλέον στην Περιφέρεια (αρθ.186, §ΣΤ'18). Όμως με βάση την §3 του αρθ.4 του Ν.1650 όπως τροποποιήθηκε με το αρθ.2 του Ν.3010/2002/ΦΕΚ.Α'91, με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, είναι δυνατόν η αρμοδιότητα αυτή για ορισμένα έργα της υποκατηγορίας Β4 να μεταβιβάζεται στον οικείο δήμο, εφόσον αυτός διαθέτει περιβαλλοντική υπηρεσία.

Κατ' αναλογία με τα έργα των άλλων κατηγοριών, η αρμόδια διεύθυνση της Περιφέρειας διαβιβάζει τον φάκελο σε μια σειρά από άλλους φορείς για την διατύπωση γνώμης επί θεμάτων αρμοδιότητάς τους στους οποίους περιλαμβάνονται:

α) Οι αρμόδιες Εφορείες Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, τις Εφορείες Βυζαντινών Αρχαιοτήτων, τις Εφορείες Νεοτέρων Μνημείων και αποκλειστικά για έργα ΑΠΕ που εγκαθίστανται στη θάλασσα, τις Εφορείες Εναλίων Αρχαιοτήτων, και

β) Οι Οργανισμοί Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης αποκλειστικά εφόσον το έργο ΑΠΕ προτείνεται να εγκατασταθεί στις περιοχές δικαιοδοσίας τους.

Εντός προθεσμίας δέκα πέντε (15) ημερών από την παραλαβή του φακέλου, όλοι οι παραπάνω υποχρεούνται να διαβιβάσουν τη γνώμη τους στην Περιφέρεια. Την παραλαβή των γνωμοδοτήσεων ακολουθεί η σχετική εισήγηση στον Γενικό Γραμματέα που είναι αρμόδιος για την έκδοση της τελικής απόφασης.

4. Απαιτείται Άδεια Χρήσης Νερού (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1).

- **Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού και Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικού Δυναμικού.**

Για την χρήση νερού και την εκτέλεση έργου για την αξιοποίηση υδατικών πόρων απαιτείται άδεια (Ν.3199/2003, ΦΕΚ.Α'280, αρθ.11). Για να εκδοθεί αυτή άδεια, πρέπει να τεκμηριώνεται η διαθεσιμότητα των ποσοτήτων νερού που θα αξιοποιηθούν, καθώς και η σκοπιμότητα της έκδοσής της σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης των λεκανών απορροής της Διεύθυνσης Υδάτων της οικείας Περιφέρειας. Επιπλέον, για την εκτέλεση έργων εκμετάλλευσης του νερού απαιτείται Άδεια Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικού Δυναμικού.

Ειδικά για την ενεργειακή χρήση νερών με την κατασκευή και την λειτουργία Μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών (μΥΗΣ) ισχύος μέχρι 15 MW, εκδίδεται Ενιαία Άδεια που περιλαμβάνει τις δύο παραπάνω. Η διαδικασία έκδοσης και το περιεχόμενο της Ενιαίας Άδειας έχουν καθοριστεί με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 43504/2005, ΦΕΚ.Β'1784. Με αυτήν, αρμόδιος για την έκδοσή της καθίσταται ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας όπου πρόκειται να ασκηθεί η χρήση του νερού και να κατασκευαστεί το έργο.

Η σχετική αίτηση-δήλωση (βλ. ΥΑ.43504 ως άνω, έντυπο Παραρτήματος III), υποβάλλεται στην Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας, ενώ προϋπόθεση για την χορήγηση της άδειας είναι η προηγούμενη έκδοση απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Όμως, με σκοπό την συντόμευση της όλης διαδικασίας αδειοδότησης των έργων ΑΠΕ, η υποβολή της αίτησης μπορεί να γίνει πριν την ΕΠΟ οπότε και η επεξεργασία της προωθείται παράλληλα με την διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Η Ενιαία Άδεια χορηγείται εντός είκοσι (20) ημερών από την έκδοση της απόφασης ΕΠΟ, ενώ η διάρκεια ισχύος της δεν μπορεί να υπερβαίνει τα δέκα (10) έτη αφενός και την διάρκεια ισχύος της ΕΠΟ αφετέρου. Για την ανανέωσή της πρέπει να υποβληθεί εκ νέου αίτηση-δήλωση και να ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία.

Τα δικαιολογητικά που συνοδεύουν την αίτηση-δήλωση χορήγησης Ενιαίας Άδειας είναι εκείνα της αίτησης για Άδεια Χρήσης Νερού (βλ. ΥΑ.43504 ως άνω, Παράρτημα IV) και επιπλέον εκείνα που απαιτούνται για την χορήγηση Άδειας Εγκατάστασης. Σύμφωνα με την ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153 (Παράρτημα, Μέρος 2, §2), δίνεται η δυνατότητα λήψης μίας άδειας που ενσωματώνει την Ενιαία Άδεια και την Άδεια Εγκατάστασης με μία μόνο αίτηση (έντυπο Μέρους 1 του Παραρτήματος της 13310). Σημειώνεται, ότι επειδή προαπαιτείται η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων, όσα από τα δικαιολογητικά περιλαμβάνονται στην Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ή την Περιβαλλοντική Έκθεση και δεν έχουν μεταβληθεί, δεν ξαναυποβάλλονται.

- **Δικαιολογητικά για έκδοση άδειας χρήσης νερού**

α) Τοπογραφικό διάγραμμα σε κατάλληλη κατά περίπτωση κλίμακα (1:500, 1:1.000, 1:5.000, 1:20.000, 1:50.000) ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του έργου, που θα παρουσιάζει: α) τους χώρους χρήσης νερού, β) τα περιγράμματα των κτιριακών και λοιπών εγκαταστάσεων, εφ' όσον υπάρχουν, γ) τις συντεταγμένες των πλησιέστερων υφιστάμενων υδροληψιών για κάθε χρήση σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87 και τις γενικευμένες χρήσεις γης, σε ακτίνα 500 μέτρων από την υδροληψία, δ) για σημειακά έργα τις συντεταγμένες Χ, Ψ

του έργου και για γραμμικά έργα τις συντεταγμένες X, Ψ, της αρχής και του τέλους του έργου, σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87.

β) Θεωρημένο αντίγραφο νόμιμου τίτλου από τον οποίο να προκύπτει δικαίωμα αποκλειστικής χρήσης του χώρου στον οποίο θα γίνεται η χρήση του νερού, δυνάμει εμπράγματης ή ενοχικής σχέσης όπως: i) συμβολαιογραφικό έγγραφο από το οποίο να προκύπτει δικαίωμα κυριότητας ή επικαρπίας, ii) συμφωνητικό μίσθωσης, iii) απόφαση έγκρισης επέμβασης σε δασική έκταση, iv) απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων για παραχώρηση δημόσιας έκτασης σε περίπτωση χαρακτηρισμού έκτασης ως πλέον άγονης. Σε περιπτώσεις έργων για την πραγματοποίηση των οποίων απαιτούνται απαλλοτριώσεις τα ως άνω δικαιολογητικά δεν απαιτούνται για την έκταση που πρόκειται να απαλλοτριωθεί.

γ) Νόμιμη εξουσιοδότηση εκπροσώπησης σε περίπτωση που ο αιτών ενεργεί για λογαριασμό νομικού προσώπου. Στην περίπτωση αυτή συνοποβάλλεται και επικυρωμένο αντίγραφο της νόμιμης συστατικής πράξης του νομικού προσώπου ιδιωτικού δικαίου ή του συλλογικού οργάνου.

δ) Σε περίπτωση που δεν απαιτείται εκτέλεση έργου, έκθεση που θα περιλαμβάνει τις υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής, ανάλογα με τη χρήση.

ε) Σε κάθε περίπτωση που έχει προηγηθεί έργο, τεχνική γεωλογική έκθεση η οποία θα περιλαμβάνει τα γεωλογικά, υδρολογικά και υδρογεωλογικά στοιχεία που θα έχουν αποκτηθεί κατά τη φάση εκτέλεσης του έργου (π.χ. ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά, βάθος υδροφόρου ορίζοντα, κρίσιμη παροχή από την επεξεργασία των στοιχείων των δοκιμαστικών αντλήσεων κλπ).

στ) Στοιχεία για την ποιότητα του νερού και την καταλληλότητά του για τη συγκεκριμένη χρήση που αναφέρεται στην αίτηση (π.χ. χημική και μικροβιολογική ανάλυση νερού από πιστοποιημένα εργαστήρια).

ζ) Όσα από τα παραπάνω δικαιολογητικά περιλαμβάνονται στη Μ.Π.Ε. ή στην Περιβαλλοντική Έκθεση και δεν έχουν τροποποιηθεί, δεν υποβάλλονται εκ νέου με την ανωτέρω αίτηση.

η) Όσα από τα παραπάνω δικαιολογητικά έχουν υποβληθεί κατά την έκδοση άδειας εκτέλεσης έργου και δεν έχουν τροποποιηθεί, δεν υποβάλλονται εκ νέου με την ανωτέρω αίτηση.

5. Εφόσον πρόκειται να εκτελεστούν δομικά έργα, απαιτούνται Οικοδομικές Άδειες.

- **Οικοδομικές Άδειες Έργων ΑΠΕ**

Γενικά, για την ανέγερση κτισμάτων στον χώρο εγκατάστασης του σταθμού απαιτείται οικοδομική άδεια ή βεβαίωση που εκδίδεται από την πολεοδομία ότι δεν απαιτείται ή έκδοση σχετικής οικοδομικής άδειας.

Για υδροηλεκτρικά έργα, απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας μόνο για το κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού. Για τα υδραυλικά έργα την ευθύνη έχουν εξ' ολοκλήρου ο μελετητής, ο κατασκευαστής και ο φορέας υλοποίησης του έργου. Δεν απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης οικοδομικής άδειας οι δομικές κατασκευές, όπως τα θεμέλια των πύργων ανεμογεννητριών και τα οικήματα στέγασης του εξοπλισμού ελέγχου και των μετασχηματιστών.

