



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ ΑΝΤΩΝΗ ΚΑΒΒΑΛΑΚΗ

ΧΑΝΙΑ, 2017

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ,

Καθηγητής

(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΑΣ, Επίκουρος καθηγητής

ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΡΟΖΑΚΗΣ, Αναπληρωτής

καθηγητής



Περίληψη

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τα τελευταία χρόνια, ολοένα και περισσότερο προβάλλουν ως ιδανική λύση για την κάλυψη των αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών και την καλύτερη ποιότητα ζωής. Οι διεθνείς συμβάσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και την μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου απαιτούν τη μείωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα και τη χρήση φιλικών τεχνολογιών προς το περιβάλλον. Ένας από αυτούς τους τρόπους είναι και το υδροηλεκτρικό.

Ο πρώτος στόχος αυτής της εργασίας είναι η αξιολόγηση των υδατικών πόρων από τον αγωγό συλλογής των επιφανειακών νερών του Οροπεδίου Λασιθίου προς το φράγμα του Αποσελέμη και η εκμετάλλευσή τους μέσω ενός υδροηλεκτρικού σταθμού έπειτα από έλεγχο τεχνοοικονομικών κριτηρίων όπως οι δείχτες βιωσιμότητας. Ο δεύτερος στόχος αφορά την κοινή γνώμη των γύρω κατοίκων όπου υπάρχει το φράγμα και μελετάται η δημιουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Για το πρώτο στόχο της εργασίας έχουμε την γενική πληροφόρηση του υδροηλεκτρικού με ιστορική αναφορά από τα πρώτης μορφής υδροηλεκτρικού. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διάφορες τεχνολογίες υδροστροβίλων, οι επιμέρους διαφορές ανά κατηγορία, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα. Γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη δημιουργία αλλά και τη λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού και την υποχρεωτική μελέτη που πρέπει να εκπονείται για τις επιπτώσεις αυτές.

Επίσης γίνεται παρουσίαση του ενεργειακού προγράμματος RETScreen International και ανάλυση της μεθοδολογίας για τη τεχνοοικονομική ανάλυση της κατασκευής υδροηλεκτρικού. Δημιουργώντας κάποια σενάρια όσον αφορά την τιμή αλλά και τη χρηματοδότηση του έργου αξιολογούνται και προκύπτει το πιο βιώσιμο σενάριο.

Για το δεύτερο στόχο της εργασίας όπου αφορά τα κοινωνικά κριτήρια, γίνεται αναφορά στο ήδη υπάρχον κοινωνικό πρόβλημα για το φράγμα Αποσελέμη. Έπειτα παρουσιάζεται το αντίστοιχο ερωτηματολόγιο και με τα αποτελέσματα που προήλθαν με τη χρήση του προγράμματος SPSS.

Τέλος γίνεται σχολιασμός για τα αποτελέσματα και από τους δύο στόχους της εργασίας.

Summary

Over the last few years, renewable energy resources prove to be the ideal solution as to fulfil the increasing energy needs demanded by a higher quality of life. Any agreements at international level for the protection of the environment and the reduction of the greenhouse emissions require the reduction of the generation of the electrical energy based on conventional fuels and promote the incorporation of environmentally friendly technologies. One of the suggested solutions is the installation of hydroelectric plants and this thesis will analyse a case of this technology against sustainability criteria and social factors.

The first part of this thesis is focused on the assessment of the available water resources as collected from a designated channel, which guides the surficial water of Oropedio Lasithi towards to Aposelemi dam, and their exploitation via a hydroelectric plant following an evaluation of techno-economic criteria such as sustainability indicators. The second part of the thesis addresses the opinion of the local population about the dam and the installation of a hydroelectric plant.

To be more specific, at the first part of the thesis a general presentation of a hydroelectric plant has been included along with a reference to the history of the hydroelectric technology starting from the first years that this solution was introduced. In addition, different technologies of hydroelectric plants are assessed with an analysis of their differences and a study about their pros and cons. There is also an evaluation of the environmental effects, due to the installation and operation of a hydroelectric plant. Moreover, the required environmental studies to be submitted to the authorities as part of the authorisation of a hydroelectric plant installation project are being presented.

Furthermore, a reference of the RETScreen International energy program has been included along with an analysis of the methodology followed for the techno economical study of the construction of a hydroelectric plant. Different project cases have been addressed with regards to the cost and the finances of the project and a conclusion of the most sustainable one has been made.

The second part of the thesis, which focuses on the social criteria, refers to the already raised social issue with regards to the Aposelemi dam. Additionally, the questionnaire used for the assessment of the public opinion is presented and the results processed via the SPSS software tool are included.

Finally, the results of both evaluation approaches are being compiled.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	8
1.1 Εισαγωγή στο περιβαλλοντικό πρόβλημα.....	8
1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα	9
2. Ανασκόπηση υδροηλεκτρικού έργου.....	10
2.1 Η έννοια του υδροηλεκτρικού	10
2.2 Κατηγορίες υδροηλεκτρικού.....	13
2.3 Η έννοια του υδροηλεκτρικού ως προς το περιβάλλον.....	14
2.4 Διεθνής Εμπειρία.....	17
3. Δεδομένα της περιοχής μελέτης.....	21
3.1 Το φράγμα Αποσελέμη.....	21
3.2 Ο υπόγειος αγωγός.....	25
3.3 Εξυπηρετούμενος πληθυσμός.....	29
4. Μεθοδολογία.....	31
4.1 Διαστασιολόγηση.....	31
4.2 Διερεύνηση κοινωνικής αποδοχής.....	37
5. Αποτελεσμάτων.....	41
5.1 Ανάλυση αποτελεσμάτων Υδροηλεκτρικού.....	41
5.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων κοινωνικών κριτηρίων.....	46
6. Συμπεράσματα.....	49
6.1 Υδροηλεκτρικό.....	49
6.2 Διερεύνηση κοινωνικής αποδοχής.....	50
7. Προτάσεις	52
8. Βιβλιογραφία	53

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Κατηγοριοποίηση υδροηλεκτρικών.....	17
Πίνακας 2.2 : Συγκριτικές εκπομπές από ένα μικρό υδροηλεκτρικό εργοστάσιο 1.000 MW, που εργάζονται 4.500 h / έτος και άλλες πηγές παραγωγής ηλεκτρισμού.....	19
Πίνακας 4.1 : Τα στάδια της μεθοδολογίας.....	31
Πίνακας 4.2 : Ενεργειακό μοντέλο.....	35
Πίνακας 4.3 : Ανάλυση κόστους.....	36
Πίνακας 4.4 : Ανάλυση κόστους.....	37
Πίνακας 5.1 : Σενάρια ΜΥΗΕ.....	41
Πίνακας 5.2 : Η μείωση των εκπομπών με χρήση υδροηλεκτρικού.....	45
Πίνακας 5.3 : Αποτελέσματα ερωτηματολογίων.....	46
Πίνακας 5.4 : Ερωτήσεις : φύλου – αρνητικές επιπτώσεις.	47
Πίνακας 5.5 : Ερωτήσεις : αρνητικές επιπτώσεις – βοήθεια στην οικονομική ανάπτυξη.....	47
Πίνακας 5.6 : Ερωτήσεις : αρνητικές επιπτώσεις – θετική στάση για φράγμα.....	47
Πίνακας 5.7 : Ερωτήσεις : αρνητικές επιπτώσεις – αλλαγή στάσης για το φράγμα.....	47
Πίνακας 5.8 : Ερωτήσεις : θετική στάση για το φράγμα – αλλαγή στάσης.....	48

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 4.1 : Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου.....	32
Διάγραμμα 5.1 : Μηδενικό σενάριο.....	42
Διάγραμμα 5.2 : Πρώτο σενάριο.....	43
Διάγραμμα 5.3 : Δεύτερο σενάριο.....	44
Διάγραμμα 5.4 : Τρίτο σενάριο.....	4

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ & ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 : Παλαιός τύπος υδροηλεκτρικού (νερόμυλος).....	10
Εικόνα 2.2 : Ο τρόπος λειτουργίας ενός υδροηλεκτρικού σταθμού.....	12
Εικόνα 2.3 : Σχηματική αναπαράσταση υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής, μεσαίας και υψηλής κεφαλής.....	13
Εικόνα 3.1 : Το φράγμα Αποσελέμη από την είσοδο του Οροπεδίου Λασιθίου....	21
Εικόνα 3.2 : Πλημύρα στο Οροπέδιο Λασιθίου λόγω έντονων καιρικώνφαινομένων.....	22
Εικόνα 3.3 : Το φράγμα του Αποσελέμη.....	23
Χάρτης 3.1 : Η τοποθεσία του φράγματος Αποσελέμη και τα γύρω χωριά.....	24
Χάρτης 3.2 : Είσοδος υπόγειου αγωγού.....	25
Χάρτης 3.3 : Έξοδος υπόγειου αγωγού.....	26
Εικόνα 3.4 : Διάταξη αγωγού.....	27
Χάρτης 3.4 : Υπόγειος αγωγός.....	28
Εικόνα 3.5 : Οι βαλβίδες εκτόνωσης πίεσης Howell-Bunger DN900 και DN500...	29
Εικόνα 4.1 : Διάταξη υδροστροβίλου Pelton κατακόρυφου άξονα με 6 δέσμες.....	33
Εικόνα 4.2 : Υδροστρόβιλος Pelton κάθετου άξονα.....	34
Εικόνα 4.3 : Το χωριό Σφεντύλι μισοβυθισμένο.....	38
Εικόνα 4.4 : Βυθισμένα σπίτια από το χωριό Σφεντύλι.....	38
Χάρτης 4.1 : Τοποθεσία εξόδου του αγωγού μεταφοράς επιφανειακών νερών Οροπεδίου Λασιθίου.....	39

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ & ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- **ΑΠΕ** : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους (άνεμος, νερό, ηλιακή ενέργεια, γεωθερμία, βιομάζα, κυματική ενέργεια, παλιρροϊκή ενέργεια)
- **ΔΕΗ** : Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
- **ΕΥΔΕ** : Ειδική Υπηρεσία Δημόσιων Έργων.
- **ΚΑΠΕ** : Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου, με ρόλο τεχνικού συμβούλου σε θέματα ΑΠΕ/ ΕΞΕ/ ΟΧΕ
- **ΜΥΗΕ** : Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα–Τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού, με εγκατεστημένη ισχύ <10 MW
- **ΟΠΗ** : Οικολογική Παρέμβαση Ηρακλείου
- **ΥΠΕΧΩΔΕ** : Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στο περιβαλλοντικό πρόβλημα

Η χρήση και ανάπτυξη τεχνολογιών που αξιοποιούν ανανεώσιμους πόρους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει έντονα ανοδική πορεία διεθνώς. Ο βασικός λόγος που οδήγησε σε αυτή τη ραγδαία στροφή προς τις ΑΠΕ και γενικότερα στη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντα και τεχνολογίες, είναι η διαπίστωση ότι η ατμοσφαιρική σύνθεση έχει διαταραχθεί σημαντικά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η ταχύτατη ανάπτυξη στο τεχνολογικό και βιοτικό επίπεδο που σημειώθηκε στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, δημιούργησε την ανάγκη κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων σε διαρκώς αυξανόμενες ποσότητες. Στα τέλη του 20^{ου} αιώνα ήρθε η ανάγκη για εξεύρεση επαρκών αποθεμάτων ενέργειας μιας και άρχισε να φαίνεται ότι τα συμβατικά καύσιμα ήταν φαινομενικά ανεξάντλητα.

Η διαδικασία καύσης των παραγώγων άνθρακα απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα αέρια που υπάρχουν ήδη ως συστατικά στη σύνθεση της ατμόσφαιρας σε αναλογίες που έχουν διαμορφωθεί στη διάρκεια δισεκατομμυρίων χρόνων. Το πρόβλημα είναι ότι οι ποσότητες εκπομπής ρύπων έχουν πλέον ανέλθει σε μεγέθη ικανά να ανατρέψουν αυτές τις αναλογίες. Ακόμη η αλόγιστη εκμετάλλευση του φυσικού περιβάλλοντος για εξεύρεση πρώτων υλών μας οδήγησε στη τεράστια καταστροφή δασικών εκτάσεων. Αυτή η εκτεταμένη αποψίλωση που πραγματοποιήθηκε στέρησε από την ατμόσφαιρα ένα σημαντικό φυσικό μηχανισμό ανανέωσης οξυγόνου, βοηθώντας στην περαιτέρω διαταραχή της φυσικής ισορροπίας. Το αποτέλεσμα της έντονης ανθρωπογενούς δραστηριότητας ήταν η έκλυση τεραστίων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και οξειδίων του αζώτου, γνωστά και ως αέρια του θερμοκηπίου. Εκτιμάται ότι στη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα διπλασιαστούν, ίσως και να τριπλασιαστούν, κάνοντας την παγκόσμια κοινότητα να βρίσκεται σε εγρήγορση για τη λήψη μέτρων και προστασίας του περιβάλλοντος και στρέφοντας τα βλέμματα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα

Ένας από τους κύριους άξονες της ενεργειακής πολιτικής των αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων χωρών αποτελεί η βέλτιστη εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που στόχο έχει στη σταδιακή απεξάρτηση από συμβατικές ενεργειακές πηγές. Η Ελλάδα λόγω της γεωγραφικής της θέσης και των κλιματολογικών συνθηκών της είναι ένα ιδανικό μέρος για την ανάπτυξη των ΑΠΕ, αφορώντας όλες τις μορφές, την ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική, τη βιομάζα αλλά και τη γεωθερμία. Η Ελλάδα φημίζεται για τον πλούσιο ήλιο που έχει αλλά και για τη μεγάλη διάρκεια που υπάρχει στο σύνολο ενός έτους. Η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο κυμαίνεται από 5.000 έως 6.100 MJ/m² ανά έτος. Επίσης όσον αφορά την αιολική ενέργεια βρίσκουμε τόσο στην ηπειρωτική αλλά και τη νησιωτική Ελλάδα σταθερούς και δυνατούς ανέμους. Λόγω της μορφολογίας του εδάφους, ψηλά και αρκετά βουνά, υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία φραγμάτων και δίνοντας τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρισμού μέσω των υδατοπτώσεων (υδροηλεκτρικά). Ως μια χώρα με αρκετή ανάπτυξη στο πρωτογενή τομέα διαθέτει αρκετά αποθέματα βιομάζας κατάλληλα για την παραγωγή ενέργειας. Τέλος η Ελλάδα είναι προικισμένη και με την ενέργεια του υπεδάφους, τη γεωθερμία σε αρκετές περιοχές της. Η Κρήτη είναι ένα μέρος στο οποίο υπάρχουν οι περισσότερες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας σε αφθονία και όμως η εκμετάλλευσή τους είναι σχετικά ελάχιστες. Η πιο ανεπτυγμένη είναι η ηλιακή ενέργεια και έπειτα η αιολική. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν είναι τόσο ανεπτυγμένη για το λόγο ότι και τα νερά στη Κρήτη δεν βρίσκονται σε αφθονία όπως στην υπόλοιπη Ελλάδα. Βέβαια τα τελευταία χρόνια γίνονται αρκετά έργα πάνω στο θέμα του νερού ιδιαίτερα με τη δημιουργία φραγμάτων, με ιδιαίτερης σημασίας ένα από τα μεγαλύτερα έργα το φράγμα του Αποσελέμη. Στο οποίο το νερό εκτός από την υδροληψία αρκετών περιοχών μπορεί να εκμεταλλευτεί και ενεργειακά με τη χρήση κάποιου υδροηλεκτρικού και να καλύψει και ενεργειακά κάποιες περιοχές. Παρά το γεγονός ότι γενικά η Ελλάδα είναι μια πλούσια ενεργειακά χώρα από τις παραπάνω μορφές ΑΠΕ, η αξιοποίηση τους παραμένει ακόμη σε πρώιμο στάδιο, συγκρινόμενη με άλλες χώρες. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια δείχνει μια ανοδική πορεία προς την εκμετάλλευση όλο και περισσότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. **[ΚΑΠΕ, 2016]**

2. Ανασκόπηση Υδροηλεκτρικού έργου

2.1 Η έννοια του υδροηλεκτρικού

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία προέρχεται από τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας του νερού σε ηλεκτρική ενέργεια. Λόγω του υψόμετρου που ξεκινάει το νερό σε ένα ποτάμι ή χείμαρρο έχοντας δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική και αποκτά κάποια ταχύτητα, την οποία με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι εύκολα γίνεται κατανοητό ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του νερού αλλά και το υψόμετρο από το οποίο προέρχεται τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει. Το νερό ως φυσική πηγή είναι πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας οπότε το ίδιο και η υδροηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται είτε από την εκμετάλλευση ποταμών είτε τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων.

Κοιτώντας στον χρόνο παρατηρούμε ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει μεγάλη ιστορία ήδη περίπου από το 3.500π.Χ. στη Μεσοποταμία χρησιμοποιούνταν νεροτροχοί για την άρδευση εκτάσεων ενώ αργότερα γύρω στο 1^ο αιώνα π.Χ. παράγονταν άλευρα από την υδροκίνηση μύλων.

Εικόνα 2.1 : Παλιός τύπος υδροηλεκτρικού (νερόμυλος).



