



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Σχεδιασμού Περιβαλλοντικών

Εγκαταστάσεων

Διπλωματική εργασία

«Τεχνοοικονομική ανάλυση της λειτουργίας των
κεντρικών αντλιοστασίων πόσιμου νερού και
λυμάτων του Δήμου Ρεθύμνου»

Δημιουργός :

Κωνσταντίνος Γασπαράκης

Επιβλέπων:

Γκίκας Πέτρος Αναπληρωτής Καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης

Μελοι εξεταστικής επιτροπής :

Θεωχαρης Τσουτσος καθηγητης Πολυτεχνείου Κρήτης,

Μουστακης Βασιλης καθηγητης Πολυτεχνείου Κρήτης

Δημιουργός

Χανιά

Φεβρουάριος

2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	4
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	4
1.2 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ	5
1.2.1 Χωρική κατανάλωση ηλ. Ενέργειας ανά Περιφερειακή Ενότητα	5
2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ	6
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2.2 ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΛΙΩΝ	6
2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ.....	7
2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ	8
2.5 ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ.....	9
2.6 ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΕΩΣ.....	9
2.7 ΣΩΛΗΝΑΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΕΩΣ	10
2.8 ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ	12
2.9 ΕΚΚΙΝΗΤΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ	16
2.9.1 Απευθείας εκκίνηση – DOL.....	16
2.9.2 Εκκίνηση αστέρα- τριγώνου-SD.....	17
2.9.3 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή-AF.....	18
2.9.4 Απαλή εκκίνηση-SS	19
2.9.5 Εκκίνηση μέσω μετατροπέα συχνότητας –FC	20
3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΔΗΜΟΥΣ	21
3.1 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΔΗΜΟΥΣ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ	21
3.2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΡΕΘΥΜΝΗΣ.....	23
3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΎΔΡΕΥΣΗΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	26
3.3.1 Υδροδότηση από τις πηγές της Αργυρούπολης και Αγ. Δύναμης	28
3.3.2 Υδροδότηση από τις γεωτρήσεις του Γάλλου.	28

3.3.3	Υδροδότηση από τις γεωτρήσεις του Πλατανέ	29
3.3.4	Υδρογεωτρήσεις εντός της Πόλης του Ρεθύμνου.	30
3.4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΣΤΟΝ ΠΛΑΤΑΝΕ	30
3.5	ΔΙΚΤΥΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΡΕΘΥΜΝΗΣ.	31
3.5.1	Περιγραφή Αντλιοστασίου Λυμάτων της Αγ. Φωτεινής	33
3.5.2	Απαιτούμενη ισχύς	34
4	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΛΑΤΑΝΕΣ	35
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	35
4.2	ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ.....	35
4.3	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΣΤΟ Α/Σ ΠΛΑΤΑΝΕ .	36
4.4	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Ή ΜΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΤΟΥ Α/Σ ΤΟΥ ΠΛΑΤΑΝΕ	39
4.4.1	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	40
4.4.2	ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (INVERTER) ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	41
4.4.3	ΝΕΑ ΑΝΤΛΙΑ ΦΡΕΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS.....	41
4.4.4	ΝΕΑ ΑΝΤΛΙΑ ΦΡΕΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB	42
4.4.5	ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^A (ΔΥΟ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS).....	43
4.4.6	ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^B (ΔΥΟ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB)	45
4.4.7	ΣΕΝΑΡΙΟ 3Α (ΤΡΕΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS)	47
4.4.8	ΣΕΝΑΡΙΟ 3β (ΤΡΕΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB).....	50
4.4.9	ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^A ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	53
4.4.10	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2 ^A	55
4.4.11	ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2B ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ.....	56
4.4.12	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2 ^B	57
4.4.13	ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3Α ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS)	59
4.4.14	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3 ^A	60

4.4.15	ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ^B ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB).....	61
4.4.16	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3 ^B	62
5	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΓ. ΦΩΤΕΙΝΗΣ	66
5.1.1	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	67
5.2	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ Α/Σ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΤΗ (ΑΓ.ΦΩΤΕΙΝΗ) ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΡΕΘΥΜΝΗΣ	68
5.3	ΑΝΤΛΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS	70
5.4	ΑΝΤΛΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB	71
5.5	ΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΟ Α/Σ ΑΓ. ΦΩΤΕΙΝΗΣ	72
5.6	ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^A ΑΝΤΛΙΑ GRUNDFOS.....	72
5.6.1	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1 ^A	73
5.7	ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^B ΑΝΤΛΙΑ KSB	74
5.7.1	ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1 ^B	75
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	77
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Πέτρο Γκίκα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας και να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, για την αμέριστη βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές, καθώς και την πολύτιμη καθοδήγηση σε όλη την διάρκεια συγγραφής της εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω, για την άμεση ανταπόκριση, την άριστη συνεργασία, την υποστήριξη, το ενδιαφέρον τους καθώς και τη βοήθεια, για τις πολύτιμες πληροφορίες και κατευθύνσεις που μου έδωσαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, κάποιους υπαλλήλους του Δήμου Ρεθύμνου και της ΔΕΥΑΡ.

Επίσης θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους φίλους μου και για την υποστήριξη και βοήθειά τους στην προσπάθειά μου αυτή.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την αγάπη, την προσφορά, την καθοδήγηση και την συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των μαθητικών αλλά και ακαδημαϊκών μου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα Διπλωματική εργασία εξετάζεται από τεχνο-οικονομικής άποψης η δυνατότητα εξοικονόμησης της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα κύρια αντλιοστάσια Ύδρευσης και Αποχέτευσης της ΔΕΥΑΡ του Δήμου Ρεθύμνης καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας (29%) στο Δήμο προέρχεται από τα αντλιοστάσια ύδρευσης και αποχέτευσης.

Αρχικά αναφέρονται κάποιες βασικές έννοιες για τη λειτουργία των αντλιοστασίων και τους βασικούς τύπους αντλιών, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται. Έπειτα πραγματοποιήθηκε η καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας του Δήμου Ρεθύμνης χρησιμοποιώντας στοιχεία από τιμολόγια κατανάλωσης ενέργειας της ΔΕΗ, καθώς και στοιχεία από συναντήσεις με φορείς και επιμελητήρια καθώς και στατιστικά στοιχεία ώστε να δούμε πόση είναι η κατανάλωση ενέργειας στο δημόσιο τομέα (σχολεία, γήπεδα, αντλιοστάσια, δημόσιος φωτισμός) που καταναλώνεται στο Δήμο Ρεθύμνης. Ενώ διατίθενται γενικά στοιχεία για τις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορους τομείς (ύδρευση, φωτισμός, κλπ.) σε Δήμους ανά την Ελλάδα.

Γίνεται περιγραφή των δικτύων ύδρευσης-αποχέτευσης για τον Δήμο Ρεθύμνης καθώς και η περιγραφή των αντλιοστασίων ύδρευσης (Πλατανές) και αποχέτευσης (Αγία Φωτεινή). Με την κατανόηση της λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης και την κατανόηση της λειτουργίας των αντλιοστασίων (Α/Σ) ύδρευσης-αποχέτευσης, μπορούμε να προβούμε σε εναλλακτικά σενάρια για τον τρόπο εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα κριτήρια για την επιλογή των δράσεων, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης της κατανάλωσης, είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα και η οικονομική τους βιωσιμότητα. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική εργασία, προκύπτει ότι ο βέλτιστος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας κατά τη λειτουργία του αντλιοστασίου γίνεται με την αντικατάσταση των παλαιών αντλιών εν σύγκριση με την εφαρμογή του ρυθμιστή συχνότητας στις παλαιές αντλίες. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με κριτήρια ως προς την εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και της μείωσης των αναμενόμενων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (αποτύπωμα CO₂). Από την εξέταση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η αντικατάσταση και των τριών αντλιών του Α/Σ του Πλατανέ, καθώς και την αντικατάσταση της αντλίας του φρέατος προκύπτει εξοικονόμηση ενέργειας ίση με 63% ή 1.101 τόνων CO₂ ετησίως.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας για την περίπτωση του αντλιοστασίου μεταφοράς λυμάτων είναι της τάξης του 26% ή ισοδύναμη μείωση 400 τόνων CO₂. Τα αποτελέσματα ως προς το βέλτιστο σενάριο επαληθεύονται και από την τεχνο-οικονομική μελέτη με βάση την καθαρή παρούσα αξία κάθε σεναρίου, όπως φαίνεται από την τεχνο-οικονομική ανάλυση.

ABSTRACT

In this Diploma thesis we apply a techno-economic analysis in order to examine the possibility for pumping cost reduction in the pumping stations of the city of Rethymno in Crete, Greece, as it was found that the cost of the operational water and wastewater pumping stations constitutes approximately the 29% of total electricity expenditures of the city.

First, we describe the general characteristics of pumping station. The types of pumps and the way of their syndesmology (in parallel or in a row syndesmology) are also described. After that, Electricity cost and pumping stations operating data were provided by PPC for the estimation of the total electricity energy consumed by the stations. Similar data from other Municipalities in Greece they also were provided.

The public water distribution and drainage networks are described as well as the main pumping stations in Platane and Agia Photini areas. By this description we can have an overview of the water and drainage distribution network. During the electricity data analysis the cost of water (or wastewater) pumped was evaluated and the pumping alternatives for the old pumps substitution were examined.

The decision criteria for the electricity cost reduction were both the possibility to cover the energy needs (1st criterion) in an economically effective way (2nd criterion). According to the techno-economic analysis we found that if we substitute the very old pumps that are in operation for more than thirty years, we can manage the operational cost for water pumping about 63% or to reduce the annual CO₂ emissions by 1,100 tons. In case of wastewater pumping station the substitution of old pumps leads to a reduction of operational electricity cost to 26% or reduction of CO₂ emissions at about 400 tons CO₂/ year. Results for the optimal scenario for both water and wastewater pumping systems are also verified by the techno-economic assessment based on the net present value (NPV) of each scenario, as shown by the techno-economic analysis (chapters 4 & 5).

1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Τις τελευταίες δεκαετίες η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας που συνδέεται άμεσα με το σύγχρονο τρόπο ζωής, ειδικά στις ανεπτυγμένες χώρες της Γης, απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας. Σύμφωνα με τον Nejat (Nejat et al,2015) η οικιστική ανάπτυξη και οι τομείς της βιομηχανίας, των μεταφορών αποτέλεσαν το 27, 29 και 33% αντίστοιχα της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας . Αυτό οδηγεί σε αυξημένη χρήση των ορυκτών καυσίμων που συνεπάγεται την υποβάθμιση του περιβάλλοντος λόγω των εκπομπών σε αέρια του θερμοκηπίου (Green house gases, GHGs). Δέκα χώρες, Κίνα, ΗΠΑ, Ινδία, Ρωσία, Ιαπωνία, Γερμανία, Νότια Κορέα, Καναδάς, Ιράν και το Ηνωμένο Βασίλειο, παράγουν περίπου τα δύο τρίτα των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Χαρακτηριστικά για την παραγωγή 1 MWh ηλεκτρικής ενέργειας παράγονται 1,48 tons CO₂ που είναι χαρακτηριστικό αέριο του θερμοκηπίου καθώς και 1kg NO_x και 1-1,8Kg SO₂ που οι εκπομπές τους συνεισφέρουν στην όξινη βροχή, όταν το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο λιγνίτης. Αντίστοιχα η χρήση πετρελαίου προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνεισφέρει με 830Kg CO₂ που είναι χαρακτηριστικό αέριο του θερμοκηπίου. Σε γενικές γραμμές, στην περίπτωση της Ελλάδας, το ενεργειακό μίγμα που χρησιμοποιείται (Λιγνίτης, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) συνεισφέρουν με παραγωγή περίπου 1,1tn CO₂ για κάθε MWh (Πηγή: Σύνδεσμος εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2007; green peace, CO₂ calculator).

Το κύριο ζητούμενο είναι η απεξάρτηση των σύγχρονων κοινωνιών από τα ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η απεξάρτηση αυτή μπορεί να γίνει είτε άμεσα μέσω της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (η παρούσα Διπλωματική εργασία δεν εξετάζει αυτή την εναλλακτική, όσον αφορά τη λειτουργία των αντλιοστασίων) ή μέσω της εύρεσης τρόπων για την εξοικονόμηση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας που οδηγεί έμμεσα σε ελάττωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων.

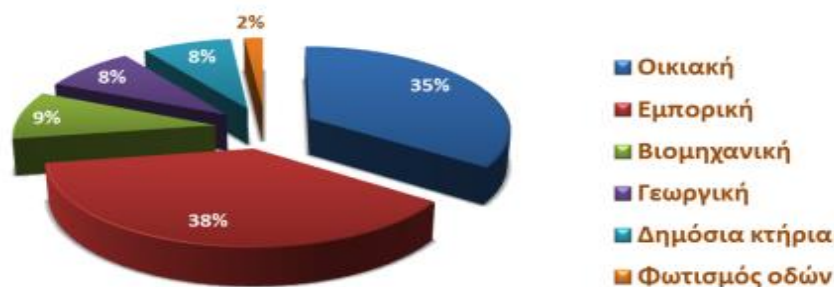
Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω της χρήσης συμβατικών ορυκτών καυσίμων ευθύνεται για το μεγαλύτερο ποσοστό ρύπανσης του περιβάλλοντος όπως περιεγράφηκε προηγουμένως (Nejat et al,2015). Πέρα από τις ενέργειες για την εύρεση συμβατικών μονάδων παραγωγής φιλικών προς το περιβάλλον (ΑΠΕ) οι οποίες έχουν διεισδύσει σημαντικά και προχωρούν με εντατικούς ρυθμούς, υπάρχουν και άλλες λύσεις ακόμα πιο άμεσες που γίνεται με μεθόδους μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας γενικότερα είναι η διαδικασία της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς όμως να υποβαθμίζεται η ποιότητα του σύγχρονου τρόπου ζωής. Στην απόφαση για υλοποίηση οποιασδήποτε από τις ποικίλες τεχνολογικές παρεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, καθοριστικό ρόλο παίζει πάντα η οικονομική αποδοτικότητά της, δηλαδή το πρόβλημα πρέπει να εστιάζεται και στο προκύπτον κόστος / όφελος. Για το λόγο αυτό η οποιαδήποτε εξεταζόμενη πρόταση πρέπει να συνδυάζεται με τεχνοοικονομική ανάλυση, καθώς το κόστος της ενέργειας έχει, σε κάθε περίπτωση, καθοριστική σημασία.

Η μεθοδολογία εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ξεκινάει από την εκτίμηση και την ανάλυση. Το κυριότερο στάδιο ασφαλώς, καθώς έχει να κάνει με την αναγνώριση του προβλήματος, και την περαιτέρω ανάλυση του. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, που αφορά τα αντλιοστάσια ύδρευσης και αποχέτευσης του Δήμου Ρεθύμνου, γίνεται η συλλογή δεδομένων για τον υπολογισμό και εκτίμηση των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας των εξεταζόμενων αντλιοστασίων καθώς και της εκτίμησης του συνολικού χρόνου λειτουργίας τους. Το επόμενο

στάδιο της μεθοδολογίας είναι η εξέταση της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας με την επιλογή νέων αντλιών χαμηλής κατανάλωσης ή την χρήση συστημάτων ελέγχου ρύθμισης των παροχών (Inverters). Το τελευταίο στάδιο είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων των αλλαγών σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

1.2 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

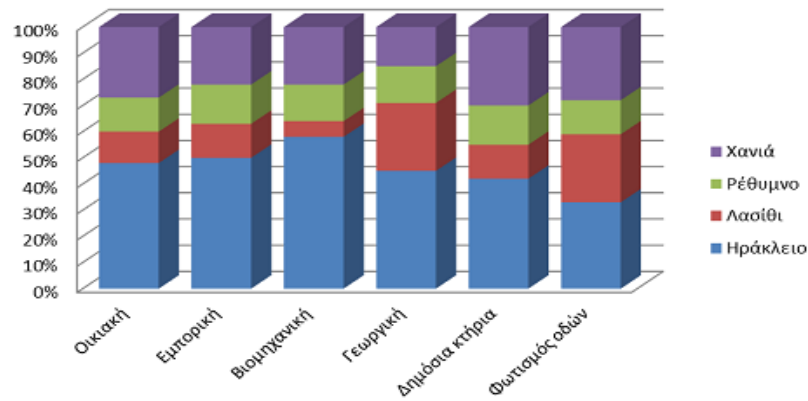
Λόγω των δραστηριοτήτων της οικονομικής δραστηριότητας στην Κρήτη και κυρίως λόγω της υψηλής τουριστικής ανάπτυξης, το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας ανήκει στον εμπορικό τομέα. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό αν υπολογίσει κανείς ότι στον εμπορικό τομέα περιλαμβάνονται οι ξενοδοχειακές μονάδες. Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην κατανομή της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στο διάγραμμα της Εικόνας 1-1, το 38% της κατανάλωσης ενέργειας στην Κρήτη καταλαμβάνει η εμπορική δραστηριότητα, ενώ ακολουθεί η οικιακή χρήση με 35%. Πάρα την μεγάλης έκτασης γεωργική δραστηριότητα στο νησί, ο γεωργικός τομέας καταναλώνει ένα σχετικά μικρό ποσοστό της τάξης του 8%.



Εικόνα 1-1 Κατανομή ενέργειας στην Κρήτη (Μπουντάκης, 2012)

1.2.1 Χωρική κατανάλωση ηλ. Ενέργειας ανά Περιφερειακή Ενότητα

Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο διάγραμμα της Εικόνας 1-2, η ΠΕ Ηρακλείου καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό σε κατανάλωση ενέργειας, σε όλους τους τομείς, εξαιτίας του μεγάλου τμήματος του πληθυσμού, ωστόσο η ΠΕ Λασιθίου παρόλο που είναι η μικρότερη περιφερειακή ενότητα της Κρήτης από άποψη πληθυσμού, είναι στην δεύτερη θέση στον γεωργικό τομέα εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού λόγω αντλήσεων. Η μεγαλύτερη κατανάλωση σε ενέργεια στην ΠΕ Χανίων γίνεται στους τομείς των Δημοσίων κτηρίων και στην οικιακή κατανάλωση. Μικρά σχετικά μερίδια στην ηλεκτρική κατανάλωση σε όλους τους τομείς κατέχει η ΠΕ Ρεθύμνης.



Εικόνα 1-2 Κατανομή ενέργειας στην Κρήτη ανά περιφερειακή ενότητα (Μπουντάκης, 2012)

2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αντλίες (ή αντλητικά συγκροτήματα) αποτελούν το βασικό τμήμα των αντλιοστασίων. Είναι μια κατηγορία υδροδυναμικών μηχανών που χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση ρευστών (νερό, λάδι, κλπ.) από δεξαμενές μικρότερης υψομετρικής θέσης προς δεξαμενές που η στάθμη τους βρίσκεται σε μεγαλύτερη υψομετρική θέση από αυτή του σημείου εκκίνησης. Ο ρόλος της αντλίας είναι να προσδίδει ενέργεια στο ρευστό τέτοια ώστε να υπερνικήσει τόσο την υψομετρική διαφορά, όσο και τις απώλειες ενέργειας κατά τη μεταφορά του διαμέσου των σωληνώσεων (Παπαντώνης, 2009). Τμήματα των αντλητικών συγκροτημάτων είναι επίσης ο **σωλήνας αναρροφήσεως**. Είναι το τμήμα του σωλήνα, από το σημείο παραλαβής του υγρού μέχρι την είσοδο του στην αντλία και ο **σωλήνας καταθλίψεως**, οπότε είναι το τμήμα του σωλήνα, από το σημείο εξόδου του υγρού από την αντλία μέχρι το σημείο άντλησης του.

2.2 ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΛΙΩΝ

Οι αντλίες κατατάσσονται με βάση διάφορων κριτηρίων, όπως η αρχή λειτουργίας, ο αριθμός των βαθμίδων, κατασκευαστικές λεπτομέρειες, κλπ. Το βασικότερο κριτήριο κατάταξης των αντλιών είναι ο μηχανισμός λειτουργίας τους. Σύμφωνα με το κριτήριο της αρχής λειτουργίας, οι αντλίες μπορεί να είναι , είτε Θετικής εκτοπίσεως (ή στατικού τύπου) είτε Δυναμικές (ή κινητικού τύπου).

Οι αντλίες που ανήκουν στην 1^η κατηγορία μπορεί να διακρίνονται περεταίρω σε παλινδρομικές (reciprocating pumps) και περιστροφικές αντλίες (rotary pumps). Οι αντλίες παλινδρομικού τύπου με τη σειρά τους μπορεί να είναι εμβολοφόρες αντλίες (piston) ή αντλίες διαφράγματος (diaphragm) . Οι εμβολοφόρες αντλίες χωρίζονται σε αντλίες αναρροφητικές απλής ή μονής ενέργειας, καταθλιπτικές απλής ή μονής ενέργειας και τέλος καταθλιπτικές μονής ενέργειας, ενώ οι διαφραγματικές αντλίες μπορεί να είναι αντλίες υγρής ή μηχανικής διεγέρσεως. Οι περιστροφικές αντλίες διακρίνονται σε αντλίες απλού ή μονού στροφείου (περωτή αντλίας) και αντλίες πολλαπλών στροφείων. Οι αντλίες απλού στροφείου μπορεί να είναι: με πτερύγια, αντλίες κοχλία, περισταλτικές αντλίες, αντλίες με έκκεντρο ελικοειδές στροφέιο και αντλίες με

υγρά έμβολα κενού. Τέλος, οι αντλίες πολλαπλών πτερωτών μπορεί να είναι: με γρανάζια, αντλίες λοβών, αντλίες με κοχλίες ή αντλίες με περιφερειακά έμβολα.

Όσον αφορά τη 2^η μεγάλη κατηγορία αντλιών, οι αντλίες δυναμικού τύπου, χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: Α) τις περιστροφικές αντλίες και Β) τις αντλίες ειδικής επιδράσεως. Οι περιστροφικές αντλίες διακρίνονται με τη σειρά τους σε φυγοκεντρικές αντλίες ή αντλίες ακτινικής ροής (Centrifugal or radial flow), και σε αντλίες μικτής ροής (mixed flow), οι τύποι των περιστροφικών αντλιών φυγοκεντρικού τύπου και μικτής ροής διακρίνονται σε υποκατηγορίες ως μονοβάθμιες αντλίες μονής ή διπλής αναρροφήσεως και σε πολυβάθμιες αντλίες μονής ή διπλής αναρροφήσεως. Οι αντλίες αξονικής ροής (axial flow) μπορεί να είναι μονοβάθμιες σταθερού ή μεταβλητού βήματος ή πολυβάθμιες με πτερωτή ανοικτού τύπου (σταθερού ή μεταβλητού βήματος) και πολυβάθμιες κλειστού τύπου. Ένας τύπος περιστροφικής αντλίας είναι επίσης οι αντλίες περιφερειακής ροής (peripheral flow) ως μονοβάθμιες ή πολυβάθμιες ανοικτού ή κλειστού τύπου. Οι αντλίες τύπου ειδικής επιδράσεως μπορεί να είναι αντλίες τύπου ακροφυσίου, ανυψωτικές με χρήση αέρα, αντλίες υδραυλικού εμβόλου και ηλεκτρομαγνητικές αντλίες (Bachus, 2003; Δαγκίνης & Γλύκας, 2016).

2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Τα κύρια χαρακτηριστικά στην επιλογή αντλιών είναι: 1) Μανομετρικό ύψος, 2) Παροχή ρευστού, 3) ο βαθμός αποδόσεως και εν τέλει η 3) Απαιτούμενη ισχύς για τη λειτουργία της αντλίας που προκύπτει από τον συνδυασμό των παραπάνω. Το ολικό μανομετρικό ύψος (H_M) ενός συστήματος βρίσκεται από τη διαφορά των υψών πιέσεως στα σημεία εισόδου και εξόδου του υγρού και εκφράζει την αύξηση της ενέργειας πίεσεως της μονάδας βάρους του υγρού που διέρχεται από την αντλία. Το αποδιδόμενο ύψος ή ολικό ύψος της αντλίας (H₀) είναι ίσο με την αύξηση της ολικής ενέργειας της μονάδας βάρους του υγρού μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου του υγρού στην αντλία. Η θεωρητική παροχή (Q_Θ) είναι ο όγκος του υγρού που θα έπρεπε να αποδίδεται ανά μονάδα χρόνου αν δεν υπήρχαν εσωτερικές ή εξωτερικές διαρροές. Η **Κανονική παροχή (Optimum) (Q_n)** είναι η αποδιδόμενη παροχή όταν η αντλία εργάζεται με το μέγιστο βαθμό αποδόσεώς της. Η **πραγματική παροχή (Q)** είναι ο όγκος υγρού που αποδίδεται στο σωλήνα καταθλίψεως στη μονάδα του χρόνου υπό ορισμένο μανομετρικό ύψος H_m. Η **εσωτερική παροχή (Q_ε)** είναι ο όγκος υγρού που διέρχεται μέσα από την πτερωτή στη μονάδα του χρόνου. Επομένως είναι το άθροισμα της πραγματικής παροχής και των αναπόφευκτων εσωτερικών διαρροών:

$$Q_e = Q + Q_\delta \quad (1)$$

Όπου Q_δ είναι ο όγκος των εσωτερικών διαρροών (συνήθως ισχύει ότι το Q_δ << Q). Η **Εισερχόμενη ισχύς στον άξονα της αντλίας (N_α)** είναι η ισχύς που μεταβιβάζεται στον άξονα της αντλίας από τον κινητήρα. Αν η εισερχόμενη ισχύς μετράται στην πηγή που τροφοδοτεί τον κινητήρα τότε:

$$N_a = \eta_k \underline{N_k} \quad (2)$$

Όπου, η_k = βαθμός αποδόσεως του κινητήρα.

Η εσωτερική ισχύς (N_ε) είναι η συνολική ισχύς που μεταβιβάζεται από την πτερωτή στο υγρό παροχής Q_ε

$$N_e = \gamma Q_e H_e + N_f \quad (3)$$

Όπου N_f η απαιτούμενη ισχύς για την υπερνίκηση των τριβών μεταξύ του υγρού και της πτερωτής που εκδηλώνεται υπό μορφή θερμικής ενέργειας. Η εσωτερική ισχύς είναι ίση με την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας μείον την ισχύ N_{mf} που απαιτείται για την υπερνίκηση των μηχανικών τριβών της σαλαμάστρας (τριβείς, σαλαμάστρα κλπ):

$$N_e = N_a - N_{mf} \quad (4)$$

Η αποδιδόμενη ισχύς (N) της αντλίας είναι το γινόμενο:

$$N = \gamma Q H_0 / n \quad (5)$$

Όπου, γ = ειδικό βάρος του υγρού [kN/m^3],

Q = πραγματική παροχή [m^3/sec], H_0 = αποδιδόμενο ή ολικό ύψος της αντλίας [m] και n ο βαθμός απόδοσης της αντλίας.

Αν το ειδικό βάρος του υγρού εκφραστεί σε N/m^3 η ισχύς δίνεται σε Nm/sec ή W . Επειδή $1 \text{ HP} = 75 \text{ Kp m / sec} = 0,736 \text{ KW}$ η εξίσωση (5) γράφεται:

$$N = 75 H Q \gamma H_P \quad (6)$$

$$N = 102 H Q \gamma \text{ KW} \quad (7)$$

Ο υδραυλικός βαθμός αποδόσεως (η_h) είναι ο λόγος του αποδιδόμενου ή ολικού ύψους της αντλίας προς το εσωτερικό ύψος.

$$\eta_h = H/H_e = H_0 / H_0 \quad (8)$$

Ο ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως (η_v) είναι ο λόγος της πραγματικής παροχής προς την εσωτερική παροχή:

$$\eta_v = Q/Q_e \quad (9)$$

Ο μηχανικός βαθμός αποδόσεως (η_m) είναι ο λόγος της εσωτερικής ισχύος προς την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας :

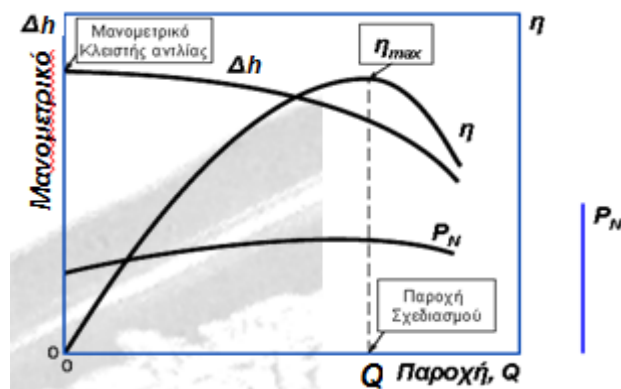
$$\eta_m = N_e / N_a \quad (10)$$

Ο ολικός βαθμός αποδόσεως (η) είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ισχύος της αντλίας (N) προς την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας :

$$\eta = N / N_a \quad (11)$$

2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

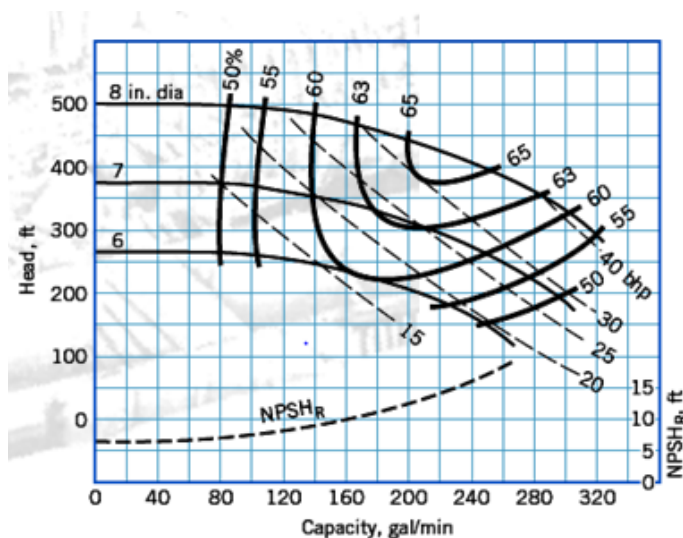
Για τις αντλίες κατασκευάζονται τρεις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας: α) για το ολικό μανομετρικό ΔH , β) για την αξονική ισχύ στον άξονα N και γ) για τον βαθμό απόδοσης η . Και τα τρία αυτά μεγέθη παριστάνονται ως συνάρτηση της παροχής, Q . Συνήθως οι τρεις καμπύλες παριστάνονται μαζί στο ίδιο διάγραμμα. Κάθε αντλία έχει βέλτιστο σημείο λειτουργίας, εκεί δηλαδή όπου ο βαθμός απόδοσης η παίρνει τη μέγιστη τιμή του. Το σημείο λειτουργίας προκύπτει από το σημείο τομής της καμπύλης της συνάρτησης του μανομετρικού ύψους $H=f(Q)$ και της καμπύλης των απωλειών $h_f=f(Q^2)$ (Lobanoff, 2013).