Ειδικά για την έκδοση οικοδομικών αδειών έργων ΑΠΕ που ανεγείρονται σε δάση ή δασικές εκτάσεις ύστερα από τη λήψη έγκρισης επέμβασης, θεωρείται ότι υφίσταται τίτλος κυριότητας.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και ΠΕΧΩΔΕ (13727/2003, ΦΕΚ.Β'1087, όπως τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με την 19500/2004, ΦΕΚ.Β'1671), έχουν αντιστοιχηθεί οι δραστηριότητες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία. Στον πίνακα του Παραρτήματος Β' παρουσιάζονται οι βαθμοί όχλησης των σταθμών παραγωγής από ΑΠΕ.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΒΑΘΜΟΣ ΟΧΛΗΣΗΣ			
	ΥΨΗΛΗ	ΜΕΣΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Ηλεκτροπαραγωγή από γεωθερμική ενέργεια	-	> 5 MW	> 0,5 MW <= 5 MW	Αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς
Ηλεκτροπαραγωγή με χρήση βιομάζας ή αγροτικών παραπροϊόντων	-	> 5 MW	> 0,5 MW <= 5 MW	---
Ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιοαερίου	-	> 0,5 MW	<= 0,5 MW	---
Ηλεκτροπαραγωγή από Φωτοβολταϊκά συστήματα	-	-	> 0,5 MW	---
Ηλεκτροπαραγωγή από ανεμογεννήτριες	-	> 700 kW	> 20 kW <= 700 kW	---
Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	-	-	-	---

6. Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης.

- **Σύμβαση Σύνδεσης στο Σύστημα ή σε Δίκτυο**

Διαχειριστής αρμόδιος για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι ο ΔΕΣΜΗΕ, ενώ Διαχειριστής του Διασυνδεδεμένου Δικτύου αλλά και του Δικτύου των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων είναι η ΔΕΗ.

Αφού καταστεί δεσμευτική η Προσφορά Σύνδεσης, ο δικαιούχος μπορεί να υποβάλλει Αίτηση Σύνδεσης στον αρμόδιο Διαχειριστή μετά την οποία, τα ενδιαφερόμενα μέρη προχωρούν στην σύναψη Σύμβασης Σύνδεσης:

- Τριμερούς στην περίπτωση σύνδεσης στο Σύστημα (ΔΕΣΜΗΕ-ΔΕΗ-επενδυτής), ή
- Διμερούς στην περίπτωση σύνδεσης σε Δίκτυο (Διαχειριστής-επενδυτής).

Για μικρά έργα που έχουν εξαιρεθεί από την υποχρέωση λήψης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας, η αίτηση σύνδεσης συνοδεύεται από (βλ. “Κανονισμό Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας” – ΥΑ.13310/2007, αρθ.9, §2 και Ν.3468/2006, αρθ.4, §4):

- Έγγραφο που να αποδεικνύει το δικαίωμα νόμιμης χρήσης του χώρου εγκατάστασης κατά το αρθ.7 του Ν.3468.
- Την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) ή υπεύθυνη δήλωση ότι το έργο απαλλάσσεται από την εν λόγω υποχρέωση.

Τις τυχόν απαιτούμενες Οικοδομικές Άδειες ή βεβαίωση της πολεοδομίας ότι δεν απαιτούνται άδειες.

Η Σύμβαση Σύνδεσης υπογράφεται και ισχύει από την χορήγηση της Άδειας Εγκατάστασης, εφόσον απαιτείται. Ύστερα απ’ αυτό ο επενδυτής μπορεί να ξεκινήσει την υλοποίηση των έργων σύνδεσης. Σημειώνεται ότι στις Συμβάσεις που συνάπτει ο αρμόδιος Διαχειριστής με τους φορείς σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης Άδειας Παραγωγής, καθορίζεται προθεσμία σύνδεσης στο Σύστημα ή Δίκτυο, η οποία είναι αποκλειστική, και ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας.

7. Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.

- **Σύμβαση Αγοραπωλησίας Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Για την ένταξη σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ στο Σύστημα ή σε Δίκτυο, ο Διαχειριστής του Συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ), εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται στο Σύστημα είτε απευθείας είτε μέσω του Δικτύου ή ο Διαχειριστής Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΔΕΗ), εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής συνδέονται με το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, υποχρεούνται να συνάπτουν σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον κάτοχο της άδειας παραγωγής της(Ν.3468/2006, ΦΕΚ.Α’129, αρθ.12).

Η σύναψη Σύμβασης Αγοραπωλησίας προϋποθέτει την προσκόμιση :

- Άδειας Παραγωγής.
- Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), ή βεβαίωσης απαλλαγής από την υποχρέωση ΕΠΟ.
- Άδειας Εγκατάστασης (για τα έργα που απαιτείται).
- Σύμβασης Σύνδεσης.
- Όλων των νομιμοποιητικών εγγράφων της εταιρείας. Στην περίπτωση που ο επενδυτής δεν είναι εταιρεία αλλά φυσικό πρόσωπο (ελεύθερος επαγγελματίας), απαιτείται η προσκόμιση της βεβαίωσης έναρξης επιτηδεύματος και των όποιων μεταβολών της.

- Υπεύθυνων Δηλώσεων (Υ/Δ) «περί μη-κατάτμησης» και «περί τροποποιήσεων και διαχειριστών» (για τα κείμενα των Υ/Δ και για πλήρεις καταλόγους των απαιτούμενων δικαιολογητικών ανά κατηγορία ενδιαφερομένου δεσ την αντίστοιχη περιοχή του ιστότοπου).

Σημειώνεται (ΥΑ.13310/2007, αρθ.14, §6), ότι δεν επιτρέπεται η έναρξη της δοκιμαστικής λειτουργίας του σταθμού χωρίς την Σύμβαση Αγοραπωλησίας. Σύμφωνα με την §7 του άρθρου 14 της παραπάνω, οι πληρωμές που αντιστοιχούν στον παραγωγό για την ενέργεια που ενέχυσε στο Σύστημα ή το Δίκτυο κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής περιόδου, καταβάλλονται μετά την λήψη της Άδειας Λειτουργίας.

Η Σύμβαση Αγοραπωλησίας ισχύει για είκοσι (20) χρόνια και μπορεί να παρατείνεται, σύμφωνα με τους όρους της άδειας αυτής, μετά από έγγραφη συμφωνία των μερών, εφόσον ισχύει η σχετική Άδεια Παραγωγής. Ειδικά η Σύμβαση Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας που παράγεται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ισχύει για είκοσι πέντε (25) χρόνια και μπορεί να παρατείνεται επίσης ύστερα από έγγραφη συμφωνία. Ο τύπος και το περιεχόμενο των συμβάσεων έχουν καθοριστεί με την ΥΑ.17149/2010 (ΦΕΚ.Β'1497/6.9.2010) και αφορά τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από ΣΗΘΥΑ και ΑΠΕ πλην Υβριδικών και Ηλιοθερμικών.

Ειδικά για Φωτοβολταϊκούς Σταθμούς η Σύμβαση συνομολογείται με την τιμή αναφοράς που αναγράφεται στον πίνακα τιμολόγησης και αντιστοιχεί στο μήνα και έτος της υποβολής της αίτησης εφόσον ο φάκελος είναι πλήρης, ή αλλιώς από την ημερομηνία υποβολής του τελευταίου δικαιολογητικού που καθιστά τον φάκελο πλήρη (άρθ.186,Ν.4001, ΦΕΚ.Α'179/22.8.2011), υπό την προϋπόθεση έναρξης δοκιμαστικής λειτουργίας εντός δεκαοκτώ (18) μηνών για τους σταθμούς ισχύος έως 10 MW και εντός τριάντα έξι (36) μηνών για τους σταθμούς ισχύος από 10 MW και άνω. Σε αντίθετη περίπτωση, ως τιμή αναφοράς θα λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στο μήνα και έτος της έναρξης της δοκιμαστικής λειτουργίας, ή αν δεν προβλέπεται δοκιμαστική λειτουργία, της ενεργοποίησης της σύνδεσης. Κατ' εξαίρεση, η προθεσμία των 36 μηνών δίνεται και για σταθμούς ισχύος μικρότερης των 10 MW, εφόσον για την σύνδεσή τους απαιτείται η κατασκευή καινούργιου υποσταθμού 150kV/20kV.

8. Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ή Άδεια Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων.
9. Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία
10. Δεν απαιτείται ούτε Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).

12. Μελλοντική Έρευνα

Απ' ότι έχει ήδη συζητηθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, η τοποθέτηση αντλιών που λειτουργούν σαν τουρμπίνες, στο δίκτυο ύδρευσης είναι μια πολλά υποσχόμενη πρόταση. Με τη βοήθεια του προγράμματος water gems V8i έγινε μια ρεαλιστική προσομοίωση του δικτύου ύδρευσης και της τοποθέτησης σε αυτό PATs.

- Είναι απαραίτητο να γίνει μια επιτόπου εφαρμογή στο υπάρχον δίκτυο, ώστε να δούμε τα πραγματικά αποτελέσματα, που θα εξαχθούν, και αν όντως είναι τα ίδια με αυτά της προσομοίωσης.
- Είναι απαραίτητο, επίσης, σε μελλοντικές έρευνες να γίνουν πειράματα, ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά των αντλιών σε λειτουργία τουρμπίνας και να προταθεί ένας ακριβής τρόπος τόσο για τη μετατροπή τους όσο και για τον τρόπο λειτουργίας τους, δηλαδή να καταστεί δυνατή η ακριβής κατασκευή των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας τους.
- Επιπλέον, θα πρέπει να προταθεί μια βέλτιστη μέθοδος για την επιλογή των κατάλληλων PATs, ώστε να έχουν τη μέγιστη απόδοση, καθώς, όπως έχει παρατηρηθεί, η λειτουργία μιας PAT επηρεάζεται άμεσα από την τοποθέτηση άλλου μηχανολογικού εξοπλισμού σε περίπτωση που βρίσκεται στον ίδιο αγωγό με αυτήν.
- Τέλος, απαραίτητη φαντάζει η θέσπιση στη Ελλάδα νομοθετικού πλαισίου, το οποίο θα αφορά συγκεκριμένα σε τέτοιου είδους έργα.