Πηγή : [monumenta.org , 2016]

Ωστόσο, η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στις ζωές των ανθρώπων κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα από ότι σε οποιαδήποτε άλλη στιγμή στην ιστορία. Η υδροηλεκτρική ενέργεια έπαιξε σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση των θαυμάτων της ηλεκτρικής ενέργειας και βοήθησε στην ώθηση της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί το 24% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας. Ο πρώτος υδροηλεκτρικός

σταθμός χτίστηκε το 1882 στο Appleton Wisconsin και παρήγαγε 12,5 kW, και παρείχε φως σε δύο χαρτοβιομηχανίες και ένα σπίτι. Υδροηλεκτρικά εργοστάσια ποικίλουν σε μέγεθος από αρκετές εκατοντάδες kW σε αρκετές εκατοντάδες MW, αλλά μερικοί σταθμοί έχουν ικανότητες μέχρι και 10.000 MW, και παρέχουν ηλεκτρισμό σε εκατομμύρια ανθρώπους. Σε παγκόσμιο επίπεδο, υδροηλεκτρικά εργοστάσια έχουν χωρητικότητα 675.000 MW ετησίως και παράγουν πάνω από 2,3 τρισεκατομμύρια kWh ηλεκτρικής ενέργειας, ισοδύναμη ενέργεια με 3,6 δισ. Βαρέλια πετρελαίου. **[Παρασκευπούλου et al. , 2010]**

Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Τα υδροηλεκτρικά έργα βασίζονται στη φυσική κίνηση του νερού από τα υψηλότερα σημεία στα χαμηλότερα. Αυτή η κίνηση του νερού δεν σταματάει και αυτό οφείλεται στην φυσική διαδικασία του κύκλου του νερού, κατά την οποία μια ποσότητα νερού καθημερινά εξατμίζεται λόγω της υπερϊώδης ακτινοβολίας και στη συνέχεια με την μορφή της βροχής επανέρχεται στα βουνά άρα και στα υψηλότερα σημεία. Η αρχή λειτουργίας του υδροηλεκτρικού βασίζεται στην κινητική ενέργεια του νερού που έχει λόγω της διαφοράς του μανομετρικού ύψους ανάμεσα στα σημεία εισόδου και εξόδου του νερού στο υδροηλεκτρικό. Συνήθως αν δεν είναι φυσικό ή για να μεγαλώσουμε αυτή την διαφορά ύψους δημιουργούνται φράγματα τα οποία συγκρατούν το νερό και πέφτει από μεγαλύτερο ύψος. Για την προστασία της κατασκευής του υδροηλεκτρικού, προτού το νερό μπει στον αντίστοιχο αγωγό και να οδηγηθεί στην εγκατάσταση, υπάρχουν σχάρες όπου συγκρατούν τα φερτά υλικά και τα ιζήματα που τυχόν υπάρχουν. Έπειτα από την σχάρα το νερό μπαίνει στον αγωγό πτώσης, ή κανάλι προσαγωγής όπως αλλιώς λέγεται, και αναπτύσσοντας κάποια ταχύτητα φτάνει στον υδροστρόβιλο. Εκεί η μεταφορική κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια περιστροφής του υδροστροβίλου ο οποίος είναι συνδεδεμένος με μια ηλεκτρογεννήτρια και μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Τέλος το νερό βγαίνει από τον υδροστρόβιλο και συνεχίζει την καθοδική του κίνηση στο ποταμό.

Εικόνα 2.2 : Ο τρόπος λειτουργίας ενός υδροηλεκτρικού σταθμού.



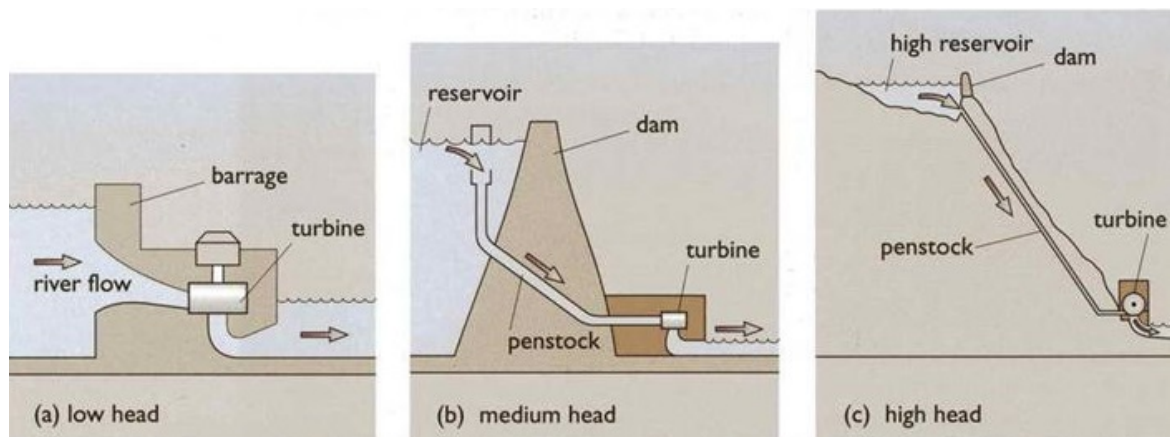
Πηγή: [slideshare.net, 2017]

Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από πολλούς παράγοντες. Δύο από τους σημαντικότερους είναι ο όγκος του νερού που ρέει και η διαφορά του μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας, του ταμιευτήρα και του στροβίλου. Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από τη ποσότητα νερού του ταμιευτήρα. Για τον λόγο αυτό μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής. Στην Ελλάδα η υδροηλεκτρική ενέργεια καλύπτει περίπου το 9% των ενεργειακών μας αναγκών. [Παρασκευπούλου et al. , 2010]

2.2 Κατηγορίες υδροηλεκτρικών

Η ηλεκτρική ισχύς υδροηλεκτρικής εγκατάστασης, όπως έχει ήδη διασαφηνιστεί, εξαρτάται από την ογκομετρική παροχή του υδάτινου ρεύματος και την υψομετρική διαφορά πτώσης του νερού στον υδροστρόβιλο που ονομάζεται υδραυλική κεφαλή. Ο καθοριστικότερος παράγοντας για την επιλογή του είδους των υδροστροβίλων που θα χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση και γενικότερα για το σχεδιασμό του έργου είναι το μέγεθος της υδραυλικής κεφαλής. Για αυτόν το λόγο ο συνηθέστερος διαχωρισμός των υδροηλεκτρικών συστημάτων γίνεται με βάση το μέγεθος της υδραυλικής κεφαλής. Αν και τα όρια της κατηγοριοποίησης είναι θολά, μπορεί να ειπωθεί ότι όταν η υδραυλική κεφαλή είναι μικρότερη από 10m τότε οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις θεωρούνται χαμηλής κεφαλής ενώ για υδραυλικές κεφαλές μεγαλύτερες από 100m θεωρούνται υψηλής κεφαλής. Τα ενδιάμεσα ύψη κατατάσσουν τις εγκαταστάσεις στα συστήματα μεσαίας κεφαλής.

Εικόνα 2.3 : Σχηματική αναπαράσταση υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής, μεσαίας και υψηλής κεφαλής.



Πηγή : [oxford university press, 2016]

Συνήθως οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής κεφαλής είναι ΜΥΗΣ που αξιοποιούν τη φυσική ροή ενός ποταμού, ενώ οι εγκαταστάσεις μεσαίας και υψηλής κεφαλής προϋποθέτουν την κατασκευή φράγματος και ταμιευτήρα. Οι εγκαταστάσεις υψηλής υδραυλικής κεφαλής μπορούν να παράγουν την απαραίτητη ηλεκτρική ισχύ με πολύ μικρή ογκομετρική παροχή, αλλά χρειάζονται πολύ ισχυρά φράγματα για να αντέξουν τις τεράστιες πιέσεις που δημιουργούνται στη βάση του φράγματος από το νερό που συσσωρεύεται στον ταμιευτήρα. Σε αντίθεση οι υδραυλικές εγκαταστάσεις χαμηλής κεφαλής έχουν σχετικά μεγάλη ογκομετρική παροχή για να αντισταθμίσουν τη μικρή υψομετρική διαφορά. **[Τσούτσος, 2013]**

Ακόμη οι υδροστρόβιλοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους υδροστρόβιλους δράσεως και τους υδροστρόβιλους αντιδράσεως, ανάλογα με

τη διαδικασία με την οποία μετατρέπουν το υδραυλικό ύψος και την παροχή του νερού σε μηχανική ισχύ.

Οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής δηλαδή ολόκληρη η φτερωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά. Το νερό κατακλύζει το δρομέα και μεταφέρει την κινητική του ενέργεια μέσω της πίεσης που ασκεί στην επιφάνεια των πτερυγίων του δρομέα. Η πίεση του νερού είναι μεγάλη κατά την είσοδο στο στρόβιλο και εξασθενεί κατά την έξοδό του. Αυτή η κατηγορία υδροστροβίλων χρησιμοποιούνται για κατασκευές μικρού υδραυλικού ύψους και μεγάλης παροχής νερού. Πλεονέκτημά τους είναι ο μεγάλος βαθμός απόδοσης που πετυχαίνουν και οι μεγάλες ταχύτητες περιστροφής. Το μειονέκτημά τους είναι ότι απαιτείται καλή στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ δρομέα και στροβίλου διότι από την απώλεια νερού έχουν και μεγάλη απώλεια ισχύος. Τα είδη αυτής της κατηγορίας είναι οι υδροστροβίλοι Francis, Kaplan, οι βολβοειδείς και οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής.

Οι υδροστροβίλοι δράσης είναι μερικής προσβολής δηλαδή κάθε χρονική στιγμή μόνο ένα τμήμα της φτερωτής συμβάλει στην μετατροπή ενέργειας. Στηρίζουν τη λειτουργία τους στη μετατροπή της μεταφορικής κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια περιστροφής του στροβίλου μέσω εκτόξευσης του νερού από ακροφύσιο πάνω στα πτερύγια του δρομέα. Τα είδη αυτής της κατηγορίας είναι οι υδροστροβίλοι Pelton, εγκάρσιας ροής Cross flow και ο Turgo. Όλα τα είδη των υδροστροβίλων αναλυτικότερα στο παράρτημα 1.

[Βουλδής et al. , 2012]

2.3 Η έννοια του υδροηλεκτρικού ως προς το περιβάλλον

Τα περισσότερα τεχνικά έργα που υλοποιούνται από τον άνθρωπο για να βελτιστοποιήσουν τον τρόπο ζωής του έχουν ως αποτέλεσμα να τροποποιούν το περιβάλλον, άλλοτε πολύ και άλλοτε λιγότερο. Αυτές οι αλλαγές στο περιβάλλον είναι συνήθως ανεπιθύμητες οι οποίες προέρχονται από ατέλειες των σχεδίων και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται ή από την ήδη ευαισθησία του περιβάλλοντος. Η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η εξέταση της συμβατότητας διαφόρων αναπτυξιακών σχεδίων, προγραμμάτων, έργων ή άλλων δραστηριοτήτων με τις απαιτήσεις της περιβαλλοντικής προστασίας. Η αποφυγή των δυσάρεστων ή και καταστρεπτικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από διάφορα έργα καταπολεμείται με την κατάλληλη μελέτη που θα προβλέψει και θα αξιολογήσει τις επιπτώσεις αυτές. Οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο, έχουν αποτελέσει κατά τις τελευταίες δεκαετίες

σημαντικό εργαλείο για την προστασία του περιβάλλοντος, κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες. Βασικό αντικείμενο των μελετών περιβαλλοντικής αποκατάστασης δεν είναι τόσο η περιγραφή και η ανάλυση του υπάρχοντος περιβάλλοντος, όσο η πρόβλεψη της εξέλιξής του στο μέλλον, κάτω από την επίδραση του έργου. Η δυσκολία της πρόβλεψης οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως η ανεπάρκεια των στοιχείων, η πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος κλπ. Μια σωστή τέτοια μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων οφείλει να εξετάσει και όλες τις εναλλακτικές λύσεις του έργου που υπάρχουν καταλήγοντας σε αυτήν η οποία θα είναι λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον, αν υπάρχει βέβαια κάποια. Αυτό ενδέχεται να υστερεί από οικονομικής ή τεχνικής πλευράς.

Για όλα τα σημαντικά έργα θα πρέπει να γίνεται μια τέτοια μελέτη κατά τη φάση του σχεδιασμού της για τις τυχόν επιπτώσεις στο περιβάλλον, έτσι ώστε να τροποποιούνται εγκαίρως και να μπορούν να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αν κατόπιν της μελέτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προκύψει ότι οι επιπτώσεις είναι πολύ σοβαρές και για όλες τις εναλλακτικές λύσεις τότε θα πρέπει να εκτιμάται η σκοπιμότητα του έργου και να εξετάζεται το ενδεχόμενο ακύρωσης του. Η προσπάθεια της εκ των προτέρων εκτίμησης και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι εξαιρετικά σημαντική, διότι συμβάλει στην πρόληψη των περιβαλλοντικών βλαβών, που είναι γενικά ευκολότερη και φθηνότερη από την αντιμετώπισή τους εκ των υστέρων.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός έργου σχετίζονται συνήθως με τη λειτουργία των οικοσυστημάτων και τη ρύπανση. Γενικότερα όμως μπορούν να αναφέρονται και σε θέματα αισθητικά, πολιτιστικά, κοινωνικά ή οικονομικά. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές παράμετροι που συνδέονται με τη λειτουργία των ΜΥΗΕ είναι η οπτική όχληση και αισθητική ένταξη, το φυσικό περιβάλλον (δηλαδή χλωρίδα πανίδα) και το έδαφος (επιφανειακά και υπόγεια νερά).

Ξεκινώντας από την οπτική όχληση προκαλείται από τους δρόμους οι οποίοι χρειάζεται να διανοιχτούν για την διέλευση των οχημάτων κατά την κατασκευή αλλά και την λειτουργία αργότερα του έργου. Αν δεν γίνει σωστή μελέτη έτσι ώστε να αποφύγουν τη δημιουργία μεγάλων πραινών θα έχουν έντονη επίπτωση στην αισθητική του τοπίου. Ακόμη μπορεί να προκαλέσουν κατολισθήσεις σε ασταθή εδάφη. Μια σοβαρή αν και έμμεση επίπτωση είναι η διάθεση των μπαζών η οποία θα πρέπει να γίνει σε κατάλληλους χώρους ή με χρήση στο ίδιο το έργο, όχι όμως με την ρίψη σε κοντινά ρέματα ή χαράδρες. Οι οπτικές επιπτώσεις από το φράγμα και το έργο υδροληψίας, τον αγωγό προσαγωγής, το κτίριο του σταθμού παραγωγής και από τις

γραμμές μεταφοράς μπορεί να είναι ελάχιστες έως και μηδενικές εάν το έργο σχεδιαστεί με κάποια βασική περιβαλλοντική ευαισθησία. Στην περίπτωση δημιουργίας ταμιευτήρων, οι πιθανές οπτικές επιπτώσεις προέρχονται από την κατάκλιση της γης, που μπορεί να επηρεάσει τη γεωργία της περιοχής, τις τοπικές υποδομές, τους αρχαιολογικούς χώρους και τις προστατευόμενες περιοχές. Θα προκληθεί οπτική όχληση, λόγω της αλλαγής του τοπίου και πιθανώς να προκληθούν αλλαγές στον τοπικό υδροφόρο ορίζοντα, οι οποίες με τη σειρά τους θα προκαλέσουν αλλαγές στον υδάτινο και χερσαίο φυσικό περιβάλλον. Βέβαια στις περισσότερες των περιπτώσεων, ο ταμιευτήρας μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία υγροτόπου και σε ένα καθόλα αποδεκτό αισθητικό αποτέλεσμα.

Η επόμενη παράμετρος αφορά το φυσικό περιβάλλον, τη χλωρίδα και την πανίδα. Η φυσική ροή του νερού από το σημείο υδροληψίας προς το σταθμό παραγωγής ενέργειας μπορεί να μηδενιστεί για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτή η κατάσταση μπορεί να προκαλέσει πολλά σοβαρά προβλήματα και μη αναστρέψιμα στη χλωρίδα και την πανίδα που συναντάται σε αυτή την περιοχή. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει να εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού κατηφορικά της υδροληψίας για τη διατήρηση της ισορροπίας της χλωρίδας και πανίδας. Ακόμη κατά τις ενέργειες που γίνονται πριν τη δημιουργία του έργου όπως είναι η αποψίλωση πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή και να περιορίζεται στην άκρως απαραίτητη έκταση. Σε περιπτώσεις δημιουργίας ταμιευτήρα, μεταβάλλεται μόνιμα η χλωρίδα στη λεκάνη κατάκλισης, καθώς απαιτείται η εκχώρηση της βλάστησης που βρίσκεται στη λεκάνη κατάληψης του δημιουργούμενου ταμιευτήρα. Τέλος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πανίδα η οποία ζει εκεί ή χρησιμοποιεί εκείνη την περιοχή και να εξασφαλίζεται ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας ώστε να μπορούν να κινούνται κατά μήκους του ποταμού τα διάφορα είδη ψαριών. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να προβλέπεται ειδική τεχνική κατασκευή (ιχθυόδρομος).