Εικόνα 2-1 Διάγραμμα χαρακτηριστικών καμπυλών (Σοφιανίδης, 2007)

Για λόγους ευκολίας οι κατασκευαστές δίνουν πολλές χαρακτηριστικές καμπύλες σε ένα διάγραμμα, είτε για διαφορετική τιμή περιστροφής είτε για διαφορετικά μεγέθη ομοίων στροβιλομηχανών. Στο σχήμα της Εικόνας 2-12 δίνονται οι καμπύλες μανομετρικού (συνεχείς), ισχύος στον άξονα (διακεκομμένες) και οι ισοϋψείς καμπύλες του ολικού βαθμού απόδοσης για

φυγοκεντρική αντλία δυο βαθμίδων που περιστρέφεται με 3500rpm με παράμετρο το μέγεθος της στροβιλομηχανής, όπως αυτό εκφράζεται από την διάμετρο της πτερωτής. Με τον ίδιο τρόπο απεικονίζεται από τη διάμετρο της πτερωτής (Bachus, 2003). Με τον ίδιο τρόπο απεικονίζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες με παράμετρο την ταχύτητα περιστροφής της στροβιλομηχανής.



Εικόνα 2-2 Χαρακτηριστικές καμπύλες με παράμετρο την διάμετρο της πτερωτής (Σοφιανίδης, 2007)

Για αντλίες παριστάνεται επίσης η καμπύλη $NPSH_R$ (Net Positive Suction Head, Required), η οποία είναι το απαιτούμενο μανομετρικό στην αναρρόφηση (Lobanoff, 2013), για να ξεπεραστούν οι απώλειες τριβής από το ακροφύσιο αναρρόφησης στην πτερωτή χωρίς να προκληθεί εξάτμιση του ρευστού (σπηλαίωση) (Brennen & Christopher, 2011; Lobanoff, 2013; Tao et al., 2018).

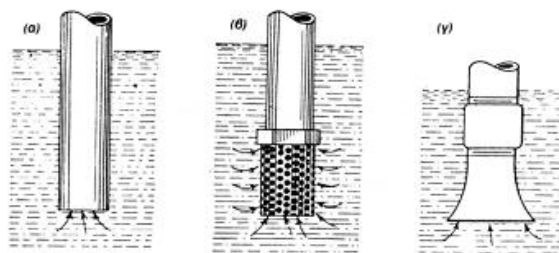
2.5 ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ

Το σύνολο των σωληνωτών αγωγών που συνδέονται με την αντλία για τη μεταφορά του υγρού μπορεί να διακριθεί σε τρεις κατηγορίες : α) το σωλήνα αναρροφήσεως, β) το σωλήνα καταθλίψεως και γ) τις βοηθητικές γραμμές.

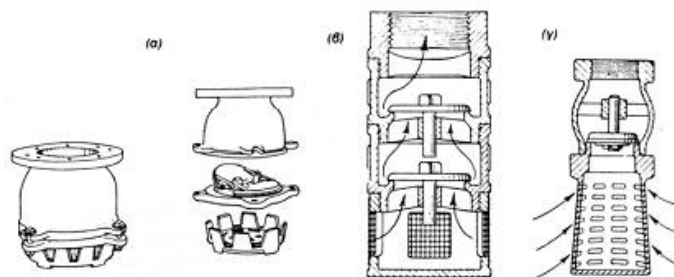
2.6 ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΕΩΣ

Η σωστή εκλογή των εξαρτημάτων του σωλήνα αναρροφήσεως και η σωστή τοποθέτησή τους παίζει σπουδαίο ρόλο στην καλή λειτουργία της αντλίας. Ενδεχόμενα λάθη στην εκλογή του σωλήνα αναρροφήσεως μπορεί να προκαλέσουν ανωμαλίες, όπως ισχυρούς στροβιλισμούς, σπηλαίωση, υδραυλικό πλήγμα, μείωση της παροχής και του βαθμού αποδόσεως κ.α. Στο σχήμα της Εικόνας 2-3 φαίνονται τρία στόμια εισόδου του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως. Στο στόμιο (α) οι απώλειες είναι μεγάλες και χρησιμοποιείται σε προσωρινές μόνο εγκαταστάσεις. Στα κωδωνοειδή στόμια (γ) οι απώλειες είναι μικρότερες. Η τοποθέτηση ενός φίλτρου (β) στο άκρο του στομίου εισόδου εμποδίζει τη μεταφορά ξένων υλών στην αντλία που θα είχε σαν συνέπεια τη μείωση της αποδόσεως και τη φθορά της. Συνήθως μετά το φίλτρο τοποθετείται βαλβίδα αντεπιστροφής που κλείνει υδατοστεγώς το σωλήνα αναρροφήσεως (σχήμα της Εικόνας 2-4). Όταν σταματήσει η λειτουργία της αντλίας η αντεπίστροφη βαλβίδα εμποδίζει τη διαφυγή του υγρού από το σωλήνα αναρροφήσεως και την αντλία οπότε δε χρειάζεται πλήρωση για την εκκίνησή της. Η στεγανότητα του σωλήνα αναρροφήσεως είναι βασική προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία της αντλίας. Είσοδος του αέρα στην αντλία προκαλεί μείωση ή διακοπή της παροχής με παράλληλη μείωση του μανομετρικού ύψους. Ο αέρας μπορεί να εισχωρήσει από τις διάφορες συνδέσεις, αλλά και από το φίλτρο όταν η απόσταση του από την επιφάνεια του υγρού είναι μικρή. Οι προτεινόμενες

διαστάσεις τοποθετήσεως του σωλήνα αναρροφήσεως φαίνονται στο σχήμα της Εικόνας 2-5 (Κότσος, 2008)



Εικόνα 2-3 Στόμια εισόδου του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως α) ευθύγραμμο β) με φίλτρο γ) κωδωνοειδές (Κότσος, 2008)



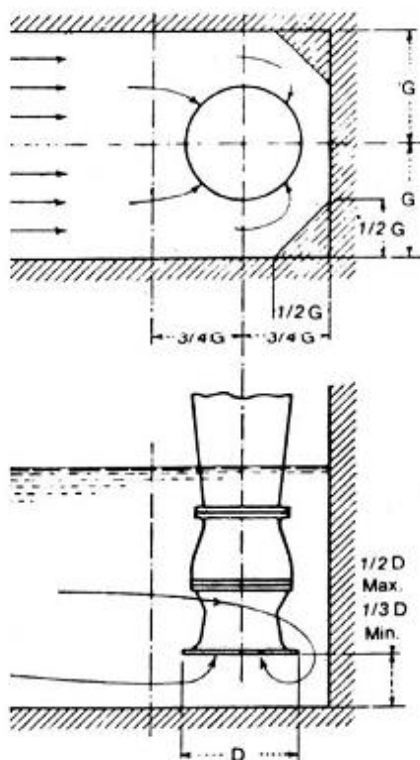
Εικόνα 2-4 Τύποι αντεπίστροφων βαλβίδων με φίλτρο (Κότσος, 2008)

Για την αποφυγή μεγάλων απωλειών η διάμετρος του σωλήνα αναρροφήσεως πρέπει να είναι μεγαλύτερη από ότι η διάμετρος του στομίου εισόδου της αντλίας και η σύνδεση με την αντλία να γίνεται με κωνική στένωση (σχήμα 2-6α). Επίσης η σύνδεση του σωλήνα αναρροφήσεως με την αντλία πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο σωλήνας να είναι πάντοτε γεμάτος με υγρό (σχήμα 2-6β,γ). Οι απώλειες στη σύνδεση του σχήματος 2-6δ είναι πολύ μεγάλες, ενώ στις συνδέσεις στο σχήμα 2-6ε,ζ υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού θύλακα με αέρα. Στο σχήμα 2-7 φαίνονται δύο τρόποι τοποθετήσεως του σωλήνα αναρροφήσεως για την αποφυγή ανωμαλιών στη λειτουργία της αντλίας.

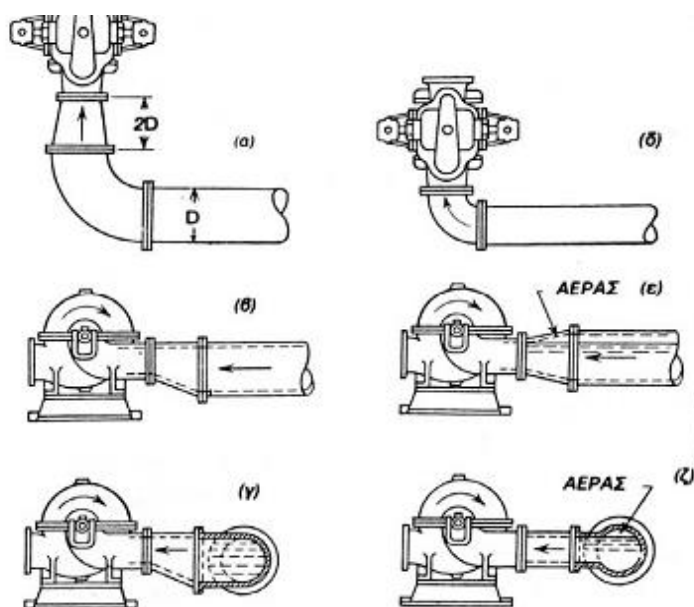
2.7 ΣΩΛΗΝΑΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΕΩΣ

Το σπουδαιότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται στο σωλήνα καταθλίψεως είναι η απώλεια φορτίου λόγω τριβών ή τοπικών απωλειών. Για να περιοριστούν οι απώλειες όσο το δυνατό περισσότερο, πρέπει να επιλεγεί η σωστή διάμετρος του σωλήνα και να χρησιμοποιείται ο ελάχιστος δυνατός αριθμός βαλβίδων, συνδέσεων ή κάμψεων. Οι κάμψεις που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να έχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας. Αν η παροχή ρυθμίζεται με δικλίδα, ως συντελεστής τοπικής απώλειας για τον υπολογισμό του ολικού ύψους θα πρέπει να επιλεγεί αυτός που δίνεται όταν η δικλίδα είναι κλειστή. Κατά χρονικά διαστήματα πρέπει να γίνεται έλεγχος για τυχόν αποθέσεις αλάτων ή άλλων ξένων υλών στο εσωτερικό των σωλήνων. Οι διάφορες αποθέσεις μικραίνουν την διάμετρο των σωλήνων και αυξάνουν την τραχύτητα των τοιχωμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών. Οι γραμμικές απώλειες μειώνονται με αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα. Μεγάλη όμως διάμετρος

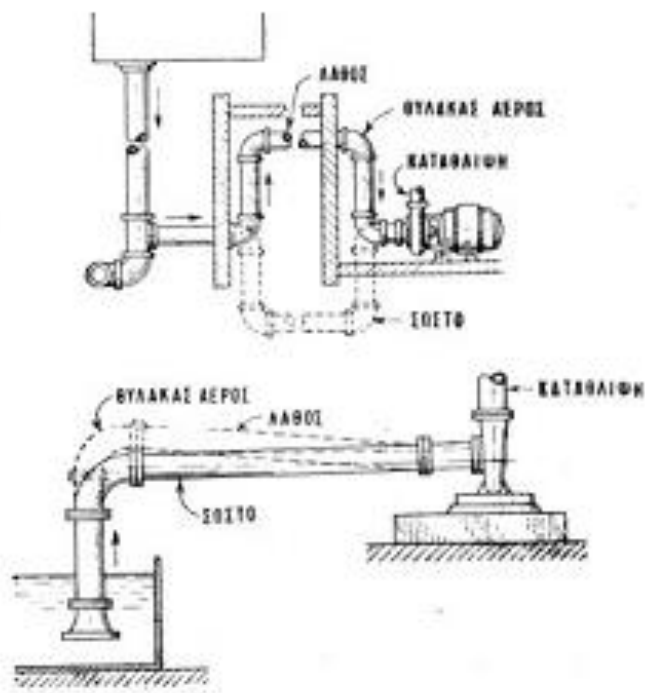
επιβαρύνει το κόστος της εγκατάστασης. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται οικονομικός συνδυασμός των συνθηκών λειτουργίας της αντλίας και της διαμέτρου των σωλήνων.



Εικόνα 2-5 Τοποθέτηση του στομίου εισόδου του σωλήνα αναρροφήσεως σε ανοικτό αγωγό (Κότσος, 2008).



Εικόνα 2-6 Τρόποι συνδέσεως του σωλήνα αναρροφήσεως με το στόμιο εισόδου της αντλίας (α,β,γ σωστές συνδέσεις) (δ,ε,ζ λανθασμένες συνδέσεις) (Κότσος, 2008).



Εικόνα 2-7 Σωστές τοποθετήσεις του σωλήνα αναρρόφησης (Κότσος, 2008)

2.8 ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ

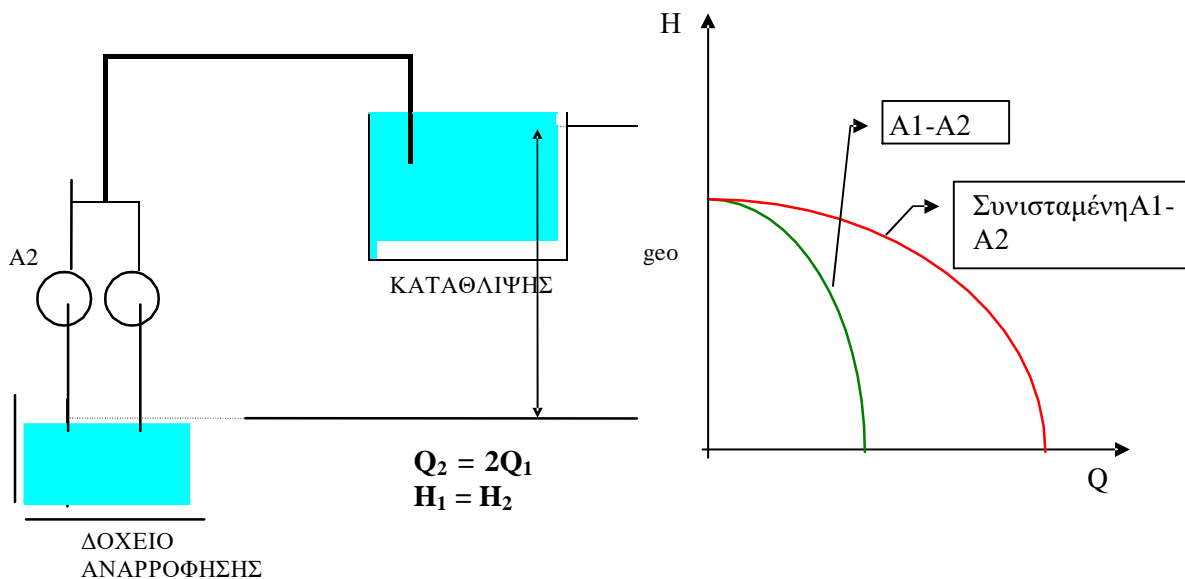
Πολλές φορές είναι δυνατόν οι ανάγκες μιας υδραντλητικής εγκατάστασης να μην καλύπτονται από μόνον μια αντλία. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε δύο ή περισσότερες αντλίες, οι οποίες είναι μεταξύ τους συνδεδεμένες « εν παραλλήλω » ή « εν σειρά » (Bachus, 2003). Κάθε είδος συνδεσμολογίας έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ως προς τη λειτουργία του αντλητικού συστήματος. Με την τεχνική αυτή μπορούμε να δώσουμε στο υδραντλητικό σύστημα περισσότερη ευελιξία. Η εύρεση της συνισταμένης χαρακτηριστικής μπορεί να γίνει εύκολα δεδομένων των χαρακτηριστικών καμπυλών κάθε τύπου αντλίας λειτουργούν συνδυαστικά στην εγκατάσταση.

Δύο αντλίες συνδέονται παράλληλα, όταν οι χοάνες καταθλίψεως τους συνδέονται στον ίδιο σωλήνα εξόδου. Όπως βλέπουμε και από το διάγραμμα της Εικόνας 2-8, στην εν παραλλήλω συνδεσμολογία η συνισταμένη καμπύλη προκύπτει αθροίζοντας την παροχή των δύο αρχικών αντλιών. Κάθε σημείο της συνισταμένης έχει τη διπλάσια παροχή της αρχικής αντλίας για το ίδιο μανομετρικό. Δηλαδή εάν παράλληλα με μια αντλία συνδέσουμε μια ίδια αντλία, η χαρακτηριστική καμπύλη $H=f(Q)$ των συνεργαζόμενων αντλιών, προκύπτει εάν διπλασιάσουμε τις τετμημένες διάφορων σημείων της καμπύλης και ενώσουμε τις νέες τετμημένες.

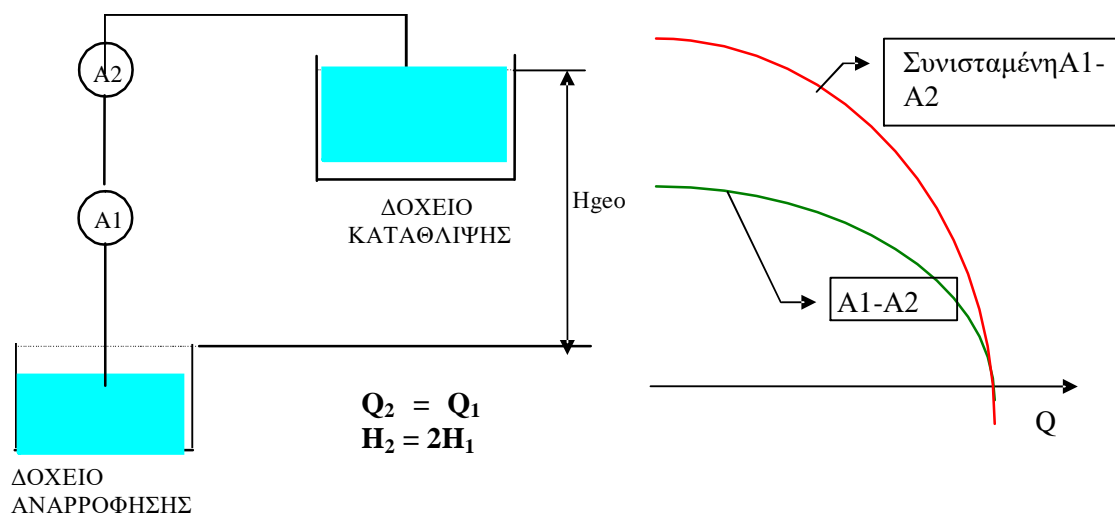
Αντίστοιχα δύο αντλίες συνδέονται «εν σειρά» όταν η έξοδος του σωλήνα καταθλίψεως της μίας, συνδέεται με το στόμιο εισόδου του σωλήνα αναρρόφησης της άλλης. Στην σειριακή συνδεσμολογία κάθε σημείο της συνισταμένης χαρακτηριστικής χαρακτηρίζεται από διαφορετικό μανομετρικό ύψος, αλλά παροχή είναι ίδια με την παροχή της πρώτης στη σειρά αντλίας. Έτσι εάν σε σειρά με μια αντλία συνδέσουμε μια ίδια αντλία η χαρακτηριστική καμπύλη $H=f(Q)$ των συνεργαζόμενων αντλιών προκύπτει εάν προσθέσουμε τις τεταγμένες διαφόρων σημείων τις καμπύλης και ενώσουμε τις νέες τεταγμένες (Εικόνα 2-9).

Συνεπώς τις αντλίες με παράλληλη σύνδεση τις χρησιμοποιούμε σε εγκαταστάσεις όπου απαιτείται μεγάλη παροχή, ενώ τις αντλίες με σύνδεση σε σειρά τις χρησιμοποιούμε όπου απαιτείται μεγάλο μανομετρικό ύψος. (π.χ Για μεταφορά ρευστού σε δεξαμενές

με μεγάλη υψομετρική διαφορά).



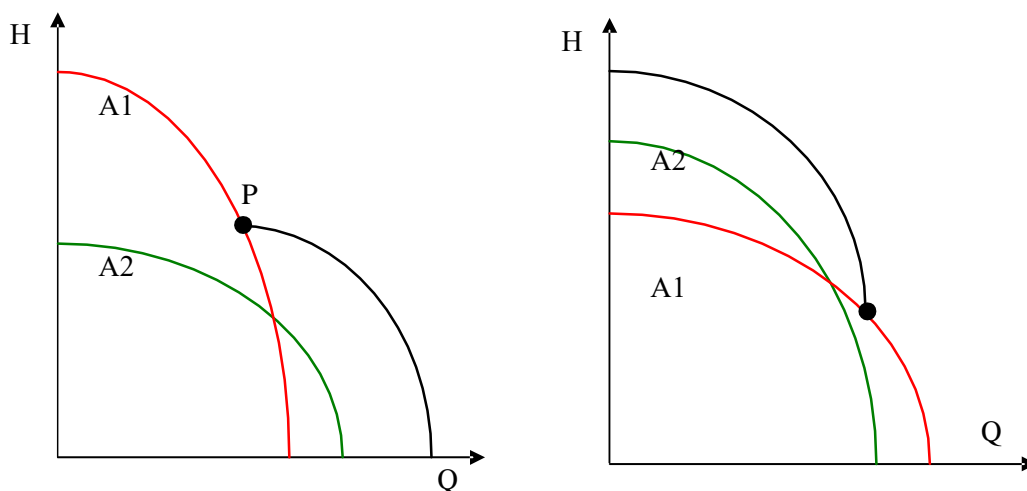
Εικόνα 2-8 Συνέργεια παράλληλων αντλιών
(Βλαχάκης, 2018)



Εικόνα 2-9 Συνέργεια αντλιών σε σειρά
(Βλαχάκης, 2018)

Στην περίπτωση σύνδεσης μη όμοιων αντλιών παρατηρείται το εξής: με βάση τις χαρακτηριστικές καμπύλες των δύο αντλιών που θέλουμε να συνδέσουμε δημιουργούμε τη συνισταμένη καμπύλη του συστήματος, παρατηρούμε ένα κρίσιμο σημείο P που αντιστοιχεί σε παροχή Q_p . Στην περίπτωση της εν παραλλήλω συνδεσμολογίας ανόμοιων αντλιών για παροχή $Q < Q_p$, έχουμε πίεση μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να δώσει η αντλία 2. Έτσι στην περιοχή αυτή η αντλία 2, τείνει να λειτουργήσει με αρνητική παροχή που παίρνει από την αντλία 1. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην παράλληλη συνδεσμολογία να αποφεύγουμε τη σύνδεση αντλιών με το ίδιο περίπου μανομετρικό ύψος, αλλά οποιασδήποτε παροχής επιθυμούμε (Εικόνα 2-10α)

Στην περίπτωση της σειριακής συνέργειας αντλιών με την κατασκευή της συνισταμένης καμπύλης παρατηρούμε ένα ανάλογο σημείο P, που αντιστοιχεί στη μέγιστη παροχή της αντλίας 2. Για παροχή $Q > Q_p$ η αντλία 2 λειτουργεί είτε ως αντλία με $H < 0$ (θεωρητικά) είτε ως στρόβιλος κινούμενος από την αντλία 1. Για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων συνδεσμοποιούμε αντλίες σε σειρά οι οποίες είναι της ίδιας παροχής, ανεξάρτητα από το μανομετρικό τους (Εικόνα 2-10β)



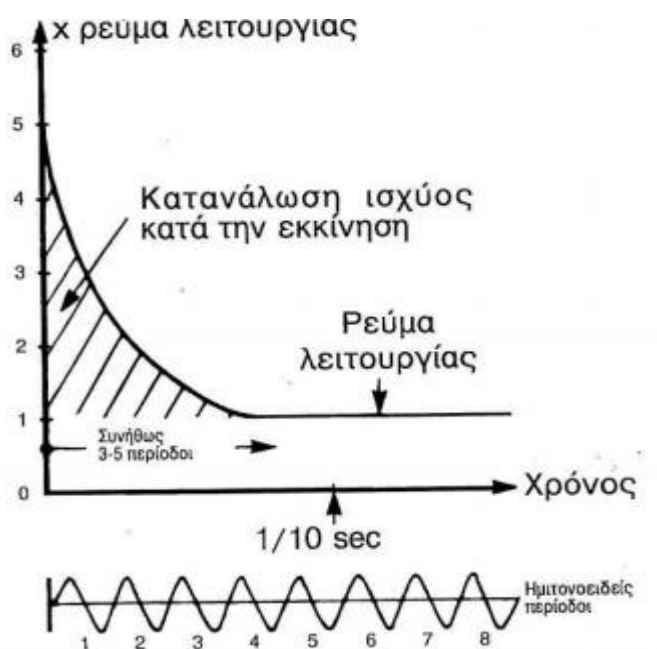
Εικόνα 2-10 Κρίσιμο σημείο λειτουργίας αντλιών σε: α) παράλληλια, β) σειριακή σύνδεση (Βλαχάκης, 2018)

2.9 ΕΚΚΙΝΗΤΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Οι εκκινητές αποτελούν τμήμα του αυτοματισμού μιας αντλίας. Οι αυτοματισμοί αυτοί χρησιμεύουν για την ελάττωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εκκινητές αντλιών εξασφαλίζουν την οικονομικότερη εκκίνηση των αντλιών. Οι διάφοροι τύποι εκκινητών είναι: εκκινητές απευθείας εκκίνησης, εκκινητές τύπου αστέρα τριγώνου, εκκινητές με αυτομετασχηματιστή, εκκινητές απαλής εκκίνησης, και εκκίνηση μέσω μετατροπέα συχνότητας.

2.9.1 Απευθείας εκκίνηση – DOL

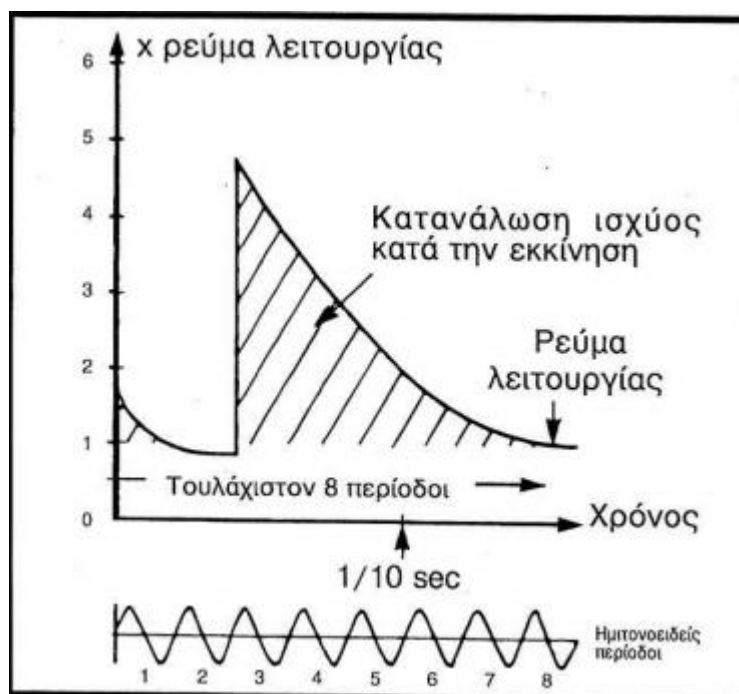
Όπως μας δείχνει και η ονομασία ο κινητήρας μέσω κάποιου διακόπτη ή άλλου μέσου συνδέεται απευθείας στο δίκτυο ρεύματος. Με αυτήν την μέθοδο δεν υπάρχει καμία εξοικονόμηση ενέργειας όμως είναι η πιο φιλική μέθοδος για τους κινητήρες εφόσον δίνει την μικρότερη παραγωγή θερμότητας και συνεπώς εξασφαλίζει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε κινητήρες όμως μέχρι των 45kW. Εάν ο κινητήρας είναι μεγαλύτερος από 45kW τότε συνιστάται μείωση της έντασης. Επίσης η απευθείας εκκίνηση μπορεί να δίνει το υψηλότερο ρεύμα εκκίνησης όμως προκαλεί και τον μικρότερο θόρυβο δικτύου από κάθε άλλη μέθοδο εκκίνησης όπως αυτό που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2-11 της εταιρείας ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS.