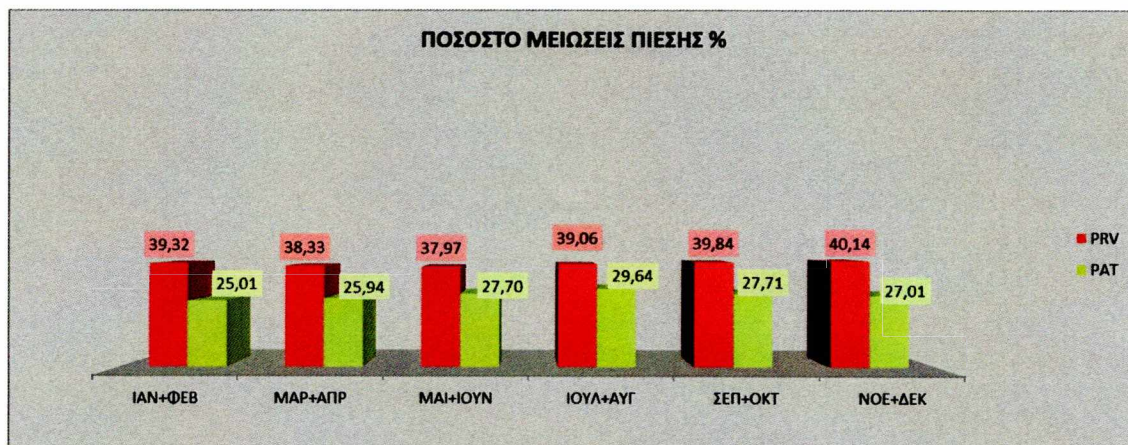
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Agarwal, T. (2012). Review of Pump as Turbine (PAT) for Micro-Hydropower. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(11), 2250-2459.
- [2] Arriago, M. (2009). Pump as turbine – A pico-hydro alternative in Lao People’s Democratic Republic. *Renewable Energy*, 35, 1109-1115.
- [3] Buono, D., Frosina, E. & Senatore, A. (2016). A Performance Prediction Method for Pumps as Turbines (PAT) Using a CFD Modeling Approach. *Department of Industrial Engineering, University of Naples Federico II*. doi: 10.20944/preprints201610.0077.v1.
- [4] Buono, D., Cesaro, U., Frosina, E., Mazzone, A. & Senatore, A. (2015). Study of a Pump as Turbine For a Hydraulic Urban Network Using a Tridimensional CFD Modeling Methodology. *Energy Procedia*, 82, 201-208.
- [5] Carravetta, A., Del Giudice, G., Fecarotta, O. & Ramos, H. (2013). Pump as Turbine (PAT) Design in Water Distribution Network by System Effectiveness. *Water 2013*, 5(3), 1211-1225. doi: 10.3390/w5031211.
- [6] Carravetta, A., Del Giudice, G., Fecarotta, O. & Ramos, H. (2012). Energy Production in Water Distribution Networks: A PAT Design Strategy. *Water Resources Management*, 26, 3947-3959. doi: 10.1007/s11269-012-0114-1.
- [7] De Marchis, M., Fontanazza, C., Freni, G., Messineo, A., Milici, B. et al. Energy recovery in water distribution networks. Implementation of pumps as turbine in a dynamic numerical model. *Procedia Engineering*, 70, 439-448.
- [8] De Paola, F., Fontana, N., Giugni, M., Marini, G. & Pugliese, F. (2016). Experimental characterization of two Pumps As Turbines for hydropower generation. *Renewable Energy*, 99, 180-187.
- [9] Derakhshan, S. & Nourbakhsh, A. (2008). Theoretical, numerical and experimental investigation of centrifugal pumps in reverse operation. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32, 1620-1627.
- [10] Derakhshan, S. & Nourbakhsh, A. (2007). Experimental study of characteristic curves of centrifugal pumps working as turbines in different specific speeds. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32, 800-807.
- [11] Διαδίκτυο: www.pumpiran.org/english
www.desmie.gr
<http://www.deyakozanis.gr/>
http://www.ac-tec.it/index_en.html
<http://greenbugenergy.com/get-educated-knowledge/types-of-turbines>
<http://www.microhydro.ie/section/TypesofTurbines>

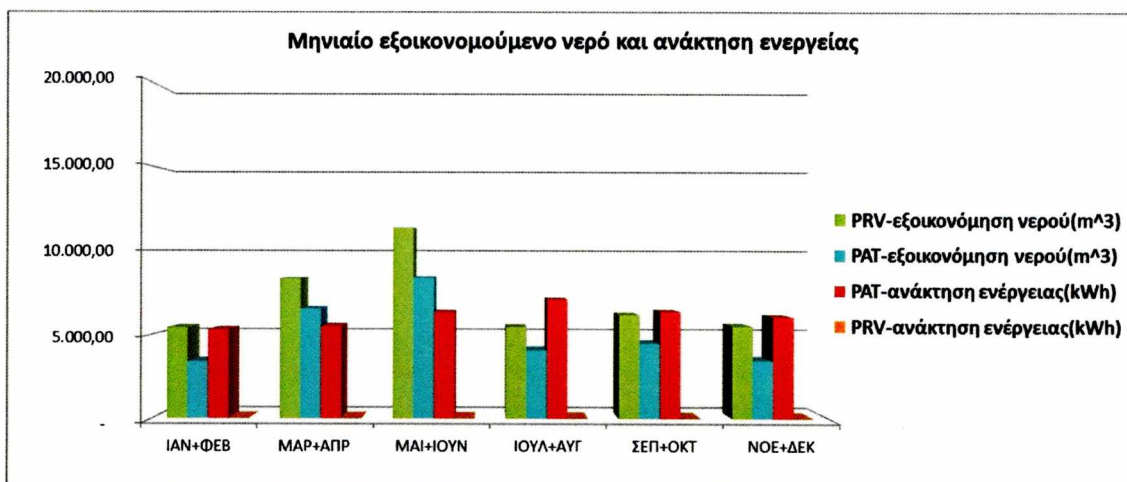
- [12] Engeda, A. & Tan, X. (2016). Performance of centrifugal pumps running in reverse as turbine: Part II - systematic specific speed and specific diameter based performance prediction. *Renewable Energy*, 99, 188-197.
- [13] Esmailian, H., Jafari, R. & Khanjani, M. (2015). Pressure Management and Electric Power Production in Water Distribution System Using Pump as Turbine. *Journal AWWA*. doi: 10.5942/jawwa.2015.107.0083.
- [14] Fontana, N., Giugni, M. & Portolano, D. (2012). Losses Reduction and Energy Production in Water Distribution Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*. doi: 10.1061/(ASCE)WR.1943-.
- [15] Κανακούδης, Β. & Τσιτσιφλή, Σ. (2015). *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αστικών Δικτύων Υδρευσης*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελλήνων Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- [16] Maher, P., Smith, N. & Williams, A. (2002). Assessment of pico hydro as an option for off-grid electrification in Kenya. *Renewable Energy*, 28, 1357-1369.
- [17] Nasir, B.A. (2013). Design of Micro - Hydro - Electric Power Station. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2(5), 2249-8958.
- [18] Paish, O. (2002). Small hydro power: technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 537-556.
- [19] Πατέλης, Μ., Βασιλόπουλος, Ι., Κανακούδης, Β. & Γκονέλας, Κ. (2016). Exploiting energy recovery potential in a water distribution network along with reliable pressure management. Στο 13th International Conference on Protection and Restoration of the Environment. Μύκονος, Ελλάδα: Ιούλιος 2016.
- [20] Πατέλης, Μ. (2013). *Μείωση των απωλειών νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης με διαμόρφωση Στεγανών Υποζωνών (District Metered Areas- DMAs) για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της πίεσης: η περίπτωση της πόλης της Κοζάνης*. (Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- [21] Simpson, R. & Williams, A. (2009). Pico hydro – Reducing technical risks for rural electrification. *Renewable Energy*, 34, 1986-1991.
- [22] Williams, A. (1995). *Pumps as Turbines: A user's guide*. Michigan: ITDG.
- [23] Williams, A. (1996). Pumps as Turbines for low cost micro hydro power. *Renewable Energy*, 9(1-4), 1227-1234. doi: 10.1016/0960-1481(96)88498-9.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

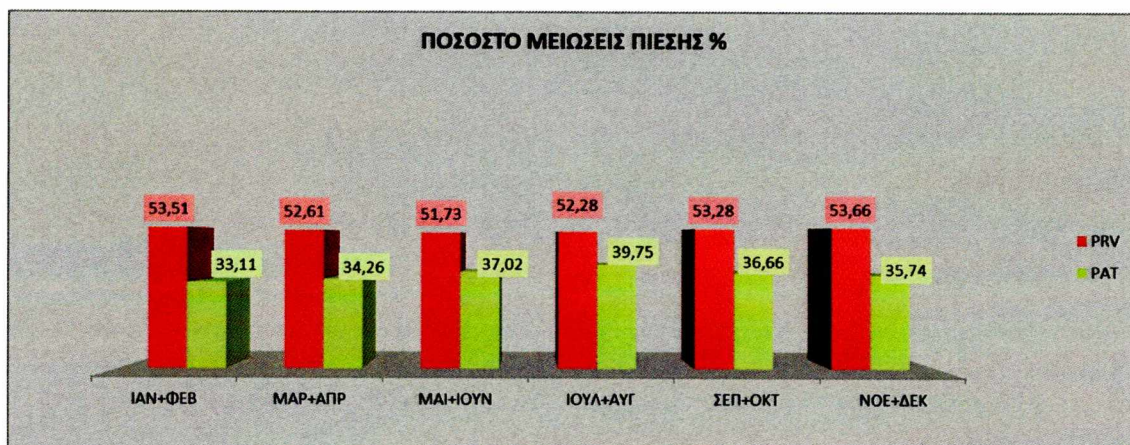
2^ο Σενάριο: Γραφήματα ανά δίμηνο μόνο για τις θέσεις, όπου υπάρχουν ΡΑΤs.