Η τελευταία περιβαλλοντική παράμετρος είναι το έδαφος, τα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στην λειτουργία του υδροηλεκτρικού πριν τον αγωγό πτώσης τοποθετείται μια σχάρα η οποία κατακρατεί τα φερτά υλικά και τα ιζήματα, όμως στη πάροδο του χρόνου συσσωρεύονται και μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία του έργου. Εκτός από την δυσλειτουργία του έργου μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στην κοίτη και την εκβολή του ποταμού μέχρι και αύξηση της διάβρωσης κατηφορικά του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Ακόμη κατά την λειτουργία του ΜΥΗΕ επηρεάζονται σημαντικά τα επιφανειακά ύδατα και ειδικότερα στο σημείο του φράγματος και της υδροληψίας μέχρι την έξοδο του νερού από την εγκατάσταση. Θα πρέπει να εξασφαλίζονται οι υφιστάμενες χρήσεις του νερού κατάντη του έργου ή να προτείνονται κάποιες εναλλακτικές λύσεις. Βέβαια θα πρέπει να

σημειωθεί ότι μετά την αξιοποίηση του νερού από το σταθμό παραγωγής ενέργειας δεν επέρχεται καμία μεταβολή στη ποιότητα του νερού. Όσον αφορά τώρα τα υπόγεια νερά κατά την κατασκευή φραγμάτων και την δημιουργία ταμιευτήρων σημειώνεται ανύψωση της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας του νερού με αποτέλεσμα την ανύψωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. **[Μέγα, 2009]**

2.4 Διεθνής Εμπειρία

Κάνοντας μια μελέτη για ένα τόσο σπουδαίο έργο δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε να κάνουμε μία ανασκόπηση στη Διεθνή βιβλιογραφία για αντίστοιχα έργα και μελέτες που έχουν εκπονηθεί. Ξεκινώντας από τα βασικά όπως μιλήσαμε και παραπάνω τα υδροηλεκτρικά χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την ισχύ την οποία παράγουν, μικρά μεσαία και μεγάλα αντίστοιχα. Στον παρακάτω πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι κατηγορίες των υδροηλεκτρικών σύμφωνα με την ενέργεια παραγωγής αλλά και τα αντίστοιχα σπίτια που μπορούν να καλύψουν ενεργειακά. .

Πίνακας 2.1 : Κατηγοριοποίηση υδροηλεκτρικών.

Κατηγορία Υδροηλεκτρικού	Φάσμα Ισχύος	Αριθμός τροφοδοτούμενων σπιτιών
Pico	0 kW - 5 kW	0 - 5
Micro	5 kW - 100 kW	5 - 100
Mini	100 kW - 1 MW	100 - 1.000
Small	1 MW - 10 MW	1.000 - 10.000
Medium	10 MW - 100 MW	10.000 - 100.000
Large	100 MW +	100.000 +

Πηγή : ESHA, 2017

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια ευέλικτη τεχνολογία που σε μικρότερο επίπεδο μπορεί να τροφοδοτήσει ένα ενιαίο σπίτι, και στο μεγαλύτερο της μπορούν να προμηθεύουν τη βιομηχανία και το κοινό με τις ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας σε εθνικό ακόμη και περιφερειακό επίπεδο. Από την άποψη της ικανότητας παραγωγής, η υδροηλεκτρική αντιπροσωπεύει οκτώ στους δέκα μεγαλύτερους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Υπάρχουν τέσσερις ευρείες τυπολογίες υδροηλεκτρικής ενέργειας :

- **Παράλληλα με το ποτάμι** (Run of river hydropower) : είναι μια εγκατάσταση όπου το νερό του ποταμού ή εκτρέπεται με μια σωλήνα ένα μέρος του ή με υδατοφράκτη γυρίζει μια τουρμπίνα. Συνήθως σε ένα τέτοιο πρόγραμμα θα έχουν μικρή ή καμία εγκατάσταση αποθήκευσης. Η εγκατάσταση αυτή παρέχει μια συνεχή προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας (φορτίο βάσης), με κάποια ευελιξία λειτουργίας για τις καθημερινές διακυμάνσεις της ζήτησης μέσω της ροής του νερού που ρυθμίζεται από την εγκατάσταση.
- **Φράγμα** (Storage hydropower) : είναι συνήθως ένα μεγάλο σύστημα που χρησιμοποιεί ένα φράγμα για την αποθήκευση νερού σε μια δεξαμενή. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με την απελευθέρωση του νερού από τη δεξαμενή μέσω ενός στροβίλου, το οποίο ενεργοποιεί μια γεννήτρια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποθήκευσης παρέχει βασικό φορτίο, καθώς και η δυνατότητα να κλείσουν και να ξεκινήσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συστήματος (φορτίο αιχμής). Μπορεί να προσφέρει επαρκή ικανότητα αποθήκευσης για να λειτουργεί ανεξάρτητα από την υδρολογικών εισροών για πολλές εβδομάδες ή ακόμα και μήνες.
- **Δεξαμενή αποθήκευσης** (Pumped-storage hydropower) : παρέχει την προμήθεια αιχμής φορτίου, αξιοποίηση νερού που ανακυκλώνεται μεταξύ ενός κάτω και άνω δεξαμενής με αντλίες που χρησιμοποιούν το πλεόνασμα ενέργειας από το σύστημα σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. Όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή, το νερό απελευθερώνεται από την πάνω, στην κάτω δεξαμενή και με τουρμπίνες παράγεται ηλεκτρισμός.
- **Κοντά στη στεριά** (Offshore hydropower) : είναι μια λιγότερο διαδεδομένη μέθοδος, αλλά αυξανόμενη ομάδα των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν παλιρροιακά ρεύματα ή τη δύναμη των κυμάτων για την παραγωγή ηλεκτρισμού από το θαλασσινό νερό.

Όλες οι παραπάνω τεχνολογίες μπορούν και να είναι συνδυαστικές. [hydropower.org, 2016]

Τα μικρά υδροηλεκτρικά αποτελούν βασικό στοιχείο για την βιώσιμη ανάπτυξη και οφείλεται σε διάφορους λόγους, όπως ότι είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας ικανοποιώντας τον ορισμό, γιατί χρησιμοποιεί την ενέργεια του νερού που ρέει κατ' επανάληψη και παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς το φόβο της εξάντλησης. Είναι μία οικονομικά αποδοτική και βιώσιμη πηγή ενέργειας με χαμηλότερο κόστος κατασκευής, εξοπλισμού και λειτουργίας. Η περίοδος κύησης είναι μικρή και τα συστήματα αυτά δίνουν οικονομικές αποδόσεις γρήγορα. Η χρήση των μικρών υδροηλεκτρικών βοηθάει στην διατήρηση σπάνιων ορυκτών καυσίμων. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν περιλαμβάνει την καύση, και ως εκ τούτου δεν απελευθερώνονται οξείδια στην ατμόσφαιρα. Ειδικότερα, δεν απελευθερώνει

διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο είναι το κύριο αέριο που ευθύνεται για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Στο πίνακα 2.2 βλέπουμε ένα παράδειγμα για τις εκπομπές του υδροηλεκτρικού σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.

Πίνακας 2.2 : Συγκριτικές εκπομπές από ένα μικρό υδροηλεκτρικό εργοστάσιο 1.000 MW, που εργάζονται 4.500 h / έτος και άλλες πηγές παραγωγής ηλεκτρισμού.

	Πετρέλαιο (tn)	Κάρβουνο (tn)	Φυσικό αέριο (tn)	Υδροηλεκτρικό
CO₂	3.000	3.750	2.250	0
NO	3,7	0,6	2,2	0
SO₂	4,5	4,5	0,02	0

Πηγή : ESHA, 2017

Όπως και κάθε έργο που δημιουργείται έτσι και τα ΜΥΗΕ έχουν κάποιες επιπτώσεις προς το περιβάλλον θετικές και αρνητικές οι οποίες συνοψίζονται ως εξής :

Θετικές :

1. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν παράγει αέρια του θερμοκηπίου, η οποία είναι η κύρια διεθνής ανησυχία για τα περιβαλλοντικά προβλήματα.
2. Συμβάλει στην βιώσιμη ανάπτυξη με το να είναι οικονομικά εφικτό και επιτρέποντας την αποκεντρωμένη παραγωγή για την ανάπτυξη των διασκορπισμένων πληθυσμών.
3. Είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας δεν παράγει απόβλητα στα ποτάμια ή στη ρύπανση του αέρα.
4. Αν είναι καλά εξοπλισμένο με σκάλες για τα ψάρια και τα πτερύγια του δρομέα ειδικά διαμορφωμένα δεν εμποδίζουν την μετανάστευση των ψαριών.
5. Κινητοποιεί τους οικονομικούς πόρους και συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη των μικρών διασκορπισμένων πληθυσμών, εξασφαλίζοντας αυτόνομη και αξιόπιστη ενέργεια μακροπρόθεσμα.
6. Δημιουργία τοπικών θέσεων εργασίας για την παρακολούθηση της λειτουργίας του υδροηλεκτρικού.
7. Συστήματα μικρών υδροηλεκτρικών βοηθούν στην συντήρηση της λεκάνης απορροής ποταμών, επιτρέποντας την ανάκτηση των πλωτών

αποβλήτων από τους ποταμούς και την παρακολούθηση των υδρολογικών δεικτών. **[globalccsinstitute.com, 2017]**

Αρνητικές :

1. Οι εκπομπές σκόνης και υλικών στο νερό από κατασκευαστική δραστηριότητα θα μπορούσε να οδηγήσει σε βραχυπρόθεσμη αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό, όπου με τον τρόπο αυτό επηρεάζουν τα υδρόβια είδη και τη μείωση της φυσικής ελκυστικότητας του ποταμού στο κοινό κατά τη διάρκεια της κατασκευής.
2. Ο εξοπλισμός κατασκευών που χρησιμοποιούνται στο χώρο απελευθερώνει επίσης προσωρινά ρύπους, αν και το συνολικό ποσό είναι πολύ μικρό.
3. Τα ΜΥΗΕ αν δεν είναι προσεκτικά μελετημένα, μπορεί επίσης να αλλάξουν το επίπεδο των αιωρούμενων στερεών στο νερό επηρεάζοντας έτσι τη διάβρωση και προσάμμωση του ποταμού. Αυτή η δύναμη μπορεί να επηρεάσει τα φυσικά πρότυπα ροής του ποταμού η οποία θα μπορούσε να επηρεάσει τις δραστηριότητες κατάντη.
4. Η χρήση βιοκτόνων και παρασκευασμάτων αντί ρύπανσης για τον καθαρισμό των σωλήνων μπορεί να μολύνουν το νερό. Ωστόσο, ορθές πρακτικές λειτουργίας μπορούν να ελαχιστοποιήσουν την χρήση τέτοιων χημικών.

Η συνολική επίπτωση των μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικών μονάδων για το περιβάλλον είναι πιθανό να είναι εξαιρετικά μικρή και δύσκολα εντοπισμένη. Ωστόσο, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε και να έχουμε επίγνωση αυτών των επιπτώσεων (όπως αναφέρεται παραπάνω), έτσι ώστε ο αντίκτυπος να μπορεί εύκολα να μειωθεί με καλή μηχανική και πρακτικές. **[iitmicrogrid.net, 2017]**

3. Δεδομένα της περιοχής μελέτης

3.1 Το φράγμα Αποσελέμη

Ο ποταμός Αποσελέμης βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του νομού Ηρακλείου, πηγάζει από τις βορειοδυτικές πλαγιές της Δίκτης και ύστερα από μια σχετικά σύντομη διαδρομή (περίπου 25 km) μέσα από την καταπράσινη κοιλάδα της Λαγκάδας το ομώνυμο φαράγγι και στη συνέχεια τον υγρότοπο καταλήγει στο Κρητικό πέλαγος μεταξύ Ανάληψης και Γουβών.

Εικόνα 3.1 : Το φράγμα Αποσελέμη από την είσοδο του Οροπεδίου Λασιθίου.



Πηγή : Σιγανός, 2015

Ο Αποσελέμης συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό των νερών των δυτικών πλαγιών της Δίκτης (νερά των οροπεδίων Καθαρού και Λασιθίου) τα οποία μέσω του Χώνου, που βρίσκεται στη δυτική πλευρά του οροπεδίου Λασιθίου, τροφοδοτούν υπό ομαλές συνθήκες τις υπόγειες υδατοδεξαμενές της ευρύτερης περιοχής. Όταν όμως η ποσότητα των εισρεόντων στο Χώνο υδάτων ξεπερνά την δυνατότητα υπόγειας απορρόφησης των, τότε η επί

πλέον ποσότητα εκβάλλει σε διάφορα σημεία της δυτικής πλευράς του ορεινού δακτυλίου του Οροπεδίου, τις αποκαλούμενες από τον λαό Φλέγες. Η σημαντικότερη Φλέγα που θεωρείται η αφετηρία του ποταμού είναι εκείνη που βρίσκεται γύρω στα 3 km ανατολικά της Κασταμονίτσας κάτω από το Ρούσο γκρεμό. Η εκροή των υδάτων από τις Φλέγες είναι διαλείπουσα και γίνεται ορατή μόνον όταν στον κάμπο του οροπεδίου Λασιθίου δημιουργείται πλημύρα λόγω έντονων καιρικών φαινομένων.

Εικόνα 3.2 : Πλημύρα στο Οροπέδιο Λασιθίου λόγω έντονων καιρικών φαινομένων.



Πηγή : Σιγανός, 2013

Από τις Φλέγες ο ποταμός ακολουθώντας βόρειο – βορειοανατολική πορεία συλλέγει κατά αυτήν τα νερά διαφόρων πηγών. Λίγο πριν φθάσει στο Αβδού ο ποταμός ενώνεται με δυο άλλα ρέματα, τον Αγιωργιώτη ποταμό και τον Πετρά, σχηματίζουν με το Χώνο το λεγόμενο τριπόταμο και παίρνει πορεία προς τα δυτικά. Μέχρι εδώ ο ποταμός δεν έχει πάρει ακόμη το όνομα Αποσελέμης αλλά λέγεται Χώνος προφανώς υπενθυμίζοντας με αυτό το όνομα ότι η δημιουργία του οφείλεται στα νερά του Λασιθιώτικου Χώνου. Προτού φθάσει στις ποταμιές δέχεται τα νερά ενός ρυακιού που ξεκινά από την περιοχή των Ασκών, το λεγόμενο φαράγγι. Ενισχυμένος εδώ ο χείμαρρος παίρνει το όνομα Αποσελέμης και φθάνοντας στις Ξεροκαμάρες ενώνεται με τον μικρό ποταμό που έρχεται από την περιοχή του Μπιτζαριανού. Ο ενοποιημένος Αποσελέμης μπαίνει στο ομώνυμο φαράγγι έως το ύψος των Αγριανών και στη συνέχεια διασχίζει ένα σημαντικό υγρότοπο για να καταλήξει στη θάλασσα. [**Καραβαλάκης 2006**]

Εικόνα 3.3 : Το φράγμα του Αποσελέμη.



Πηγή : ert.gr, 2015

Το φράγμα Αποσελέμη βρίσκεται μετά το ενοποιημένο σημείο του ποταμού Αποσελέμη και σε απόσταση περίπου 1,2 km ανάντη του οικισμού Ποταμιές στο δρόμο προς το οροπέδιο Λασιθίου και σε απόσταση περίπου 30 km ανατολικά της πόλεως Ηρακλείου. Κύριος του έργου είναι το Υ-ΠΕ-ΧΩ-Δ-Ε, επιβλέπουσα και προϊσταμένη υπηρεσία είναι η Διεύθυνση Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης Δ6 και διευθύνουσα υπηρεσία επί τόπου των έργων η ΕΥΔΕ Ύδρευσης Ηρακλείου και Αγ. Νικολάου από το φράγμα Αποσελέμη. **[potamies.gr 2010]**

Χάρτης 3.1 : Η τοποθεσία του φράγματος Αποσελέμη και τα γύρω χωριά.



Πηγή : Google maps, 2016

Έργο με μεγάλη ιστορία είναι η κατασκευή του φράγματος Αποσελέμη για το οποίο οι πρώτες μελέτες για το έργο ξεκίνησαν το 1972 ενώ η οριστική μελέτη του φράγματος πραγματοποιήθηκε το 2000. Η κατασκευή του φράγματος δημοπρατήθηκε τέλη του 2004 και ο διαγωνισμός ολοκληρώθηκε με θετικό πόρισμα από το Ελεγκτικό Συνέδριο τον Ιούνιο του 2005. Οι εργασίες ξεκίνησαν το 2005 και ολοκληρώθηκαν στα μέσα του 2015. Το έργο αποτελείται από το Κυρίως Ανάχωμα του Φράγματος, με ενσωματωμένο το Κυρίως Ανάντη Πρόφραγμα, τον αγωγό εκτροπής στο δεξι αντέρεια ο οποίος συνδυάζεται με το σύστημα υδροληψίας εκκένωσης (κεκλιμένος οχετός με 4 υδροληψίες) και με τον μετωπικό υπερχειλιστή επίσης στο δεξι αντέρεια. Το ανάχωμα του φράγματος έχει συνολικό όγκο $3,35 \times 10^6 \text{ m}^3$, ύψος 61 μέτρα από την προβλεπόμενη στάθμη θεμελίωσης, πλάτος και μήκος στέψης 8 μέτρα και 660 μέτρα αντίστοιχα και κλίση πρανών ανάντη 1:3 και κατόντη 1:2.5. Έργα για την ενίσχυση του ταμιευτήρα φράγματος του Αποσελέμη από το Οροπέδιο Λασιθίου συμπληρώνουν το παραπάνω έργο. Με τα έργα ενίσχυσης του ταμιευτήρα εξασφαλίζεται η πλήρωση του φράγματος με τα πλεονάζοντα νερά του Οροπεδίου Λασιθίου, μέσω υπόγειας σήραγγας η οποία δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα και δεν υποβαθμίζει αισθητικά την ιδιαίτερου φυσικού κάλλους περιοχή. Η λεκάνη απορροής του φράγματος Αποσελέμη έχει έκταση $62,4 \text{ km}^2$, μέσο υψόμετρο 595,4m και μέση ετήσια βροχόπτωση 800,6 mm. Η λεκάνη απορροής του Οροπεδίου Λασιθίου έχει έκταση $80,56 \text{ km}^2$. Από

μορφολογική άποψη η περιοχή χαρακτηρίζεται από το σχετικά μεγάλο εύρος της ευρύτερης κοίτης του Αποσελέμη και από το ήπιο έως μέτριο ανάγλυφο των αντερεισμάτων της λεκάνης κατάκλισης . Τμήμα της επαρχιακής οδού από τις Ποταμιές μέχρι το Αβδού κατακλύζεται από τον ταμιευτήρα Αποσελέμη. Για την εξυπηρέτηση των κατοίκων της περιοχής και την πρόσβαση στη στέψη του φράγματος δημιουργήθηκε στο δεξί αντέρεισμα αγροτική παραλίμνια οδός μήκους 6,8km και πλάτους 5m. [portal.tee.gr 2010]

3.2 Ο υπόγειος αγωγός

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ένα από τα συμπληρωματικά έργα του φράγματος Αποσελέμη είναι η ενίσχυση του φράγματος με τη συλλογή των πλεοναζόντων νερών του Οροπεδίου Λασιθίου και την διοχέτευση τους μέσω ενός υπόγειου αγωγού στο φράγμα. Η τοποθεσία στην οποία θα ξεκινάει ο υπόγειος αγωγός είναι μπροστά από την Ι. Μονή Βιδιανής, και θα καταλήγει στην τοποθεσία λίγο έξω από το χωριό Γωνιές. Στους παρακάτω χάρτες φαίνονται τα αντίστοιχα σημεία εισόδου και εξόδου του αγωγού.