Εικόνα 2-11 Απευθείας εκκίνηση – DOL (πηγή: GRUNDFOS HOLDING A/S)

2.9.2 Εκκίνηση αστέρα- τριγώνου-SD

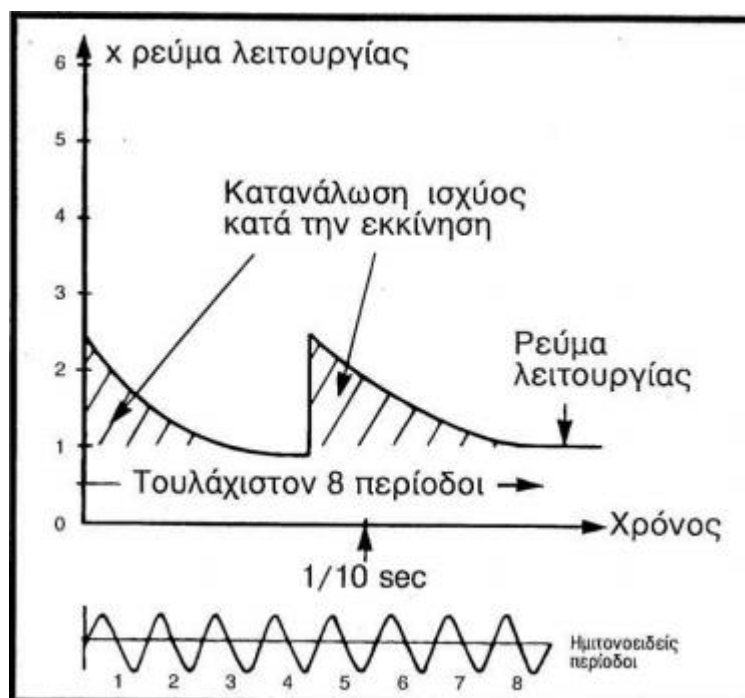
Είναι η πιο κοινή μέθοδος εξοικονόμησης ρεύματος κατά την εκκίνηση. Κατά την εκκίνηση ο κινητήρας συνδέεται κατά αστέρα. Όταν όμως φτάσει τις ονομαστικές του στροφές συνδέεται αυτόματα κατά τρίγωνο. Το ρεύμα εκκίνησης κατά αστέρα είναι μειωμένο κατά το ένα τρίτο σε σχέση με το ρεύμα της απευθείας εκκίνησης. Είναι μια οικονομική, αξιόπιστη μέθοδος λόγω που την έχουν κάνει αρκετά διαδεδομένη. Όμως για αντλίες μικρής διαμέτρου και ελαφριάς περωτής (χαμηλής αδράνειας) η μέθοδος μπορεί να είναι μη αποτελεσματική αλλά και περιττή δαπάνη διότι τέτοιου είδους αντλίες έχουν σαν χαρακτηριστικό να φτάνουν στιγμιαία τις στροφές λειτουργίας τους (π.χ. 1/10 του δευτερολέπτου) αλλά και να σταματούν στιγμιαία. Εάν γίνει μια σύγκριση του ρεύματος εκκίνησης του αστέρα τριγώνου με την απευθείας εκκίνηση διαπιστώνουμε ότι η εκκίνηση αστέρα/τριγώνου μειώνει το ρεύμα στην αρχή, ενώ όταν γίνει η εναλλαγή από αστέρα σε τρίγωνο τότε η αντλία σχεδόν σταματά και θα πρέπει να ξεκινήσει με απευθείας σύνδεση – DOL. Στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε ότι δεν υπάρχει καμία πραγματική μείωση στο ρεύμα εκκίνησης. Όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά για φυγοκεντρικές αντλίες μεγάλης διαμέτρου και μάζας (μεγάλης αδράνειας) άνω των 45kW διότι μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση της δεύτερης αιχμής ρεύματος. Ακόμα η μακρά λειτουργία αστέρα προκαλεί σημαντική θέρμανση του κινητήρα και επομένως μειώνει την διάρκεια ζωής. Επίσης οι υποβρύχιες εγκαταστάσεις με σύνδεση αστέρα/τριγώνου έχουν μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης από άλλες παρόμοιες καθώς απαιτούνται δυο καλώδια τροφοδοσίας. (5% επιπλέον κόστος) (Εικόνα 2-12)



Εικόνα 2-12 Εκκίνηση αστέρα- τριγώνου-SD (πηγή: GRUNDFOS HOLDING A/S)

2.9.3 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή-AF

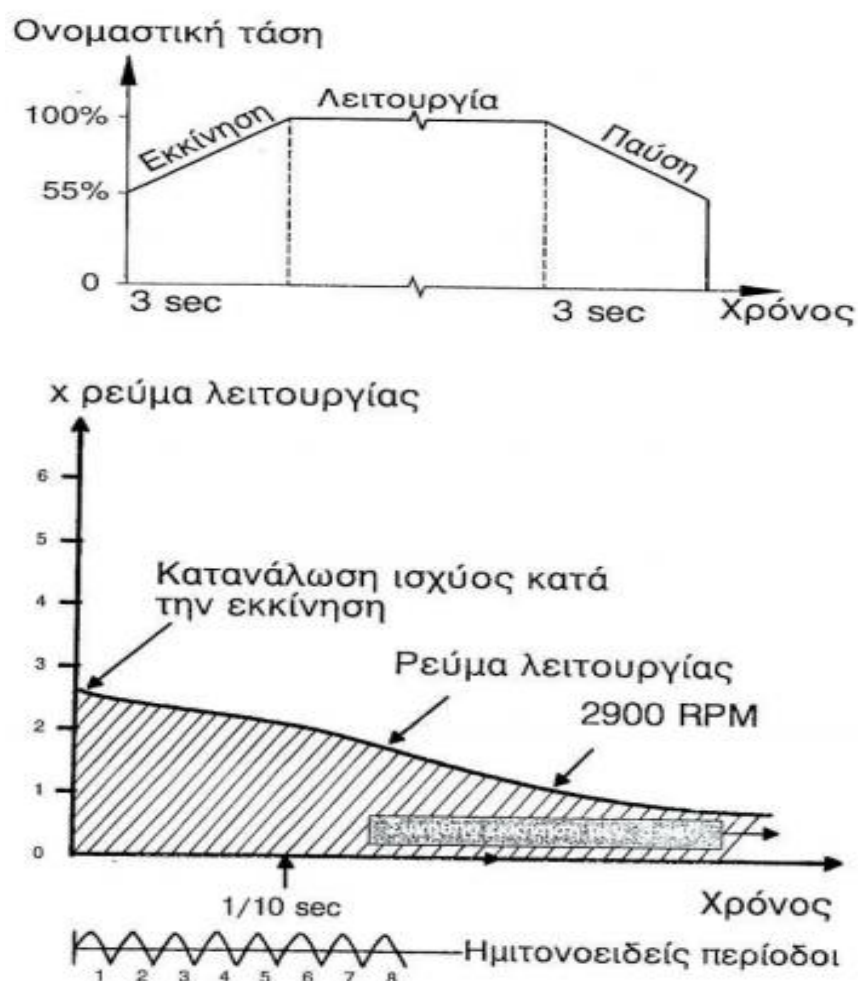
Ονομάζεται επίσης και μέθοδος Corndorf. Με αυτήν την μέθοδο η τάση μειώνεται μέσω δυο αυτομετασχηματιστών , ένα σε κάθε φάση ο πρώτος έχει έξοδο τάσης 75% ενώ ο δεύτερος έχει τάση 60%. Όταν συνδεθεί η έξοδος 60% η μείωση του ρεύματος εκκίνησης φθάνει τα επίπεδα σύνδεσης κατά αστέρα. Όταν πρόκειται να ξεκινήσει ο κινητήρας πρώτα συνδέεται με μειωμένη τάση και έπειτα με πλήρη κατά την εναλλαγή τμήμα του αυτομετασχηματιστή συνδέεται ως στραγγαλιστικό πηνίο. Η διαδικασία αυτή εξασφαλίζει ότι ο κινητήρας τροφοδοτείται συνεχώς και οι στροφές του δεν θα μειωθούν. Οι εκκινητές με αυτομετασχηματιστή έχουν υψηλό κόστος αλλά είναι πολύ αξιόπιστοι. Το ρεύμα εκκίνησης εξαρτάται φυσικά από τα χαρακτηριστικά του κινητήρα και της αντλίας και διαφέρει σημαντικά από τύπο σε τύπο (Εικόνα 2-13).



Εικόνα 2-13 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή-AF (πηγή: GRUNDFOS HOLDING A/S)

2.9.4 Απαλή εκκίνηση-SS

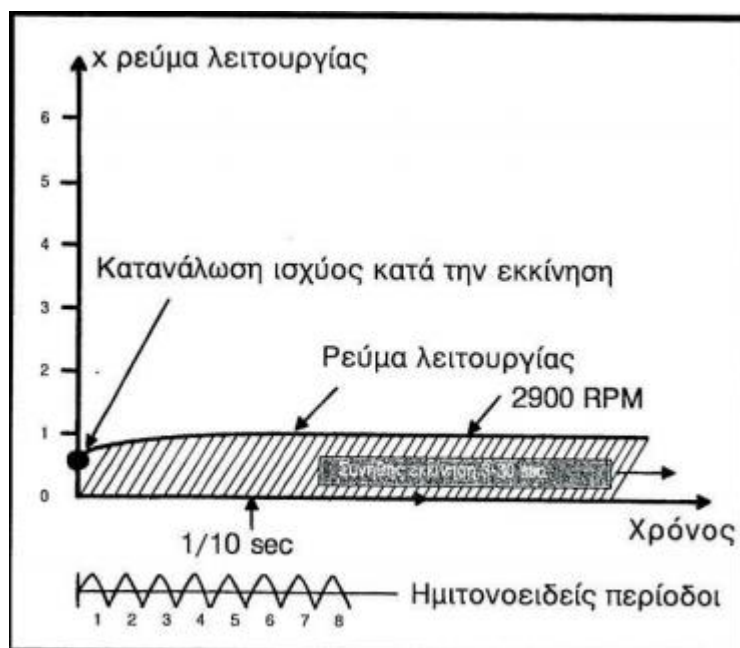
Η απαλή εκκίνηση επιτυγχάνεται μέσω μιας ηλεκτρονικής μονάδας η οποία μειώνει την τάση και κατά συνέπεια το ρεύμα εκκίνησης, με έλεγχο της γωνίας φάσεως. Η ηλεκτρονική μονάδα αποτελείται από ένα τμήμα ελέγχου, στο οποίο έχουν ρυθμιστή διάφορες λειτουργικές και προστατευτικές παράμετροι και από ένα τμήμα ισχύος *triac*. Το ρεύμα εκκίνησης μειώνεται συνήθως 2-3 φορές σε σχέση με το ρεύμα λειτουργίας. Η λειτουργεί αυτή δίνει μειωμένη ροπή εκκίνησης, επομένως μεγάλη παραγωγή θερμότητας στον κινητήρα άρα και μειωμένη διάρκεια ζωής. Όμως σε σύντομους χρόνους επιτάχυνσης /επιβράδυνσης η αυξανόμενη παραγωγή θερμότητας δεν υφίσταται. το ίδιο συμβαίνει και για εκκινήτες SD και AF. Επομένως έχουν οριστεί κάποιοι χρόνοι επιτάχυνσης/επιβράδυνσης για ομαλή εκκίνηση. Η ομαλή εκκίνηση προκαλεί θόρυβο στο δίκτυο αν όμως οι χρόνοι επιτάχυνσης επιβράδυνσης είναι μικροί τότε δεν υφίσταται κάτι τέτοιο. Γενικά συνιστάται να χρησιμοποιείται πάντα ρελέ παράκαμψης ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί σε DOL κατά την λειτουργία του. Έτσι αποφεύγεται η φθορά αλλά και η απώλεια ενέργειας στη μονάδα απαλής εκκίνησης κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας (Εικόνα 2-14).



Εικόνα 2-8 Απαλή εκκίνηση-SS (πηγή: GRUNDFOS HOLDING A/S)

2.9.5 Εκκίνηση μέσω μετατροπέα συχνότητας –FC

Είναι ο ιδανικός τύπος εκκινήτη τόσο για τη μείωση του ρεύματος εκκίνησης όσο και για την μείωση των απότομων μεταβολών πίεσης. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι το ρεύμα εκκίνησης μπορεί να διατηρείται συνεχώς στην ονομαστική τιμή του κινητήρα. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί ο κινητήρας να έχει όσες εκκινήσεις και παύσεις ανά ώρα επιθυμούμε. Ο μετατροπέας συχνότητας έχει το μεγαλύτερο κόστος από όλους τους παραπάνω εκκινήτες. Άρα χρησιμοποιείται μόνο όταν είναι απαραίτητη η λειτουργία με κυμαινόμενη παροχή για ορισμένες περιόδους. Στην περίπτωση εγκατάστασή τους πρέπει να ληφθεί υπόψη η καλή ψύξη των υποβρύχιων κινητήρων (Εικόνα 2-15).

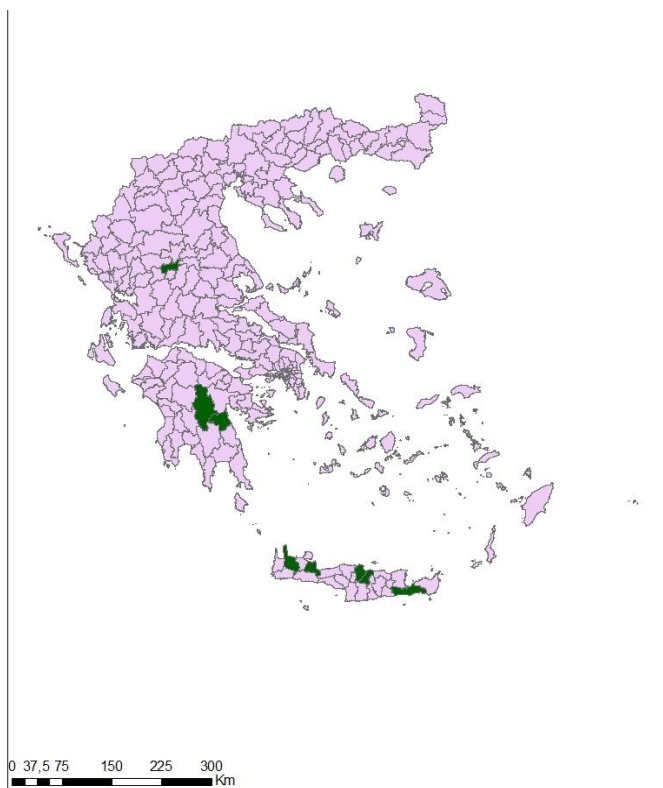


Εικόνα 2-9 Εκκίνηση μέσω μετατροπέα συχνότητας –FC (πηγή: GRUNDFOS HOLDING A/S)

3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΔΗΜΟΥΣ

3.1 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΔΗΜΟΥΣ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ

Όπως περιεγράφηκε στην Εισαγωγή της παρούσας Διπλωματικής εργασίας, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί σημαντικό τμήμα των λειτουργικών εξόδων των ΟΤΑ. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα παραδείγματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας σε διάφορους Δήμους της Κρήτης και της υπόλοιπης χώρας. Αναφέρονται οι Δήμοι Μελεβιζίου, Ηρακλείου (ΠΕ Ηρακλείου), Αποκορώνου, Πλατανιά (ΠΕ Χανίων), Ιεράπετρας (ΠΕ Λασιθίου), Β. Κυνουρίας, Τρίπολης, Μουζακίου, Αιγάλεω (Αττική). Τα δεδομένα για την κατανάλωση παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και αφορούν καταναλώσεις όσον αφορά τον ηλεκτροφωτισμό, τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στα Δημόσια κτίρια και τις καταναλώσεις σε ενέργεια λόγω λειτουργίας των αντλιοστασίων ύδρευσης και αποχέτευσης των Δ.Ε.Υ.Α κάθε Δήμου.



Εικόνα 3-1. Δήμοι με αναφορά στις καταναλώσεις ηλ. Ενέργειας.

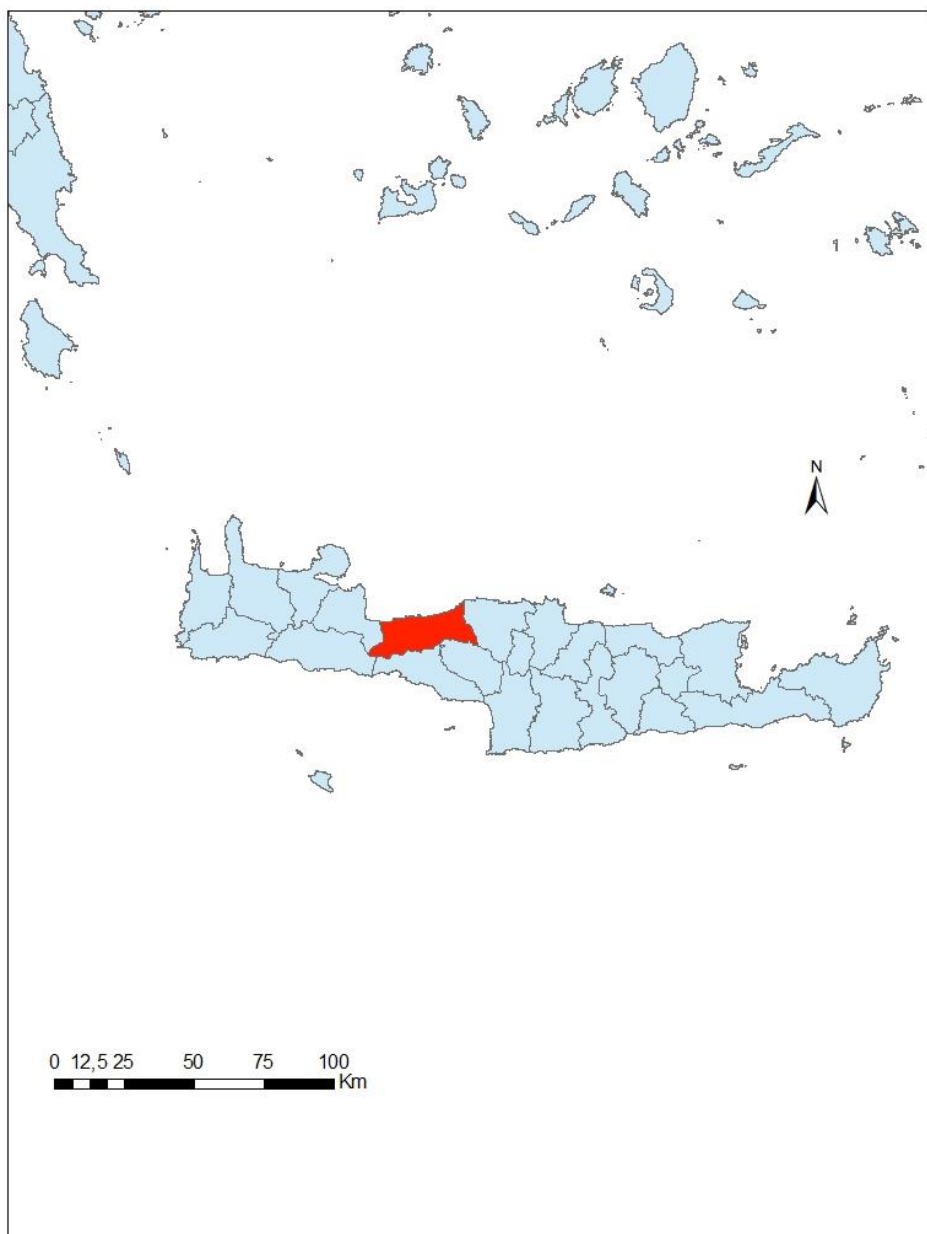
Σύμφωνα με τα δεδομένα των καταναλώσεων του Πίνακα 3-1, παρατηρούμε ότι η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία αντλιοστασίων αποτελεί σημαντικό ποσοστό των λειτουργικών εξόδων ενός Δήμου. Αυτό συνεπάγεται ότι τμήμα του κόστους λειτουργίας των αντλιοστασίων επιβαρύνει τους Δημότες των περιοχών αυτών μέσω των λογαριασμών ύδρευσης-αποχέτευσης. Για παράδειγμα στο Δήμο Ηρακλείου, το κόστος αυτό ανέρχεται περίπου σε 66% της συνολικής κατανάλωσης σε ηλεκτρική ενέργεια. Εξαιρέση στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος σύμφωνα με τα στοιχεία αποτελεί ο Δήμος Αιγάλεω στην Αττική, όπου το λειτουργικό κόστος από ύδρευσης-αποχέτευσης είναι πολύ χαμηλότερο σε σύγκριση με άλλους Δήμους. Η διαφορά αυτή έγκειται στο γεγονός ότι οι Δήμοι των οποίων τα στοιχεία αναφέρονται ως προς τις καταναλώσεις ηλ. ρεύματος έχουν δικό τους φορέα διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης (ΔΕΥΑ), ενώ στην περίπτωση του λεκανοπεδίου Αττικής, κύριος φορέας είναι η ΕΥΔΑΠ και τα κόστη λειτουργίας μεταφέρονται σε αυτή.

Πίνακας 3-1. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία χρήσης σε διάφορους Δήμους της χώρας (kWh/έτος).

Δήμοι	Δημοτικά κτίρια		Δημοτικός φωτισμός		Αντλιοστάσια (Υδρευση-Αποχέτευση)	
	Κατανάλωση (kWh)-Ποσοστό					
Μαλεβιζίου	1081407	17%	1102223	54%	703292	29%
Ηρακλείου	4232793	11%	8500000	23%	24785836	66%
Αποκορώνου	3276372	48%	1876407	18%	162153	34%
Πλατανιά	319892	5%	3181563	51%	2696036	44%
Χανίων	365815	5%	4104206	56%	2788290	39%
Ιεράπετρας	470319	13%	1176171	34%	2696036	53%
Β. Κυνουρίας	2129696	31%	4647363	68%	43400	1%
Αιγάλεω	2528936	27%	3225315	34%	2612188	39%
Τρίπολης	329633	17%	1102223	54%	703292	39%
Μουζακίου						

3.2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΡΕΘΥΜΝΗΣ

Παρόμοια χαρακτηριστικά ως το προφίλ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει και ο Δήμος Ρεθύμνου. Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία με τις καταναλώσεις και τις δαπάνες του Δήμου και συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται στοιχεία της Δ.Ε.Υ.Α.Ρ. ούτως ώστε να γίνει η αποτύπωση του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί πριν την ανάπτυξη της πρότασης προς βελτιστοποίηση της λειτουργίας του δικτύου.



Εικόνα 3-2. Διοικητικά όρια Δήμου Ρεθύμνης

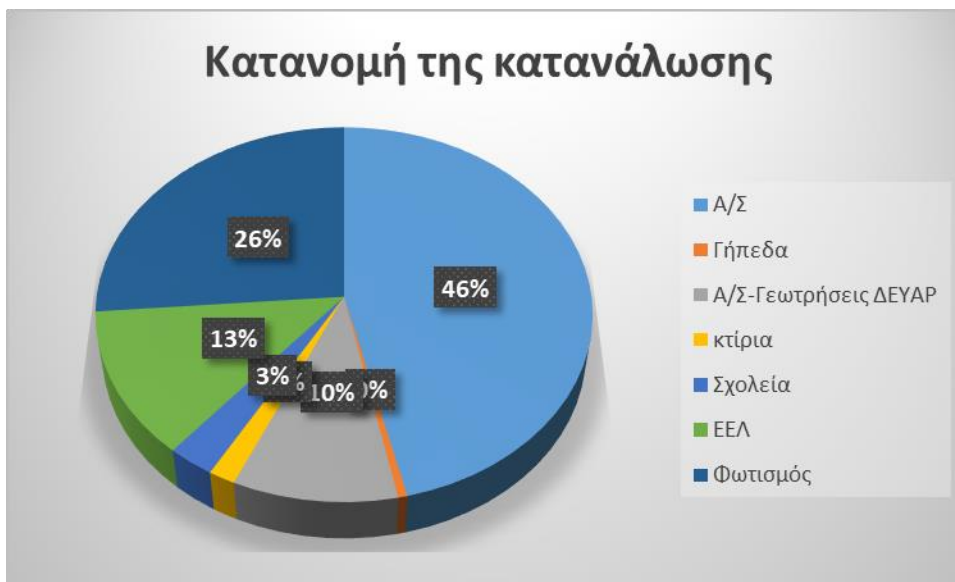
Ο Δήμος Ρεθύμνης είναι μια δυναμικά αναπτυσσόμενη περιοχή της Περιφέρειας Κρήτης. Βρίσκεται στο βόρειο-δυτικό τμήμα της ομώνυμης ΠΕ μεταξύ των ΠΕ Ηρακλείου και Χανίων. Συνορεύει δυτικά με το Δήμο Αποκορώνου της ΠΕ.Χανίων, ανατολικά με το Δήμου Μυλοποτάμου ενώ βρίσκεται βόρεια των Δήμων Αμαρίου και Αγ.Βασιλείου. Σύμφωνα με το άρθρο 1 του Ν.3852/2010 «Πρόγραμμα Καλλικράτης» ο νέος Δήμος Ρεθύμνου διαιρείται σε τέσσερις (4) Δημοτικές Ενότητες (Δ.Ε. Ρεθύμνου, Δ.Ε. Νικηφόρου Φωκά, Δ.Ε. Λαππαίων, Δ.Ε. Αρκαδίου). Οι τέσσερις Δημοτικές Ενότητες απαρτίζονται από δύο (2) Δημοτικές Κοινότητες (πρώην Δημοτικά Διαμερίσματα) και σαράντα πέντε (45) Τοπικές Κοινότητες (πρώην τοπικά διαμερίσματα). Αναλυτικά η Διοικητική Δομή του νέου Δήμου Ρεθύμνης είναι: Δημοτική ενότητα Ρεθύμνης: Δημοτική κοινότητα Ρεθύμνης και Τοπικές Κοινότητες: Αρμένων, Γουλεδιανών, Καρές, Καστέλλου, Κούμων, Μαρουλά, Όρους, Πρασιών, Ρουσσοσπιτίου, Σελλίου, Χρομοναστηρίου Δημοτική ενότητα Αρκαδίου: Τοπικές Κοινότητες: Άδελε, Αμνάτου, Αρχαίας Ελευθέρας (Πρινέ), Ελευθέρνης, Έρφων, Κυριάννας, Μέσης, Παγκαλοχωρίου, Πηγής, Πρίνου, Σκουλουφίων, Χαμαλευρίου, Χαρκίων, Δημοτική ενότητα Λαππαίων: Τοπικές Κοινότητες: Αργυρουπόλεως, Αρχοντικής, Βιλανδρέδου, Επισκοπής, Καρωτής, Κάτω Πόρου, Κούφης, Μυριοκεφάλων Δημοτική ενότητα Νικηφόρου Φωκά: Δημοτική κοινότητα Ατσιποπούλου και Τοπικές Κοινότητες: Αγίου Κωνσταντίνου, Άνω Βαλσαμονέρου, Γερανίου, Γωνιάς, Ζουριδίου, Καλονυκτίου, Κάτω Βαλσαμονέρου, Μαλακίων, Μούντρο, Πρινέ, Ρουστίκων, Σαϊτουρών, Φραντζεσκιανών Μετοχίων. Η συνολική έκταση του πρώην Δήμου Ρεθύμνης είναι 126,4 km².

Ο πραγματικός πληθυσμός ανέρχεται σε 31.687 κατοίκους με την απογραφή της ΕΣΥΕ για το 2001 με το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Δ.Ε., να είναι συγκεντρωμένο στη Δημοτική Κοινότητα Ρεθύμνου με ποσοστό το 91,48% των κατοίκων, δηλ. 28.987. Ο συνολικός αριθμός κατοίκων με βάση τα προσωρινά στοιχεία της απογραφής του 2011, ανέρχεται σε 54.900. Η πόλη του Ρεθύμνου αποτελεί το διοικητικό, συγκοινωνιακό, εκπαιδευτικό – πολιτιστικό και οικονομικό κέντρο του νομού, με βασικό πυλώνα της ανάπτυξής του τον τουρισμό. Το Ρέθυμνο είναι η τρίτη σε μέγεθος πόλη της Κρήτης, μετά το Ηράκλειο και τα Χανιά. Βρίσκεται κατά μήκος της βόρειας ακτής σχεδόν στη μέση του νησιού, ενώ η ανάπτυξή του γίνεται κατά μήκος της παραλίας αυτής. Η πόλη του Ρεθύμνου έχει εξελιχθεί σε αστικό κέντρο με συνδέσεις και εξαρτήσεις που έχουν ξεπεράσει το περιφερειακό πλαίσιο. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στη συγκέντρωση πληθυσμού αλλά και στο είδος των υπηρεσιών που παρέχει η πόλη. Το Πανεπιστήμιο και ο τουρισμός την έχουν αναδείξει τόσο σε Ελληνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Η προσέλκυση επισκεπτών, κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, έχει σαν αποτέλεσμα τον διπλασιασμό του πληθυσμού της περιοχής. Οι δημοτικές εγκαταστάσεις του Δήμου Ρεθύμνης, που εξετάζονται χωριστά από τα κτίρια, περιλαμβάνουν αντλιοστάσια και γεωτρήσεις του Δήμου (τα αντίστοιχα της ΔΕΥΑΡ δεν κατέστη δυνατό να συλλεχθούν σε μηνιαία βάση), ο βιολογικός καθαρισμός (συνολικά και όχι σε μηνιαία βάση) και τέλος τα γήπεδα (αθλητικές εγκαταστάσεις).