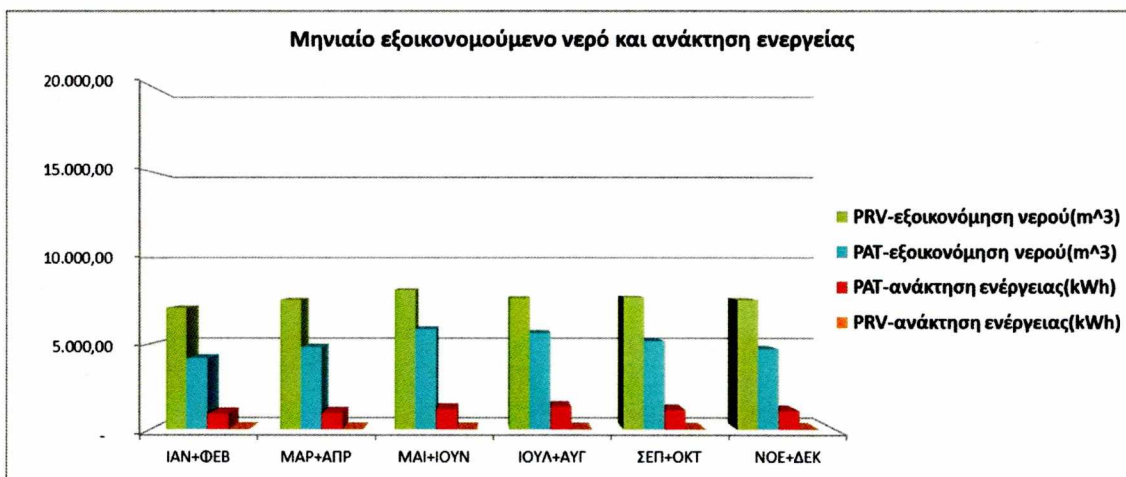
Γράφημα 1: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA M για κάθε δίμηνο



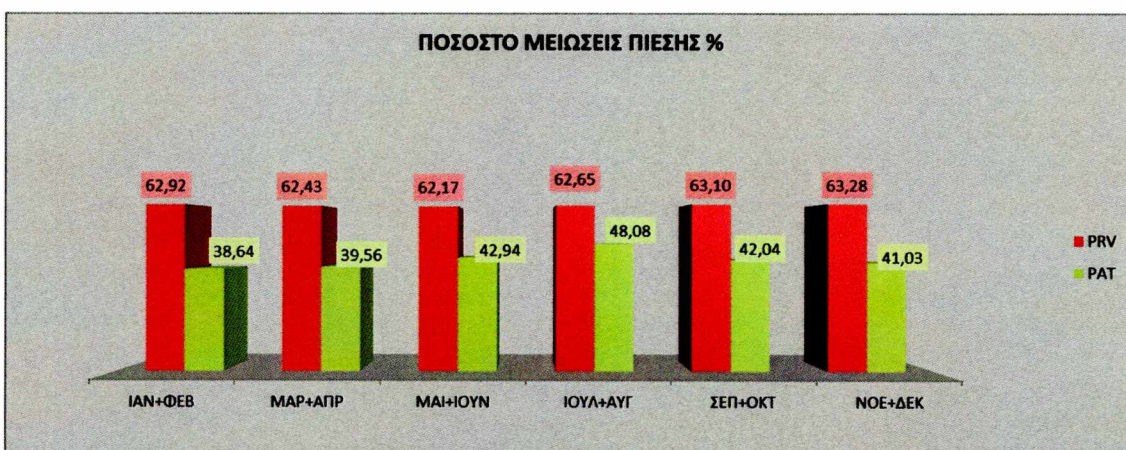
Γράφημα 2: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA M



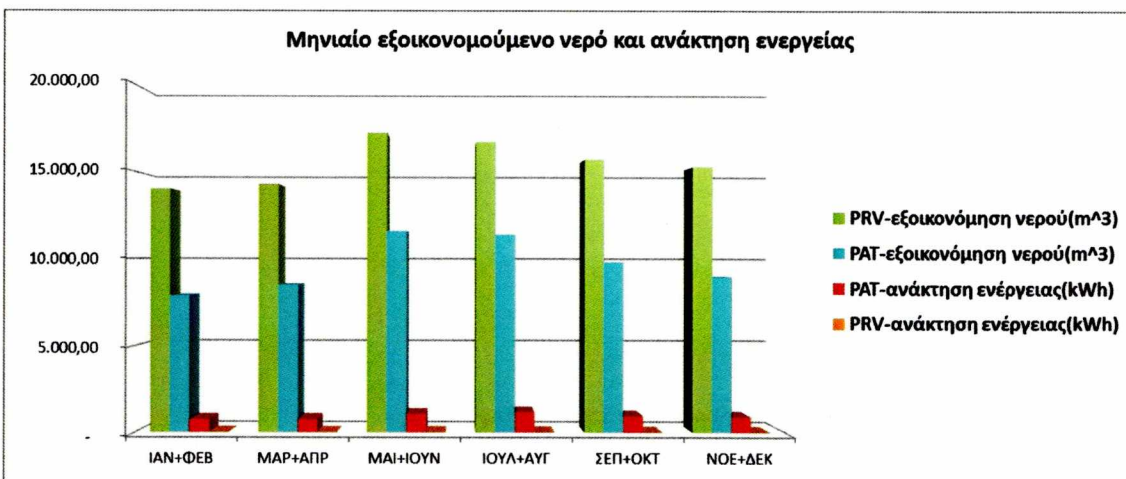
Γράφημα 3: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 4K για κάθε δίμηνο



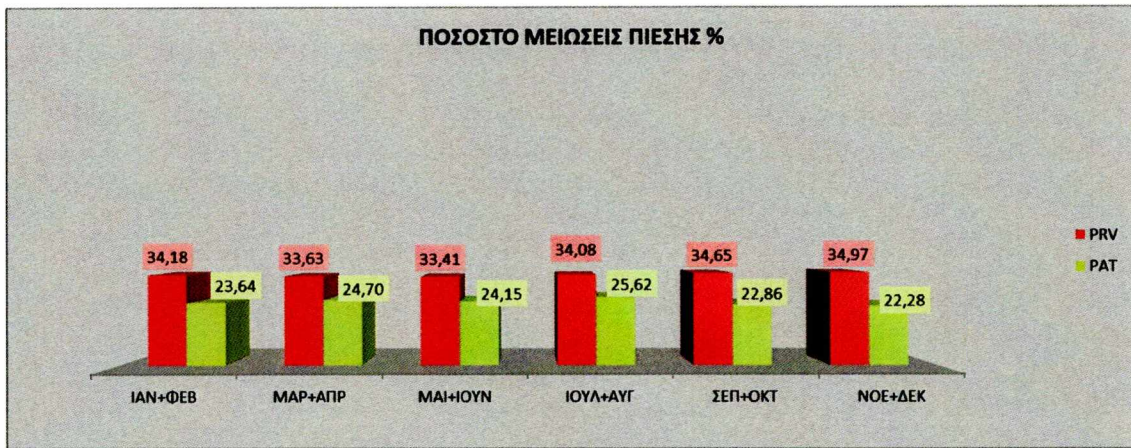
Γράφημα 4: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 4K



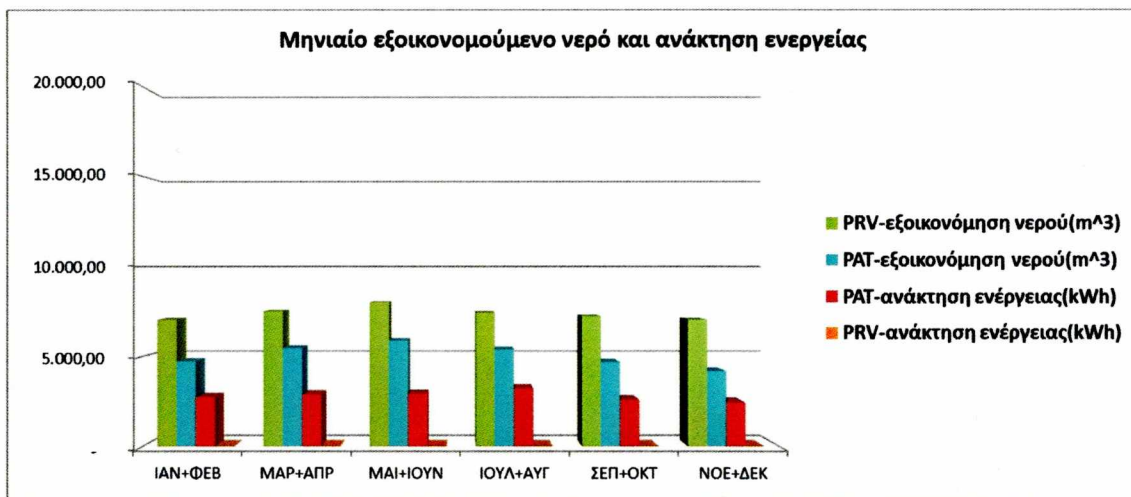
Γράφημα 5: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 5 για κάθε δίκτυο



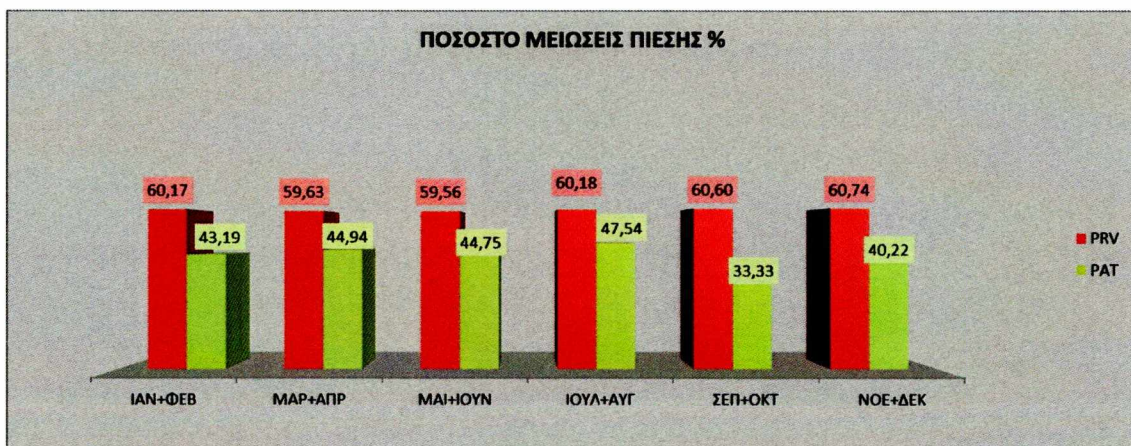
Γράφημα 6: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 5