Χάρτης 3.2 : Είσοδος υπόγειου αγωγού.



Πηγή : Google maps, 2016

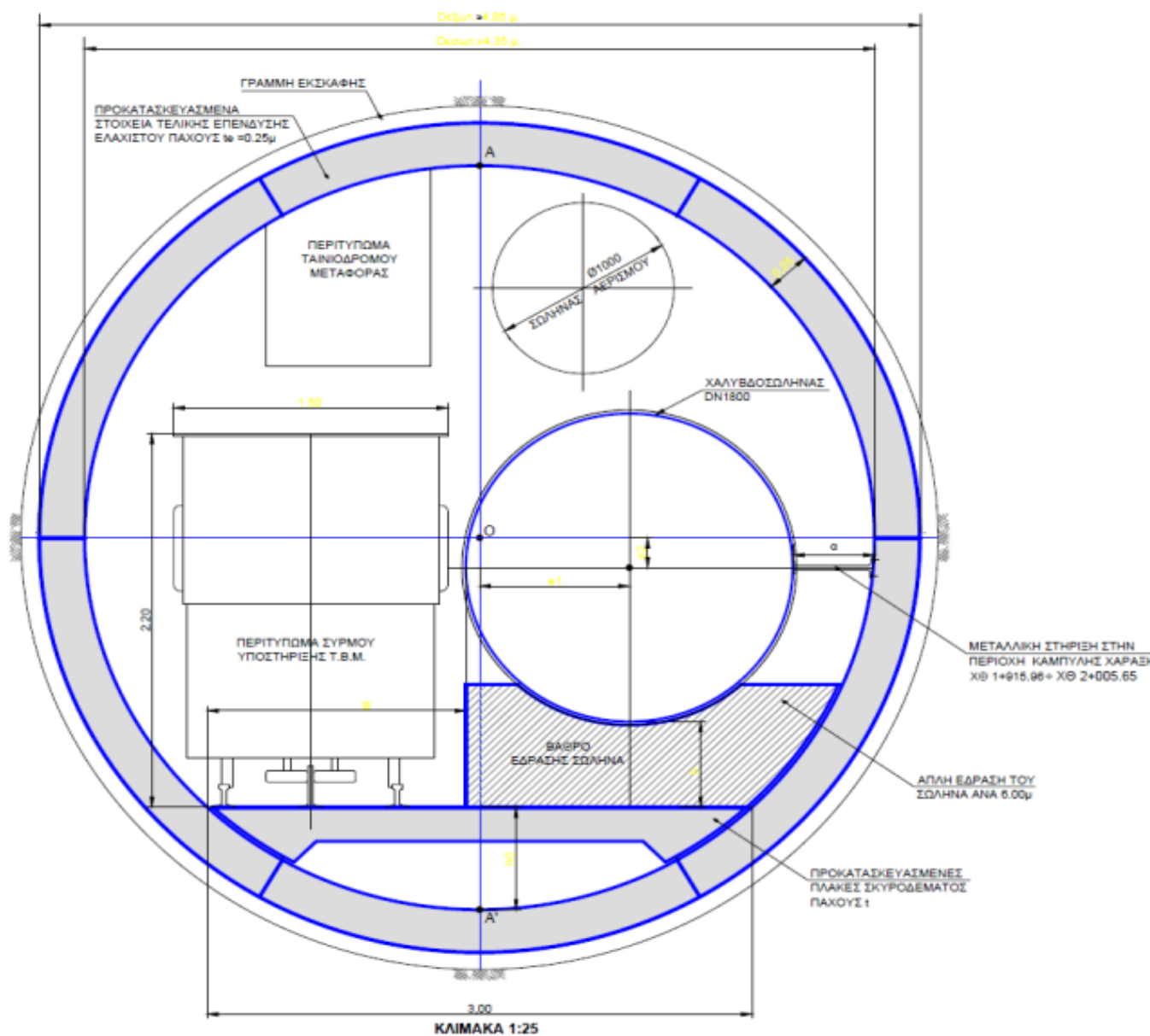
Χάρτης 3.3 : Έξοδος υπόγειου αγωγού.



Πηγή : Google maps, 2016

Για τον αντίστοιχο αγωγό έχει γίνει συγκεκριμένη μελέτη και όσον αφορά τη διάμετρό του αλλά και για την κατάλληλη τοποθεσία από οικονομική άποψη αλλά και περιβαλλοντική. Το αποτέλεσμα της μελέτης ήταν ένας αγωγός διαμέτρου 1,80m ο οποίος θα είναι κατάλληλος ακόμη και για τις μεγαλύτερες παροχές από τυχόν πλημμύρες που φτάνουν και τα 20m³/s. Βέβαια η υπόγειος σήραγγα θα είναι μεγαλύτερης διατομής έτσι ώστε να μπορεί να μπαίνει συνεργείο και να γίνεται η κατάλληλη συντήρηση. Στην εικόνα 3.4 φαίνεται η σήραγγα με τον αγωγό. **[Λαζαρίδης, 2010]**

Εικόνα 3.4 : Διάταξη αγωγού.

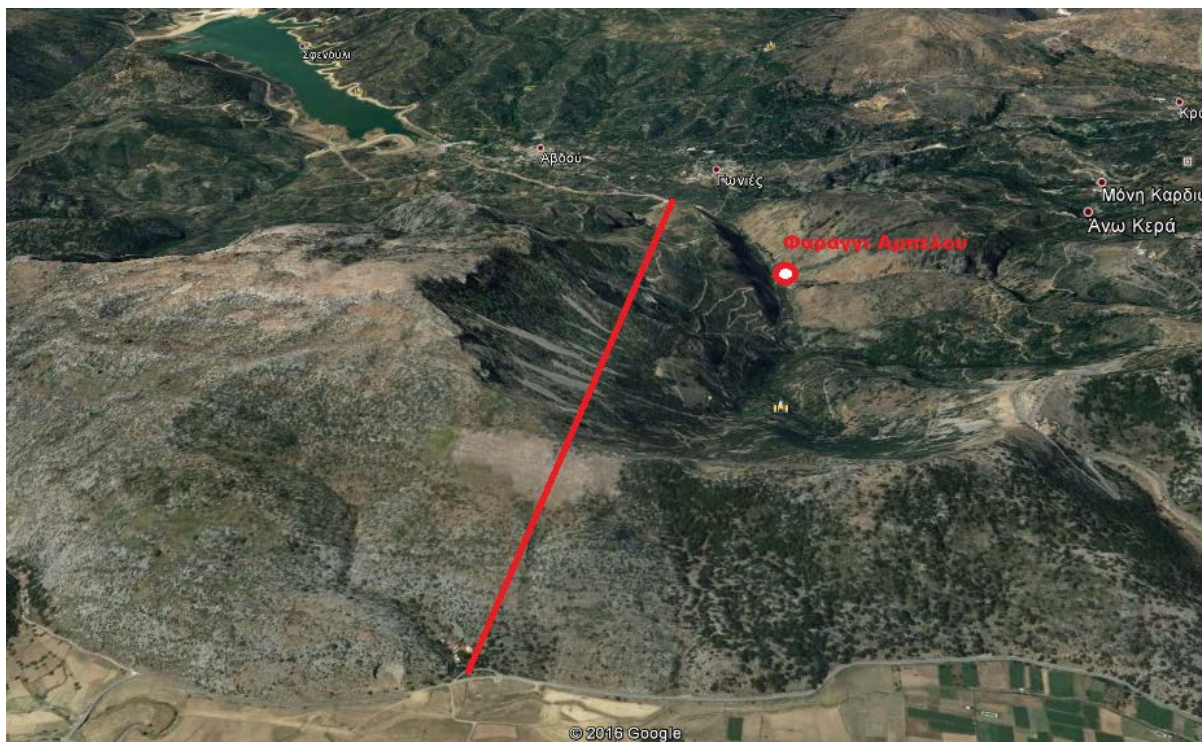


Πηγή : Κοτσώνης, 2013

Εκτός από την μελέτη της διαμέτρου του αγωγού έχει εκπονηθεί και ΜΠΕ (Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων) για την σωστή τοποθεσία του αγωγού έτσι ώστε να μην έχουμε αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μέσα από αυτήν τη μελέτη προέκυψε και αλλαγή της αρχικής τοποθεσίας του αγωγού, ο οποίος είχε σχεδιαστεί να είναι μικρότερο μέρος υπόγειος και μέσω του φαραγγιού Αμπέλου να καταλήγει έξω από το χωριό Γωνιές και στη συνέχεια στο φράγμα Αποσελέμη. Όμως η περιοχή του φαραγγιού είναι Natura 2000 και έτσι ανάγκασε μεγαλύτερο μέρος του αγωγού να είναι υπόγειο και με

μεγαλύτερο τελικό κόστος. Στο χάρτη 3.4 φαίνεται η υπόγεια σήραγγα δίπλα από το φαράγγι της Αμπέλου.

Χάρτης 3.4 : Υπόγειος αγωγός.



Πηγή : Google maps, 2016

Αυτή η υπόγεια σήραγγα είναι και το ενδιαφέρων σημείο με το οποίο ασχολούμαστε σε αυτή την εργασία. Η υψομετρική διαφορά από την εισαγωγή του νερού στην υπόγεια σήραγγα μέχρι την έξοδό του είναι περίπου 500 μέτρα, το οποίο σημαίνει ότι το νερό θα έχει αποκτήσει κάποια πίεση περίπου 50 ατμόσφαιρες. Για τη διοχέτευση του νερού σε κάποιο αγωγό για να οδηγηθεί στο φράγμα από τη σήραγγα θα χρειαστούν έργα μείωσης αυτής της πίεσης η οποία είναι τεράστια. Για αυτά τα έργα μείωσης θα υπάρξουν έργα καταστροφής ενέργειας αγωγού πτώσης στο οποίο οδηγείται η ροή μέσω δύο βαλβίδων Howell-Bunger DN900 και DN500.

Εικόνα 3.5 : Οι βαλβίδες εκτόνωσης πίεσης Howell-Bunger DN900 και DN500.



Πηγή : Κοτσώνης, 2013

Στη θέση αυτών των βαλβίδων για τα έργα μείωσης της πίεσης εξετάζουμε την δημιουργία ενός ΜΥΗΕ μετατρέποντας την ενέργεια αυτή της πίεσης σε μηχανική κίνηση και έπειτα σε ηλεκτρική μέσω του υδροηλεκτρικού σταθμού.

3.3 Εξυπηρετούμενος πληθυσμός

Η σημασία του έργου του φράγματος του Αποσελέμη είναι σπουδαία διότι έρχεται να δώσει λύση σε ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της Κρήτης την ανυδρία και ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Υδροδοτούνται οι πόλεις του Ηρακλείου και του Αγίου Νικολάου καθώς και έξι Δήμοι και δεκαεννέα οικισμοί κατά μήκος του άξονα Λινοπεράματα-Ηράκλειο-Χερσόνησος-όρια Νομών Ηρακλείου και Λασιθίου-Νεάπολη-Άγιος Νικόλαος-Ελούντα. Τα έργα θα αποτελέσουν ένα ενιαίο σύστημα υδροδότησης το οποίο θα έχει σαν στόχο την αντιμετώπιση του οξύτατου προβλήματος

ανεπάρκειας νερού μέχρι το 2035. Εκτιμάται ότι κατά το έτος αυτό οι ανάγκες ύδρευσης στις προς υδροδότηση περιοχές θα αντιστοιχούν σε μόνιμο πληθυσμό 264.000 κατοίκων καθώς και σε 125.000 ξενοδοχειακές κλίνες. Εξασφαλίζεται νερό πολύ καλής ποιότητας, σε σχέση με το υπάρχον, που ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές της ΕΟΚ για νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση (ύδρευση). Με την κατασκευή του φράγματος Αποσελέμη στην περιοχή Ποταμιές γίνεται ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, επιφανειακών και υπογείων, όπως απαιτεί η αειφόρος ανάπτυξη. Γίνεται δηλαδή εκμετάλλευση των βροχοπτώσεων και μειώνεται η χρήση των γεωτρήσεων που αποδίδουν και κακής ποιότητας νερό. **[potamies.gr 2010]**

4. Μεθοδολογία

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε την διαστασιολόγηση του υδροηλεκτρικού όπου περιλαμβάνει την επιλογή του υδροηλεκτρικού που θα χρησιμοποιήσουμε και τα χαρακτηριστικά του και την κοστολόγησή του μέσω του προγράμματος RETScreen International 4.0. Επίσης θα γίνει αναφορά στα ήδη υπάρχων κοινωνικά προβλήματα εξαιτίας του φράγματος Αποσελέμη αλλά και στις περιοχές που τυχόν θα επηρεαστούν από την δημιουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού, με εκτίμηση του πληθυσμού των οικισμών και υπολογισμός του αντιπροσωπευτικού ποσοστού των κατοίκων για την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων.

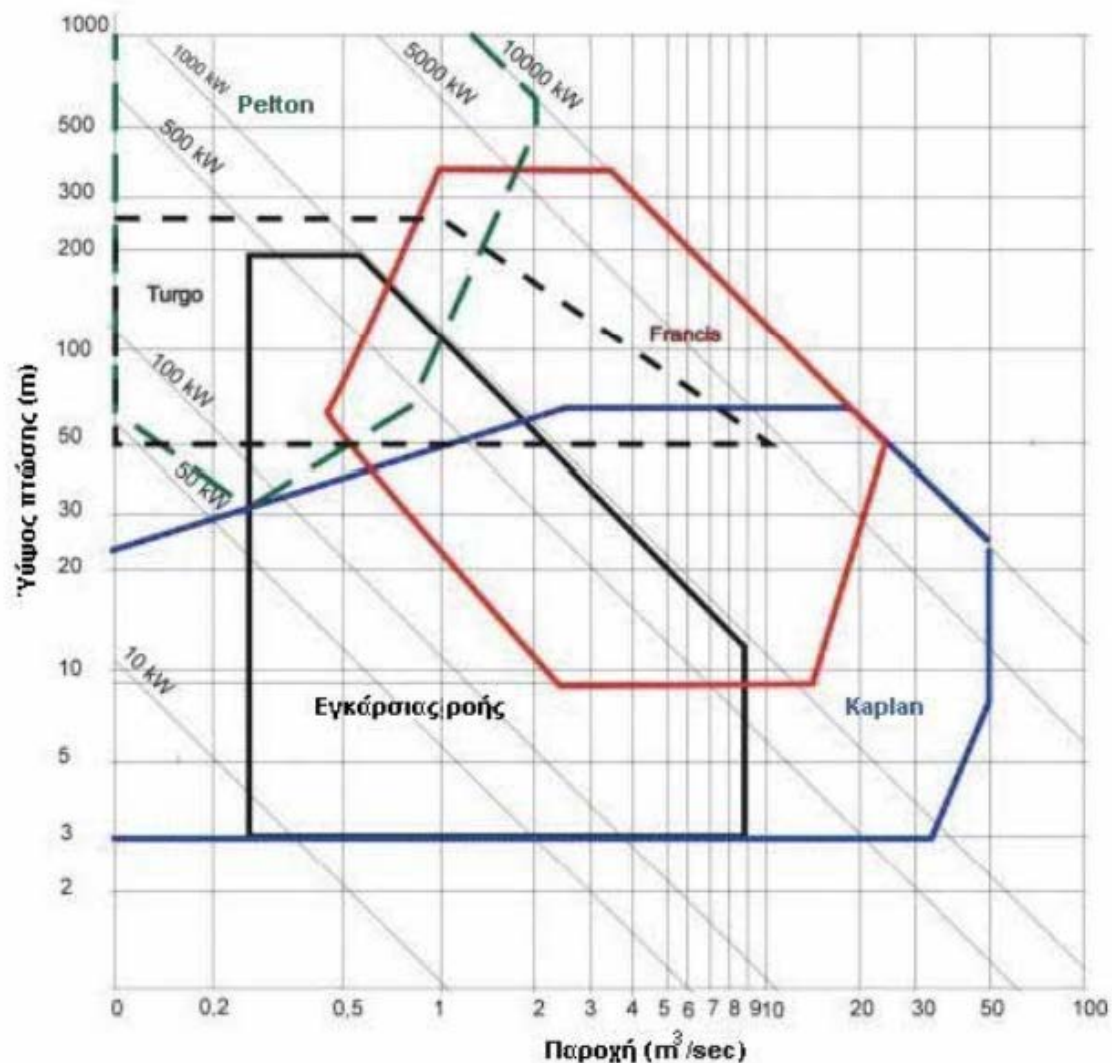
Πίνακας 4.1 : Τα στάδια της μεθοδολογίας.