Η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ανά κατηγορία, για τις ανάγκες του Δήμου παρουσιάζεται στο διάγραμμα της Εικόνας 3-3. Η ηλεκτρική κατανάλωση σε μηνιαία βάση που αφορά κυρίως τη λειτουργία αντλιοστασίων, γηπεδικών εγκαταστάσεων και Γεωτρήσεων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-2.

Πίνακας 3-2. Κατανάλωση ενέργειας στο Δήμο Ρεθύμνης για τα Α/Σ, τα γήπεδα και τα Α/Σ των γεωτρήσεων (Πηγή: Σχέδιο Δράσης για την Αειφόρο Ενέργεια. Δήμος Ρεθύμνης, 2012)

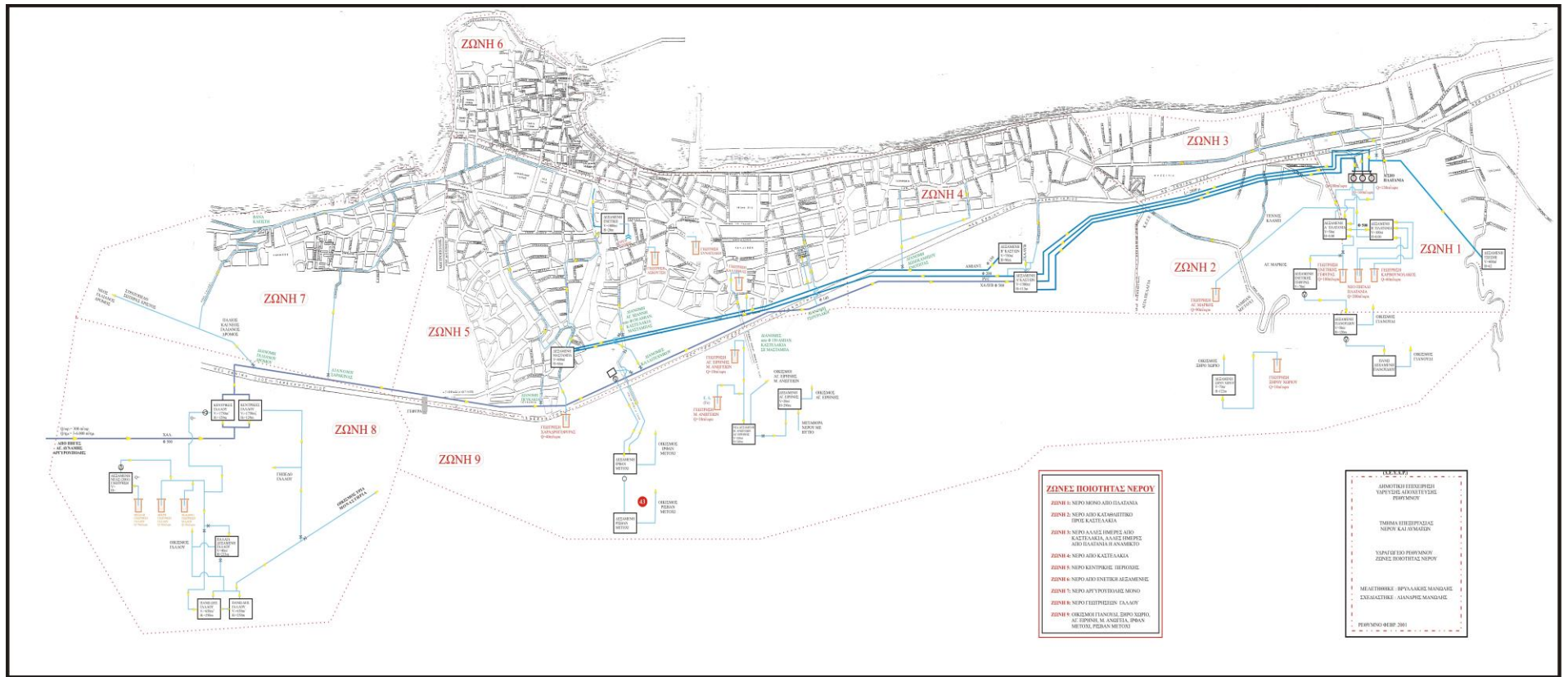
Περίοδος	A/Σ	Γήπεδα	A/Σ- Γεωτρήσεις ΔΕΥΑΡ	κτίρια	Σχολεία	ΕΕΛ	Φωτισμός
	Κατανάλωση σε MWh						
Ιανουάριος	294	18	160	26	68	202	860
Φεβρουάριος	373	14	159	48	78	225	623
Μάρτιος	481	14	195	44	54	252	789
Απρίλιος	452	10	203	50	69	274	585
Μάιος	515	25	217	36	129	324	892
Ιούνιος	720	5	288	37	84	378	524
Ιούλιος	682	10	402	40	43	503	797
Αύγουστος	913	6	416	36	23	517	475
Σεπτέμβριος	7995	8	253	37	43	373	458
Οκτώβριος	684	10	204	37	63	235	440
Νοέμβριος	226	18	189	22	81	205	718
Δεκέμβριος	201	22	196	56	87	216	521
ΣΥΝΟΛΟ	13536	160	2882	469	822	3704	7682
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ							
29255							



Εικόνα 3-3 Ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας στο Δήμο Ρεθύμνης ανά κατηγορία

3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΎΔΡΕΥΣΗΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ

Στο διάγραμμα της Εικόνας 3-4 παρουσιάζεται το δίκτυο Ύδρευσης της Δ.Ε. Ρεθύμνου, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα η Δ.Ε. Ρεθύμνου χωρίζεται σε 9 Ζώνες. Η υδροδότηση γίνεται μέσω των Δεξαμενών στο Γάλλο και στο Πλατανέ αλλά και από μικρότερες γεωτρήσεις σε διάφορες περιοχές της Δ.Ε. Ρεθύμνου . Οι γεωγραφικές συντεταγμένες των Δεξαμενών και των γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-3. Στη συνέχεια γίνεται η αναλυτική περιγραφή του δικτύου ύδρευσης.



Εικόνα 3-4. Διάγραμμα ροής του Δικτύου Ύδρευσης της Πόλης του Ρεθυμνού (Πηγή ΔΕΥΑΡ)

Πίνακας 3-3. Γεωγραφικές συντεταγμένες Γεωτρήσεων και Δεξαμενών στο Δήμο Ρεθύμνης

<i>Θέση</i>	<i>Γεωγραφικό μήκος</i>	<i>Γεωγραφικό πλάτος</i>	<i>Υψόμετρο (m)</i>
Δεξαμενή Καστελλάκια	35° 21' 24.05''	24° 29' 57.59''	+107
Δεξαμενή Γάλλου	35° 21' 18.10''	24° 27' 20.73''	+131
Δεξαμενή & Αντλιοστάσιο & φρεάτιο Πλατανέ	35° 21' 53.19''	24° 31' 30.72''	+5
Δεξαμενή Τσεσμέ	35° 21' 39.59''	24° 32' 11.43	+57
Γεώτρηση Μέσα Καμάρα	35° 21' 17.98''	24° 31' 34.15''	+8
Γεώτρηση Καρβουνόλακος	35° 21' 09.88''	24° 31' 42.21''	+27
Γεώτρηση οδού Θεοτοκοπούλου	35° 21' 45.13''	24° 29' 07.93''	+34
Γεώτρηση ρέματος Σινατσάκη	35° 21' 42.30''	24° 29' 04.14''	+31
Γεώτρηση οδού Ασκούτση	35° 21' 44.88''	24° 28' 51.47''	+37
Δεξαμενή Αγίου Ιωάννη	35° 21' 38.12''	24° 28' 41.43''	+42

3.3.1 Υδροδότηση από τις πηγές της Αργυρούπολης και Αγ. Δύναμης

Οι πηγές των περιοχών της Αργυρούπολης και της Αγίας Δύναμης τροφοδοτούν την Πόλη του Ρεθύμνου με 3000 έως 6000m³ ημερησίως. Το εξωτερικό δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από χαλύβδινο αγωγό ονομαστικής διατομής 500mm και τροφοδοτεί τις δύο κεντρικές Δεξαμενές του δικτύου, χωρητικότητας V=1750m³ έκαστη, στην περιοχή του Γάλλου με υψομετρική θέση H=+129m. Το νερό από τις πηγές της Αργυρούπολης και της Αγίας Δύναμης μεταφέρεται προς τις Δεξαμενών με άντληση. Το αντλιοστάσιο βρίσκεται στην περιοχή Δράμια και αποτελείται από τρεις αντλίες ισχύος 100 Hp η κάθε μια. Το συγκεκριμένο αντλιοστάσιο δε βρίσκεται υπό τη διαχείριση της ΔΕΥΑΡ. Μέρος του νερού των δεξαμενών τροφοδοτεί το δίκτυο ύδρευσης του Ρεθύμνου μέσω χαλύβδινου αγωγού βαρύτητας, ονομαστικής διατομής 500mm, που καταλήγει στη Δεξαμενή Καστελλάκια χωρητικότητας 1.500m³ σε υψομετρική θέση H=+113m.

3.3.2 Υδροδότηση από τις γεωτρήσεις του Γάλλου.

Στην περιοχή του Γάλλου έχουν διανοιχθεί και βρίσκονται σε λειτουργία τρεις υδρογεωτρήσεις παροχών 20, 35 και 70m³/h. Οι υδρογεωτρήσεις τροφοδοτούν τις εξής δεξαμενές: Παλαιά δεξαμενή του Γάλλου χωρητικότητας V=40m³ σε υψομετρικής θέση H=+233m καθώς και τις δύο πάνω δεξαμενές χωρητικότητας V=650m³ έκαστη σε υψομετρική θέση H=+250m. Το νερό των υδρογεωτρήσεων καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες του Γάλλου και του οικισμού των Τριών μοναστηρίων. Ο δήμος Ρεθύμνης τροφοδοτείται μέσω δευτερεύοντος δικτύου διανομής σε διάφορες θέσεις υδροληψίας (Υδροληψία Σαρακήνας, υδροληψία Πευκάκια, υδροληψία Καλιτεχνικού-υδροληψία Αγ. Ιωάννης Μασταμπάς). Επίσης στο σημείο που υπάρχουν οι υδροληψίες Καλιτεχνικού,

υπάρχει αντλιοστάσιο που τροφοδοτεί την Δεξαμενή στην περιοχή Ιρφάν Μετόχι. Το νερό οδηγείται με άντληση από την τελευταία προς τη Δεξαμενή στην περιοχή Ρισβάν Μετόχι. Οι δύο αυτές Δεξαμενές καλύπτουν τις ανάγκες των οικισμών Ισφαν και Ρισβαν Μετόχι αλλά και των γύρω περιοχών.

3.3.3 Υδροδότηση από τις γεωτρήσεις του Πλατανέ

Ο Πλατανές βρίσκεται ανατολικά της ΔΕ Ρεθύμνης. Ο οικισμός του Πλατανέ είναι κυρίως παραλιακός. Στον Πλατανέ έχουν διανοιχθεί 4 υδρογεωτρήσεις: Η υδρογεώτρηση του Καρβουνόλακου με δυναμικότητα $60\text{m}^3/\text{h}$, η υδρογεώτρηση του Πλατανέ με δυναμικότητα $200\text{m}^3/\text{h}$, η υδρογεώτρηση στην περιοχή της Ενετικής Γέφυρας παροχής $100\text{m}^3/\text{h}$ και η γεώτρηση του Αγίου Μάρκου με δυναμικότητα αντλούμενου νερού $90\text{m}^3/\text{h}$. Η τελευταία υδρογεώτρηση είναι ανενεργή λόγω της κακής ποιότητας νερού, σύμφωνα με τις εργαστηριακές αναλύσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό της ποιότητας του νερού.

Όλες οι παραπάνω υδρογεωτρήσεις και το φρεάτιο Πλατανέ τροφοδοτούν τις Δεξαμενές Α' και Β' του Πλατανέ χωρητικότητας 50m^3 και 100m^3 αντίστοιχα. Το νερό εκκινά από τις Δεξαμενές και καταλήγει μέσω αγωγού βαρύτητας προς το αντλιοστάσιο του Πλατανέ. Το αντλητικό σύστημα του Πλατανέ αποτελείται από τρεις αντλίες παροχών $160\text{m}^3/\text{h}$ (Αντλία 1), $180\text{m}^3/\text{h}$ (Αντλία 2) και $130\text{m}^3/\text{h}$ (Αντλία 3). Το νερό από το αντλητικό σύστημα του Πλατανέ καταλήγει στη δεξαμενή Α' Καστελάκιων με μέση ωριαία παροχή $300\text{m}^3/\text{h}$ μέσω δικτύου αγωγών μήκους 2.800 m. Από τη δεξαμενή Α' Καστελάκια τροφοδοτείται μέσω βαρυντικού αγωγού η δεξαμενή Β' Καστελάκια χωρητικότητας 750m^3 και υψομετρικής θέσης $H=+96\text{m}$, οι οποίες τροφοδοτούν την παραλιακή πλευρά της Πόλης του Ρεθύμνου. Ένα ποσοστό του νερού από τη δεξαμενή Α' διανέμεται με βαρυντικό αγωγό στις περιοχές Περιβόλια και Μυσύρια και το υπόλοιπο διανέμεται με αγωγό από αμίαντο ονομαστικής διατομής 150mm από την Β' δεξαμενή προς τη δεξαμενή του Μασταμπά, αλλά και μέσω αγωγού από PVC ονομαστικής διατομής 200mm από την Α' δεξαμενή έως την Δεξαμενή του Μασταμπά. Ενδιάμεσα από τους δυο παραπάνω αγωγούς μεταφοράς που συνδέουν τις Δεξαμενές Καστελλακίων και Μασταμπά τροφοδοτούνται υδροληψίες νερού (διανομή Δωδεκανήσου Ενότητας, διανομή Καλλιθέας-Τσουρλάκη).

Η δεξαμενή Μασταμπά χωρητικότητας 400m^3 σε υψομετρική θέση $H=+66\text{m}$ τροφοδοτεί την πόλη του Ρεθύμνου. Η συνολική ωριαία δυναμικότητα του αντλητικού συστήματος του Πλατανέ είναι $470\text{m}^3/\text{h}$. Περίπου το 1/3 της συνολικής παροχής τροφοδοτεί τις περιοχές Άδελε και Τσεσμέ. Ποιο συγκεκριμένα $85\text{m}^3/\text{h}$ καταλήγουν στο Τσεσμέ σε Δεξαμενή χωρητικότητας 400m^3 . Το νερό της δεξαμενής Τσεσμέ καταλήγει με βαρυντικό αγωγό προς τους οικισμούς Πλατανέ, Τσεσμέ, αλλά και στις γύρω περιοχές. Το υπόλοιπο τμήμα τροφοδοτεί την Α' δεξαμενή του Άδελε χωρητικότητας 400m^3 . Το νερό από την Α' Δεξαμενή του Άδελε καταλήγει μέσω βαρυντικού αγωγού στους οικισμούς Αδελιανό-Πηγιανό Κάμπο μέχρι και τον οικισμό του Σταυρομένου.

Στην υδρογεώτρηση της Ενετικής γέφυρας λειτουργεί Δεξαμενή χωρητικότητας 70m^3 . Η δεξαμενή τροφοδοτείται με νερό από την υδρογεώτρηση και στην συνέχεια μέσω άντλησης τροφοδοτεί τη Δεξαμενή του Γιαννουδίου χωρητικότητας 50m^3 και υψομετρική θέση $H=+120\text{ m}$. Από την κεντρική Δεξαμενή στο Γιαννουδι τροφοδοτείται μια ακόμα Δεξαμενή με άντληση, η Πάνω δεξαμενή Γιαννουδίου. Από τη δεξαμενή στην Ενετική γέφυρα τροφοδοτείται ο οικισμός του Μαρουλά μέσω τριών αντλιοστασίων και καταλήγει στη Δεξαμενή στις περιοχές Αγία Αναστασία.

3.3.4 Υδρογεωτρήσεις εντός της Πόλης του Ρεθύμνου.

Εντός της πόλης του Ρεθύμνου υπάρχουν οι υδρογεωτρήσεις στις περιοχές Ασκούτση, Συνατσάκη και Καλλιθέα και πηγή που βρίσκεται κοντά στην Ενετική Δεξαμενή χωρητικότητας 1000m^3 και σε υψομετρικής θέση $H=+20\text{m}$. Στην περιοχή της Αγ. Ειρήνης έχει διανοιχθεί υδρογεώτρηση παροχής $10\text{m}^3/\text{h}$. Επίσης στη θέση Μικρά Ανώγεια έχει διανοιχθεί και λειτουργεί υδρογεώτρηση ίδιας δυναμικότητας με αυτή της Αγ. Ειρήνης. Οι υδρογεωτρήσεις αυτές τροφοδοτούν τη Δεξαμενή Αγ. Ειρήνης και Μικρών Ανωγείων. Η δεξαμενή στα Μικρά Ανώγεια με χωρητικότητα $V=100\text{m}^3$ και υψομετρική θέση $H=+340\text{m}$ η οποία συνδέεται με την δεξαμενή Αγ. Ειρήνης (χωρητικότητα $V=20\text{m}^3$ και υψομετρική θέση με $H=+290\text{m}$) καλύπτει τις ανάγκες της ευρύτερης περιοχής Αγ. Ειρήνης και Μικρών Ανωγείων. Τέλος λειτουργεί ακόμα μια υδρογεώτρηση δυναμικότητας $10\text{m}^3/\text{h}$ και Δεξαμενή χωρητικότητας $V=70\text{m}^3$ σε υψομετρική θέση $H=+122\text{m}$ στο Ξηρό Χωριό για την κάλυψη των αναγκών της ευρύτερης περιοχής του Ξηρού Χωριού.

3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΣΤΟΝ ΠΛΑΤΑΝΕ

Το αντλητικό συγκρότημα του Πλατανέ αποτελείται από σύστημα τριών αντλιών, όπως περιεγράφηκε πιο πάνω. Η αντλία 1 έχει παροχή $Q=160\text{m}^3/\text{h}$ τάση 320V ενδεικτική κατανάλωση 125A , η αντλία 2 έχει παροχή $Q=180\text{m}^3/\text{h}$ τάση 320V ενδεικτική κατανάλωση 145A , και η αντλία 3 έχει παροχή $Q=130\text{m}^3/\text{h}$ τάση 320V ενδεικτική κατανάλωση 115A . Κατά τη χειμερινή περίοδο, λειτουργούν οι αντλίες 1 και 3 με χρόνο λειτουργίας 20 και 21 ώρες αντίστοιχα. Κατά τη θερινή περίοδο λειτουργούν πλήρως και οι τρεις αντλίες. Το χειμώνα το αντλιοστάσιο τροφοδοτεί τη δεξαμενή Α των Καστελλακίων με 108.000 κυβικά ανά μήνα την δεξαμενή του Τσεσμέ με 17.850 κυβικά ανά μήνα και την δεξαμενή Α Άδελε με 22.950 κυβικά ανά μήνα. Ενώ το καλοκαίρι το αντλιοστάσιο τροφοδοτεί τη δεξαμενή Α των Καστελλακίων με 153.000 κυβικά ανά μήνα την δεξαμενή του Τσεσμέ με 61.200 κυβικά ανά μήνα και την δεξαμενή Α Άδελε με 61.200 κυβικά ανά μήνα. Όπως περιγράφεται παραπάνω για το τοπικό δίκτυο στον Πλατανέ υπάρχουν τρεις γεωτρήσεις και ένα πηγάδι που τροφοδοτούν τις δύο δεξαμενές του Πλατανέ.

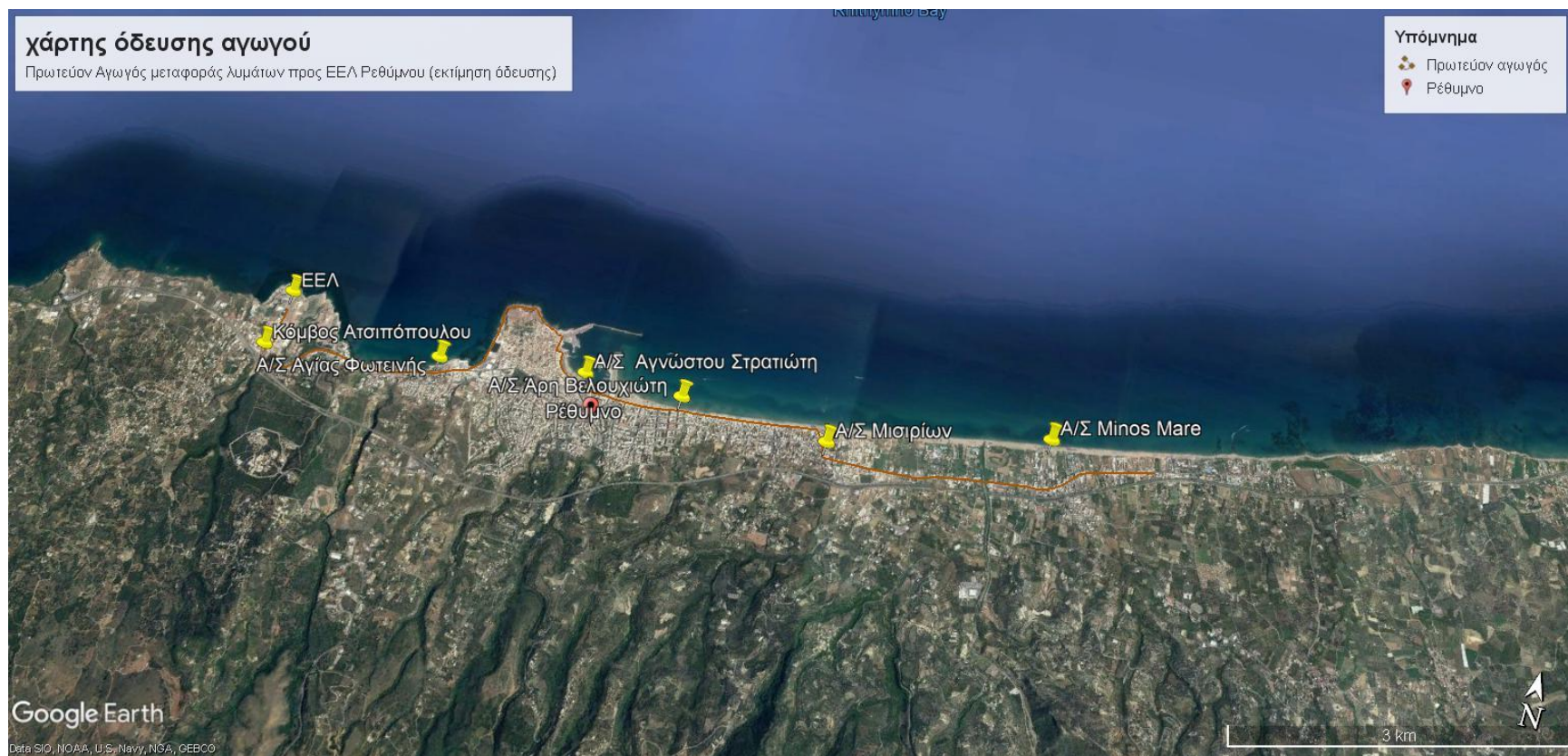
Οι αντλίες παίρνουν το νερό από τις δεξαμενές του Πλατανέ και τροφοδοτούν τις δεξαμενές στα Καστελλάκια στο Τσεσμέ και στο Άδελε. Στις παραπάνω δεξαμενές όπου αντλείται το νερό από το Α/Σ του Πλατανέ υπάρχει ένας μηχανισμός τριών ηλεκτρικών φλοτέρ ώστε όταν πέσει η στάθμη των δεξαμενών να δίνεται εντολή εκκίνησης των αντλιών. Σύμφωνα με τον αυτοματισμό λειτουργίας όταν η στάθμη κάποιας δεξαμενής φτάσει στο 90% της στάθμης της δίνεται εντολή εκκίνησης για την αντλία 1 ενώ όταν η στάθμη φτάσει στο 80% δίνεται εντολή εκκίνησης για την αντλία 3 και όταν η στάθμη φτάσει στο 60% εκκινείται και η αντλία 2.

3.5 ΔΙΚΤΥΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΡΕΘΥΜΝΗΣ.

Ο κεντρικός αγωγός λυμάτων εκκινά από τον Πλατανέ και οδεύει παραλιακά μέχρι το κεντρικό αντλιοστάσιο στην περιοχή της Αγίας Φωτεινής. Λόγω της υψομετρικής διαφοράς απαιτείται ανύψωση μέσω ενδιάμεσων αντλιοστασίων στις περιοχές Πλατανέ, Μισίρια, οδός Άρη Βελουχιώτη και πλατεία Αγνώστου Στρατιώτη. Από το αντλιοστάσιο της Αγ. Φωτεινής τα λύματα καταλήγουν στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Πόλης του Ρεθύμνου στη δυτική πλευρά της πόλης. Οι συντεταγμένες και το υψόμετρο των θέσεων των Α/Σ του δικτύου αποχέτευσης του Ρεθύμνου δίνονται στον Πίνακα 3-4. Στην Εικόνα 3-5 παρουσιάζονται οι θέσεις των Α/Σ στον χάρτη (Google earth). Το δίκτυο αποχέτευσης του Ρεθύμνου στο τμήμα του αγωγού από το αντλιοστάσιο της Αγ. Φωτεινής έως και την ΕΕΛ είναι διαχωριστικό. Ενώ το τμήμα της Παλιάς Πόλης και της ευρύτερης περιοχής εξυπηρετείται από παντοροϊκό δίκτυο. Κατά συνέπεια τον χειμώνα με την αύξηση των βροχοπτώσεων η παροχή του δικτύου αυξάνεται. Τη θερινή περίοδο η παροχή προς την ΕΕΛ Ρεθύμνου αυξάνεται λόγω του τουρισμού. Η παροχή της θερινής περιόδου είναι 14.000 m³/d. Από το κεντρικό αντλιοστάσιο λυμάτων Ρεθύμνου (Αγ. Φωτεινή) τα υγρά απόβλητα ανυψώνονται σε υψομετρική θέση H=+67m , και εν συνεχεία οδεύουν με φυσική ροή προς την εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Πίνακας 3-4. Γεωγραφικές συντεταγμένες και υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας των σημείων ενδιαφέροντος του δικτύου αποχέτευσης του Ρεθύμνου.

<i>Σημείο ενδιαφέροντος</i>	<i>Γεωγραφικό πλάτος</i>	<i>Γεωγραφικό μήκος</i>	<i>Υψόμετρο (m)</i>
Αντλιοστάσιο Αγίας Φωτεινής	35 21' 55.11''	24 27' 50.42''	+8
Αντλιοστάσιο Minos Mare	35 22' 16.98''	24 31' 45.55''	+3
Αντλιοστάσιο Μισιρίων	35 22' 09.67''	24 30' 44.36''	+0
Αντλιοστάσιο οδού Άρη Βελουχιώτη	35 22' 03.63''	24 29' 55.37''	+3
Αντλιοστάσιο πλατείας Αγνώστου Στρατιώτη	35 22' 01.69''	24 28' 47.61''	+3
Σημείο ενδιάμεσης ανύψωσης	35 21' 51.83''	24 26' 43.46''	+67
ΕΕΛ Ρεθύμνου (είσδος)	35 22' 51.83''	24 26' 42.30''	+52



Εικόνα 3-5. Θέσεις των Α/Σ του δικτύου αποχέτευσης της ΔΕΥΑΡ και οδευση (κατ'εκτίμηση) του πρωτεύοντος αγωγού λιμμάτων προς την ΕΕΛ Ρεθύμνου(Google Earth)

3.5.1 Περιγραφή Αντλιοστασίου Λυμάτων της Αγ. Φωτεινής

3.5.1.1 Γενική διάταξη αντλιοστασίου

Τα λύματα καταλήγουν στο θάλαμο αναρρόφησης του αντλιοστασίου της Αγίας Φωτεινής και καταθλίβονται μέσω αγωγού από αμιαντοτσιμέντο διατομής 500mm, συνολικού μήκους 1.810m έως την υψομετρική θέση $H = +67,43$. Εν συνεχεία οδηγούνται μέσω αγωγού, με φυσική ροή, στην είσοδο της ΕΕΛ. Το αντλιοστάσιο αποτελείται από θάλαμο αναρρόφησης και ξηρό θάλαμο. Το αντλιοστάσιο αποτελείται από ενιαίο μεσοπάτωμα, διαθέτει σύστημα αυτοματισμού λειτουργίας και συντήρησης και ενιαίο θάλαμο αναρρόφησης ο οποίος θα διαχωρίζεται σε περίπτωση ανάγκης. Η γενική διάταξη του αντλιοστασίου είναι σε τρία επίπεδα.

- 1) Ισόγειο : Αίθουσα ελέγχου , υποσταθμός μέσης τάσης και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος
- 2) Μεσοπάτωμα πάνω από το θάλαμο αναρρόφησης : Ηλεκτρικοί πίνακες χαμηλής τάσης.
- 3) Υπόγειο: Ξηρός θάλαμος αναλυτικών συγκροτημάτων (Α.Σ.) και θάλαμος αναρρόφησης.