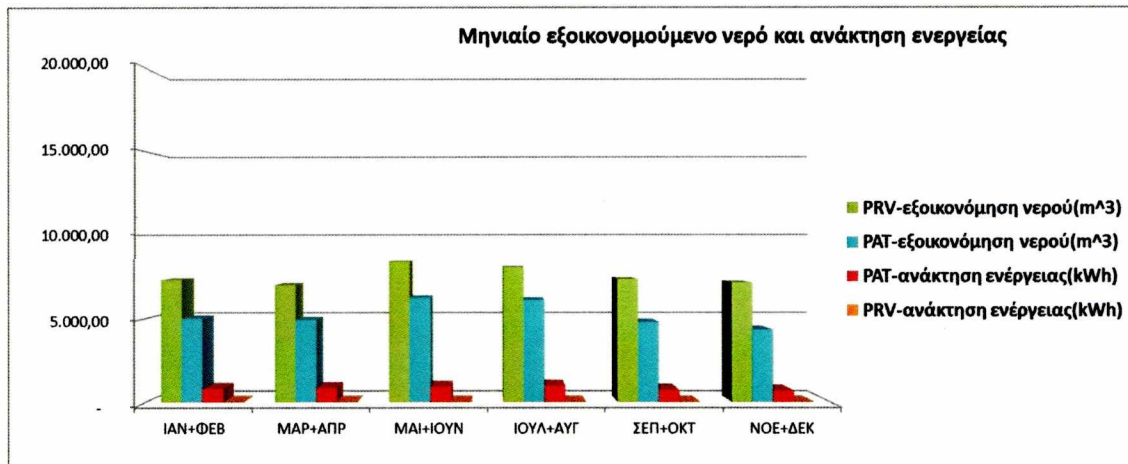
Γράφημα 7: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 12 για κάθε δίμηνο



Γράφημα 8: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 12



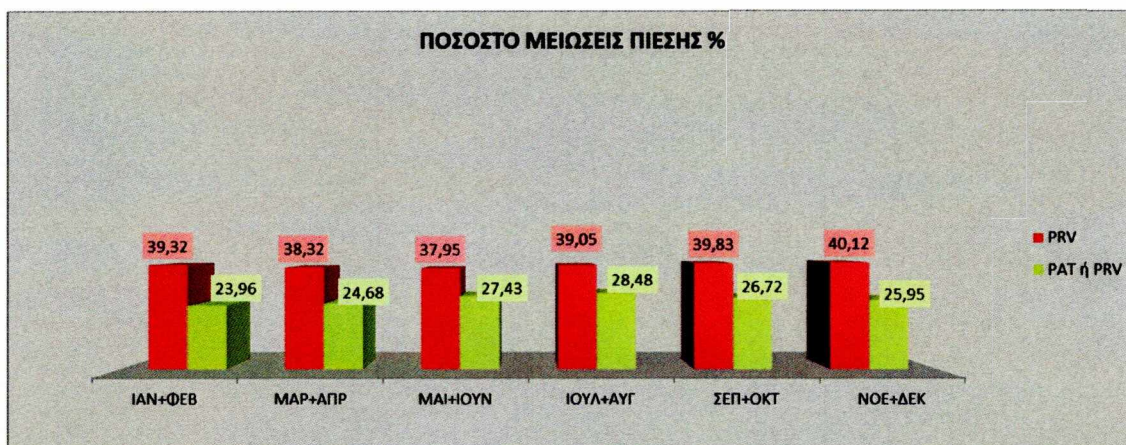
Γράφημα 9: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 7 για κάθε δίμηνο



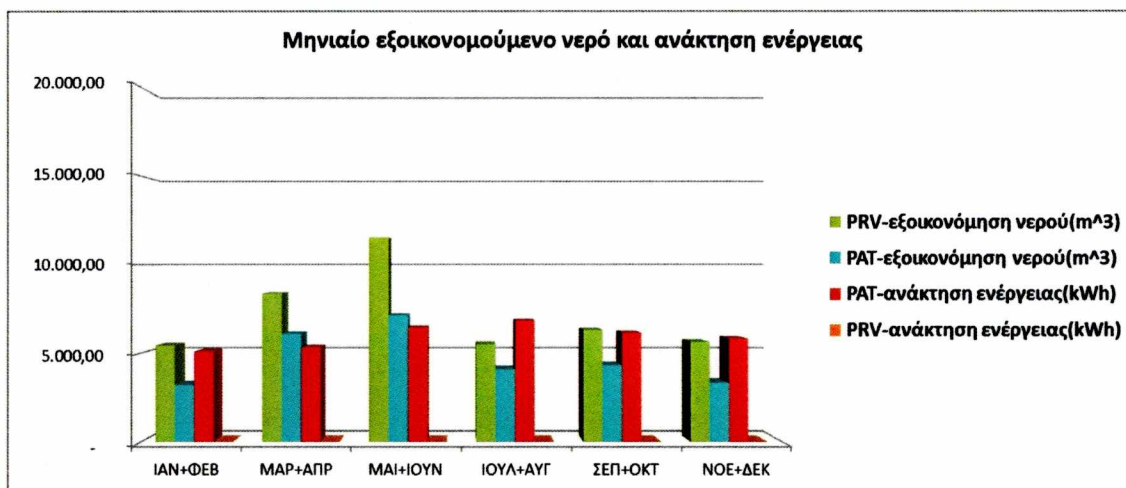
Γράφημα 10: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 7

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

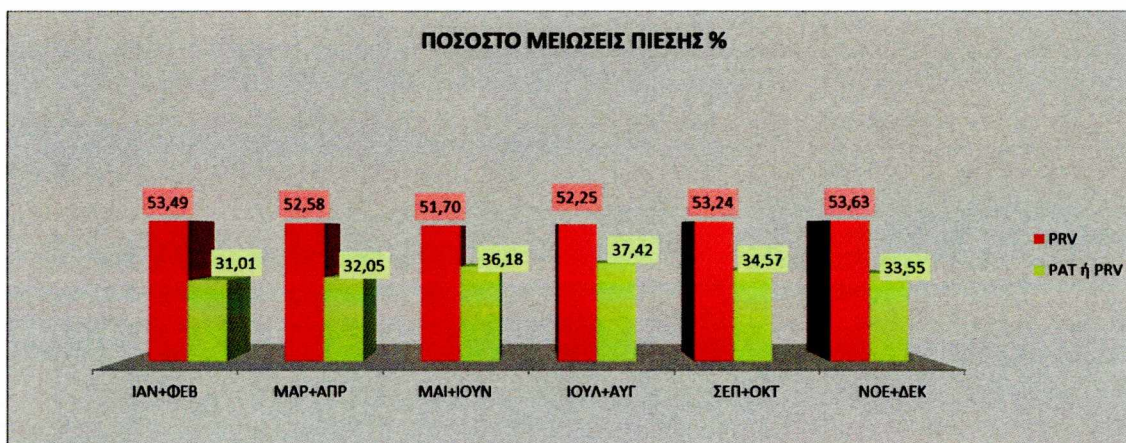
3^ο Σενάριο: Γραφήματα ανά δίκμηνο μόνο για τις θέσεις, όπου υπάρχουν ΡΑΤs.



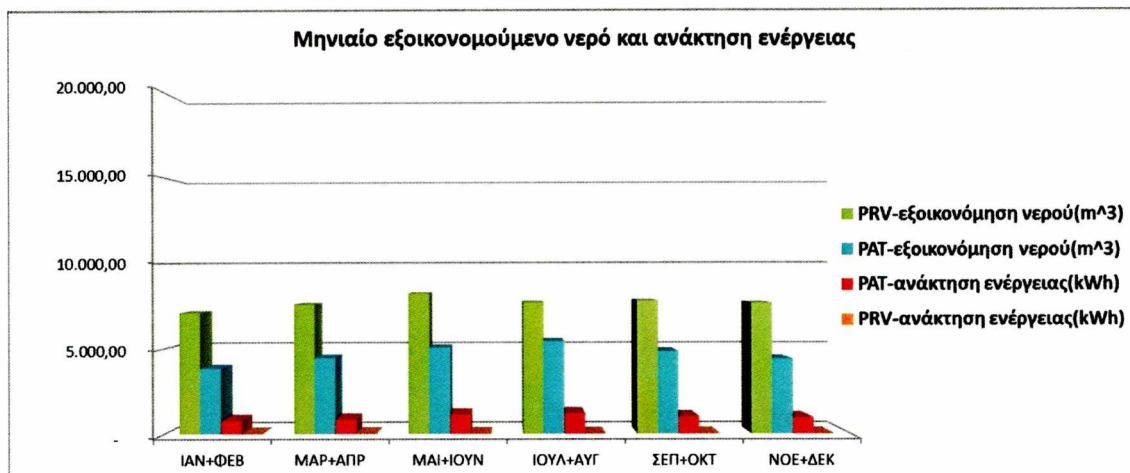
Γράφημα 11: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA M για κάθε δίκμηνο