Διερεύνηση κοινωνικής αποδοχής	Διαστασιολόγηση
1. Αναφορά υπάρχων προβλήματος	1. Εκτίμηση παροχής νερού και ύψους πτώσης
2. Οικισμοί που επηρεάζονται (πληθυσμός)	2. Επιλογή υδροστροβίλου
3. Βασικές ερωτήσεις	3. Κοστολόγηση υδροστροβίλου
4. Ερωτηματολόγιο	

4.1 Διαστασιολόγηση

Τα βασικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την επιλογή του υδροστροβίλου για μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση είναι το μέγεθος της υδραυλικής κεφαλής, η ογκομετρική παροχή και η ταχύτητα του δρομέα του υδροστροβίλου. Για την επιλογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας υδροστροβίλου που τελικά θα επιλέξουμε χρησιμοποιούμε το διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου (Διάγραμμα 4.1).

Διάγραμμα 4.1 : Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου.

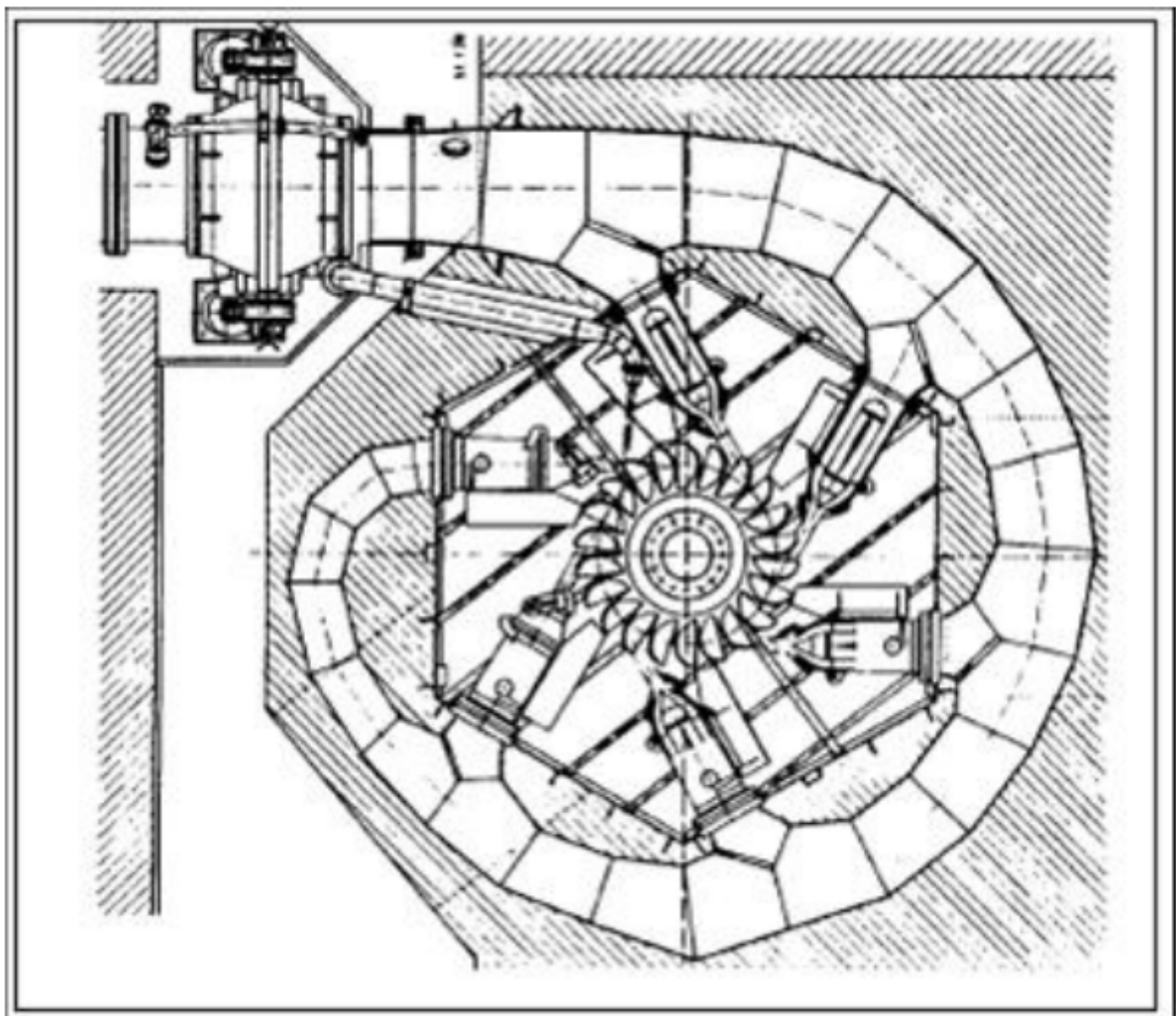


Πηγή : ΚΑΠΕ

Από το παραπάνω διάγραμμα για μεικτό ύψος πτώσης $H=500\text{m}$ και παροχή σχεδιασμού $Q=0,2\text{m}^3/\text{s}$ προκύπτει πως η τεχνολογία υδροστροβίλων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είναι Pelton. Η παροχή αυτή επιλέχθηκε σύμφωνα με την **ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΓΩΓΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ** στην οποία προτείνετε παροχή για μελλοντικό υδροηλεκτρικό σταθμό. Η παροχή η οποία συνιστούσε η συγκεκριμένη μελέτη ήταν αρκετά μεγαλύτερη όμως δεν προέρχεται από αναλυτική μελέτη για το λόγο τον οποίο δεν έχει ολοκληρωθεί το έργο συλλογής των επιφανειακών νερών του Οροπεδίου Λασιθίου αλλά και του αντίστοιχου υπόγειου αγωγού. Ακόμη τα νερά αυτά δεν θα είναι για όλο το χρόνο, αλλά για κάποιους μήνες που έχουμε την έντονη βροχόπτωση. Για αυτό το λόγο επιλέξαμε μια μικρότερη παροχή με την προϋπόθεση ότι θα έχουμε κινούμενα νερά όλο το χρόνο από τον αντίστοιχο υπόγειο αγωγό.

Ο υδροστρόβιλος Pelton ανήκει στην κατηγορία των υδροστρόβιλων δράσεως οι οποίοι είναι μερικής προσβολής και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα μόνο της πτερωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή. Οι υδροστρόβιλοι δράσεως χρησιμοποιούνται κυρίως για μεγάλα ύψη πτώσεως και η απόδοσή τους είναι της τάξεως του 90%. Κατασκευάζονται για πολύ μικρές ισχύς (kW) έως πολύ μεγάλες (MW). Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας σχηματίζοντας το καθένα δέσμη κυκλικής διατομής. Κάθε δέσμη προσπίπτει στο δρομέα δίνοντας σε αυτόν μια ώθηση, που δημιουργεί την κινητήρια ροπή. Ο δρομέας είναι τοποθετημένος με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η δέσμη του νερού μετά την πρόσπτωσή της σε αυτόν, να πέφτει με τη βαρύτητα στην ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας φυγής.

Εικόνα 4.1 : Διάταξη υδροστροβίλου Pelton κατακόρυφου άξονα με 6 δέσμες.



Πηγή : Αγγελίδης, 2017

Ο άξονας του δρομέα μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Όταν έχουμε πολλά σκαφίδια προτιμότερο είναι η κατακόρυφη διάταξη του άξονα, για να μην παρενοχλείται η λειτουργία των ακροφυσίων από τα απόνερα των σκαφιδιών. [Αγγελίδης , 2017]

Εικόνα 4.2 : Υδροστρόβιλος Pelton κάθετου άξονα.



Πηγή : Αγγελίδης, 2017

Για την βιωσιμότητα του έργου δηλαδή του υδροηλεκτρικού σταθμού είναι αναγκαίο να εξετάσουμε και το οικονομικό κομμάτι, μελετώντας το κόστος του αλλά και την περίοδο απόσβεσής του. Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό είναι το λογισμικό RETscreen International για το σχεδιασμό ΜΥΗΕ. Το πρόγραμμα αυτό είναι ένα τυποποιημένο λογισμικό ανάλυσης ενός προγράμματος ανανεώσιμης

ενέργειας. Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό παραγωγής ενέργειας, το κόστος του κύκλου ζωής και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για διάφορες τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας. Το πρόγραμμα τρέχοντάς το διακρίνουμε ότι αποτελείται από διάφορα βήματα. Το πρώτο βήμα αφορά το ενεργειακό μοντέλο όπου εισάγονται δεδομένα υδρολογικά, τοπογραφικά και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για τον υπολογισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το ΜΥΗΕ. Στη συνέχεια στο επόμενο βήμα είναι η ανάλυση κόστους στο οποίο το λογισμικό χρησιμοποιεί πρότυπο κοστολόγησης για την ανάλυση όλων των εργασιών που απαιτούνται για την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση ενός ΜΥΗΕ. Στο τρίτο βήμα γίνεται ανάλυση και υπολογισμός της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου από την λειτουργία του ΜΥΗΕ σε σχέση με την καύση συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στο τέταρτο βήμα το λογισμικό επεξεργάζεται τα προηγούμενα βήματα και μας παρουσιάζει τα οικονομικά αποτελέσματα ως προς την βιωσιμότητα της επένδυσης και τις ταμειακές εισροές από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο πίνακας 4.1 προέρχεται από το πρώτο βήμα του προγράμματος και αφορά το ενεργειακό μοντέλο. Η τιμή της ηλεκτρικής ισχύς προήλθε από το διάγραμμα 4.1 για το αντίστοιχο ύψος πτώσης και την παροχή που επιλέξαμε. Το ίδιο ισχύει και τον τύπο του υδροστροβίλου. Η τιμή για την πώληση του ηλεκτρικού προέρχεται από την τιμή που πουλάει η ίδια η ΔΕΗ στην Κρήτη το ηλεκτρικό της, η οποία είναι 0,0946 kWh. [dei.gr, 2017]

Πίνακας 4.2 : Ενεργειακό μοντέλο.

Υδροστροβίλος		
Ηλεκτρική ισχύς	kW	500
Κατασκευαστής	Alstom	
Μοντέλο	Pelton	
Συντελεστής ισχύος	%	70,0%
<hr/>		
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	3.066
<hr/>		
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/MWh	94,60

Στους παρακάτω πίνακες 4.2 και 4.3 παρατίθεται το βήμα της ανάλυσης κόστους του υδροηλεκτρικού έργου. Στο πρώτο πίνακα είναι τα αρχικά κόστη κατά την κατασκευή του έργου από το κόστος της μελέτης, τα μηχανολογικά, τον εξοπλισμό κ.α. Στο τέλος του πρώτου πίνακα φαίνεται το συνολικό κόστος του έργου για την κατασκευή του. Στο δεύτερο πίνακα

παρουσιάζονται τα κόστη που υπάρχουν κατά την λειτουργία του υδροηλεκτρικού αλλά και την συντήρησή του.

Πίνακας 4.3 : Ανάλυση κόστους.

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Μελέτη σκοπιμότητας				
Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Υπό-σύνολο:				\$ 80.000
Ανάπτυξη				
Ανάπτυξη	κόστος	1	\$ 75.000	\$ 75.000
Υπό-σύνολο:				\$ 75.000
Μηχανολογικά				
Μηχανολογικά	κόστος	1	\$ 135.000	\$ 135.000
Υπό-σύνολο:				\$ 135.000
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας				
Υδροστρόβιλος	kW	500,00	\$ 250	\$ 125.000
Έργα οδοποιίας	km	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	km	10	\$ 9.500	\$ 95.000
Υποσταθμός	έργο	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			\$ -
οικοδομικές εργασίες	κόστος	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Υπό-σύνολο:				\$ 640.000
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα				
Ανταλλακτικά	%	0,4%	\$ 125.000	\$ 500
Μεταφορά	έργο	1	\$ 1.500	\$ 1.500
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα			\$ -
Διάφορα	κόστος	1	\$ 89.360	\$ 89.360
Απρόβλεπτα	%	5,0%	\$ 1.021.360	\$ 51.068
Τόκος κατά την κατασκευή			\$ 1.072.428	\$ -
Υπό-σύνολο:				\$ 142.428
Συνολικά αρχικά κόστη				\$ 1.072.428

Πίνακας 4.4 : Ανάλυση κόστους.

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση				
Τμήματα & Εργασία	έργο	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Διάφορα	κόστος	1	\$ 110.000	\$ 110.000
Απρόβλεπτα	%	5,0%	\$ 170.000	\$ 8.500
Υπό-σύνολο:				\$ 178.500

Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ετος	Μονάδα κόστους	Ποσό
επισκευή τουρμπίνας	κόστος	20	\$ 30.000	\$ 30.000
				\$ -
Τέλος διάρκειας ζωής έργου	κόστος			\$ -

4.2 Διερεύνηση κοινωνικής αποδοχής

Το σημαντικότερο πρόβλημα στο έργο του φράγματος Αποσελέμη ήταν το χωριό Σφεντύλι, το οποίο καλύφθηκε από το νερό του φράγματος σχεδόν ολοκληρωτικά. Έγιναν μεγάλες αντιστάσεις από τους κατοίκους κατά την κατασκευή του έργου κάτι το οποίο κόστισε πολύ σε χρόνο δηλαδή σε καθυστέρηση της επίτευξης του έργου και συνεπώς και σε χρήματα.

Εικόνα 4.3 : Το χωριό Σφεντύλι μισοβυθισμένο.



Είναι ένα πολύ τρανταχτό παράδειγμα για το πόσο σημαντική είναι η κοινωνική γνώμη των ανθρώπων που βρίσκονται κοντά στο οποιοδήποτε μεγάλο ή μικρό έργο.

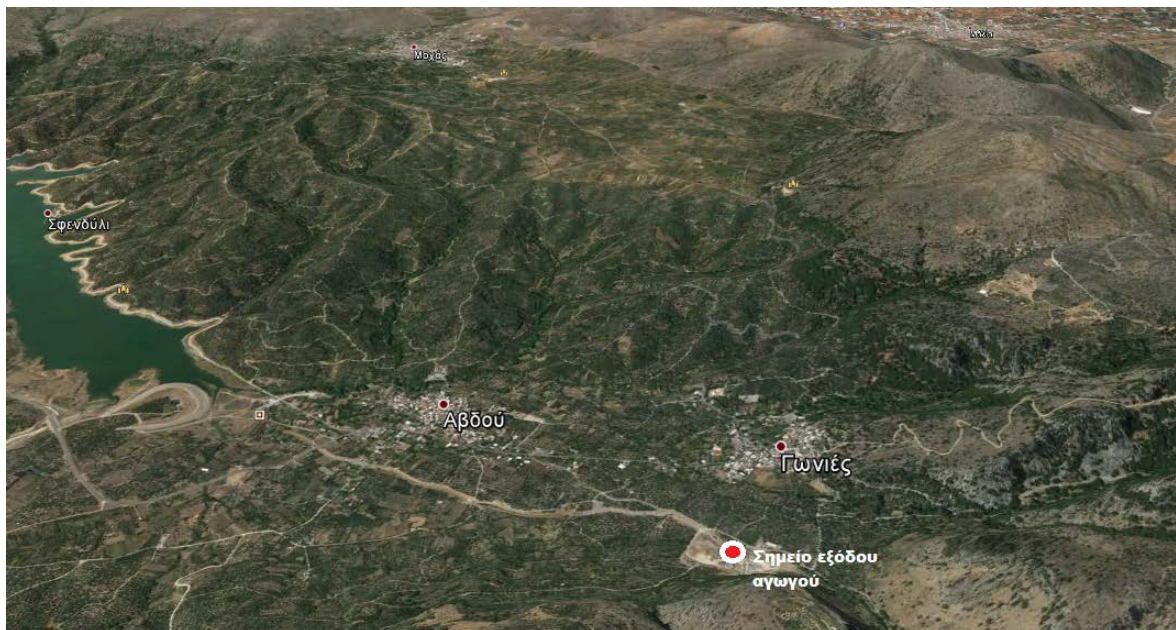
Εικόνα 4.4 : Βυθισμένα σπίτια από το χωριό Σφεντύλι.



Για το λόγο αυτό προτού γίνει κάποιο έργο κατασκευαστικό καλό θα είναι να υπάρχει και μια εικόνα για την θέση των κατοίκων γύρω από την

περιοχή που ενδέχεται να επηρεάσει αισθητικά και όχι μόνο. Γνωρίζοντας την γνώμη αυτών μπορεί κανείς να τους ενημερώσει καλύτερα για το έργο και ίσως να τους αλλάξει και στάση απέναντι σε αυτό αν είναι αρνητικοί. Έτσι και εμείς μελετώντας για την βιωσιμότητα της ενεργειακής αξιοποίησης του φράγματος έπρεπε να δούμε και την κοινή γνώμη. Η μελέτη μας αφορά την δημιουργία υδροηλεκτρικού σταθμού μετά την έξοδο του νερού από τον αγωγό, ο οποίος θα μεταφέρει τα λιμνάζοντα νερά του Οροπεδίου Λασιθίου στο φράγμα του Αποσελέμη. Ο αγωγός αυτός είναι πλησίον σε δύο χωριά τις Γωνιές και το Αβδού, τα οποία ήταν και τα χωριά όπου μοιράστηκαν ερωτηματολόγια για να δούμε την κοινή γνώμη για την δημιουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Χάρτης 4.1 : Τοποθεσία εξόδου του αγωγού μεταφοράς επιφανειακών νερών Οροπεδίου Λασιθίου.



Πηγή : Google maps, 2016

Για να καταγράψουμε τη γνώμη των κατοίκων των γύρω από το φράγμα χωριών, ετοιμάσαμε ειδικά διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο. Ο αριθμός των κατοίκων για κάθε χωριό προήλθε από την τελευταία απογραφή που έγινε το 2011. Οι κάτοικοι για το χωριό Γωνιές ήταν 357 και για το Αβδού 425. Για να πετύχουμε την μέγιστη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, τα μοιράσαμε κατά την εκλογική μέρα του Σεπτεμβρίου του 2015. Ο αριθμός

των ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν είναι 122 ερωτηματολόγια, ο οποίος θεωρούμε ότι είναι ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός για το πληθυσμό που έχουμε.