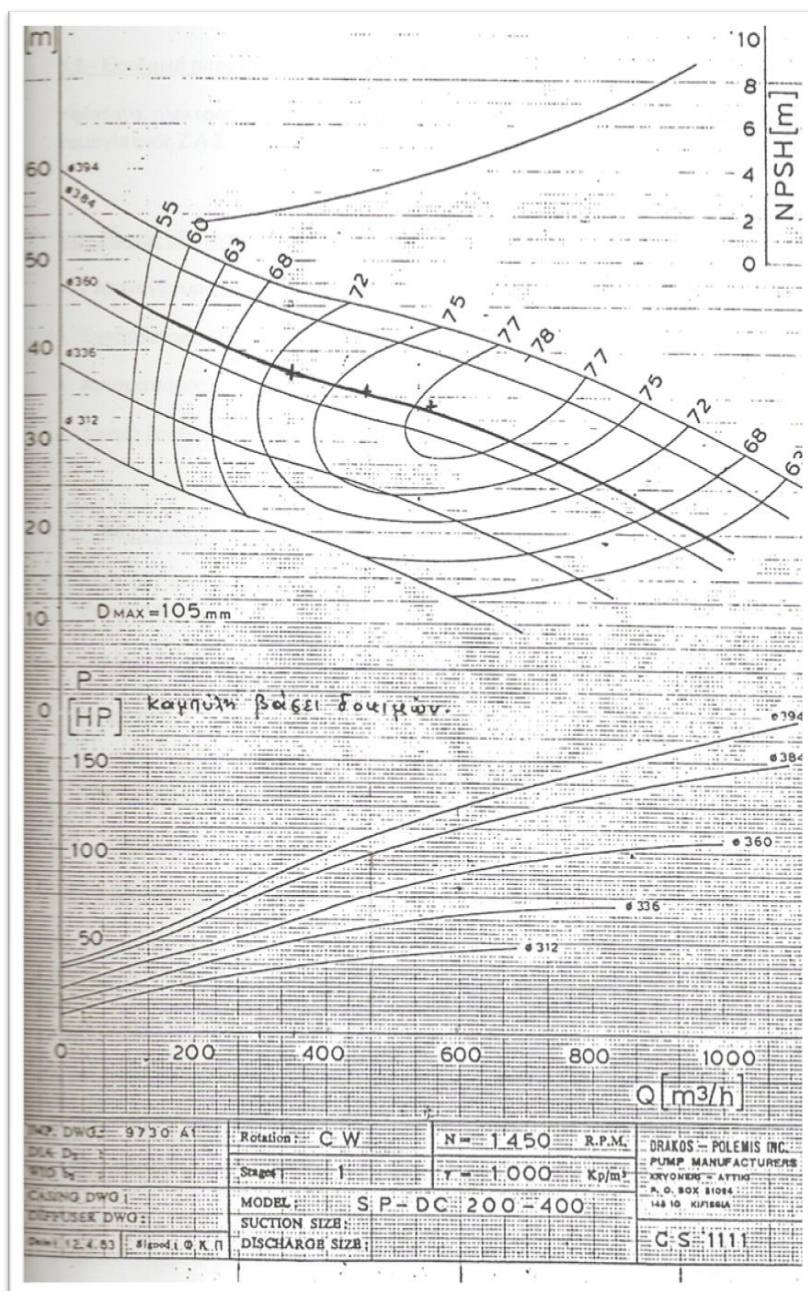
3.5.1.2 Αντλητικά συγκροτήματα

Το αντλιοστάσιο αποτελείται από δέκα αντλίες οριζόντιου άξονα, αριθμού στροφών 1450 rpm συνδεδεμένες εν σειρά κατά ζεύγη. Η κάθε αντλία είναι ονομαστικής παροχής $450\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους $H_0=35\text{m}$. Προκύπτει αρχικά μια εφεδρεία δύο ή τριών ζευγών αντλιών. Οι εφεδρικές αντλίες εναλλάσσονται με τις υπόλοιπες για να ελαχιστοποιηθεί η καταπόνηση των αντλιών.

Χαρακτηριστικά των αντλιών είναι η μεγάλη διάμετρος διερχόμενου στερεού, ώστε να αποφεύγονται οι εμφράξεις αλλά και να μη καθίσταται αναγκαίος ο εσχαρισμός των λυμάτων. Οι αντλίες είναι μονοκάναλες, με ελάχιστη διάμετρο διερχόμενου στερεού 100mm. Για την κίνηση των αντλιών χρησιμοποιούνται ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες. Η θέση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων βρίσκεται δυτικά του χειμάρρου Ατσιποπούλου. Ο αγωγός ονομαστικής διαμέτρου DN600 από χάλυβα έχει συνολικό μήκος 1.810m. Τα λύματα οδηγούνται με κατάθλιψη έως και το σημείο με υψομετρική θέση $H=+67,4\text{m}$ και στη συνέχεια καταλήγουν στην είσοδο της ΕΕΛ Ρεθύμνου.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας των αντλιών παρουσιάζονται στο διάγραμμα της Εικόνας 3-6. Κάθε αντλία (αντλητικό συγκρότημα) έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Τύπος αντλιών SPH-DC-200-400
- $Q_0=450\text{m}^3/\text{h}$
- Μανομετρικό ύψος $H_0=35\text{m}$
- Αριθμός στροφών 1.450 RPM
- Χαρακτηριστικά κινητήρα: B3, 125HP, 380V, 50HZ, 1500RPM
- Μετάδοση κινήσεως : μέσω ιμάντων.



Εικόνα 3-6 χαρακτηριστικές καμπύλες αντλιών στο Α/Σ Αγ. Φωτεινής (Πηγή: DRAKOS-POLEMIS INC.)

3.5.2 Απαιτούμενη ισχύς

Η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς για την πλήρη λειτουργία του συνόλου των αντλιών προκύπτει ως εξής: Οι κινητήρες είναι τυποποιημένης ισχύος 110 kW (ή 150 HP). Συνεπώς η συνολική μέγιστη αναρροφώμενη ισχύς από το Α/Σ θα είναι τελικά και για τους 10 κινητήρες, $8 \cdot 110 \text{ kW} = 880 \text{ kW}$. Οι βοηθητικές καταναλώσεις είναι 30kW και η συνολική απαιτούμενη ισχύς του αντλιοστασίου είναι $P = 910 \text{ kW}$. Η απαιτούμενη ισχύς παροχής είναι $N\Phi = 910 / 0,85 \cdot 0,92 = 1164 \text{ kVA}$.

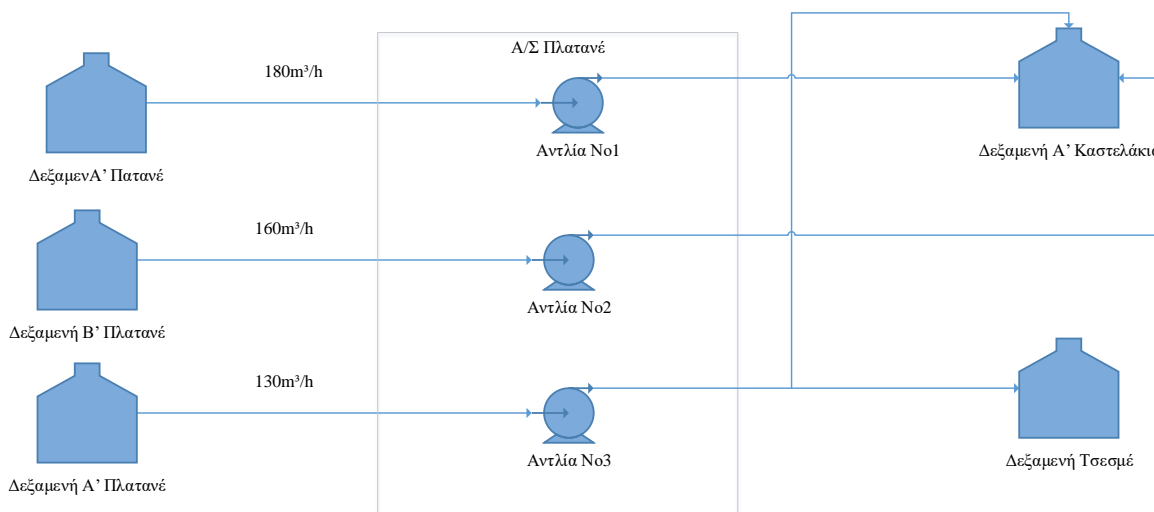
4 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΛΑΤΑΝΕΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο θα μελετηθεί η δυνατότητα ελάττωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο αντλιοστάσιο Πλατανέ. Οι εναλλακτικές που θα εξεταστούν είναι: α) η αντικατάσταση των παλαιού τύπου αντλιών με νέες αντλίες όπως αυτές που περιγράφονται στις παραγράφους 4.4 και 4.5 και β) η χρήση συστήματος μεταβλητής συχνότητας (Inverter) για την λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων ώστε να γίνει ρύθμιση στην παροχή άντλησης (Παράγραφος 4.6).

4.2 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ

Το μεγαλύτερο αντλιοστάσιο ύδρευσης στο Δήμο Ρεθύμνης βρίσκεται στον Πλατανέ. Τα υπόλοιπα αντλιοστάσια αποτελούνται από μια αντλία χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης επειδή εξυπηρετούν ανάγκες για πολύ μικρές περιοχές κυρίως χωριά άρα και με πολύ μικρές παροχές και για χειμώνα αλλά και για καλοκαίρι. Όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.3. Επιλέχτηκε λοιπόν να μελετηθεί το Α/Σ Πλατανέ επειδή η κατανάλωση ενέργειας συγκριτικά με τα υπόλοιπα αντλιοστάσια είναι πολύ μεγαλύτερη. Το διάγραμμα ροής του Αντλιοστασίου του Πλατανέ παρουσιάζεται στην Εικόνα 4-1, σύμφωνα με τα όσα περιεγράφηκαν στην Παράγραφο 3.3.3. Οι παραδοχές της που χρησιμοποιήθηκαν αναλύονται στην επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 4-1. Διάγραμμα ροής Αντλιοστασίου Πλατανέ

4.3 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΣΤΟ Α/Σ ΠΛΑΤΑΝΕ

Όσον αφορά το Α/Σ Πλατανέ τα δεδομένα είναι ελλιπή. Για παράδειγμα, επειδή οι αντλίες έχουν διανύσει μεγάλο χρόνο ζωής (περίπου 30 έτη), και είναι δύσκολη η εκτίμηση του βαθμού απόδοσης τους εξαιτίας της φθοράς που έχει επέλθει. Επίσης δεν μπορεί να εκτιμηθεί η εγκατεστημένη ισχύς των αντλιών καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία για τη λειτουργία τους, όπως για παράδειγμα τα στοιχεία που προκύπτουν από τα διαγράμματα λειτουργίας κάθε αντλητικού συστήματος (Βλέπε Κεφάλαιο 2). Τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με τη λειτουργία του αντλιοστασίου είναι η συνολική μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος του αντλιοστασίου για τη διετία 2013-2014 όπως προκύπτουν από την ανάλυση της κατανάλωσης των λογαριασμών της Δ.Ε.Η. Τα στοιχεία σχετικά με τη διάρκεια λειτουργίας των αντλιών ημερησίως τόσο για την χειμερινή (Νοέμβριος-Απρίλιος) όσο και για τη θερινή περίοδο (Μάιος-Οκτώβριος), καθώς και τα μανομετρικά ύψη αλλά και οι παροχές άντλησης κάθε αντλίας προκύπτουν με βάση τις εκτιμήσεις των υπευθύνων της ΔΕΥΑΡ.

Πιο συγκεκριμένα το Α/Σ του Πλατανέ προμηθεύει νερό σε τρεις περιοχές: το Άδελε, τον Τσεσμέ και τα Καστελλάκια. Στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος συνυπολογίζεται μαζί με την κατανάλωση του αντλιοστασίου και η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από την άντληση νερού στο φρεάτιο του Πλατανέ.

Παραδοχή: Η μοναδική ένδειξη κατανάλωσης ρεύματος είναι η κατανάλωση που καταγράφεται στο «ρολόι» της παροχής ρεύματος από τη Δ.Ε.Η. για το σύνολο των αντλιών, γεγονός που σημαίνει ότι δεν μπορούμε να αναλύσουμε μεμονωμένα την κατανάλωση κάθε αντλίας δεδομένου και της έλλειψης πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά τους (καμπύλες λειτουργίας, βαθμός απόδοσης, κλπ.). Ωστόσο κατά την παρούσα τεchnο-οικονομική μελέτη για την εξέταση της περίπτωσης να αντικατασταθούν οι αντλίες, θα χρησιμοποιήσουμε πληροφορίες όπως την απαιτούμενη ενέργεια άντλησης ανά αντλία (μανομετρικό ύψος, παροχή) όσον αφορά τις νέες αντλίες που θα αντικατασταθούν. Με την εκτίμηση για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που θα προκύψει μέσω των νέων αντλιών θα γίνει σύγκριση σε σχέση με την παρούσα κατάσταση για να εκτιμήσουμε κατά πόσο βελτιώθηκε η ενεργειακή απόδοση του αντλιοστασίου.

Στον Πίνακα 4-3 παρουσιάζεται η καταναλισκόμενη ενέργεια για το αντλιοστάσιο του Πλατανέ σε μηνιαία και σε ετήσια βάση. Στην τιμή του κόστους περιλαμβάνει μόνο το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκαν (δε συμπεριλαμβάνονται ο Φ.Π.Α., το κόστος ισχύος, η χρέωση εκπομπών άνθρακα, και οι λοιπές πάγιες χρεώσεις).

Σύμφωνα με την περιγραφή σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη για την επιλογή αντλιών (Κεφάλαιο 2) προκύπτει, ότι η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανάλογη της αύξησης του μανομετρικού ύψους, της παροχής και του συνολικού χρόνου λειτουργίας των αντλιών. Για να κάνουμε την ανάλυση υπολογίζουμε την εκτιμώμενη κατανάλωση ηλ.ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει κάθε αντλία είναι το γινόμενο της απαιτούμενης ισχύος N της αντλίας επί τον χρόνο λειτουργίας της, Δt

$$E=N \cdot \Delta t \quad (12)$$

Όπου E η ηλεκτρική ενέργεια (kWh), N η ισχύς (Watt) και Δt ο χρόνος λειτουργίας της αντλίας σε hrs.

Για την άντληση νερού από τον Πλατανέ προς το Άδελε κατά τη χειμερινή περίοδο, ο χρόνος λειτουργίας, το μανομετρικό ύψος (συνυπολογίζοντας τις απώλειες λόγω τριβών) και η παροχή είναι $t_x=9\text{hr}$, $H=75\text{m}$ και $Q=85\text{m}^3/\text{h}$ αντίστοιχα. Ενώ κατά τη θερινή περίοδο ο χρόνος λειτουργίας είναι $t_x=11\text{h}$, $H=75\text{m}$.

Για την περίπτωση της μεταφοράς νερού από τον Πλατανέ προς το Τσεσμέ κατά τη χειμερινή περίοδο ο χρόνος λειτουργίας, το μανομετρικό ύψος και η παροχή είναι $t_x=7\text{h}$, $H=63\text{m}$ και $Q=85\text{m}^3/\text{h}$ αντίστοιχα. Ενώ κατά τη θερινή περίοδο ο χρόνος λειτουργίας είναι: $t=11\text{hr}$.

Τέλος για την άντληση νερού από τον Πλατανέ προς τα Κασελάκια κατά τη χειμερινή περίοδο ο χρόνος λειτουργίας, ενώ κατά τη θερινή περίοδο ο χρόνος αυξάνεται σε $t_k=17\text{h}$.

Τέλος, Για την αντλία του φρέατος στον Πλατανέ την περίοδο του χειμώνα ο χρόνος λειτουργίας, το μανομετρικό ύψος και η παροχή είναι $t_x=10\text{h}$, $H=10\text{m}$ και $Q=200\text{m}^3/\text{h}$. Ενώ για το καλοκαίρι ο χρόνος λειτουργίας, το μανομετρικό ύψος (μαζί με τις τριβές) και η παροχή είναι: $t_k=15\text{h}$, $h=10\text{m}$ και $Q=200\text{m}^3/\text{h}$.

Τα δεδομένα για τη λειτουργία κάθε αντλίας αναφέρονται στους Πίνακες 4-4 και 4-5.

Πίνακας 4-1 Κατανάλωση και κόστος ενέργειας από την μέτρηση της Δ.Ε.Η

<i>ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΠΛΑΤΑΝΕ</i>		
Περίοδος κατανάλωσης	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Κόστος (€)
01/01/2014-31/01/2014	109614	6243
01/02/2014-28/02/2014	107747	6187
01/03/2013-31/03/2014	118830	6711
01/04/2014-30/04/2014	115510	6608
01/05/2014-31/05/2014	149693	8537
01/06/2014-30/06/2014	159808	7420
01/07/2014-31/07/2014	173923	9981
01/08/2014-31/08/2014	175745	9929
01/09/2014-30/09/2014	162237	9321
01/11/2013-01/12/2013	88800	5082
01/12/2013-01/01/2014	116000	6592
ΣΥΝΟΛΟ	1477907	82610

Πίνακας 4-2 Παροχές αντλιοστασίου Πλατανέ (χειμερινή περίοδος)

	<i>Χρόνος λειτουργίας (h/d)</i>	<i>Παροχή αντλιών (m³/h)</i>	<i>Παροχή (m³/ημερα)</i>	<i>Παροχή (m³/μην)</i>
Αντλία πηγαδιού Πλατανέ	8	200	1600	48000
Πλάτανε → Τσεσμέ	6	85	510	15300
Πλάτανε → Άδελε	7	85	595	17850
Πλάτανε→ Καστελλάκια	13	300	3900	117000
ΣΥΝΟΛΟ	34	670	6605	198150

Πίνακας 4-3 Στοιχεία λειτουργίας αντλιών (θερινή περίοδος)

	<i>Χρόνος λειτουργίας (h/d)</i>	<i>Παροχή αντλιών (m³/h)</i>	<i>Παροχή (m³/ημερα)</i>	<i>Παροχή (m³/μηνα)</i>
Αντλία πηγαδιού Πλατανέ	13	200	2600	78000
Πλάτανε → Τσεσμέ	9	85	765	22950
Πλάτανε → Άδελε	9	85	765	22950
Πλάτανε→ Καστελλάκια	17	300	5100	153000
ΣΥΝΟΛΟ	5417	5400	5100	2769000

4.4 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Ή ΜΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΤΟΥ Α/Σ ΤΟΥ ΠΛΑΤΑΝΕ

Στην παράγραφο αυτή εξετάζεται η ενεργειακή και οικονομική απόδοση του Α/Σ του Πλατανέ μέσω διαφόρων σεναρίων σχετικά με τη λειτουργία του. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται η δυνατότητα εγκατάστασης συστήματος inverter στις υφιστάμενες αντλίες (Σενάριο 1^ο), εξετάζεται η εφαρμογή νέων αντλιών σε δύο διαφορετικά ρεύματα τροφοδοσίας νερού και συγκεκριμένα, το 1^ο ρεύμα παροχής από το Α/Σ Πλατανέ προς τη Δεξαμενή Καστελλακίων με παροχή 300m³/h και μανομετρικό ύψος ύδατος 113m, ενώ το 2^ο ρεύμα αφορά την τροφοδοσία των Δεξαμενών των Τσεσμέ και Άδελε με συνολική παροχή 170m³/h με αντλίες της εταιρείας Εταιρείας Grundfos (σενάριο 2^α). Εξετάζεται ακόμα το ίδιο σενάριο με διαφορετικές αντλίες (KSB).

Το 3ο σενάριο: αφορά τη αντικατάσταση και των τριών αντλιών (Αντλία 1: Q=180m³/h, αντλία 2: Q=160 m³/h και αντλία 3: Q=130 m³/h) με μανομετρικό ύψος, το μέγιστο, δηλαδή 113m για τα ίδια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που περιεγράφηκαν στο Σενάριο 2 (Σενάριο 3^α: Εταιρείας Grundfos, Σενάριο 3^β:KSB). Τέλος τα αποτελέσματα συγκρίνονται με την υφιστάμενη κατανάλωση (μηδενική λύση). Να σημειωθεί ότι σε όλα τα σενάρια για την αντικατάσταση των αντλιών, εξετάζεται και η αντικατάσταση της αντλίας του φρέατος του Πλατανέ.

4.4.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το κόστος αγοράς αντλητικού συστήματος παροχής $180\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 113m Σ.Υ. είναι 90.000€. Το κόστος αγοράς αντλητικού συστήματος παροχής $300\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 113m Σ.Υ. είναι 135.000€ (Αφορά μόνο κόστος αντλίας και όχι λοιπό εξοπλισμό).

ΠΑΡΑΔΟΧΗ: Από δεδομένα όπως προκύπτουν από έρευνα αγοράς για προμήθεια για τις αντλίες των δυο εταιρειών (KSB και Grundfos) προκύπτει ότι οι αντλίες της εταιρείας KSB έχουν κόστος αγοράς 25% μεγαλύτερο. Δεχόμαστε ως υπόθεση ότι μια αντλία της εταιρείας Grundfos παροχής $180\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 113m Σ.Υ. κοστίζει 67.500€ (Η αντίστοιχη KSB παροχής $180\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 113m Σ.Υ. κοστίζει 90.000€).

Δεχόμαστε ως υπόθεση ότι μια αντλία της εταιρείας Grundfos παροχής $300\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 113m Σ.Υ. κοστίζει 101.500€ (Η αντίστοιχη KSB παροχής $300\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 113m Σ.Υ. κοστίζει 135.000€). Το κόστος αντλίας φρέατος είναι περίπου 20.000€ (Grundfos) και 20.000€ (KSB).

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση των πάγιων περιουσιακών στοιχείων της επένδυσης κυρίως λόγω της αναμενόμενης φθοράς. Τα έργα Η/Μ εξοπλισμού διακρίνονται για τη μεγάλη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής τους. Η ωφέλιμη ζωή των ηλεκτρομηχανολογικών έργων προσδιορίζεται στα 20 χρόνια. Υπολογίζονται οι ετήσιες αποσβέσεις για κάθε κατηγορία αντλίας ανά εταιρία και ανά δυναμικότητα (Πίνακας 4-4).

Πίνακας 4-4. Αποσβέσεις Η/Μ εξοπλισμού

Αντλία	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης (yr)	Ετήσιο κόστος απόσβεσης (€/yr)
Inverter	15.000	20	750
Grundfos ($180\text{m}^3/\text{hr}$, 113 m Σ.Υ.)	67.500	20	3.375
Grundfos ($300\text{m}^3/\text{hr}$, 113 m Σ.Υ.)	101.500	20	5.075
KSB ($180\text{m}^3/\text{hr}$, 113 m Σ.Υ.)	90.000	20	4.500
KSB ($300\text{m}^3/\text{hr}$, 113 m Σ.Υ.)	135.000	20	6.750
Grundfos ($200\text{m}^3/\text{hr}$, 10 m Σ.Υ.)	20.000	20	1.000
KSB ($200\text{m}^3/\text{hr}$, 10 m Σ.Υ.)	25.000	20	1.250

Ο χρονικός ορίζοντας της τεchnοοικονομικής ανάλυσης είναι $t=20$ έτη. Οι εκροές περιλαμβάνουν τις αποσβέσεις. Από την άλλη πλευρά οι εισροές περιλαμβάνουν τα έσοδα από την ελάττωση του ενεργειακού κόστους. Οι τιμές των εισροών και των εκροών αυξάνονται κάθε έτος κατά 2,5% περίπου λόγω του πληθωρισμού.

Η καθαρή παρούσα αξία των καθαρών εσόδων, η οποία εκφράζει την αξία των καθαρών εσόδων που προβλέπονται στο χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης της επένδυσης

αγοράς του εξοπλισμού ανά περίπτωση από την προεξόφληση σε σημερινές αξίες, υπολογίζεται βάσει των πινάκων των καθαρών εσόδων για επιτόκιο προεξόφλησης $i = 9\%$.

4.4.2 ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (INVERTER) ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

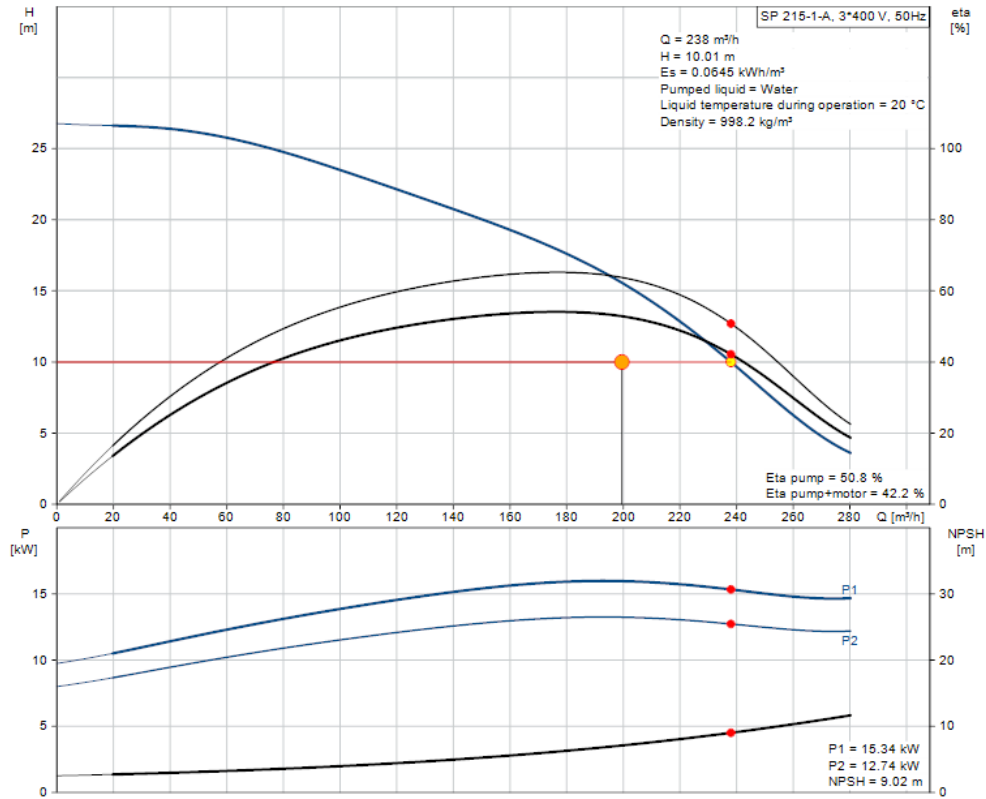
Με την χρήση συστήματος μεταβλητής συχνότητας για την λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων των αντλιών, δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης της παροχής έτσι ώστε να αποφεύγονται συνεχείς εκκινήσεις, και όταν αυτές απαιτούνται να γίνονται με συγκριτικά μικρή κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, με την χρήση inverter, δεν απαιτείται οι αντλίες να λειτουργούν συνεχώς στο 100% της δυναμικότητάς τους, κι έτσι βελτιώνεται το ενεργειακό τους προφίλ.

Θα πρέπει να γίνει επιλογή για το κατά πόσο θα λειτουργούν και οι τρεις αντλίες ταυτόχρονα ή εάν ο inverter θα ελέγχει τις δύο αντλίες και η τρίτη θα λειτουργεί επικουρικά με τον υφιστάμενο εκκινητή, ή εάν θα τοποθετηθούν δύο inverters (ένας ανά αντλία). Η επιλογή χρήσης ενός inverter που θα ελέγχει δύο αντλίες ταυτόχρονα και η επικουρική λειτουργία της τρίτης αντλίας με αστέρα-τρίγωνο κρίνεται ως η πιο αποδοτική.

Το κόστος ενός inverter για να καλύψει την ιπποδύναμη δύο αντλιών είναι περίπου 15.000€. Εκτιμάται ότι το ενεργειακό όφελος από την χρήση inverter θα είναι κατ' ελάχιστο 20%. Ωστόσο, για την ακριβή εκτίμηση, θα πρέπει να γίνουν επιτόπου ενόργανες μετρήσεις. Όσον αφορά την περιβαλλοντική της απόδοση, η εκτιμώμενη μείωση εκπομπών CO₂ υπολογίζεται σε: $1,1 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} \times (1,84 \text{ kWh/m}^3 \times 950.000 \text{ m}^3/\text{yr} \times 0,2) = 384,56 \text{ ton CO}_2$ σε ετήσια βάση.

4.4.3 ΝΕΑ ΑΝΤΛΙΑ ΦΡΕΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS

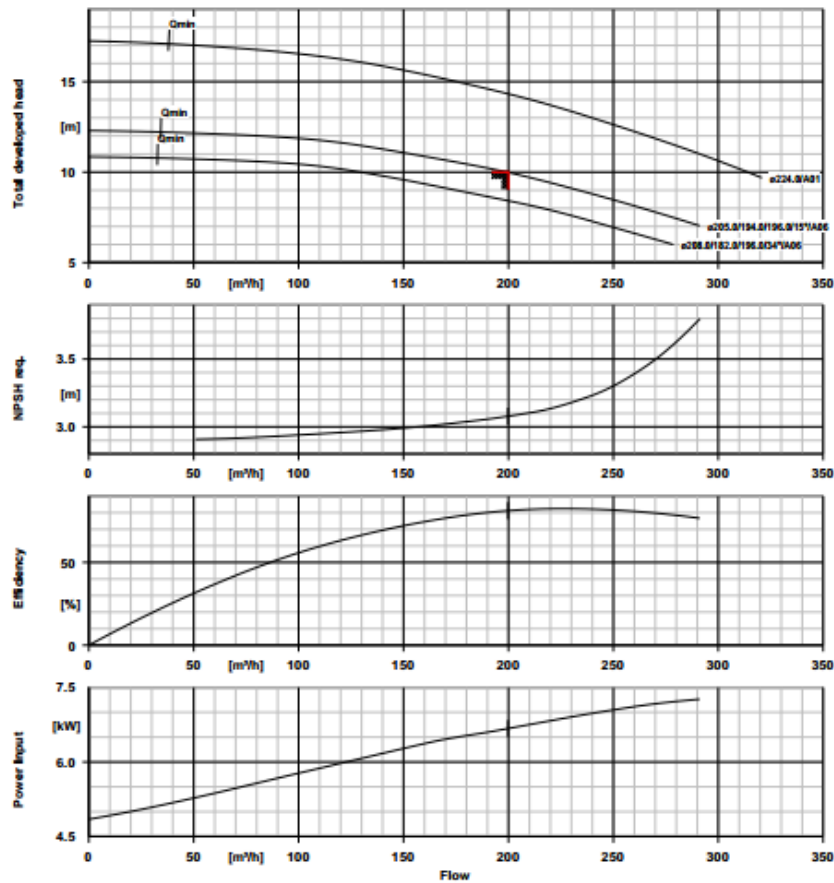
Εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά της αντλίας του φρέατος που πρέπει να αντικαταστήσουμε για παροχή $Q=200 \text{ m}^3/\text{h}$ και μανομετρικό ύψος 10m στήλης ύδατος προκύπτει το τύπος αντλίας SP-215-1-A με τη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας που παρουσιάζεται στο διάγραμμα της Εικόνας 4-2. Όπως φαίνεται η απαιτούμενη ισχύς της αντλίας είναι $N=15,34 \text{ kW}$.