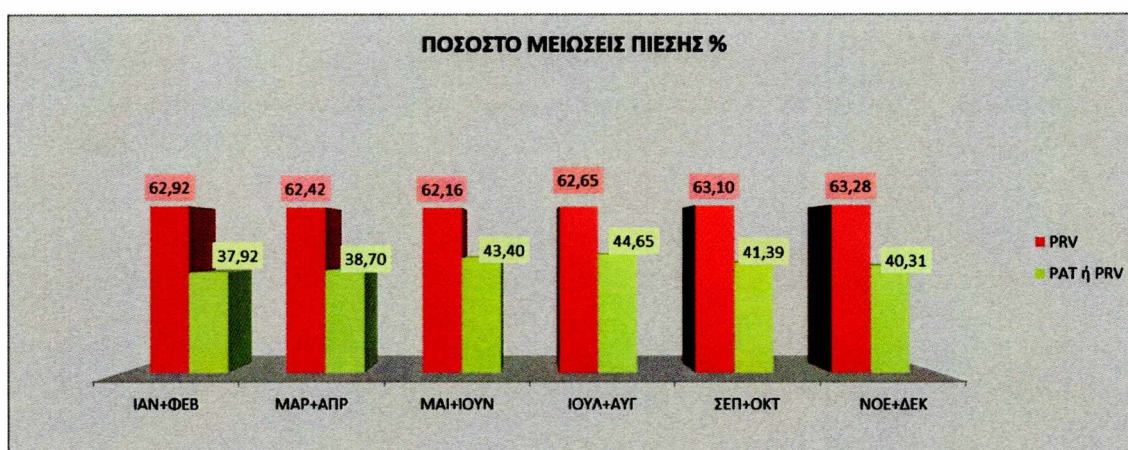
Γράφημα 12: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA M



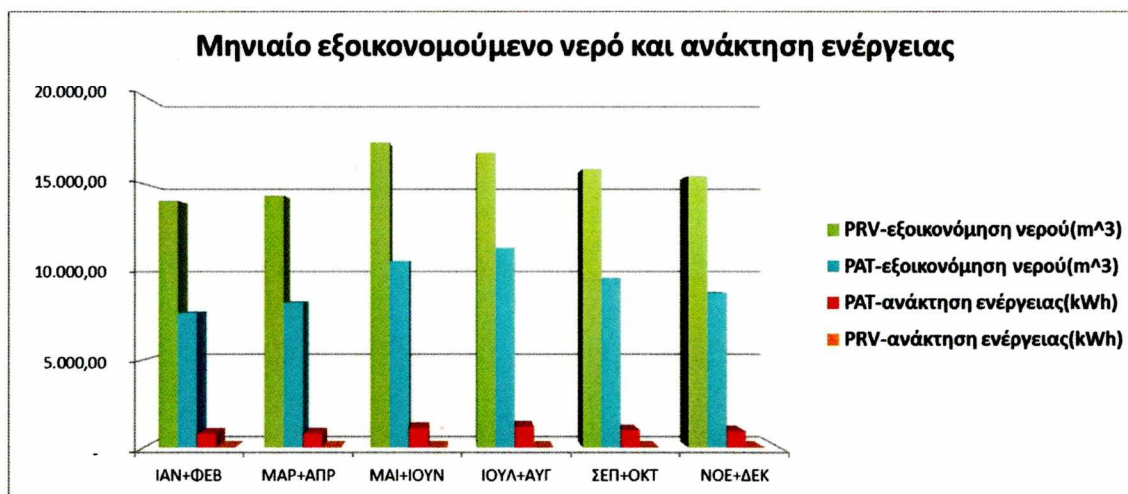
Γράφημα 13: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 4K για κάθε δίκμηνο



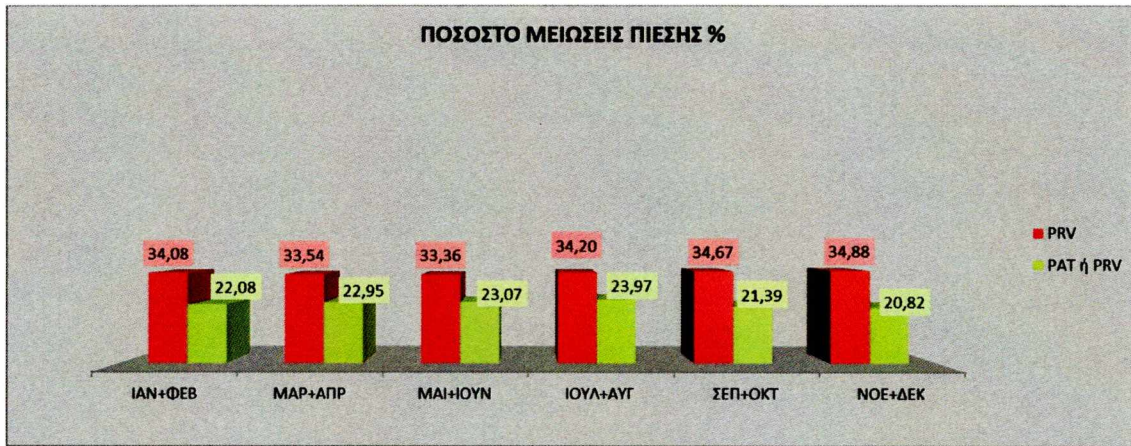
Γράφημα 14: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 4K



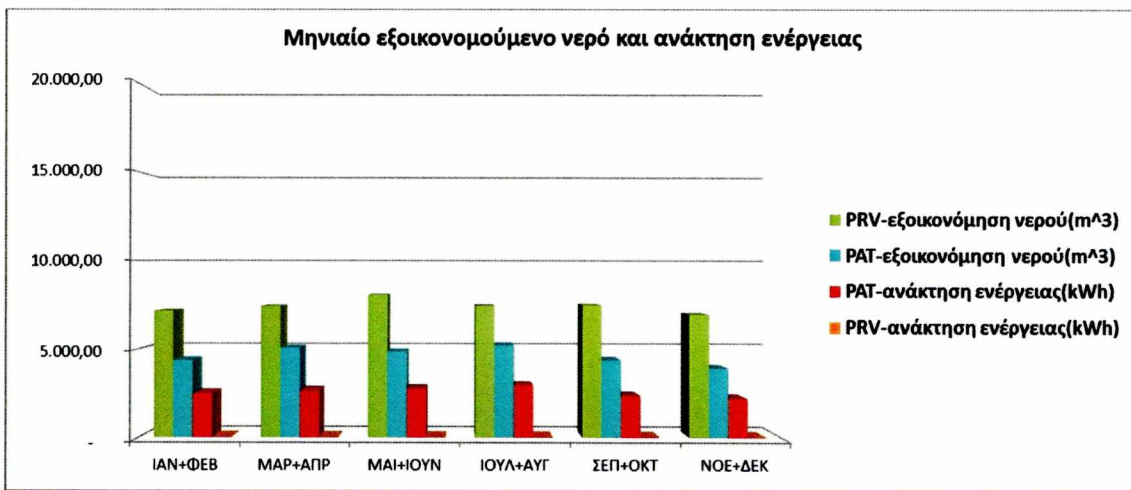
Γράφημα 15: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 5 για κάθε δίμηνο



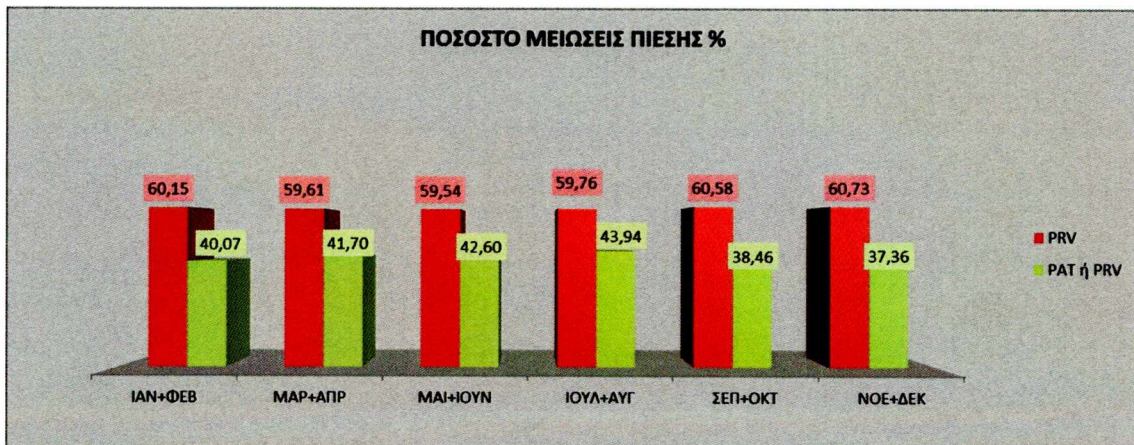
Γράφημα 16: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 5



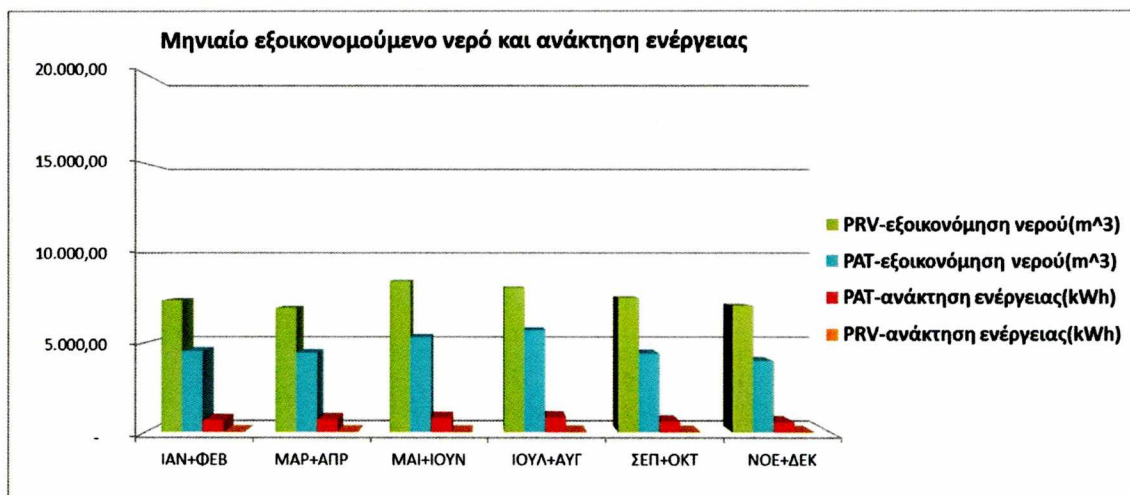
Γράφημα 17: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 12 για κάθε δίμηνο