Η βασική πληροφορία όπως είπαμε που θέλαμε να συλλέξουμε από αυτά τα ερωτηματολόγια ήταν η γνώμη αλλά και η γνώση του κόσμου για το ήδη υπάρχον φράγμα του Αποσελέμη αλλά και για την πιθανή κατασκευή του υδροηλεκτρικού σταθμού. Έτσι προσθέσαμε ερωτήσεις για τη γνώμη των κατοίκων πάνω στις αρνητικές επιπτώσεις του φράγματος αναφέροντας μερικές από τις πιο σημαντικές, σημειώνοντας με πιο βαθμό έχουν επηρεάσει το περιβάλλον (χαμηλή-μέτρια-υψηλή). Μία άλλη ερώτηση σημαντική για την μελέτη μας ήταν η γνώμη τους για το υδροηλεκτρικό σταθμό και ποια η στάση τους για την δημιουργία του, έχοντας ήδη γνωρίσει επιπτώσεις από ένα μεγάλο έργο, το φράγμα. Το ερωτηματολόγιο εξολοκλήρου παρατίθεται στο παράρτημα 2.

5. Αποτελέσματα

5.1 Ανάλυση αποτελεσμάτων υδροηλεκτρικού

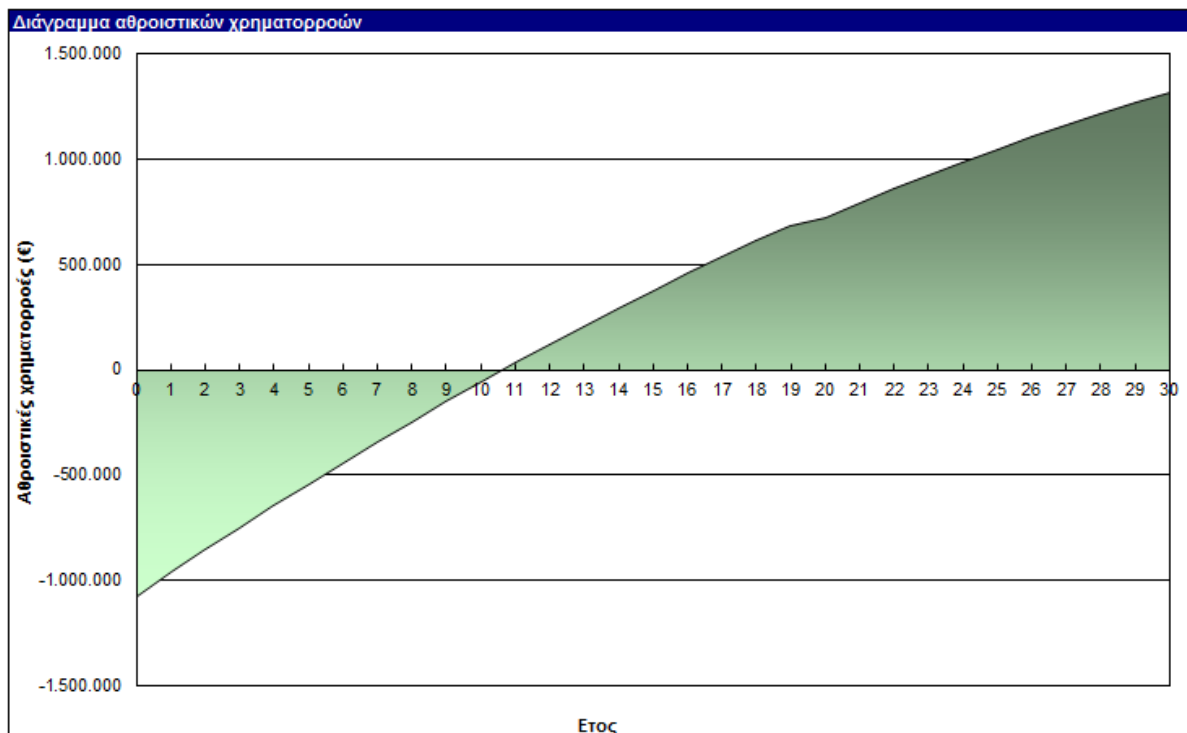
Εξετάζοντας την βιωσιμότητα του υδροηλεκτρικού σταθμού και τρέχοντας το λογισμικό RETScreen δημιουργήσαμε κάποια σενάρια για να δούμε τα διαφορετικά αποτελέσματα και συγκρίνοντάς τα να προτείνουμε το καταλληλότερο για την βιωσιμότητα του. Εκείνο το οποίο αλλάζαμε τρέχοντας τα διαφορετικά σενάρια ήταν αρχικά η τιμή και τέλος υπολογίζοντας κάποια επιδότηση του έργου.

Πίνακας 5.1 : Σενάρια ΜΥΗΕ

Τεχνολογία Υδροστροβίλου	Τιμή παραγόμενης μονάδας ενέργειας	Επιδότηση επί του αρχικού κόστους
Pelton	€/MWh	%
Μηδενικό σενάριο	94,60	0
1 ^ο σενάριο	104,06	0
2 ^ο σενάριο	113,52	0
3 ^ο σενάριο	94,60	50

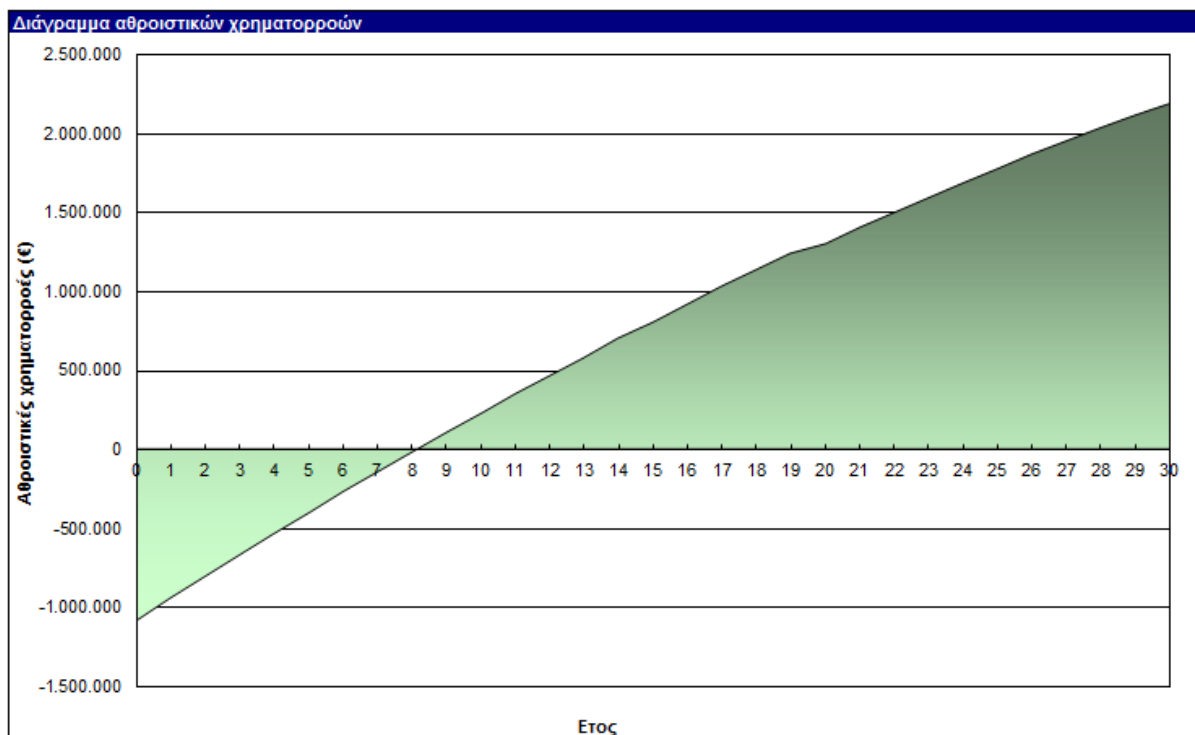
Ξεκινώντας από το μηδενικό σενάριο έχουμε την τιμή στην οποία πουλάει η ΔΕΗ το ηλεκτρικό της να το αγοράζει και από εμάς δηλαδή στην τιμή 94,60 €/MWh. Τα ετήσια κόστη για την λειτουργία και την συντήρηση του υδροηλεκτρικού σταθμού ανέρχονται στο ποσό των 178.500€. Οι ετήσιες αποταμιεύσεις και το εισόδημα του σταθμού είναι 290.044€. Επομένως με αυτά τα νούμερα ο χρόνος αποπληρωμής είναι στα 10,6 χρόνια όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5.1.

Διάγραμμα 5.1 : Μηδενικό σενάριο.



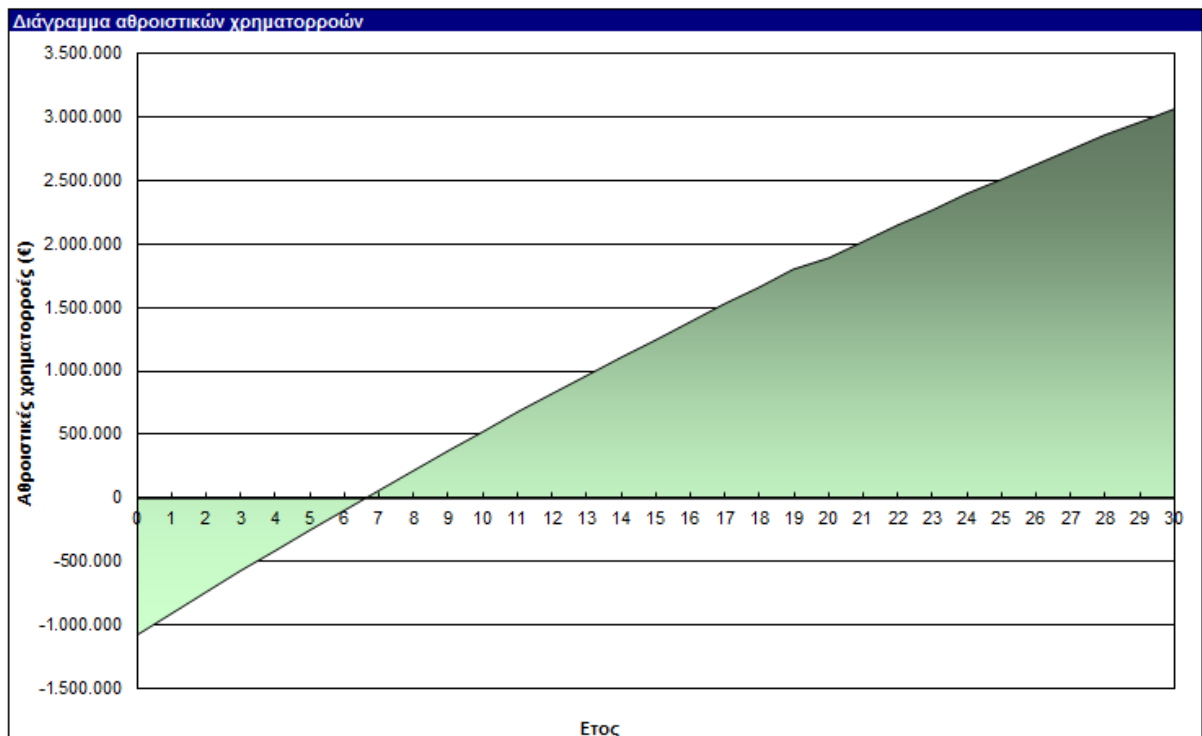
Το επόμενο σενάριο είναι το πρώτο σενάριο κατά το οποίο υπολογίζουμε μια αύξηση στην τιμή πώλησης του ηλεκτρικού προς το δίκτυο της ΔΕΗ κατά 10% για το λόγο ότι στην Κρήτη η τιμή του ηλεκτρικού που πωλείται από τη ΔΕΗ χρηματοδοτείται από το κράτος. Η τιμή σε αυτό το σενάριο είναι 104,06 €/MWh. Όπως και στο προηγούμενο σενάριο έτσι και εδώ τα κόστη ανέρχονται στο ίδιο ποσό των 178.500€ μιας και μιλάμε για το ίδιο υδροηλεκτρικό σταθμό. Οι ετήσιες αποταμιεύσεις και τα έσοδα όμως αυξήθηκαν μιας και η τιμή πώλησης του ηλεκτρικού αυξήθηκε και ανέρχονται στα 319.048€. Με αποτέλεσμα ο χρόνος αποπληρωμής να μειωθεί στα 8,1 χρόνια.(διάγραμμα 5.2)

Διάγραμμα 5.2 : Πρώτο σενάριο.



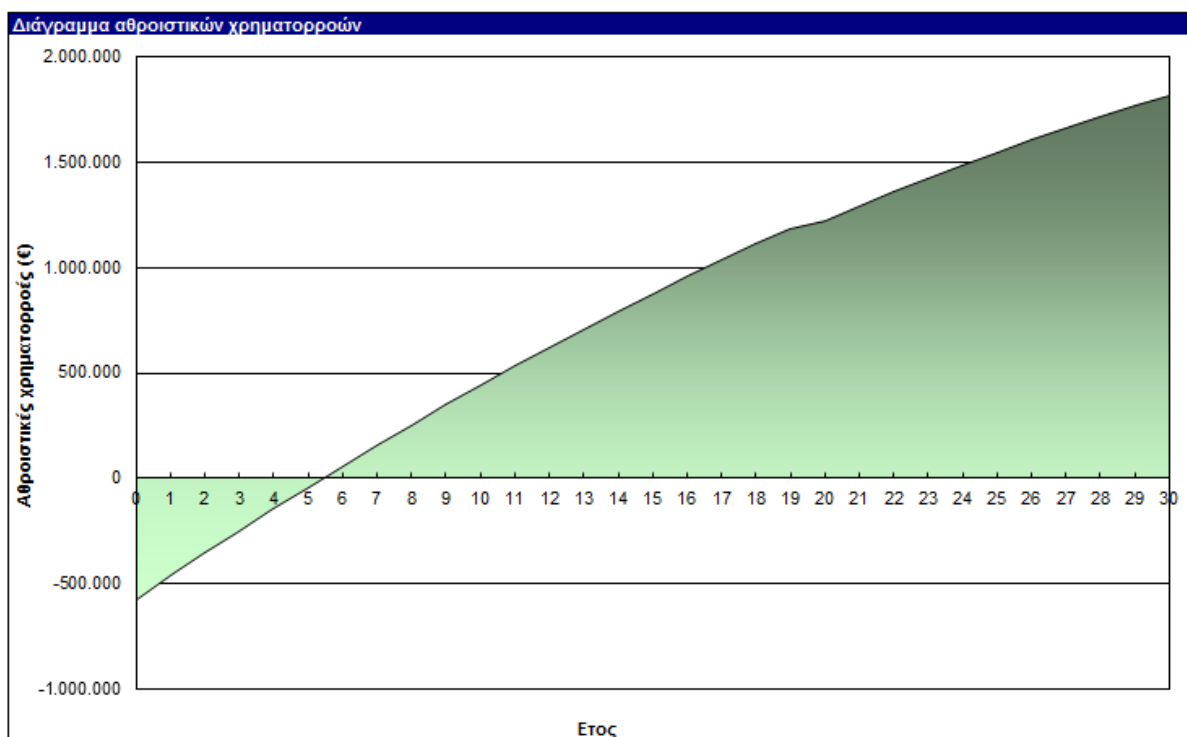
Ακολουθεί το δεύτερο σενάριο στο οποίο πάλι έχουμε αλλαγή στη τιμή του ηλεκτρικού αλλά τώρα έχουμε αύξησή του κατά 20% της αρχικής τιμής δηλαδή πώληση με τιμή 113,52 €/MWh. Ομοίως και εδώ με τα κόστη να είναι στα 178.500€ και τα έσοδα να έχουν ανέβει στο ποσό των 348.052€ με αποτέλεσμα ο χρόνος αποπληρωμής να είναι στα 6,6 χρόνια. (διάγραμμα 5.3)

Διάγραμμα 5.3 : Δεύτερο σενάριο.



Τέλος έχουμε το τρίτο σενάριο στο οποίο υποθέτουμε κάποια χρηματοδότηση του έργου πιθανώς από την Ευρωπαϊκή Ένωση ή από κάποιο άλλο παράγοντα αλλά με τη τιμή πώλησης του μηδενικού σεναρίου δηλαδή με 94,60 €/MWh. Η χρηματοδότηση είναι ύψους 50% του αρχικού κόστους του έργου. Τα κόστη τα οποία είναι σταθερά σε όλα τα σενάρια 178.500€ αλλά και τα έσοδα είναι στα ίδια επίπεδα με το μηδενικό σενάριο 290.044€. Για το λόγο όμως ότι έχουμε χρηματοδότηση του έργου ο χρόνος αποπληρωμής για το υπόλοιπο ποσό που απομένει είναι στα 5,4 χρόνια. (διάγραμμα 5.4)

Διάγραμμα 5.4 : Τρίτο σενάριο.



Εκτός από την οικονομική βιωσιμότητα του έργου το λογισμικό RETScreen μας δίνει και την εκτίμηση για το βαθμό μείωσης των ρύπων με τη χρήση του υδροηλεκτρικού σταθμού, η οποία είναι ίδια για όλα τα σενάρια. Μέσω της ανάλυσης μείωσης των εκπομπών προκύπτει η παρακάτω μείωση για υδροηλεκτρικό σταθμό 500kW ηλεκτρικής ισχύς.