Εικόνα 4-2. Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου SP-215-1-A που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία του φρέατος του Πλατανέ

4.4.4 ΝΕΑ ΑΝΤΛΙΑ ΦΡΕΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB

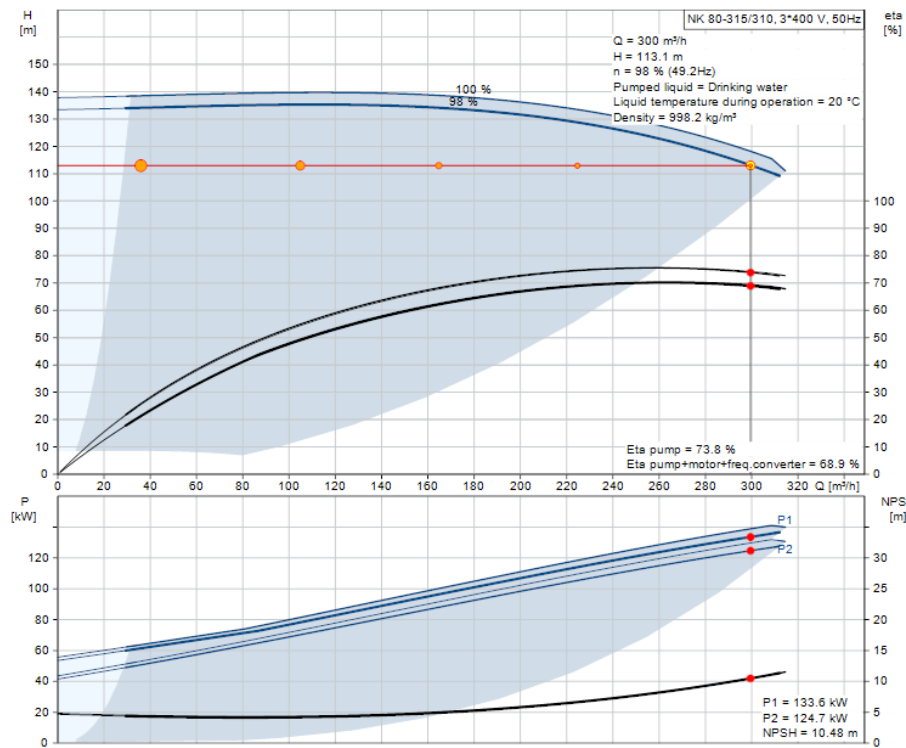
Για την περίπτωση χρήσης αντλίας της εταιρείας KSB με τα ίδια χαρακτηριστικά (παροχή και μανομετρικό ύψος, ως βέλτιστος τύπος αντλίας είναι η **ETNV150-125-200 GGSD H03900754B** με τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας που παρουσιάζονται στο διάγραμμα της Εικόνας 4-3. Όπως φαίνεται η απαιτούμενη ισχύς της αντλίας είναι $N=6,67\text{kW}$.



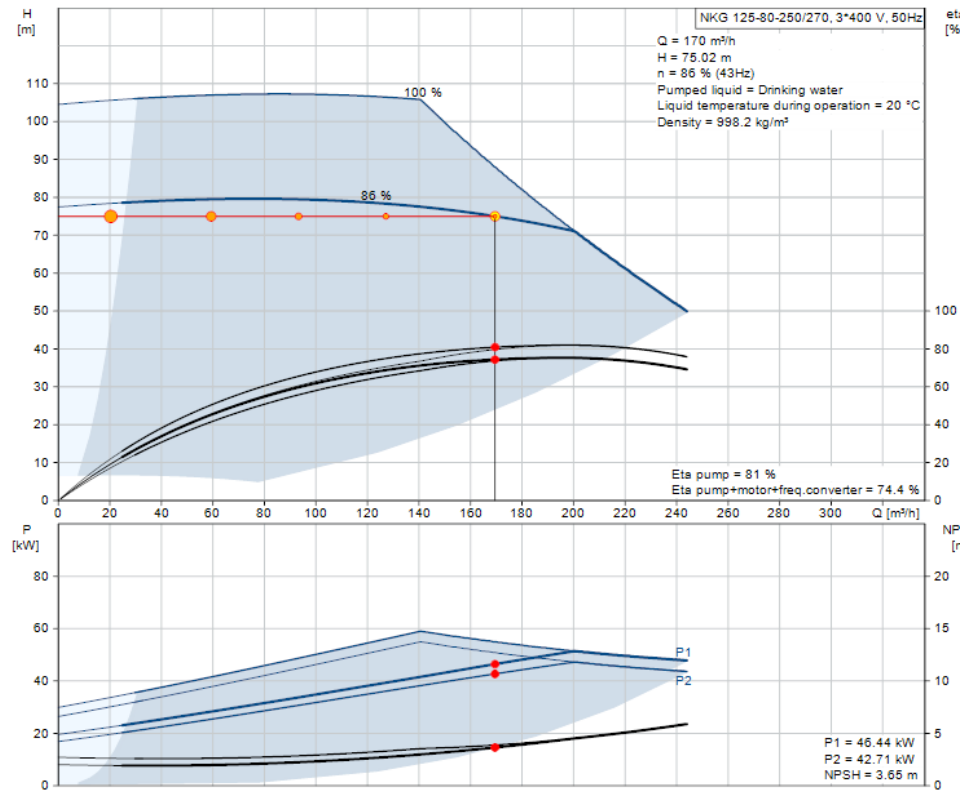
Εικόνα 4-3. Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου ETNV150-125-200 GGSD H03900754B της KSB που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία του φρέατος του Πλατανέ

4.4.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 2^A (ΔΥΟ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS)

Για τα δύο ρεύματα του σεναρίου 2α με τις παροχές και το μανομετρικό ύψος που περιγράφεται παραπάνω προκύπτει ότι οι βέλτιστοι τύποι αντλιών είναι οι αντλίες τύπου NKG 125-80-400.1/400 A2-F-N-E-DAQF και NKG 125-80-250/270 A2-F-A-E-BAQE της εταιρείας GRUNDFOS. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των αντλιών παρουσιάζονται στα διαγράμματα των Εικόνων 4-4 και 4-5 αντίστοιχα.



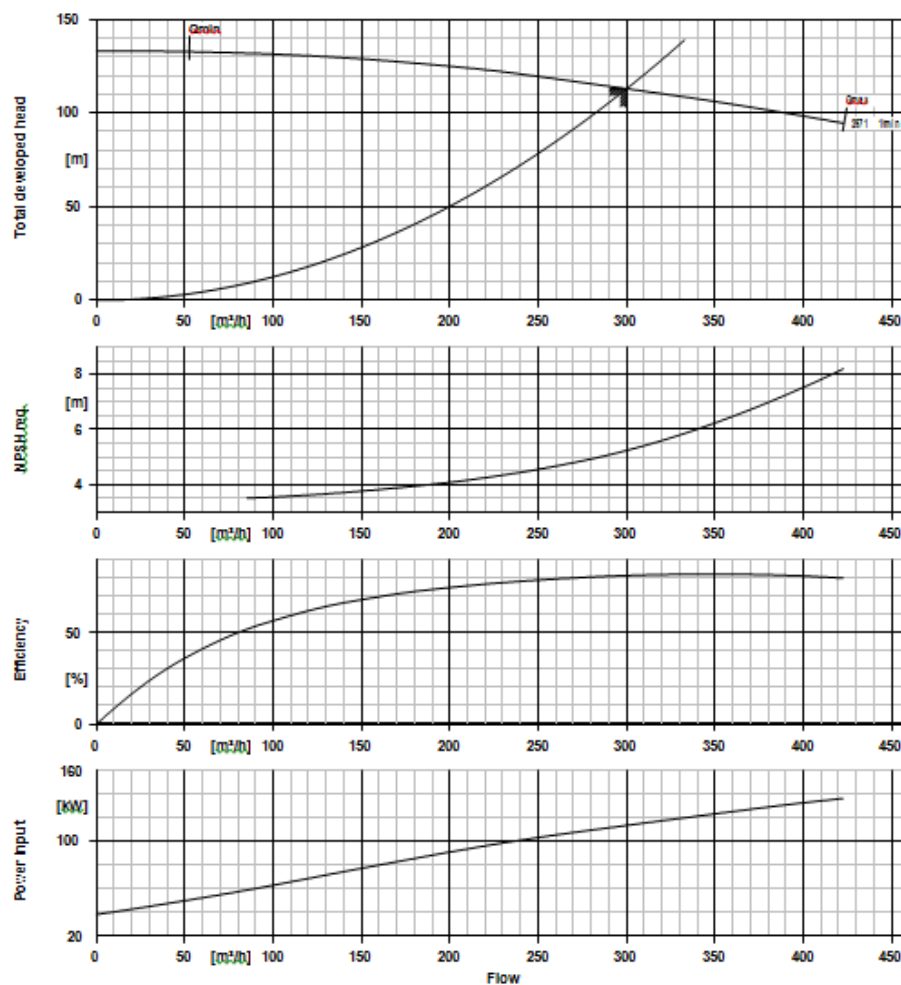
Εικόνα 4-4 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου NKG 125-80-400.1/400 A2-F-N-E-DAQF που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς τα Καστελλάκια.



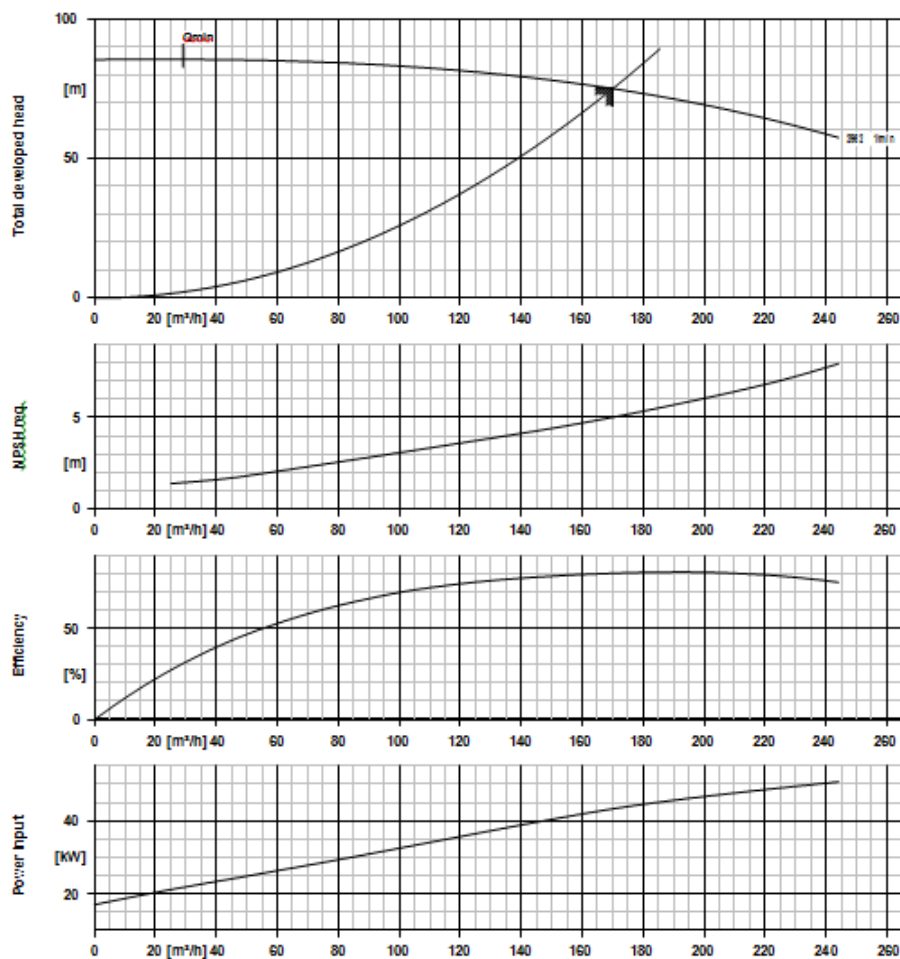
Εικόνα 4-5 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου NKG 125-80-400.1/400 A2-F-N-E-DAQF που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Τσεσμέ και Άδελε.

4.4.6 ΣΕΝΑΡΙΟ 2^B (ΔΥΟ ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB)

Για τα δύο ρεύματα του σεναρίου 2^B με τις παροχές και το μανομετρικό ύψος που περιγράφεται παραπάνω προκύπτει ότι οι βέλτιστοι τύποι αντλιών είναι οι αντλίες τύπου ETB 125-100-315 GGXAV11D3 BM και ETN 100-080-250 GGSAA11GD304502B της εταιρείας KSB. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των αντλιών παρουσιάζονται στα διαγράμματα των Εικόνων 4-6 και 4-7 αντίστοιχα.



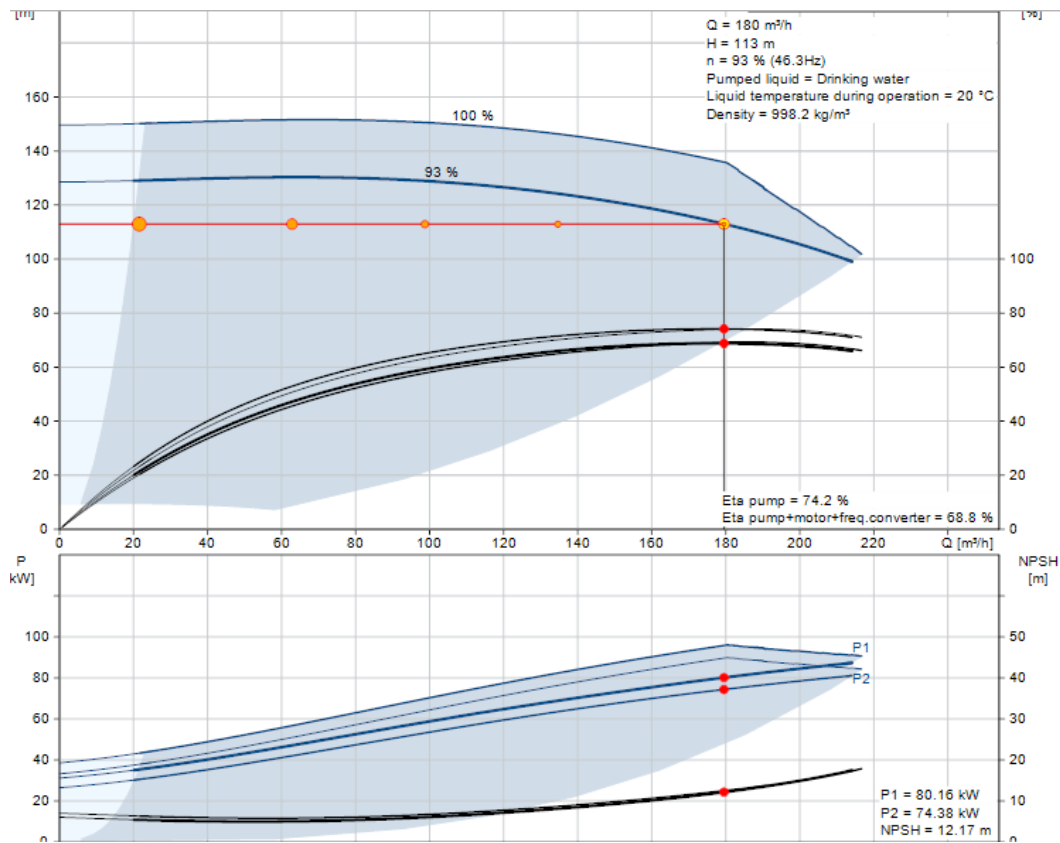
Εικόνα 4-6 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου ETB 125-100-315 GGXAV11D3 ΒΜ της ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία Νο1 για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Καστελλάκια.



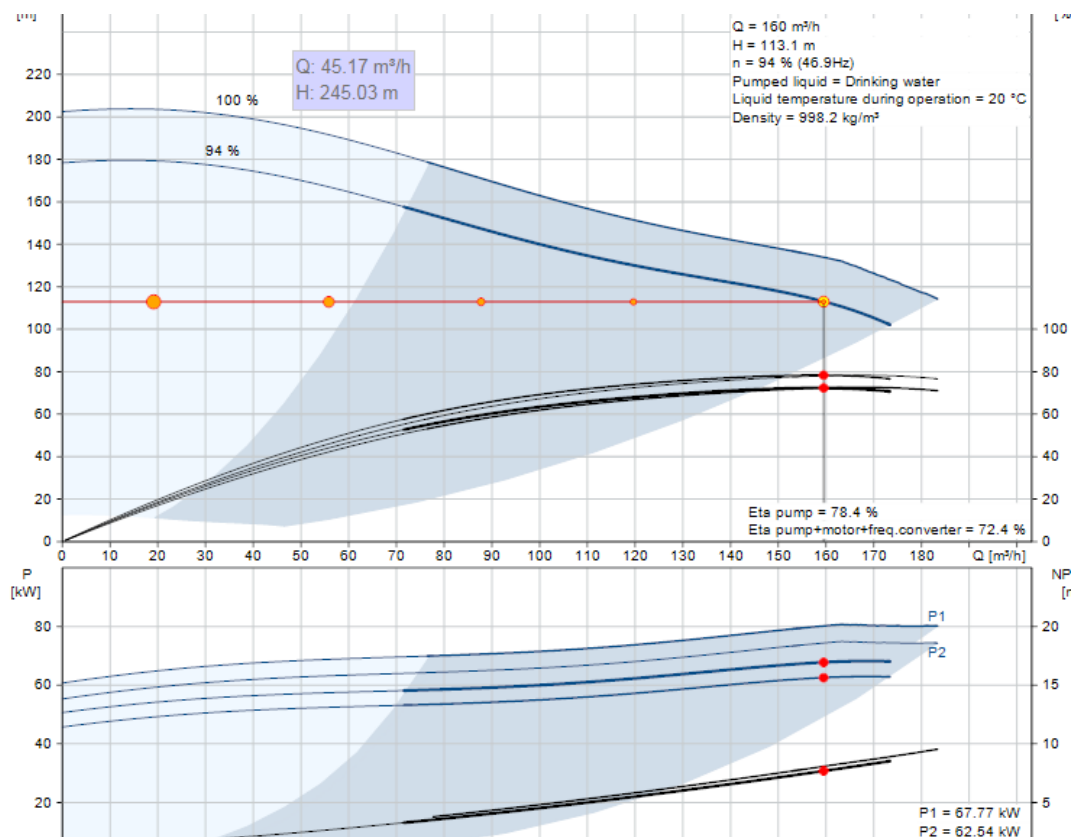
Εικόνα 4-7 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου ETN 100-080-250 GGSAA11GD304502B της ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Τσεσμέ και Άδελε.

4.4.7 ΣΕΝΑΡΙΟ 3Α (ΤΡΕΙΣ ΑΝΤΑΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS)

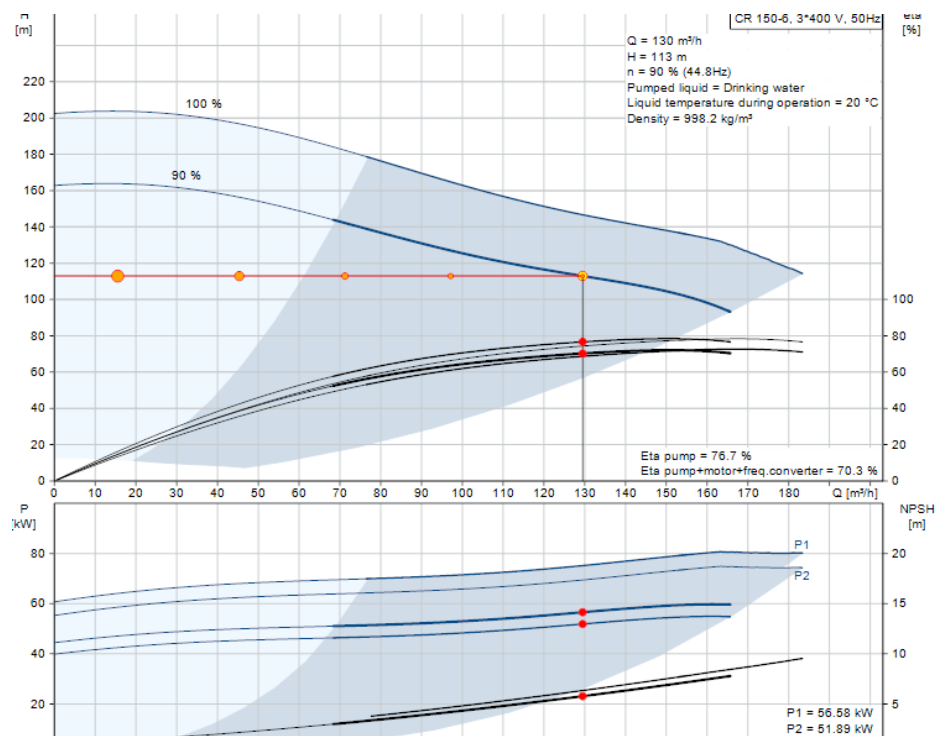
Σχετικά με τη μελέτη αντικατάστασης και των τριών αντλιών στο αντλιοστάσιο με αντλίες της Εταιρείας Grundfos (Σενάριο 3α) προκύπτουν οι εξής τύποι αντλιών: Αντλία τύπου NKG 100-65-315/320 A2-F-A-E-BAQE για το ρεύμα προς Καστελλάκια, αντλία τύπου CR 150-6 A-F-A-V-HBQV για τη 2η αντλία προς Καστελλάκια και αντλία τύπου CR 150-6 A-F-A-V-HBQV για την αντλία Νο3 (Εικόνες 4-8 έως 4-10).



Εικόνα 4-8 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου **NKG 100-65-315/320 A2-F-A-E-BAQE** που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία Νο1 για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Καστελλάκια.



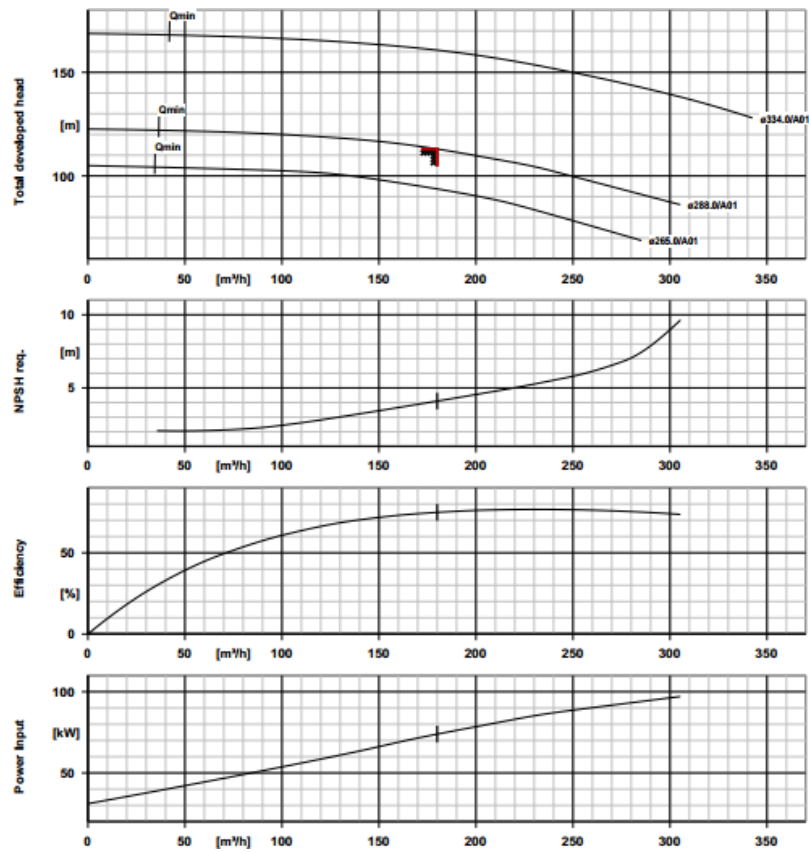
Εικόνα 4-9 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου CR 150-6 A-F-A-V-HBQV που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία Νο2 για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Καστελλάκια.



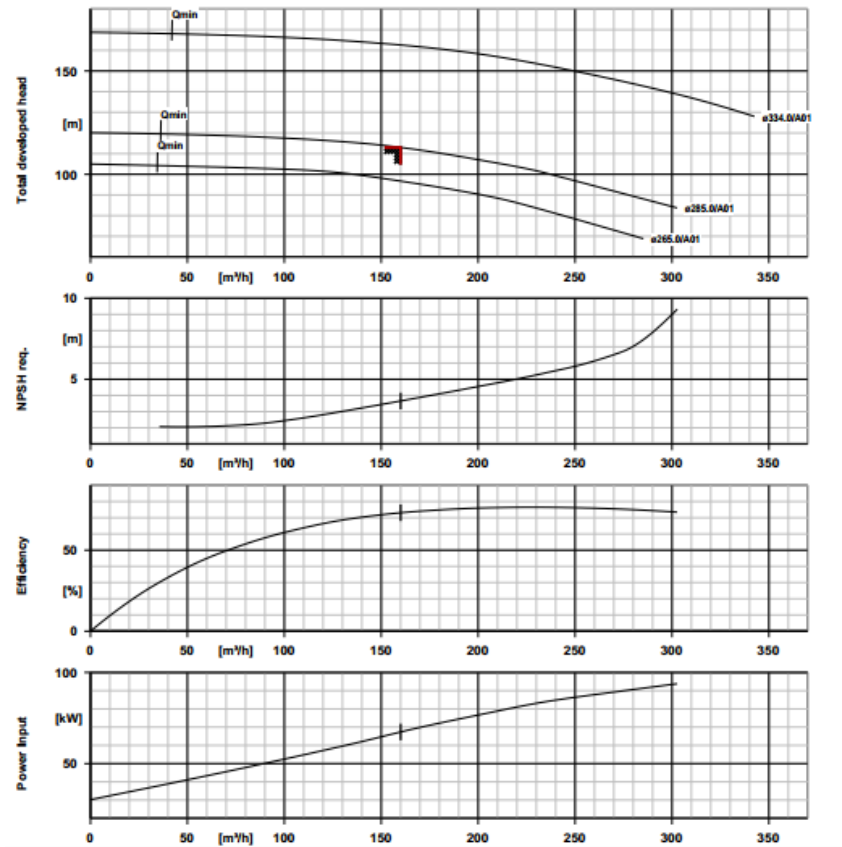
Εικόνα 4-10 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου CR 150-6 A-F-A-V-HBQV που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία Νο3 για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Τσεσμέ και Άδελε

4.4.8 ΣΕΝΑΡΙΟ 3β (ΤΡΕΙΣ ΑΝΤΑΙΕΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB)

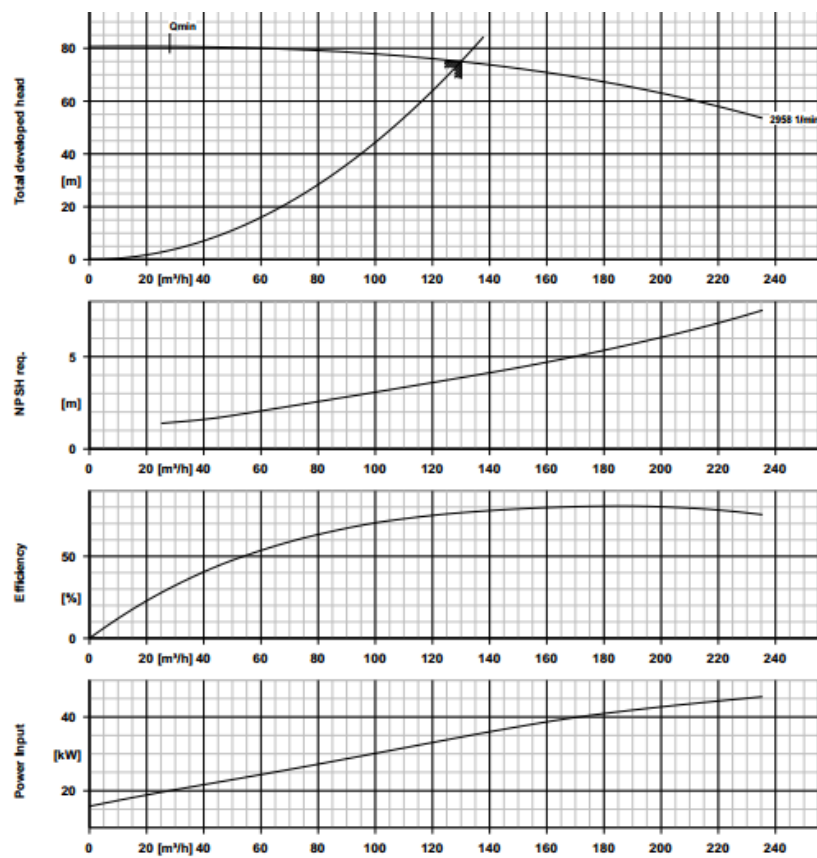
Σχετικά με τη μελέτη αντικατάστασης και των τριών αντλιών στο αντλιοστάσιο με αντλίες της Εταιρείας Grundfos (Σενάριο 3α) προκύπτουν οι εξής τύποι αντλιών: Αντλία τύπου NKG 100-65-315/320 A2-F-A-E-BAQE για το ρεύμα προς Καστελλάκια, αντλία τύπου CR 150-6 A-F-A-V-HBQV για τη 2η αντλία προς Καστελλάκια και αντλία τύπου CR 150-6 A-F-A-V-HBQV για την αντλία Νο3 (Εικόνες 4-11 έως 4-13).