Γράφημα 18: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 12

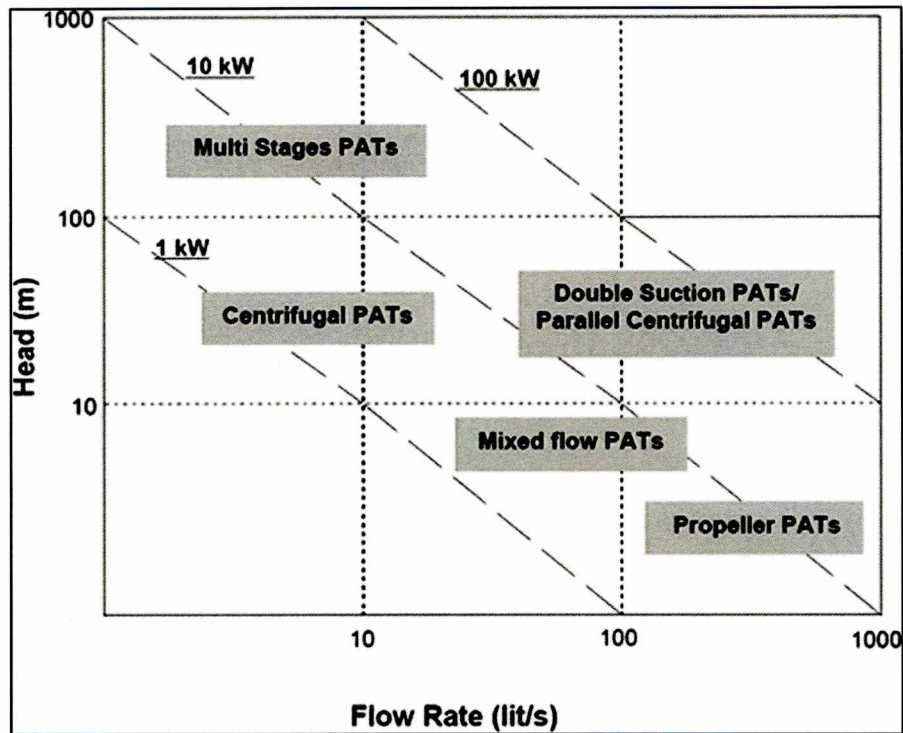


Γράφημα 19: Ποσοστό μείωσης της πίεσης της DMA 7 για κάθε δίμηνο

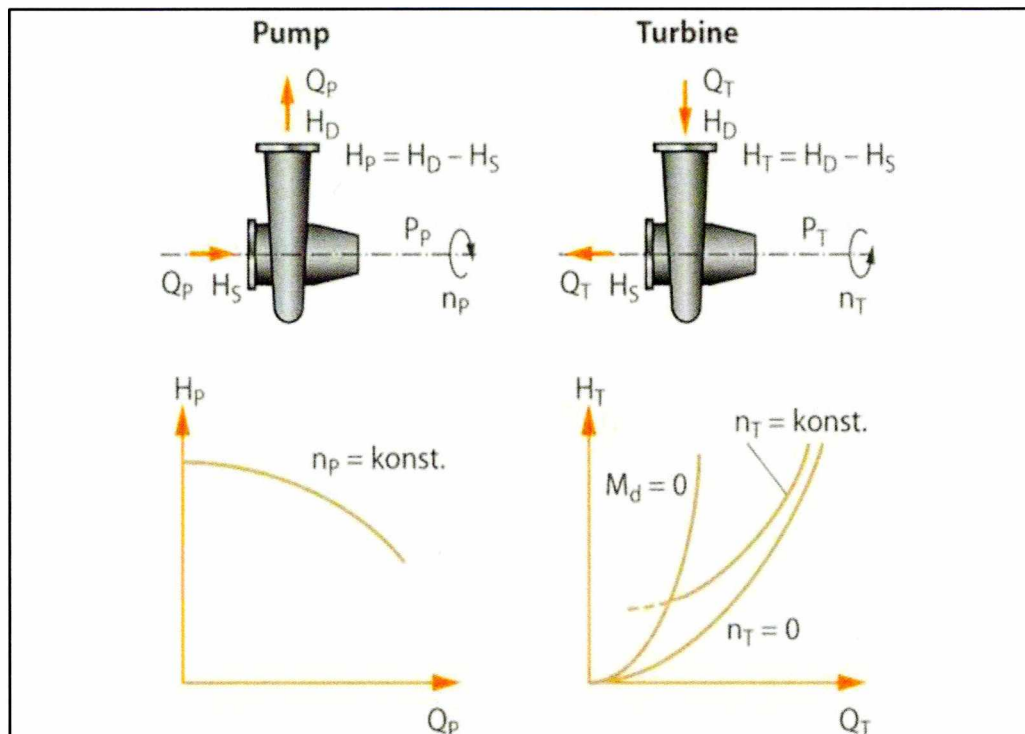


Γράφημα 20: Μηνιαία εξοικονόμηση νερού και ανάκτηση ενέργειας της DMA 7

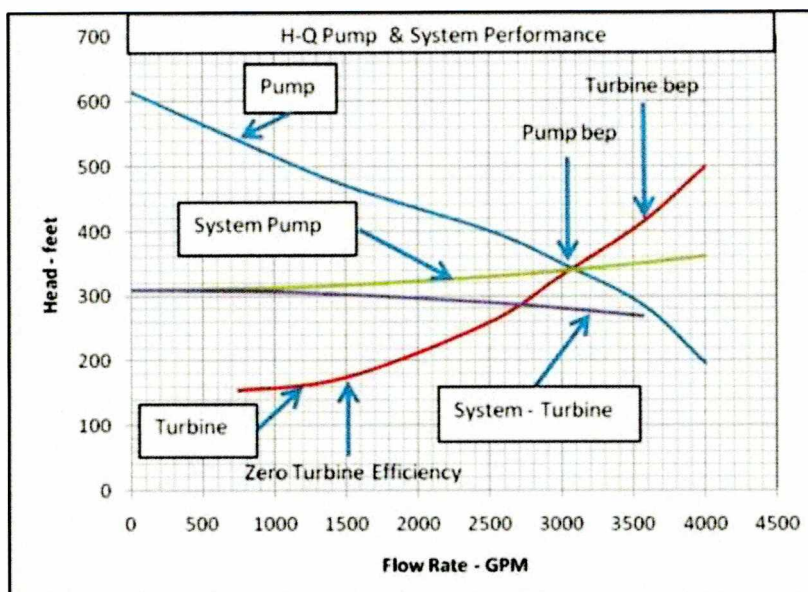
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ



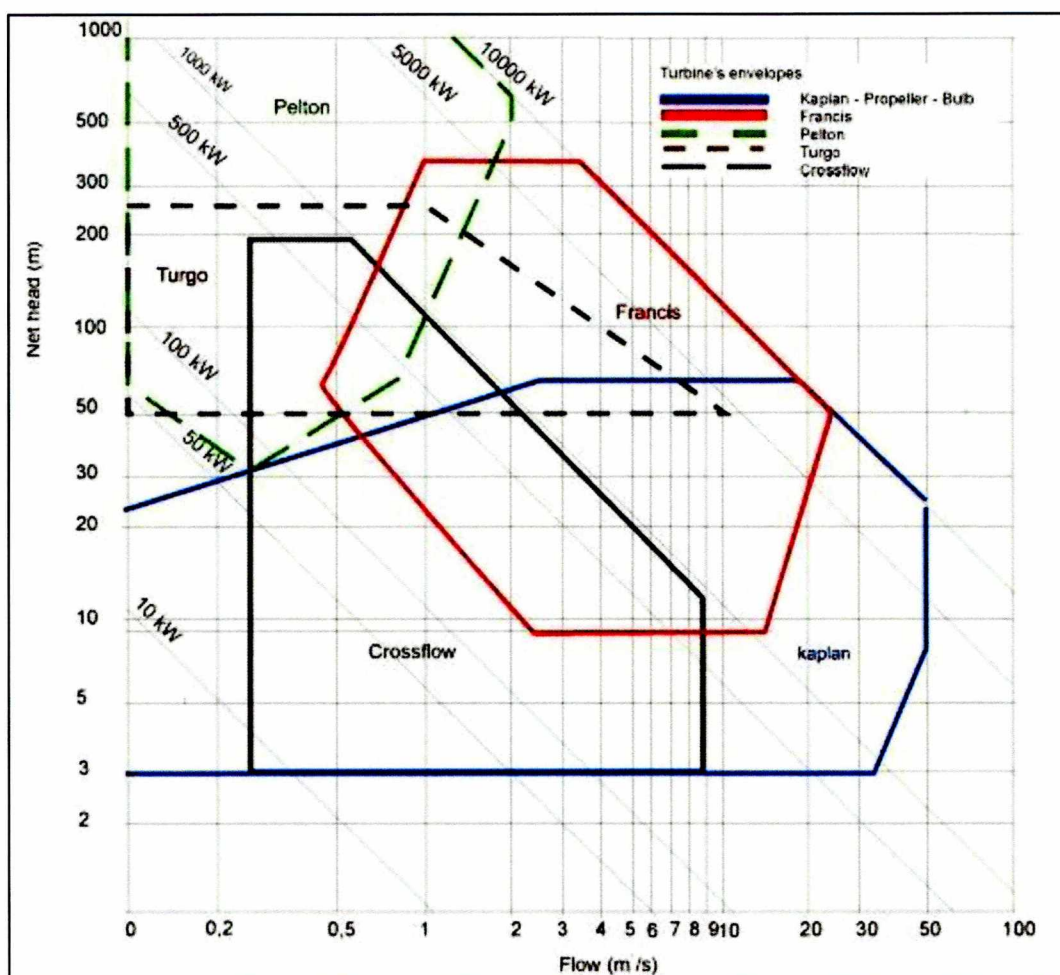
Εικόνα 1: Ενέργεια (kW), που παράγεται από διάφορους τύπους PATs, σε σχέση με το μονομετρικό ύψος (m) και την αποφόρτιση του νερού (m^3/sec).