Πίνακας 5.2 : Η μείωση των εκπομπών με χρήση υδροηλεκτρικού.

Τύπος καυσίμου	Εκπομπή ρύπων (tnCO ₂ / MWh)	Μεικτή ετήσια μείωση εκπομπών (tnCO ₂ / MWh)	Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών (tnCO ₂ / MWh)
Πετρέλαιο	2990,6			
Υδροηλεκτρικό	239,3	2751,3	8%	2531,3

5.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων κοινωνικών κριτηρίων

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων από τα ερωτηματολόγια όπου συλλέχτηκαν χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δεδομένων (SPSS). Αρχικά κωδικοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο με τις 12 συνολικές ερωτήσεις και στη συνέχεια περάστηκαν τα δεδομένα στο πρόγραμμα. Παρακάτω παρατίθενται οι ερωτήσεις και τα ποσοστιαία αποτελέσματα του ερωτηματολογίου.

Πίνακας 5.3 : Αποτελέσματα ερωτηματολογίων.

1. Φύλο ;	Ανδρας : 54,92%		Γυναίκα : 45,08%
2. Είστε μόνιμος κάτοικος περιοχή ;	Ναι : 52,46%		Όχι : 47,54%
3. Γνωρίζετε για το φράγμα Αποσελέμη ;	Ναι : 98,36%		Όχι : 1.64%
4. Αν ναι, πιστεύετε ότι έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλοντα χώρο ;	Ναι : 58,20%		Όχι : 41,80%
Αν ναι, βαθμολογήστε τις ακόλουθες.	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
α) Αισθητική αλλοίωση του χώρου κατά την κατασκευή του έργου.	34,25%	45,21%	20,55%
β) Θόρυβος κατά την κατασκευή.	34,25%	43,84%	21,92%
γ) Θόρυβο κατά την λειτουργία.	52,05%	39,73%	8,22%
δ) Απόβλητα από τις διεργασίες κατά την κατασκευή.	24,66%	47,95%	27,40%
ε) Καταστροφή βλάστησης.	17,81%	26,03%	56,16%
5. Θεωρείτε ότι θα βοηθήσει την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της περιοχής το φράγμα Αποσελέμη ;	Ναι : 70,49%		Όχι : 29,51%
6. Αν γνωρίζατε ότι θα δημιουργηθεί υδροηλεκτρικός σταθμός θα είχατε θετική στάση για το φράγμα ;	Ναι : 50,82%		Όχι : 49,18%
7. Αν όχι θα αλλάζατε γνώμη αν σας έλεγαν ότι από την δημιουργία του σταθμού θα επωφεληθείτε με μείωση στην τιμολόγηση του ηλεκτρικού ;	Ναι : 79,03%		Όχι : 20,97%

Εκτός από τα παραπάνω αποτελέσματα που πήραμε από το πρόγραμμα που είναι τα ποσοστά για κάθε απάντηση στην αντίστοιχη ερώτηση, με το SPSS μπορούμε να πάρουμε σύνθετα αποτελέσματα από το συνδυασμό /συσχέτιση δύο ερωτήσεων για καλύτερα συμπεράσματα. Για αρχή συγκρίναμε την ερώτηση για το φύλο με την ερώτηση για το αν πιστεύουν ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις.

Πίνακας 5.4 : Ερωτήσεις : φύλου – αρνητικές επιπτώσεις.

	Άνδρες	Γυναίκες
Ναι	56,72%	60%
Όχι	43,28%	40%

Οι επόμενες συνδυαστικές ερωτήσεις είναι αν πιστεύουν ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις με το αν βοηθήσει στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

Πίνακας 5.5 : Ερωτήσεις : αρνητικές επιπτώσεις – βοήθεια στην οικονομική ανάπτυξη.

	Αρνητικές επιπτώσεις	
	Ναι	Όχι
Οικονομική ανάπτυξη	67,61% ναι	74,51% ναι
	32,39% όχι	25,49% όχι

Αν πιστεύουν ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις με την ερώτηση αν έχουν θετική στάση για το φράγμα με την δημιουργία υδροηλεκτρικού σταθμού.

Πίνακας 5.6 : Ερωτήσεις : αρνητικές επιπτώσεις – θετική στάση για φράγμα.

	Αρνητικές επιπτώσεις	
	Ναι	Όχι
Θετική στάση	47,89% ναι	54,90% ναι
	52,11% όχι	45,10% όχι

Αν πιστεύουν ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις με την ερώτηση αν θα άλλαζαν στάση με μείωση του τιμολογίου του ηλεκτρικού.

Πίνακας 5.7 : Ερωτήσεις : αρνητικές επιπτώσεις – αλλαγή στάσης για το φράγμα.

	Αρνητικές επιπτώσεις	
	Ναι	Όχι
Αλλαγή γνώμης	71,79% ναι	91,30% ναι
	28,11% όχι	8,70% όχι

Τελευταία συνδυαστικά αποτελέσματα είναι για τις δύο τελευταίες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου δηλαδή αν έχουν θετική στάση για το φράγμα με την δημιουργία υδροηλεκτρικού με το αν άλλαζαν στάση με την μείωση του τιμολογίου του ηλεκτρικού.

Πίνακας 5.8 : Ερωτήσεις : θετική στάση για το φράγμα – αλλαγή στάσης.

	Θετική στάση	
	Ναι	Όχι
Αλλαγή γνώμης	100% ναι	81,67% ναι
	0% όχι	18,33% όχι

6. Συμπεράσματα

6.1 Υδροηλεκτρικό

Έπειτα από τη συλλογή και επεξεργασία των μετρήσεών μας, μπορούμε να προβούμε σε ορισμένα συμπεράσματα όσον αφορά τον υδροηλεκτρικό σταθμό κατά την κατασκευή του, τα κόστη του και τη σχέση του με το περιβάλλον. Η διάρκεια αποπληρωμής (Simple Payback) ή χρόνος απόσβεσης εκφράζει το πλήθος των ετών που απαιτούνται ώστε τα αναμενόμενα καθαρά έσοδα (έσοδα μείον τα λειτουργικά έξοδα) να αποπληρώσουν το ποσό της επένδυσης. Η διάρκεια αποπληρωμής ενός ΜΥΗΕ δεν πρέπει να ξεπερνά τα 8,5 έτη ώστε να μπορεί να κριθεί ως οικονομικά βιώσιμο. Παρατηρήσαμε λοιπόν ότι με την τιμή που πωλείται το ηλεκτρικό στους πολίτες (μηδενικό σενάριο) δεν συμφέρει να κατασκευαστεί το έργο διότι ο χρόνος αποπληρωμής του είναι πολύ μεγάλος. Με την αύξηση της τιμής κατά 10% και στη συνέχεια 20% (πρώτο και δεύτερο σενάριο αντίστοιχα) βλέπουμε ότι ο χρόνος απόσβεσης του έργου μειώνεται σε 8,1 έτη και 6,6 έτη αντίστοιχα οπότε και τα δύο κρίνονται οικονομικά βιώσιμα σενάρια. Το πιο βιώσιμο σενάριο όμως ήταν το τελευταίο στο οποίο υπήρχε 50% χρηματοδότηση του έργου και ο χρόνος απόσβεσης ήταν στα 5,4 έτη. Τώρα το ιδανικό θα ήταν να βρούμε κάποια καλή χρηματοδότηση με το συνδυασμό αύξηση της τιμής πώλησης του ηλεκτρικού.

Από το κομμάτι της μείωσης των εκπομπών με τη χρήση του υδροηλεκτρικού (πίνακας 5.2) είναι εμφανής η τεράστια μείωση των εκπομπών με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα με το υδροηλεκτρικό σταθμό που μελετήσαμε εμείς και είναι ένας από τους κύριους λόγους που προβαίνουμε στη μελέτη και δημιουργία τέτοιων έργων. Όταν με ένα μικρό σχετικά παραγωγής υδροηλεκτρικό πετυχαίνεις τέτοιες τιμές μείωσης σκεφτείτε με μεγαλύτερα. Βέβαια και για την δημιουργία του πρέπει να τηρούμε και τις προϋποθέσεις που αφορούν το περιβάλλον κατά την κατασκευή τέτοιων έργων. Οπότε συνοψίζοντας αν το έργο μπορεί να χρηματοδοτηθεί και να πετύχει και μια καλύτερη τιμή πώλησης του ηλεκτρικού προτείνουμε την δημιουργία του, διότι έχει αρκετά περιβαλλοντικά οφέλη.

6.2 Διερεύνηση κοινωνικής αποδοχής

Από τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων μπορούμε να έχουμε μια εικόνα για την άποψη των γύρω κατοίκων όσον αφορά το ήδη υπάρχον φράγμα αλλά και το πιθανόν υδροηλεκτρικό σταθμό. Εκείνοι οι οποίοι γνώριζαν για το φράγμα και ήταν αρκετοί (98,36%), μιας και είναι ένα πολύ μεγάλο έργο για την Κρήτη, φάνηκε ότι ήξεραν αρκετά καλά τις συνέπειες του έργου κατά την κατασκευή του αλλά και κατά την λειτουργία του. Όσον αφορά την ερώτηση για την στάση τους με την δημιουργία ενός υδροηλεκτρικού δεν έχουμε ξεκάθαρη εικόνα διότι το ποσοστό είναι σχεδόν 50-50 οπότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, αν και αριθμητικά βλέπουμε μια μικρή πρόθεση προς το ναι δηλαδή θετική στάση. Από τις συνδυαστικές απαντήσεις των ερωτήσεων μπορούμε να βγάλουμε κάποια περαιτέρω συμπεράσματα. Όμως σημαντικό είναι να γίνει και ο στατιστικός έλεγχος χ^2 που μας δείχνει την άμεση σχέση των δύο ερωτήσεων. Με την βοήθεια του πίνακα 5.4 και τον έλεγχο χ^2 βλέπουμε ότι η διαφορά μεταξύ των γυναικών και των ανδρών δεν είναι στατιστικά σημαντική (p-value 0,667) οπότε δεν έχουμε εξάρτηση από το φύλο όσον αφορά την ευαισθητοποίηση τους και επίσης από τον έλεγχο χ^2 προκύπτει ότι είναι ανεξάρτητες οι δυο ερωτήσεις. Από τον επόμενο πίνακα 5.5 και κάνοντας έλεγχο χ^2 μπορούμε να πούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό γύρω στο 70% πιστεύουν ότι το φράγμα θα βοηθήσει στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη, ανεξάρτητα με το αν πιστεύουν ή όχι στις αρνητικές επιπτώσεις που θα έχει (p-value 0,667). Στην επόμενη συνδυαστική ερώτηση από το πίνακα 5.6 και κάνοντας έλεγχο χ^2 μπορούμε να δούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό του κοινού γύρω στο 50% έχουν θετική στάση στο φράγμα με τη δημιουργία υδροηλεκτρικού σταθμού, ανεξάρτητα με το αν πιστεύουν ή όχι στις αρνητικές επιπτώσεις που θα έχει (p-value 0,32). Από έναν έλεγχο χ^2 και τον πίνακα 5.7 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι εάν κάποιος αλλάξει στάση για το φράγμα όταν είχε κάποια οικονομική ελάφρυνση στην τιμολόγηση του ηλεκτρικού του από την δημιουργία υδροηλεκτρικού, εξαρτάται από το αν πίστευε ή όχι ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις από το φράγμα. Αυτοί που δεν πίστευαν ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις αλλάζουν γνώμη ευκολότερα. Το ίδιο επιβεβαιώνει και το αποτέλεσμα της τελευταίας συνδυαστικής ερώτησης πίνακας 5.8, που περίπου το 82% αλλάζει γνώμη λόγω του οικονομικού κριτηρίου, αν και δεν είχε θετική γνώμη για το φράγμα. Το ποσοστό της ερώτησης για την δημιουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού ήταν πολύ κοντά το “ναι” με το “όχι” με μικρό προβάδισμα στη δημιουργία υδροηλεκτρικού σταθμού. Βλέποντας όμως ότι όσοι ήταν αρνητικοί άλλαζαν γνώμη όταν τους προτείνονταν κάποιο προσωπικό συμφέρον όπως τη μείωση της τιμής του ηλεκτρικού. Παρόλα αυτά αρκετοί πίστευαν στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής λόγω του φράγματος και αργότερα με τη δημιουργία υδροηλεκτρικού. Άρα για την

εκτέλεση ενός τέτοιου έργου χρειάζεται σωστή ενημέρωση των πολιτών και διασφάλιση για την περιβαλλοντική μέριμνα κατά την κατασκευή αλλά και για κάποιο ίσως πιο προσωπικό συμφέρον, αν είναι εφικτό.

Ρίχνοντας μια ματιά στις περιβαλλοντικές οργανώσεις κανείς μπορεί να βρει πάρα πολλά άρθρα που αφορούν το φράγμα του Αποσελέμη, από την αρχή που ειπώθηκε η δημιουργία του έργου μέχρι και την εκτέλεσή του, τονίζοντας αρκετά αρνητικά σημεία του έργου. Ένας από αυτούς τους οργανισμούς είναι και ο ΟΠΗ. Από μία επιστολή τους προς τον Υπουργό Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής στα τέλη του 2009 μπορούμε να δούμε τα περισσότερα σημεία που τόνιζαν για το έργο όσον αφορά τις απόψεις των περιβαλλοντικών οργανώσεων της Κρήτης. Η γενική στάση τους ήταν εξ αρχής αντίθετη στην εκτέλεση του έργου.

Όπως αναφέρουν το φράγμα του Αποσελέμη αμφισβητήθηκε για τους εξής λόγους :

- Είχε σκοπό να εκτρέπει, να δεσμεύει και να αποθηκεύει επιφανειακά μεγάλες ποσότητες νερών οι οποίες αποδεδειγμένα από μελέτη ιχνηθέτησης του ΙΓΜΕ, εμπλούτιζαν υπόγειους υδροφορείς.
- Τα αποκλειστικώς επιφανειακά νερά που θα συγκεντρώνεται θα είναι επιβαρυμένα με χημικά, λιπάσματα και φυτοφάρμακα από το Οροπέδιο Λασιθίου το οποίο καλλιεργείται εντατικά.
- Έχει σκοπό να μεταφέρει νερό από δύο υδρογεωλογικές λεκάνες σε μια Τρίτη.
- Είναι εμφανώς υπερδιαστασιολογημένο.
- Σχεδιάστηκε καταφανώς πρόχειρα.
- Έχει υπερβολικό περιβαλλοντικό κόστος.
- Έχει υπερβολικό οικονομικό κόστος.

Συνοψίζοντας η άποψή τους είναι ότι το έργο δεν θα προσφέρει κάτι αξιόλογο στην υδροδότηση της ευρύτερης περιοχής ενώ αντίθετα θα δημιουργήσει πολλά προβλήματα με ανυπολόγιστο κόστος. **[opi.org.gr, 2009]**

Παρά όλες τις παραπάνω αντιρρήσεις των περιβαλλοντικών οργανώσεων το έργο τελείωσε και βρίσκεται σε λειτουργία. Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε είναι ότι καλό είναι να υπάρχει μια επικοινωνία μεταξύ αυτών των οργανώσεων και των υπεύθυνων των έργων έτσι ώστε να μην έχουμε περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά και να μην καθυστερούν να ολοκληρώνονται τα έργα.

7. Προτάσεις

Τελειώνοντας αυτή τη εργασία και μελετώντας ένα συγκεκριμένο θέμα, την βιωσιμότητα του υδροηλεκτρικού έργου του φράγματος του Αποσελέμη, οφείλουμε να προτείνουμε κάποιες εργασίες ή μελέτες που μπορεί να γίνουν, για να πετύχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα. Κάποιες τέτοιες προτάσεις είναι οι εξής:

- Μελέτη για την ακριβή παροχή νερού του αγωγού, ο οποίος θα φέρει τα επιφανειακά νερά στο φράγμα έπειτα από την ολοκλήρωσή του, μιας και βρίσκεται ακόμη υπό κατασκευή.
- Μελέτη για το ακριβές κόστος του υδροηλεκτρικού σταθμού στη συγκεκριμένη περιοχή και με την αντίστοιχη παροχή.
- Έρευνα για την χρηματοδότηση του υδροηλεκτρικού σταθμού.
- Ενημέρωση των πολιτών των γύρω χωριών για τα οφέλη ενός υδροηλεκτρικού σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, και συλλογή εκ νέου ερωτηματολογίων.
- Μελέτη για την διαχείριση των αστικών λυμάτων των οικισμών της λεκάνης απορροής του Αποσελέμη.
- Μελέτη για την βιώσιμη λειτουργία μικρού υδροηλεκτρικού κατάντη του φράγματος Αποσελέμη.