Εικόνα 4-11 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου ETN 100-080-315 GGSAA11GD607502B που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία Νο2 για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Καστελλάκια.



Εικόνα 4-12 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου ETB 100-080-315 GGSAV11D307502 ΒΜ που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία Νο2 για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Καστελλάκια.



Εικόνα 4-13 Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας τύπου ETN 100-080-250 GGSAA11GD303702B που θα χρησιμοποιηθεί για τη νέα αντλία Νο3 για άντληση νερού από τον Πλατανέ προς Τσεσμέ και Αδελε

4.4.9 ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2^Α ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας των αντλιών μετά την αντικατάσταση, σε κάθε σενάριο λήφθηκαν υπόψη, η ισχύς κάθε τύπου νέας αντλίας και οι συνολικές ώρες λειτουργίας των αντλιών κατά τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, σύμφωνα με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.3, αλλά και τα δεδομένα από τους λογαριασμούς κατανάλωσης ηλ. ρεύματος και την τιμή του κόστους ανά kWh ηλ. ρεύματος. Τα αποτελέσματα ανά αντλία για το σενάριο 2α παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-4.

Πίνακας 4-5. Κατανάλωση ηλ. Ενέργειας ανά σενάριο αντικατάστασης αντλιών για το σενάριο 2^Α (Grundfos)

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)		
		ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΦΡΕΑΤΟΣ	Αντλία 1	Αντλία 2
Ιανουάριος	109615	3682	52104	18112
Φεβρουάριος	107747	3682	52104	18112
Μάρτιος	118830	3682	52104	18112
Απρίλιος	115510	3682	52104	18112
Μάιος	149693	5983	68136	25078
Ιούνιος	159808	5983	68136	25078
Ιούλιος	173923	5983	68136	25078
Αύγουστος	175745	5983	68136	25078
Σεπτέμβριος	162237	5983	68136	25078
Οκτώβριος	125519	5983	68136	25078
Νοέμβριος	88800	3682	52104	18112
Δεκέμβριος	116000	3682	52104	18112
ΣΥΝΟΛΟ (kWh)	1603425	57985	721440	259135
ΚΟΣΤΟΣ (€)	76083	2751	34232	12296
ΣΥΝΟΛΟ (€)	76083		49280	

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα, η διαφορά σε κόστος ηλ. ενέργειας είναι 26.803€, που σημαίνει εξοικονόμηση 35%. Επίσης όσον αφορά την περιβαλλοντική της απόδοση, η εκτιμώμενη μείωση εκπομπών CO₂ υπολογίζεται σε: 1,1 kgCO₂/kWh x (1603425-1038560)=621,25ton CO₂ ετησίως.

4.4.10 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2^Α

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο (4.4.9) κατά την εφαρμογή των νέων αντλιών στο σενάριο 2Α προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 35%. Το κόστος ετήσιας απόσβεσης είναι ίσο με $3.375\text{€} + 5.075\text{€} + 1.000\text{€} = 9.450\text{€}$. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 26.830€. Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 4-6 για χρονικό ορίζοντα 20ετίας.

Στον Πίνακα 4-6 υπολογίζεται το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των αντλιών του σεναρίου 2^Α ως η διαφορά της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αν αφαιρεθούν οι αποσβέσεις της επένδυσης. Τέλος υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία για την κάθε χρονική στιγμή και η συνολική καθαρά παρούσα αξία. Για την περίπτωση του σεναρίου 2^Α η NPV είναι ίση με 35.342,81€, ενώ από την ανάλυση των ταμειακών ροών (Πίνακας 4-7) για ορίζοντα δεκαετίας προκύπτει NPV ίση με 61.148,28€.

Πίνακας 4-6. Έσοδα σεναρίου 2^Α

Έτος λειτουργίας	Απόσβεση/έτος (€)	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	9450	26830,00	17380,00	17380,00	17380,00
2	9450	27500,75	18050,75	16560,32	33940,32
3	9450	28188,27	18738,27	15771,63	49711,95
4	9450	28892,98	19442,98	15013,54	64725,49
5	9450	29615,30	20165,30	14285,61	79011,10
6	9450	30355,68	20905,68	13587,26	92598,36
7	9450	31114,57	21664,57	12917,88	105516,24
8	9450	31892,44	22442,44	12276,78	117793,02
9	9450	32689,75	23239,75	11663,25	129456,26
10	9450	33506,99	24056,99	11076,51	140532,77
11	9450	34344,67	24894,67	10515,78	151048,55
12	9450	35203,29	25753,29	9980,24	161028,79
13	9450	36083,37	26633,37	9469,09	170497,88
14	9450	36985,45	27535,45	8981,48	179479,36
15	9450	37910,09	28460,09	8516,58	187995,94
16	9450	38857,84	29407,84	8073,57	196069,51
17	9450	39829,29	30379,29	7651,62	203721,13
18	9450	40825,02	31375,02	7249,93	210971,06
19	9450	41845,64	32395,64	6867,67	217838,73
20	9450	42891,78	33441,78	6504,08	35342,81

Πίνακας 4-7. Ανάλυση ταμειακών ροών και υπολογισμός NPV

Έτος λειτουργίας	Αγορά εξοπλισμού (€)	Αναπόσβεστη αξία εξοπλισμού	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	189000		26830,00	-162170,00	-162170,00	-162170,00
2			27500,75	27500,75	25230,05	-136939,95
3			28188,27	28188,27	23725,50	-113214,45
4			28892,98	28892,98	22310,68	-90903,77
5			29615,30	29615,30	20980,23	-69923,55
6			30355,68	30355,68	19729,11	-50194,44
7			31114,57	31114,57	18552,60	-31641,83
8			31892,44	31892,44	17446,26	-14195,58
9			32689,75	32689,75	16405,88	2210,31
10		94500	33506,99	128006,99	58937,98	61148,28

4.4.11 ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2Β ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας των αντλιών μετά την αντικατάσταση, σε κάθε σενάριο λήφθηκαν υπόψη, η ισχύς κάθε τύπου νέας αντλίας και οι συνολικές ώρες λειτουργίας των αντλιών κατά τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, σύμφωνα με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.3 , αλλά και την τιμή του κόστους ανά kWh ηλ. ρεύματος. Τα αποτελέσματα ανά αντλία για το σενάριο 2α παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-8.

Πίνακας 4-8. Κατανάλωση ηλ. Ενέργειας ανά σενάριο αντικατάστασης αντλιών για το σενάριο 2^B (KSB)

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)		
		ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΦΡΕΑΤΟΣ	Αντλία 1	Αντλία 2
Ιανουάριος	109615	1601	44398	16871
Φεβρουάριος	107747	1601	44398	16871
Μάρτιος	118830	1601	44398	16871
Απρίλιος	115510	1601	44398	16871
Μάιος	149693	1601	44398	16871
Ιούνιος	159808	1601	44398	16871
Ιούλιος	173923	1601	44398	16871
Αύγουστος	175745	1601	44398	16871
Σεπτέμβριος	162237	1601	44398	16871
Οκτώβριος	125519	1601	44398	16871
Νοέμβριος	88800	1601	44398	16871
Δεκέμβριος	116000	1601	44398	16871
ΣΥΝΟΛΟ (kWh)	1603425	19210	532771	202457
ΚΟΣΤΟΣ (€)	76083	911	25280	9607
ΣΥΝΟΛΟ (€)	76083		35798	

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα, η διαφορά σε κόστος ηλ. ενέργειας είναι 40.284€, που σημαίνει εξοικονόμηση ηλ. ενέργειας σε ποσοστό 53%. Επίσης όσον αφορά την περιβαλλοντική της απόδοση, η εκτιμώμενη μείωση εκπομπών CO₂ υπολογίζεται σε: 1,1 kgCO₂/kWh x (1603425-754438)=849ton CO₂ ετησίως.

4.4.12 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2^B

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο (4.4.11) κατά την εφαρμογή των νέων αντλιών στο σενάριο 2^B προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 35%. Το κόστος ετήσιας απόσβεσης είναι ίσο με 4.500€+6.750€+1.250€=12.500€. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 35.798€. Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 4-9 για χρονικό ορίζοντα 20ετίας.

Στον Πίνακα 4-9 υπολογίζεται το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των αντλιών του σεναρίου 2^B ως η διαφορά της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αν αφαιρεθούν οι αποσβέσεις της επένδυσης. Τέλος υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία για την κάθε χρονική στιγμή και η συνολική καθαρά παρούσα αξία. Για την περίπτωση του σεναρίου 2^B

η NPV είναι ίση με 111.411,81€. Η NPV από την ανάλυση των ταμειακών ροών για χρονικό ορίζοντα δεκαετίας είναι 83.260,59€

Πίνακας 4-9. Αποτελέσματα Τέχνο-οικονομικής ανάλυσης σεναρίου 2^B

Έτος λειτουργίας	Απόσβεση/έτος (€)	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	12500	35798,00	23298,00	23298,00	23298,00
2	12500	36692,95	24192,95	22195,37	45493,37
3	12500	37610,27	25110,27	21134,82	66628,18
4	12500	38550,53	26050,53	20115,79	86743,97
5	12500	39514,29	27014,29	19137,61	105881,58
6	12500	40502,15	28002,15	18199,48	124081,06
7	12500	41514,70	29014,70	17300,52	141381,58
8	12500	42552,57	30052,57	16439,79	157821,36
9	12500	43616,39	31116,39	15616,27	173437,63
10	12500	44706,80	32206,80	14828,90	188266,53
11	12500	45824,47	33324,47	14076,61	202343,15
12	12500	46970,08	34470,08	13358,29	215701,43
13	12500	48144,33	35644,33	12672,80	228374,23
14	12500	49347,94	36847,94	12019,01	240393,24
15	12500	50581,64	38081,64	11395,80	251789,04
16	12500	51846,18	39346,18	10802,02	262591,06
17	12500	53142,33	40642,33	10236,57	272827,63
18	12500	54470,89	41970,89	9698,35	282525,98
19	12500	55832,66	43332,66	9186,25	291712,23
20	12500	57228,48	44728,48	8699,23	111411,46

Πίνακας 4-10. Ανάλυση ταμειακών ροών και υπολογισμός NPV

Έτος λειτουργίας	Αγορά εξοπλισμού (€)	Αναπόσβεσ τη αξία εξοπλισμού	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	250000		35798,00	-214202,00	-214202,00	-214202,00
2			36692,95	36692,95	33663,26	-180538,74
3			37610,27	37610,27	31655,81	-148882,93
4			38550,53	38550,53	29768,08	-119114,85
5			39514,29	39514,29	27992,92	-91121,92
6			40502,15	40502,15	26323,62	-64798,30
7			41514,70	41514,70	24753,86	-40044,44
8			42552,57	42552,57	23277,71	-16766,73
9			43616,39	43616,39	21889,59	5122,87
10		125000	44706,80	169706,80	78137,72	83260,59

4.4.13 ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3Α ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS)

Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας των αντλιών μετά την αντικατάσταση, σε κάθε σενάριο λήφθηκαν υπόψη, η ισχύς κάθε τύπου νέας αντλίας και οι συνολικές ώρες λειτουργίας των αντλιών κατά τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, σύμφωνα με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.3 , αλλά και την τιμή του κόστους ανά kWh ηλ. ρεύματος. Τα αποτελέσματα ανά αντλία για το σενάριο 3^A παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-10.

Πίνακας 4-11 Κατανάλωση ηλ. Ενέργειας ανά σενάριο αντικατάστασης αντλιών για το σενάριο 3α (Grundfos)

<i>ΠΕΡΙΟΔΟΣ</i>	<i>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)</i>	<i>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)</i>			
		<i>ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΦΡΕΑΤΟΣ</i>	<i>Αντλία 1</i>	<i>Αντλία 2</i>	<i>Αντλία 3</i>
Ιανουάριος	109615	3682	19238	18298	16974
Φεβρουάριος	107747	3682	19238	18298	16974
Μάρτιος	118830	3682	19238	18298	16974
Απρίλιος	115510	3682	19238	18298	16974
Μάιος	149693	5983	24048	14232	23764
Ιούνιος	159808	5983	24048	14232	23764
Ιούλιος	173923	5983	24048	14232	23764
Αύγουστος	175745	5983	24048	14232	23764
Σεπτέμβριος	162237	5983	24048	14232	23764
Οκτώβριος	125519	5983	24048	14232	23764
Νοέμβριος	88800	3682	19238	18298	16974
Δεκέμβριος	116000	3682	19238	18298	16974
ΣΥΝΟΛΟ (kWh)	1603425	57985	259718	195178	244426
ΚΟΣΤΟΣ (€)	76083	2751	12324	9261	11598
ΣΥΝΟΛΟ (€)	76083		11598		

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα, η διαφορά σε κόστος ηλ. ενέργειας είναι 40.148€, που σημαίνει εξοικονόμηση ηλ. ενέργειας σε ποσοστό 52,77%. Επίσης όσον αφορά την περιβαλλοντική της απόδοση, η εκτιμώμενη μείωση εκπομπών CO₂ υπολογίζεται σε: 1,1 kgCO₂/kWh x (1603425-757307)=930ton CO₂ ετησίως.

4.4.14 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3^A

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο (4.4.14) κατά την εφαρμογή των νέων αντλιών στο σενάριο 3^A προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 35%. Το κόστος ετήσιας απόσβεσης είναι ίσο με $3 \times 3.375\text{€} = 10.125\text{€}$. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 40.148€. Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 4-12 για χρονικό ορίζοντα 20ετίας.

Στον Πίνακα 4-12 υπολογίζεται το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των αντλιών του σεναρίου 3^A ως η διαφορά της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αν αφαιρεθούν οι αποσβέσεις της επένδυσης. Τέλος υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία για την κάθε χρονική στιγμή και η συνολική καθαρά παρούσα αξία. Για την περίπτωση του σεναρίου 2^B η NPV είναι ίση με 186.661,16€. Η NPV των ταμειακών ροών για την επένδυση σε εξοπλισμό του σεναρίου 3^A είναι 153.328,03€ (

Πίνακας 4-12. Αποτελέσματα Τεχνο-οικονομικής ανάλυσης σεναρίου 3^A

Έτος λειτουργίας	Απόσβεση/έτος (€)	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	10125	40148,00	30023,00	30023,00	30023,00
2	10125	41151,70	31026,70	28464,86	58487,86
3	10125	42180,49	32055,49	26980,47	85468,33
4	10125	43235,00	33110,00	25567,00	111035,33
5	10125	44315,88	34190,88	24221,68	135257,01
6	10125	45423,78	35298,78	22941,78	158198,79
7	10125	46559,37	36434,37	21724,63	179923,42
8	10125	47723,36	37598,36	20567,59	200491,01
9	10125	48916,44	38791,44	19468,12	219959,12
10	10125	50139,35	40014,35	18423,72	238382,84
11	10125	51392,83	41267,83	17431,98	255814,82
12	10125	52677,66	42552,66	16490,55	272305,37
13	10125	53994,60	43869,60	15597,16	287902,54
14	10125	55344,46	45219,46	14749,62	302652,16
15	10125	56728,07	46603,07	13945,80	316597,96
16	10125	58146,27	48021,27	13183,67	329781,63
17	10125	59599,93	49474,93	12461,24	342242,87
18	10125	61089,93	50964,93	11776,63	354019,50
19	10125	62617,18	52492,18	11128,01	365147,51
20	10125	64182,61	54057,61	10513,65	186661,16

Πίνακας 4-13. Ανάλυση ταμειακών ροών και υπολογισμός NPV

Έτος λειτουργίας	Αγορά εξοπλισμού (€)	Αναπόσβεσ τη αξία εξοπλισμού	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	202500		40148,00	-162352,00	-162352,00	-162352,00
2			41151,70	41151,70	37753,85	-124598,15
3			42180,49	42180,49	35502,48	-89095,67
4			43235,00	43235,00	33385,36	-55710,31
5			44315,88	44315,88	31394,49	-24315,83
6			45423,78	45423,78	29522,34	5206,51
7			46559,37	46559,37	27761,83	32968,34
8			47723,36	47723,36	26106,31	59074,65
9			48916,44	48916,44	24549,51	83624,16
10		101250	50139,35	151389,35	69703,86	153328,03

4.4.15 ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3^B ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB)

Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας των αντλιών μετά την αντικατάσταση, σε κάθε σενάριο λήφθηκαν υπόψη, η ισχύς κάθε τύπου νέας αντλίας και οι συνολικές ώρες λειτουργίας των αντλιών κατά τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, σύμφωνα με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.3, αλλά και την τιμή του κόστους ανά kWh ηλ. ρεύματος. Τα αποτελέσματα ανά αντλία για το σενάριο 3^B παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-14.

Πίνακας 4-14 Κατανάλωση ηλ. Ενέργειας ανά σενάριο αντικατάστασης αντλιών για το σενάριο 3^B(KSB)

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kWh)			
		ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΦΡΕΑΤΟΣ	Αντλία 1	Αντλία 2	Αντλία 3
Ιανουάριος	109615	1601	17746	14139	10365
Φεβρουάριος	107747	1601	17746	14139	10365
Μάρτιος	118830	1601	17746	14139	10365
Απρίλιος	115510	1601	17746	14139	10365
Μάιος	149693	1601	22182	18179	14511
Ιούνιος	159808	1601	22182	18179	14511
Ιούλιος	173923	1601	22182	18179	14511
Αύγουστος	175745	1601	22182	18179	14511
Σεπτέμβριος	162237	1601	22182	18179	14511
Οκτώβριος	125519	1601	22182	18179	14511
Νοέμβριος	88800	1601	17746	14139	10365
Δεκέμβριος	116000	1601	17746	14139	10365
ΣΥΝΟΛΟ (kWh)	1603425	19210	239566	193910	149256
ΚΟΣΤΟΣ (€)	76083	911	11367	9201	7082
ΣΥΝΟΛΟ (€)	76083		7082		

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα, η διαφορά σε κόστος ηλ. ενέργειας είναι 47.520€, που σημαίνει εξοικονόμηση ηλ. ενέργειας σε ποσοστό 62,46%. Επίσης όσον αφορά την περιβαλλοντική της απόδοση, η εκτιμώμενη μείωση εκπομπών CO₂ υπολογίζεται σε: 1,1 kgCO₂/kWh x (1603425-601942)=1.101ton CO₂ ετησίως.

4.4.16 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3^B

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο (4.4.14) κατά την εφαρμογή των νέων αντλιών στο σενάριο 2^B προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 35%. Το κόστος ετήσιας απόσβεσης είναι ίσο με 3 x 4.500€=13.500€. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 47.520€. Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 4-15 για χρονικό ορίζοντα 20ετίας.

Στον Πίνακα 4-15 υπολογίζεται το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των αντλιών του σεναρίου 3^A ως η διαφορά της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αν αφαιρεθούν οι αποσβέσεις της επένδυσης. Τέλος υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία για την κάθε χρονική στιγμή και η συνολική καθαρά παρούσα αξία. Για την περίπτωση του σεναρίου 3^B

η NPV είναι ίση με 240.557,49,13€. Η καθαρά παρούσα αξία των ταμειακών ροών του σεναρίου 3^B είναι 173.684,18€ (Πίνακας 4-16).

Πίνακας 4-15. Αποτελέσματα Τεχνο-οικονομικής ανάλυσης σεναρίου 3^B

Έτος λειτουργίας	Απόσβεση/έτος (€)	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	13500	47520,00	34020,00	34020,00	34020,00
2	13500	48708,00	35208,00	32300,92	66320,92
3	13500	49925,70	36425,70	30658,78	96979,70
4	13500	51173,84	37673,84	29091,12	126070,82
5	13500	52453,19	38953,19	27595,42	153666,24
6	13500	53764,52	40264,52	26169,17	179835,41
7	13500	55108,63	41608,63	24809,87	204645,28
8	13500	56486,35	42986,35	23515,00	228160,29
9	13500	57898,51	44398,51	22282,11	250442,40
10	13500	59345,97	45845,97	21108,76	271551,16
11	13500	60829,62	47329,62	19992,54	291543,70
12	13500	62350,36	48850,36	18931,12	310474,82
13	13500	63909,12	50409,12	17922,19	328397,01
14	13500	65506,84	52006,84	16963,52	345360,53
15	13500	67144,52	53644,52	16052,93	361413,46
16	13500	68823,13	55323,13	15188,30	376601,77
17	13500	70543,71	57043,71	14367,58	390969,35
18	13500	72307,30	58807,30	13588,79	404558,14
19	13500	74114,98	60614,98	12850,00	417408,14
20	13500	75967,86	62467,86	12149,35	240557,49

Πίνακας 4-16. Ανάλυση ταμειακών ροών και υπολογισμός NPV

Έτος λειτουργίας	Αγορά εξοπλισμού (€)	Αναπόσβεστ η αξία εξοπλισμού	εξοικονόμη ση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	270000		47520,00	-222480,00	-222480,00	-222480,00
2			48708,00	48708,00	44686,24	-177793,76
3			49925,70	49925,70	42021,46	-135772,30
4			51173,84	51173,84	39515,60	-96256,70
5			52453,19	52453,19	37159,16	-59097,54
6			53764,52	53764,52	34943,25	-24154,29
7			55108,63	55108,63	32859,48	8705,18
8			56486,35	56486,35	30899,97	39605,15
9			57898,51	57898,51	29057,31	68662,46
10		168750	59345,97	228095,97	105021,72	173684,18

4.4.17 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1

Σύμφωνα με το σενάριο εφαρμογής Inverter στις υφιστάμενες αντλίες προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 20%. Το κόστος ετήσιας απόσβεσης είναι ίσο με 2.250€. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 29.560 €. Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 4-17 για χρονικό ορίζοντα 20ετίας.

Στον Πίνακα 4-17 υπολογίζεται το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των αντλιών του σεναρίου 1 ως η διαφορά της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αν αφαιρεθούν οι αποσβέσεις της επένδυσης. Τέλος υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία για την κάθε χρονική στιγμή και η συνολική καθαρά παρούσα αξία. Για την περίπτωση του σεναρίου 3^B η NPV είναι ίση με 139.356,42€. Η καθαρά παρούσα αξία των ταμειακών ροών του σεναρίου 3^B είναι 193.008,92€ (Πίνακας 4-16).

Πίνακας 4-17. Αποτελέσματα Τεχνο-οικονομικής ανάλυσης σεναρίου 1

Έτος λειτουργίας	Απόσβεση/έτος (€)	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	2250	29558,14	27308,14	27308,14	27308,14
2	2250	30297,09	28047,09	25731,28	53039,42
3	2250	31054,52	28804,52	24244,19	77283,61
4	2250	31830,88	29580,88	22841,87	100125,48
5	2250	32626,66	30376,66	21519,59	121645,07
6	2250	33442,32	31192,32	20272,87	141917,94
7	2250	34278,38	32028,38	19097,48	161015,41
8	2250	35135,34	32885,34	17989,41	179004,82
9	2250	36013,72	33763,72	16944,87	195949,69
10	2250	36914,07	34664,07	15960,30	211909,99
11	2250	37836,92	35586,92	15032,30	226942,29
12	2250	38782,84	36532,84	14157,68	241099,97
13	2250	39752,41	37502,41	13333,41	254433,38
14	2250	40746,22	38496,22	12556,65	266990,02
15	2250	41764,88	39514,88	11824,69	278814,71
16	2250	42809,00	40559,00	11134,99	289949,70
17	2250	43879,22	41629,22	10485,14	300434,84
18	2250	44976,21	42726,21	9872,88	310307,72
19	2250	46100,61	43850,61	9296,05	319603,78
20	2250	47253,13	45003,13	8752,64	139356,42

Πίνακας 4-18. Ανάλυση ταμειακών ροών και υπολογισμός NPV

Έτος λειτουργίας	Αγορά εξοπλισμού (€)	Αναπόσβεστ η αξία εξοπλισμού	εξοικονόμη ση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	45000		29558,14	-15441,86	-15441,86	-15441,86
2			30297,09	30297,09	27795,50	12353,64
3			31054,52	31054,52	26137,97	38491,61
4			31830,88	31830,88	24579,28	63070,89
5			32626,66	32626,66	23113,55	86184,44
6			33442,32	33442,32	21735,21	107919,65
7			34278,38	34278,38	20439,08	128358,73
8			35135,34	35135,34	19220,23	147578,96
9			36013,72	36013,72	18074,07	165653,04
10		22500	36914,07	59414,07	27355,89	193008,92

5 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΓ. ΦΩΤΕΙΝΗΣ

Τα λύματα αποστέλλονται από το Α/Σ Αγ. Φωτεινής μέσω των τεσσάρων αντλιών προς στην εγκατάσταση της ΕΕΛ της Πόλης του Ρεθύμνου. Η κατανάλωση ενέργειας που γίνεται στο Α/Σ Αγ. Φωτεινής είναι πολύ μεγαλύτερη από την κατανάλωση ενέργειας των τεσσάρων ενδιάμεσων Α/Σ (Πλατανέ, Μισσίρια, οδός Άρη Βελουχιώτη, πλατεία Αγνώστου Στρατιώτη). Για τον λόγο αυτό ο κύριος σκοπός της ανάλυσης είναι η εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας του Α/Σ Αγ. Φωτεινής. Όσον αφορά τις αντλίες λυμάτων στο Α/Σ Αγ. Φωτεινής είναι 4 ζεύγη εν σειρά, παροχής $Q=450\text{m}^3/\text{h}$, και μανομετρικού ύψους $H=75,5\text{m}$ και ισχύος κινητήρων 110kW . Ο τύπος και τα χαρακτηριστικά των αντλιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-1. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν σύμφωνα με τα δεδομένα της ΔΕΥΑΡ για την παροχή των λυμάτων που φτάνουν καθημερινά στην είσοδο της ΕΕΛ από το Α/Σ Αγ. Φωτεινής καθώς και τους λογαριασμούς ρεύματος της Δ.Ε.Η. για έτος 2013. Στην ποσότητα των λυμάτων που καταλήγει στην ΕΕΛ συνυπολογίζεται και το ποσοστό της τάξεως του 10% των λυμάτων που φτάνουν στην ΕΕΛ και προέρχεται από τον οικισμό Βιολί Χαράκι, Ατσιπόπουλο και τα σφαγεία Ρεθύμνης. Συνεπώς η συγκεκριμένη ποσότητα λυμάτων δε συνυπολογίζεται στη συνολική ποσότητα που στέλνεται μέσω του αντλιοστασίου στην Αγ. Φωτεινή προς την ΕΕΛ και συνεπώς δε λαμβάνεται υπόψη στη συνολική κατανάλωση (Πίνακας 5-2).

5.1.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το κόστος αγοράς αντλητικού συστήματος παροχής $450\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 76m Σ.Υ. είναι 130.000€.

ΠΑΡΑΔΟΧΗ: Από δεδομένα όπως προκύπτουν από έρευνα αγοράς για προμήθεια για τις αντλίες των δυο εταιρειών (KSB και Grundfos) προκύπτει ότι οι αντλίες της εταιρείας KSB έχουν κόστος αγοράς 25% μεγαλύτερο. Δεχόμαστε ως υπόθεση ότι μια αντλία της εταιρείας Grundfos παροχής $450\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 76m Σ.Υ. κοστίζει 97.500€ (Η αντίστοιχη KSB παροχής $450\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικού ύψους 76m Σ.Υ. κοστίζει 130.000€).

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση των πάγιων περιουσιακών στοιχείων της επένδυσης κυρίως λόγω της αναμενόμενης φθοράς. Τα έργα Η/Μ εξοπλισμού διακρίνονται για τη μεγάλη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής τους. Η ωφέλιμη ζωή των ηλεκτρομηχανολογικών έργων προσδιορίζεται στα 20 χρόνια. Υπολογίζονται οι ετήσιες αποσβέσεις για κάθε κατηγορία αντλίας ανά εταιρία και ανά δυναμικότητα (Πίνακας 5-1).