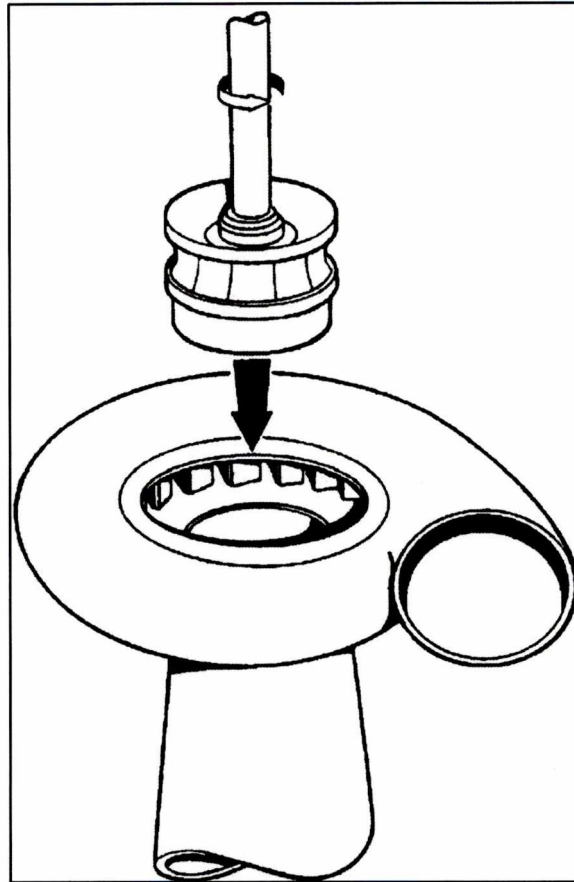
Εικόνα 2: Συμπεριφορά αντλίας και PATs.



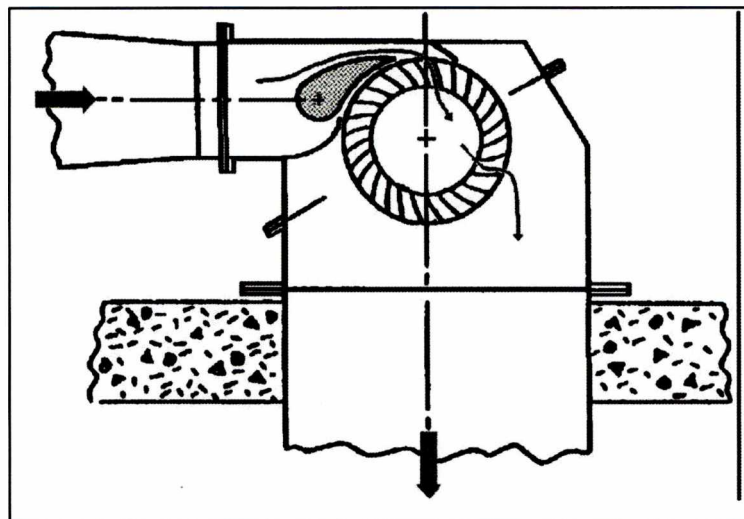
Εικόνα 3: Συμπεριφορά αντλίας και PATS σε σχέση με H-Q.



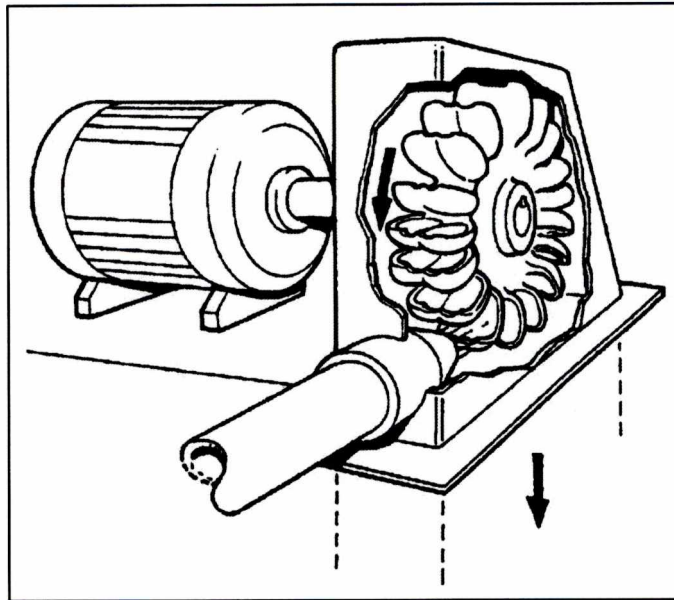
Εικόνα 4: Ενέργεια (kW), που παράγεται από τις τουρμπίνες, σε σχέση με το μονομετρικό ύψος (m) και την αποφόρτιση του νερού (m³/sec).



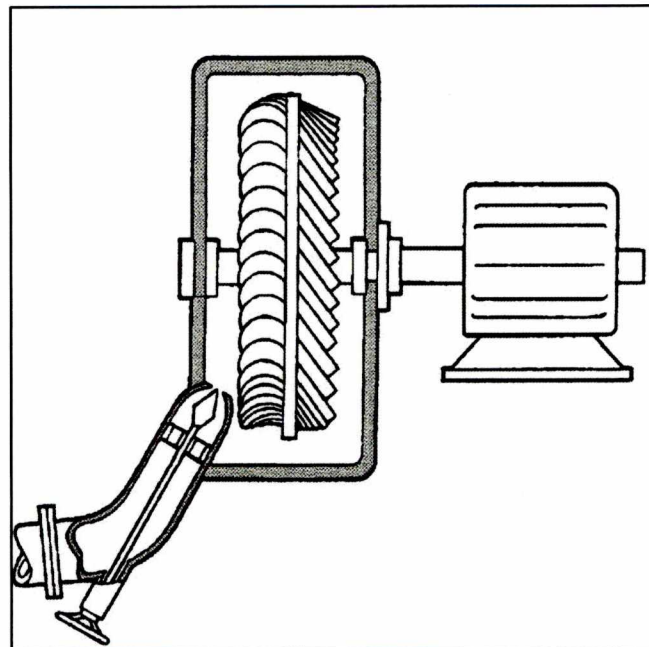
Εικόνα 5: Francis Turbine.



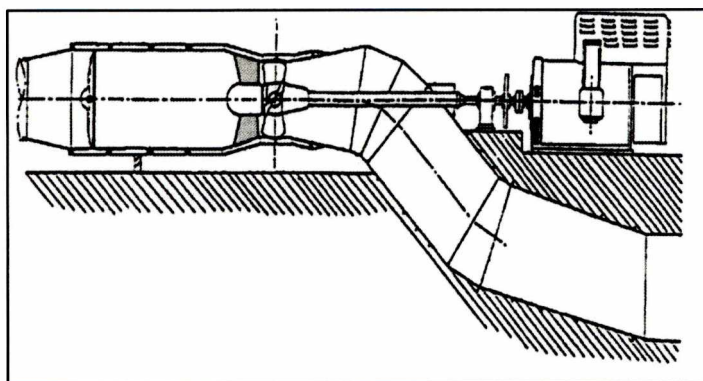
Εικόνα 6: Cross-Flow Turbine.



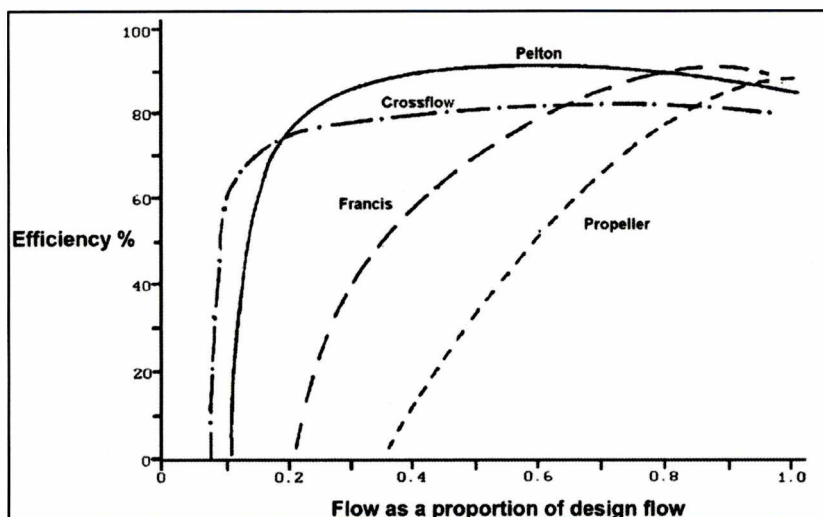
Εικόνα 7: Pelton Turbine .



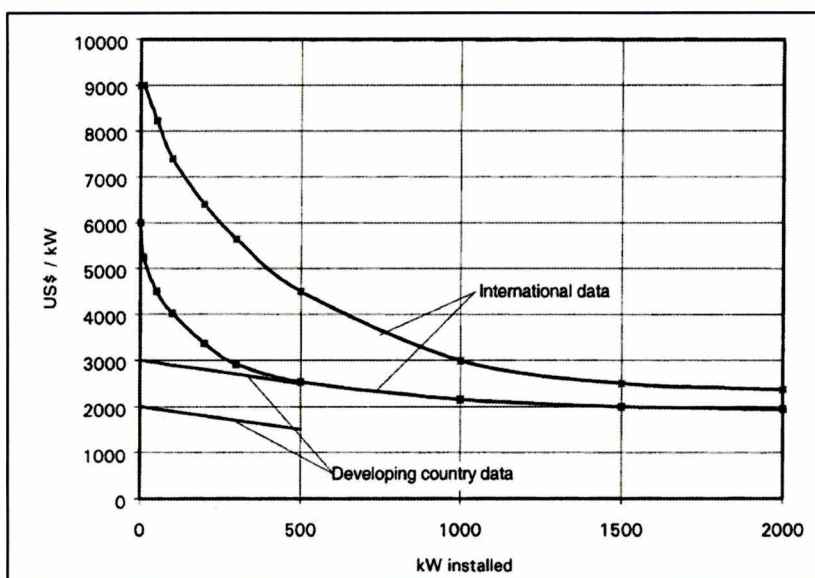
Εικόνα 8: Turgo Turbine.



Εικόνα 9: Tube-type Propeller Turbine.



Εικόνα 10: Απόδοση υδροτουρμπίνων.



Εικόνα 11: Κόστος μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού σε S/KW.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000125610