Πίνακας 5-1. Αποσβέσεις Η/Μ εξοπλισμού

Αντλία	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης (yr)	Ετήσιο κόστος απόσβεσης (€/yr)
Grundfos ($450\text{m}^3/\text{hr}$, 76 m Σ.Υ.)	97.500	20	4.875
KSB ($450\text{m}^3/\text{hr}$, 76 m Σ.Υ.)	130.000	20	6.500

Πίνακας 5-2. Χαρακτηριστικά Αντλιών λυμάτων

Τύπος αντλιών	Q (m^3/h)	H (m)	Στροφές (RPM)	Αριθμός αντλιών	Ισχύς (kW)
SPH-DC- 200-400	450	35m	1.450	8	110

Πίνακας 5-3 Στοιχεία κατανάλωσης ηλ. ενέργειας Α/Σ Αγ. Φωτεινής για το έτος 2013

<i>Μήνας</i>	<i>Κατανάλωση (kWh)</i>	<i>Παροχή m³/μήνα</i>
Οκτ.	130800	337200
Νοε.	105600	242700
Δεκ.	112800	266190
Ιαν.	122400	271050
Φεβ.	94800	505761
Μαρ.	102000	237678
Απρ.	97200	226959
Μαϊ.	129600	302235
Ιουν.	132000	322971
Ιουλ.	132000	345867
Αυγ.	130800	393873
Σεπ.	124800	294054
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	117900	312211

5.2 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ Α/Σ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣΣΤΗ (ΑΓ.ΦΩΤΕΙΝΗ) ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΡΕΘΥΜΝΗΣ

Για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο αντλιοστάσιο ανύψωσης λυμάτων της Αγ. Φωτεινής εξετάζεται, όπως και στην περίπτωση του Αντλιοστασίου του Πλατανέ, η αντικατάσταση των αντλιών. Η υφιστάμενη λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος της Αγ. Φωτεινής αποτελείται από τέσσερα ζεύγη αντλιών συνδεδεμένων εν σειρά που μεταφέρουν παροχή $Q=450\text{m}^3/\text{h}$, μέσου αριθμού στροφών $n=1450\text{rpm}$, μανομετρικού ύψους 75,5m και ισχύος κινητήρων 110kW.

Για να εξετάσουμε την τάξη μεγέθους της κατανάλωσης μπορούμε να παρατηρήσουμε το εξής: εάν ήταν σε λειτουργία μόνο το ένα ζεύγος αντλιών ο χρόνος λειτουργίας του θα έπρεπε να είναι 25,94 ώρες ανά ημέρα, (αδύνατο), δε μπορεί να δουλεύει μόνο το ένα ζεύγος αντλιών γιατί δεν μπορεί να ανταπεξέλθει μόνο του στην παροχέτευση των λυμάτων στην ΕΕΛ.

Στην περίπτωση που βρίσκονταν σε λειτουργία τα δύο ζεύγη τότε ο χρόνος λειτουργίας τους θα ήταν 12,97 ώρες ημερησίως, ενώ στην περίπτωση που είχαμε τρία ζεύγη αντλιών

σε λειτουργία ο αντίστοιχος χρόνος λειτουργίας θα μειωνόταν σε 8,64 ώρες. Τέλος στην παρούσα φάση που είναι σε λειτουργία όλα τα ζεύγη, ο χρόνος λειτουργίας τους θα είναι 6,48 ώρες ημερησίως. Για να μην υπάρξει φθορά στις αντλίες δεν είναι αναγκαίο να δουλεύουν και τα τρία ζεύγη ή και τα τέσσερα ζεύγη ταυτόχρονα, επίσης εάν τεθούν σε λειτουργία περισσότερα από τρία ζεύγη απαιτείται αντικατάσταση του αγωγού με αγωγό μεγαλύτερης διατομής. Μπορούν να δουλεύουν 2 ζεύγη εκ περιτροπής.

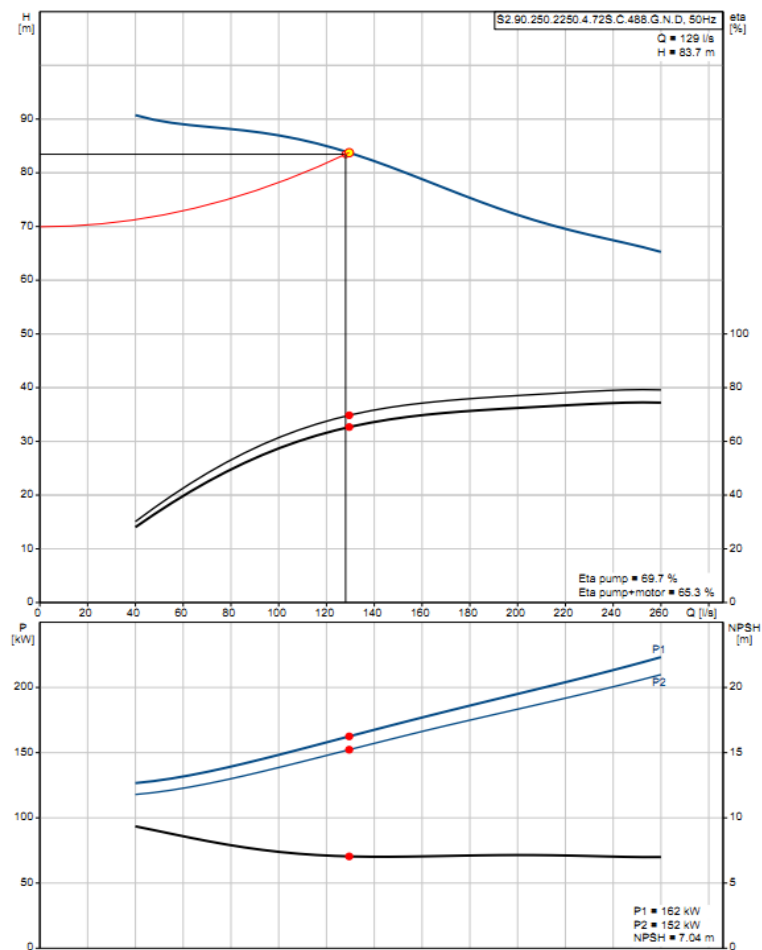
Όσον αφορά την αντικατάσταση των αντλιών εξετάζεται η αντικατάσταση κάθε ζεύγους εν σειρά με μια αντλία κάθετη ξηρού τύπου. Η αντλία που προτείνεται να αντικαταστήσει τα ζεύγη είναι η S2.90.250.2250.4.72S.C.488.G.N.D της εταιρείας GRUNDFOS με παροχή $Q=464,4\text{m}^3/\text{h}$, μανομετρικό ύψος 83,7m, αριθμό στροφών $n=1477\text{rpm}$ και ισχύ λειτουργίας $P=152\text{ kW}$.

Πίνακας 5-4 Κατανάλωση-Κόστος ενέργειας από το μετρητή της Δ.Ε.Η.

<i>ΑΝΤΑΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΓ.ΦΩΤΕΙΝΗ</i>	
Περίοδος κατανάλωσης	Κατανάλωση Ενέργεια(kWh)
01/10/2012-01/11/2012	130800
01/11/2012-01/12/2012	105600
01/12/2013-01/01/2013	112800
01/01/2013-01/02/2013	122400
01/02/2013-30/03/2013	94800
01/03/2013-01/04/2013	102000
01/04/2013-01/05/2013	97200
01/05/2013-01/06/2013	129600
01/06/2013-01/07/2013	132000
01/07/2013-01/08/2013	132000
01/08/2013-01/09/2013	130800
01/09/2013-01/10/2013	124800
ΣΥΝΟΛΟ	1414800

5.3 ΑΝΤΛΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ GRUNDFOS

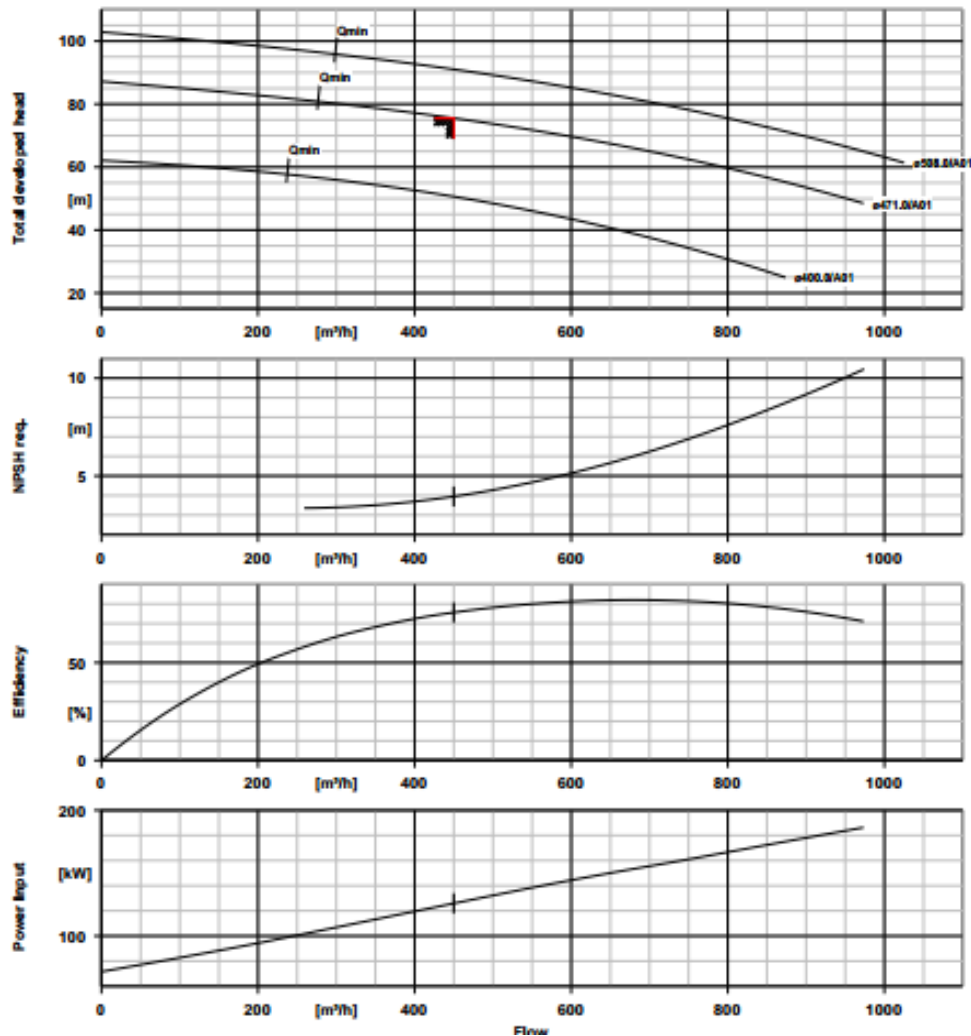
Η αντλία που εξετάζεται για την αντικατάσταση του ζεύγους είναι η S2.90.250.2250.4.72S.C.488.G.N.D της εταιρείας GRUNDFOS με παροχή $Q=464,4\text{m}^3/\text{h}$, μανομετρικό ύψος $H=83,7\text{m}$, αριθμού στροφών $n=1477\text{rpm}$ και ισχύ λειτουργίας $P=152\text{ kW}$. Το μέγιστο μανομετρικό ύψος της αντλίας είναι $H_{\text{max}}=91\text{m}$ ονομαστικής ισχύος 230 kW . Οι χαρακτηριστικές καμπύλες της αντλίας παρουσιάζονται στο σχήμα της Εικόνας 5-1.



Εικόνα 5-1 Χαρακτηριστική καμπύλη, καμπύλη NPSH και ισχύος για την αντλία S2.90.250.2250.4.72S..488.G.N.D (ΕΤΑΙΡΕΙΑ GRUNDFOS)

5.4 ΑΝΤΛΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ KSB

Η αντλία που εξετάζεται για την αντικατάσταση του ζεύγους είναι η KRTK 200-502/2004UNG-S IE3 της εταιρίας KSB με παροχή $Q=450\text{m}^3/\text{h}$, μανομετρικό ύψος $H=75,5\text{m}$, αριθμού στροφών $n=1477\text{rpm}$ και ισχύ λειτουργίας $P=125,93\text{ kW}$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες της αντλίας παρουσιάζονται στο σχήμα της Εικόνας 5-2.



Εικόνα 5-2 Χαρακτηριστική καμπύλη, καμπύλη NPSH και ισχύος για την αντλία KRTK 200-502/2004UNG-S IE3 της εταιρίας KSB.

5.5 ΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΤΟ Α/Σ ΑΓ. ΦΩΤΕΙΝΗΣ

5.6 ΣΕΝΑΡΙΟ 1^Α ΑΝΤΛΙΑ GRUNDFOS

Η προτεινόμενη αντλία λυμάτων καταναλώνει 152kW άντληση $Q=464,4\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικό ύψος $H=83,7\text{m}$, με μοναδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος $0,327\text{ kWh}/\text{m}^3$. Όμως η ανύψωση των λυμάτων την εγκατάσταση της ΕΕΛ από το Α/Σ Αγ. Φωτεινής μαζί, με τις ενεργειακές απώλειες λόγω τριβών είναι 75,5m.

Οι αντλίες θα δουλεύουν για μανομετρικό ύψος των 75,5m, συνεπώς θα καταναλώνουν χαμηλότερη ενέργεια. Γνωρίζοντας όλα τα χαρακτηριστικά της αντλίας S2.90.250.2250.4.72S.488.G.N. μπορούμε να βρούμε την ισχύ που θα καταναλώνει στα 75,5m από τον τύπο της εισερχόμενης ισχύος. Άρα η μοναδιαία κατανάλωση του μοντέλου S2.90.250.2250.4.72S..488.G.N.D εταιρείας GRUNDFOS θα είναι $0,3\text{ kWh}/\text{m}^3$. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5-4, η συνολική κατανάλωση με την αντλία αυτού του τύπου είναι ίση με 21%.

Πίνακας 5-5 Κατανάλωση ενέργειας μετά την αντικατάσταση για το Α/Σ Αγ. Φωτεινής

Μήνας	Παροχή $\text{m}^3/\text{μήνα}$	Κατανάλωση (kWh)	kWh/m^3
Οκτ.	337200	101160	0,3
Νοέ.	242700	72810	0,3
Δεκ.	266190	79857	0,3
Ιαν.	271050	81315	0,3
Φεβ.	505761	151728	0,3
Μάρ.	237678	71303	0,3
Απρ.	226959	68088	0,3
Μάι.	302235	90671	0,3
Ιούν.	322971	96891	0,3
Ιούλ.	345867	103760	0,3
Αύγ.	393873	118162	0,3
Σεπτ.	294054	88216	0,3
ΣΥΝΟΛΟ	3746538	1123961	

5.6.1 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1^A

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο (5.6) κατά την εφαρμογή της νέας στο σενάριο 1^A προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 21%. Το κόστος ετήσιας απόσβεσης είναι ίσο με 4.875€. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 29.710€. Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 5-6 για χρονικό ορίζοντα 20ετίας.

Στον Πίνακα 5-6 υπολογίζεται το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των αντλιών του σεναρίου 1^A ως η διαφορά της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αν αφαιρεθούν οι αποσβέσεις της επένδυσης. Τέλος υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία για την κάθε χρονική στιγμή και η συνολική καθαρά παρούσα αξία. Για την περίπτωση του σεναρίου 3^B η NPV είναι ίση με 115.040€. Διενεργώντας τη ίδια διαδικασία με τα σενάρια του Κεφ. 4 προκύπτει ότι η NPV για τις ταμειακές ροές της επένδυσης στον εξοπλισμό του αντλιοστασίου για ορίζοντα δεκαετίας είναι 153.764,74€.

Πίνακας 5-6. Αποτελέσματα Τεχνο-οικονομικής ανάλυσης σεναρίου 1^A

Έτος λειτουργίας	Απόσβεση/έτος (€)	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	4875	29710,00	24835,00	24835,00	24835,00
2	4875	30452,75	25577,75	23465,83	48300,83
3	4875	31214,07	26339,07	22169,07	70469,89
4	4875	31994,42	27119,42	20941,17	91411,06
5	4875	32794,28	27919,28	19778,72	111189,78
6	4875	33614,14	28739,14	18678,47	129868,25
7	4875	34454,49	29579,49	17637,28	147505,54
8	4875	35315,85	30440,85	16652,19	164157,73
9	4875	36198,75	31323,75	15720,33	179878,06
10	4875	37103,72	32228,72	14839,00	194717,06
11	4875	38031,31	33156,31	14005,58	208722,64
12	4875	38982,09	34107,09	13217,62	221940,26
13	4875	39956,65	35081,65	12472,74	234413,00
14	4875	40955,56	36080,56	11768,71	246181,71
15	4875	41979,45	37104,45	11103,38	257285,09
16	4875	43028,94	38153,94	10474,71	267759,80
17	4875	44104,66	39229,66	9880,77	277640,56
18	4875	45207,28	40332,28	9319,71	286960,27
19	4875	46337,46	41462,46	8789,78	295750,05
20	4875	47495,90	42620,90	8289,32	115039,38

Πίνακας 5-7. Ανάλυση ταμειακών ροών και υπολογισμός NPV

Έτος λειτουργίας	Αγορά εξοπλισμού (€)	Αναπόσβεστη αξία εξοπλισμού	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	97500		29710,00	-67790,00	-67790,00	-67790,00
2			30452,75	30452,75	27938,30	-39851,70
3			31214,07	31214,07	26272,26	-13579,44
4			31994,42	31994,42	24705,56	11126,12
5			32794,28	32794,28	23232,30	34358,42
6			33614,14	33614,14	21846,88	56205,30
7			34454,49	34454,49	20544,09	76749,39
8			35315,85	35315,85	19318,98	96068,37
9			36198,75	36198,75	18166,93	114235,30
10		48750	37103,72	85853,72	39529,44	153764,74

5.7 ΣΕΝΑΡΙΟ 1^B ΑΝΤΛΙΑ ΚΣΒ

Η προτεινόμενη αντλία λυμάτων καταναλώνει 125,93kW άντληση $Q=450\text{m}^3/\text{h}$ και μανομετρικό ύψος $H=75,5\text{m}$, με μοναδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος $0,28\text{ kWh}/\text{m}^3$. Η εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας σε αυτή την περίπτωση είναι ίση με 26%.

Πίνακας 5-8 Κατανάλωση ενέργειας μετά την αντικατάσταση για το Α/Σ Αγ. Φωτεινής

Μήνας	Παροχή $\text{m}^3/\text{μήνα}$	Κατανάλωση (kWh)	kWh/ m^3
Οκτ.	337200	94364	0,28
Νοέ.	242700	67918	0,28
Δεκ.	266190	74492	0,28
Ιαν.	271050	75852	0,28
Φεβ.	505761	141534	0,28
Μάρ.	237678	66513	0,28
Απρ.	226959	63513	0,28
Μάι.	302235	84579	0,28
Ιούν.	322971	90382	0,28
Ιούλ.	345867	96789	0,28
Αύγ.	393873	110223	0,28
Σεπτ.	294054	82289	0,28
ΣΥΝΟΛΟ	3746538	1048448	

5.7.1 ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1^B

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο (5.6) κατά την εφαρμογή της νέας στο σενάριο 1^B προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 21%. Το κόστος ετήσιας απόσβεσης είναι ίσο με 6.500€. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 36.785€. Προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 5-8 για χρονικό ορίζοντα 20ετίας.

Στον Πίνακα 5-9 υπολογίζεται το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των αντλιών του σεναρίου 1^B ως η διαφορά της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αν αφαιρεθούν οι αποσβέσεις της επένδυσης. Τέλος υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία για την κάθε χρονική στιγμή και η συνολική καθαρά παρούσα αξία. Για την περίπτωση του σεναρίου 1^B η NPV είναι ίση με 182.824€.

Πίνακας 5-9 Αποτελέσματα Τεχνο-οικονομικής ανάλυσης σεναρίου 1^B

Έτος λειτουργίας	Απόσβεση/έτος (€)	εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας (έσοδα)	Κέρδος (€)	NPV(t) (€)	ΣNPV(t)
1	6500	36785,00	30285,00	30285,00	30285,00
2	6500	37704,63	31204,63	28628,10	58913,10
3	6500	38647,24	32147,24	27057,69	85970,79
4	6500	39613,42	33113,42	25569,64	111540,42
5	6500	40603,76	34103,76	24159,96	135700,38
6	6500	41618,85	35118,85	22824,84	158525,23
7	6500	42659,32	36159,32	21560,62	180085,85
8	6500	43725,81	37225,81	20363,79	200449,64
9	6500	44818,95	38318,95	19230,99	219680,63
10	6500	45939,42	39439,42	18159,01	237839,64
11	6500	47087,91	40587,91	17144,77	254984,41
12	6500	48265,11	41765,11	16185,35	271169,76
13	6500	49471,74	42971,74	15277,94	286447,70
14	6500	50708,53	44208,53	14419,88	300867,58
15	6500	51976,24	45476,24	13608,60	314476,19
16	6500	53275,65	46775,65	12841,69	327317,88
17	6500	54607,54	48107,54	12116,83	339434,72
18	6500	55972,73	49472,73	11431,82	350866,54
19	6500	57372,05	50872,05	10784,56	361651,09
20	6500	58806,35	52306,35	10173,04	182824,14

Πίνακας 5-10. Ανάλυση ταμειακών ροών και υπολογισμός NPV

<i>Έτος λειτουργίας</i>	<i>Αγορά εξοπλισμού (€)</i>	<i>Αναπόσβεστη αξία εξοπλισμού</i>	<i>εξοικονό μηση ηλ. Ενέργεια ς (έσοδα)</i>	<i>Κέρδος (€)</i>	<i>NPV(t) (€)</i>	<i>ΣNPV(t)</i>
1	135000		30285,00	-104715,00	-104715,00	-104715,00
2			31042,13	31042,13	28479,01	-76235,99
3			31818,18	31818,18	26780,72	-49455,26
4			32613,63	32613,63	25183,71	-24271,55
5			33428,97	33428,97	23681,93	-589,63
6			34264,70	34264,70	22269,70	21680,08
7			35121,32	35121,32	20941,69	42621,77
8			35999,35	35999,35	19692,88	62314,64
9			36899,33	36899,33	18518,53	80833,18
10		86250	37821,82	124071,82	57126,11	137959,29

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στα προηγούμενα κεφάλαια και συγκεκριμένα στα κεφάλαια 4 και 5 διερευνήθηκε η δυνατότητα αντικατάστασης των υφιστάμενων αντλιών των αντλιοστασίων ύδρευσης και αποχέτευσης της ΔΕΥΑΡ. Στην περίπτωση των αντλιοστασίων ύδρευσης μελετήθηκε το αντλιοστάσιο του Πλατανέ που τροφοδοτεί τις δεξαμενές ύδρευσης σε Καστελλάκια, Άδελε και Τσεσμέ. Παρουσιάστηκαν τρία βασικά σενάρια: η εφαρμογή συστήματος Inverter στις παλαιές αντλίες, η αντικατάσταση των παλαιών αντλιών με δύο νέες καθώς και η αντικατάσταση της αντλίας του φρέατος στον Πλατανέ. Τέλος, η εφαρμογή των σεναρίων έγινε για δύο διαφορετικούς κατασκευαστικούς οίκους στην αγορά αντλητικού εξοπλισμού. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με κριτήρια ως προς την εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και της μείωσης των αναμενόμενων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (αποτύπωμα CO₂). Από την εξέταση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η αντικατάσταση και των τριών αντλιών του Α/Σ του Πλατανέ, καθώς και την αντικατάσταση της αντλίας του φρέατος προκύπτει εξοικονόμηση ενέργειας ίση με 63% ή ισοδύναμη μείωση 1.100 τόνων CO₂.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση ηλ. Ενέργειας για την περίπτωση του αντλιοστασίου μεταφοράς λυμάτων είναι της τάξης του 26% ή ισοδύναμη μείωση 400 τόνων CO₂. Σε γενικές γραμμές προκύπτει ότι η αντικατάσταση του παλαιού τύπου αντλιών στα αντλιοστάσια της ΔΕΥΑΡ επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας άρα και μείωση του λειτουργικού κόστους της Επιχείρησης. Μέσα από την παρούσα Διπλωματική εργασία προκύπτει συμπερασματικά πόσο σημαντικό να αντικατασταθούν οι παλαιές αντλίες που πολλές φορές ξεπερνούν σε λειτουργία τα τριάντα έτη.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι οι αντλίες με μεγάλο κόστος αρχικής επένδυσης δίδουν μεγαλύτερη καθαρά παρούσα αξία, άρα είναι συμφέρουσες και από οικονομικής άποψης. Όπως προέκυψε από την τέχνο-οικονομική ανάλυση, έχουμε ταύτιση των βέλτιστων σεναρίων τόσο για το αντλιοστάσιο ύδρευσης, όσο και για το αντλιοστάσιο λυμάτων, πιο συγκεκριμένα, τα σενάρια (3^B και 1^B) για την ύδρευση και την αποχέτευση αντίστοιχα επιτυγχάνουν το βέλτιστο αποτέλεσμα, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, τόσο από τη σκοπιά της περιβαλλοντικής, αλλά και από την απόδοση της επένδυσης σε όρους καθαρής παρούσας αξίας. Στην περίπτωση της τοποθέτησης inverter προκύπτει ότι σε χρονικό ορίζοντα δεκαετίας έχει καλύτερη απόδοση από το σενάριο 3^B, ωστόσο η συνολική απόδοση του σεναρίου 3B από περιβαλλοντικής επίδοσης, όσο και σε επίπεδο καθαρής παρούσας αξίας σε χρονικό ορίζοντα ίσο με το ωφέλιμο χρόνο ζωής του εξοπλισμού, προκρίνεται ως η καταλληλότερη επιλογή.

Θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να γίνει μια αντίστοιχη προσέγγιση για το σύνολο των δομών του δήμου Ρεθύμνης, όπου έχουμε κατανάλωση ενέργειας και θα μπορούσε να γίνει εξοικονόμηση της. Για παράδειγμα θα μπορούσε να διερευνηθεί η αντικατάσταση του δημοτικού φωτισμού με καλύτερης απόδοσης λαμπτήρες. Ακόμα μια τέχνο-οικονομική μελέτη θα μπορούσε να γίνει για τη διερεύνηση της βελτιστοποίησης της ενεργειακής

απόδοσης των κτιρίων, κλπ., ώστε να γνωρίζουμε τις δυνατότητες για περαιτέρω εξοικονόμηση λειτουργικών δαπανών από την εξοικονόμηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να επιφέρει πολλαπλά οφέλη στο Δήμο, τόσο περιβαλλοντικά, μέσω της μείωσης εκπομπών CO₂, όσο και οικονομικά μέσω της ελάφρυνσης του κόστους προς τον πολίτη, αφού η επιβάρυνση μέσω των δημοτικών τελών (πχ. λογαριασμοί ΔΕΥΑΡ) θα ήταν χαμηλότερη.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αρβανιτίδης. Αντλίες, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη 1985
 2. Βλαχάκης. Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος Υδροδυναμικές μηχανές Ι. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ. ΤΕΙ Χαλκίδας, 2018.
 3. Δαγκίνης, Γλύκας. Αντλίες. Ίδρυμα Ευγενίδου. Α' Έκδοση. Αθήνα 2016
 4. Δήμος Αιγάλεω σχέδιο δράσης για την αιεφόρο ενεργεια
 5. Δήμος Ρεθύμνης – «σχέδιο δράσης για τη βιώσιμη και αιεφόρο ενεργεια»
 6. Εταιρείας Grundfos Industry. Pump Handbook. 2004
 7. Κατσαπράκης, Κολοκωτσά. Σημειώσεις Εργαστηρίου Σχεδιασμός & Διαχείριση. Συστημάτων ΑΠΕ. Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. ΤΕΙ Κρήτης. Χανιά 2006.
 8. Κότσορ. Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος Αντλίες. Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών. Τμήμα Μηχανολογίας. ΤΕΙ Σεργών, 2008.
 9. Κουτσογιάννης, και Α. Ευστρατιάδης, Σημειώσεις Αστικών Υδραυλικών Έργων - Μέρος 1: Υδρευτικά Έργα, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2007.
 10. Μπουντάκης. Δυνατότητες εξοικονόμησης ενεργειας σε κινητήρια συστήματα και πιθανή συνεισφορά τους ως ευέλικτα φορτία. Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών. Τμήμα Ηλεκτρολογίας. ΤΕΙ Κρήτης, 2012.
 11. Παπαντώνης Δ. Υδροδυναμικές μηχανές αντλίες-υδροστρόβιλοι υδροδυναμικές μεταδόσεις. Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 2009.
 12. Σοφινιδήρ. Υδροδυναμικές Μηχανές. Διδακτικές Σημειώσεις. Τμήμα Μηχανολογίας ΤΕΙ Σεργών. Σέρρες 2007
- Σύλλογος Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων Βορείου Ελλάδας (ΣΒΗΜΕ). Αντλίες Εκδόσεις Πατάκη, 1986
13. Σχέδιο δράσης αιεφόρου ενεργεια Δήμου Ηρακλείου
 14. Σχέδιο δράσης αιεφόρου ενεργειας Δήμου Αποκορώνου
 15. Σχέδιο δράσης αιεφορου ενεργειας Δήμου Πλατανιά
 16. Σχέδιο δράσης αιεφόρου ενεργειας Δήμου Τριπολης
 17. Σχέδιο δράσης για την αιεφόρο ενεργεια του Δήμου Ιεράπετρας

Σύνδεσμοι στο Διαδίκτυο

1. www.εταιρείας Grundfos.com
2. www.siemens.com
3. <https://product-selection.εταιρείας Grundfos.com>
4. www.eydap.gr
5. <http://www.statistics.gr>
6. <http://www.eetemher.gr>
7. http://www.simfonodimarxon.eu/index_el.html

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Bachus, Larry, and Angel Custodio, eds. Know and understand centrifugal pumps. Elsevier, 2003.
2. Brennen, Christopher E. Hydrodynamics of pumps. Cambridge University Press, 2011.
3. Lobanoff, Val S., and Robert R. Ross. Centrifugal pumps: design and application. Elsevier, 2013.
4. Nejat P., Jomehzadeh F., Mahdi M., Taherib M., Goharic M., Zaimi A., Majidd (2015). A global review of energy consumption, CO₂ emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries). Renewable and Sustainable Energy Review, **Vol** 43, 843-862
5. Tao, R., Xiao, R., Wang, F., & Liu, W. (2018). Cavitation Behavior Study in the Pump Mode of a Reversible Pump-Turbine. Renewable Energy.