Εκτελώντας τα παραπάνω θα έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το έργο. Για το οποίο εμείς καταλήξαμε ότι συμφέρει και κάτω από ποιες προϋποθέσεις. Όμως λόγω χρόνου και κάποιων άλλων εμποδίων όπως την μη λειτουργία του αγωγού για το λόγο ότι βρίσκεται υπό κατασκευή προτείνουμε να γίνουν αυτές οι ενέργειες, ώστε να έχουμε καλύτερη και πιο τεκμηριωμένη άποψη για το υδροηλεκτρικό σταθμό.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

Αγγελίδης Π. (αναπληρωτής καθηγητής Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης),
« **Υδροδυναμικά έργα** »

Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης, Διεύθυνση Υδάτων (2016) « **Υδρολογικά δεδομένα Οροπεδίου Λασιθίου** »

Βουλδής Κ, Χουστούλακης Κ, Διπλωματική Εργασία « **Σχεδίαση και Κατασκευή Διάταξης για Εργαστηριακή Κατασκευή Μικρής Υδροηλεκτρικής Μονάδας** » Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Σχολή Τεχνολογικών εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Αθήνα 2012

Δημάρης Γ., Διπλωματική Εργασία « **Μελέτη Επαναλειτουργίας Μικρού Υδροηλεκτρικού Σταθμού στις Καλύβες του Δήμου Αρμένων** » Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά 2007

Δ6 Διεύθυνση Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης, Μελέτη Δημοπράτησης « **Υδρολογική Μελέτη Πλημμύρων Οροπεδίου Λασιθίου – Λειτουργία Αγωγού Μεταφοράς** » Λαζαρίδης Λ. (τεχνικός σύμβουλος) , 2010

Καραβαλάκης Ι., Αγριανά 2006, « **Ο Ποταμός Αποσελέμη** »

Λαμπροπούλου Β. (Πολιτικός Μηχανικός), Καραγεωργόπουλος Α. (Μηχανολόγος Μηχανικός), Κορνάρος Μ. (Λέκτορας, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών), Τσούτσος Θ. (Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης), 2004, « **Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς – Η Ελληνική Εμπειρία** »

Μέγα Μ. , Διπλωματική Εργασία « **Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα στις Ορεινές Περιοχές και οι Επιπτώσεις τους στο Περιβάλλον** » Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα 2009

Τσούτσος Θ., Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2013, « **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Τεχνολογίες και Περιβάλλον** »

Υπουργείο Ανάπτυξης Ανταγωνιστικότητας Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων, Δ6 Διεύθυνση Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης, Εισήγηση « **Ύδρευση Ηρακλείου και ΑΓ. Νικολάου από το Φράγμα Αποσελέμη** » Κοτσώνης Α., Διευθυντής Δ6/ΓΓΔΕ, Αθήνα 2013

Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Δ6 Διεύθυνση Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης, Αναθεώρηση οριστικής μελέτης φράγματος Αποσελέμη, « **Υδρολογικοί Υπολογισμοί** » Λαζαρίδης Λ. (τεχνικός σύμβουλος) , 2013

Διαδίκτυο

www.users.sch.gr/kpara/ape2009_10/ydrauliki.html , Υδροηλεκτρική ενέργεια, [10 / 2016]

www.potamies.gr/fragma.html , Φράγμα, [09 / 2016]

www.agasgroup.gr/el/projects-greek/environment-greek/95-aposelemis-dam-greek , Φράγμα Αποσελέμη, [09 / 2016]

www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=24771&locale=el , ΚΑΠΕ, Υδροηλεκτρικό, [11 / 2016]

www.renewablesfirst.co.uk , The Hydro and Wind Company Securing a clean energy future, profitably, [12/2016]

www.portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/1.5.pdf , Γεωγραφικά θέματα φράγματος Αποσελέμη, [09 / 2016]

www.hydropower.org/types-of-hydropower , Types of hydropower, [12 / 2016]

www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants , Types of hydropower plants, [12 / 2016]

www.small-hydro.com/about/small-scale-hydrpower.aspx , small scale, hydropower, [12 / 2016]

www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf , technologies cost analysis hydropower, [12 / 2016]

www.nrel.gov/docs/fy01osti/29065.pdf , small, hydropower systems, [12 / 2016]

www.iitmicrogrid.net/microgrid-pdf.aspx#prettyPhoto/50/ , Small Hydro as Green Power, [12 / 2016]

hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/138208/small-hydropower-roadmap-condensed-research-data-EU-27.pdf , Small hydropower roadmap: condensed research data for EU-27, [01 / 2017]

hub.globalccsinstitute.com/publications/hydropower-respects-environment-clean-and-indigenous-renewable-energy , Hydropower respects the environment: a clean and indigenous renewable energy, [01 / 2017]

www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/timologia , Τιμολόγηση ηλεκτρικού, [01 / 2017]

www.opi.org.gr/2004/12/blog-post_14.html#more , Περιβαλλοντική Οργάνωση, [01 / 2017]

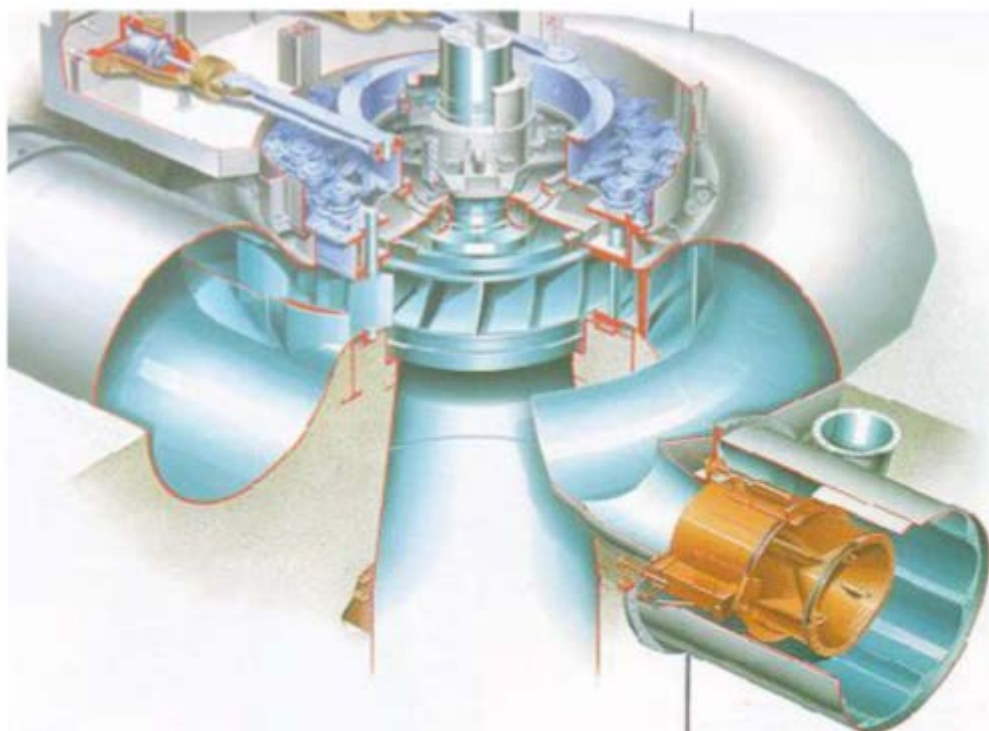
Παράρτημα 1

Είδη υδροστροβίλων

1. Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως :

Ο πιο συνηθισμένος υδροστρόβιλος που χρησιμοποιείται είναι ο Francis. Οι στρόβιλοι αυτοί είναι ακτινικής ροής όμως έχουν τη δυνατότητα περιστροφής τόσο σε οριζόντιο άξονα όσο και σε κατακόρυφο. Κατά τη λειτουργία του ο στρόβιλος κινείται μέσω της πίεσης του νερού στα πτερύγια της φτερωτής, το οποίο φτάνει εκεί μέσω του σπειροειδούς κελύφους. Υπάρχει όμως και ένας σταθερός τροχός ο οποίος και αυτός έχει πτερύγια τα οποία κινούνται αντίθετα και ρυθμίζουν τη γωνία πρόσπτωσης και την ταχύτητα του νερού άρα την ισχύ του στροβίλου. Το σχήμα των πτερυγίων του υδροστροβίλου έχει να κάνει με το βαθμό απόδοσής του. Με καλό σχεδιασμό του συστήματος και μειώνοντας τις απώλειες από τις τριβές μπορεί να πετύχει απόδοση μέχρι και 95% με σταθερή ταχύτητα και κατεύθυνση νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ύψη νερού από 10m έως 300m και παροχή από 0,5 μέχρι 20m³/s, για ισχύ από 10kW έως 500MW.

Εικόνα 2.4 : Υδροστρόβιλος Francis

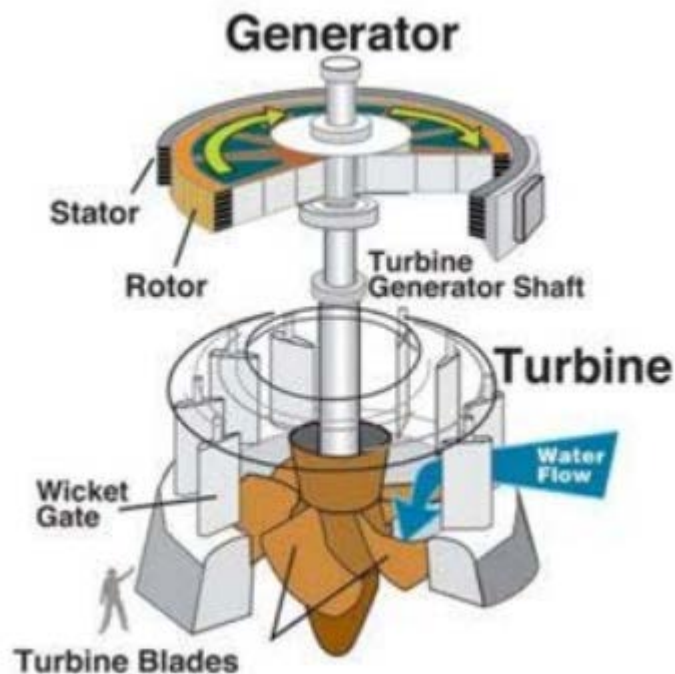


Πηγή : Βουλδής et al. , 2012

Οι υδροστρόβιλοι Kaplan αποτελούν την εξέλιξη του υδροστρόβιλου Francis για μεγαλύτερες παροχές νερού με μικρά μανομετρικά ύψη. Το κύριο

χαρακτηριστικό είναι η ευθεία διέλευση του νερού η οποία βοηθάει στην πιο εύκολη κατασκευή και τη μείωση του κόστους της κατασκευής αυτής. Ο στρόβιλος Kaplan έχει ρυθμιζόμενα πτερύγια δρομέα τα οποία μπορεί να είναι σταθερά είτε η κλίση τους να μεταβάλλεται ομοιόμορφα μέσω μηχανισμού κίνησης. Αυτή η κίνηση των πτερυγίων δίνει τη δυνατότητα στο στρόβιλο να πετύχει τη μέγιστη απόδοση ανάλογα με το ύψος του νερού και την παροχή. Το νερό που εισέρχεται στο στρόβιλο μέσω της πίεσης που εξασκεί στα πτερύγιά του περιστρέφει το δρομέα και μετατρέπει την ενέργεια του νερού σε μηχανική περιστροφική ενέργεια. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 2m μέχρι 50m και παροχή νερού από 2 έως 120m³/s για απόδοση 5 έως 120MW.

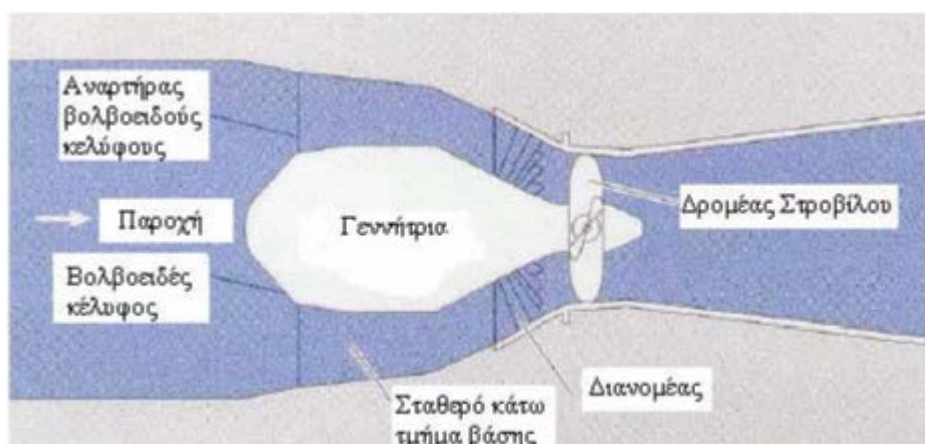
Εικόνα 2.5 : Υδροστρόβιλος Kaplan



Πηγή : Βουλδής et al. , 2012

Οι βολβοειδείς υδροστρόβιλοι πήραν το όνομά τους από το σχήμα που έχουν τα τυλίγματα στεγάνωσης. Η γεννήτρια βρίσκεται στο εσωτερικό του καλύμματος και γύρω από αυτόν έχουμε ροή νερού. Αυτοί οι υδροστρόβιλοι είναι για μικρά υδραυλικά ύψη και έρχονται να αντικαταστήσουν τους υδροστρόβιλους Kaplan γιατί η σχεδίαση της ροής του νερού είναι ευθεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους αλλά και τη μείωση του μεγέθους.

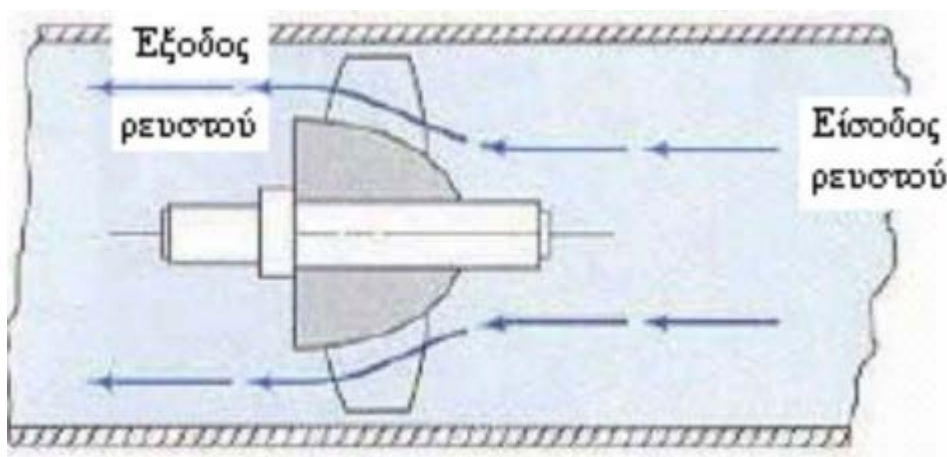
Εικόνα 2.6 : Βολβοειδής υδροστρόβιλος



Πηγή : Βουλδής et al. , 2012

Τέλος για τους υδροστρόβιλους αντιδράσεως έχουμε τον υδροστρόβιλο αξονικής ροής ο οποίος ονομάζεται έτσι διότι η ροή του νερού είναι παράλληλη με τον άξονα του στροβίλου. Εδώ η γωνία κλίσης των πτερυγίων παραμένει σταθερή. Η μορφή του μας θυμίζει προπέλα σκάφους με τη διαφορά ότι ο δρομέας λειτουργεί μέσα σε κέλυφος με πίεση. Ο βαθμός απόδοσής του μπορεί να φτάσει το 50% και για ένα μικρό εύρος παροχής νερού μπορεί να το ξεπεράσει λίγο.

Εικόνα 2.7 : Υδροστρόβιλος αξονικής ροής.

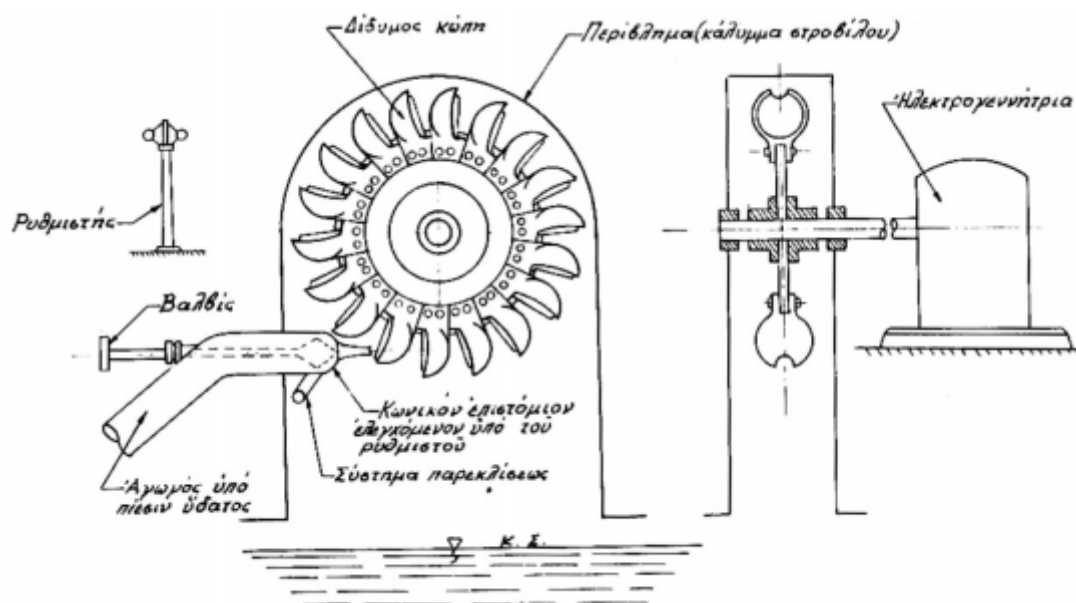


Πηγή : Βουλδής et al. , 2012

2. Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως :

Ο πιο συνηθισμένος υδροστρόβιλος αυτής της κατηγορίας είναι ο Pelton. Ο άξονας του στροφείου μπορεί αν είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Ο Pelton διαθέτει δρομέα με πτερύγια που έχουν τη μορφή κάδου. Το νερό που φτάνει στη βάση της υδραυλικής κεφαλής σε υψηλή πίεση οδηγείται προς το δρομέα του στροβίλου μέσω ενός ή περισσότερων ακροφυσίων, τα οποία αυξάνουν περισσότερο την πίεση του νερού. Την στιγμή όπου απελευθερώνεται προς το δρομέα το νερό δημιουργεί ισχυρότατο ρεύμα το οποίο πέφτει εφαπτομενικά στους κάδους του δρομέα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ύψη πτώσης νερού από 50m μέχρι 1300m για παροχή από $0,01\text{m}^3/\text{s}$ έως $5\text{m}^3/\text{s}$ και κατασκευάζονται για πολύ μικρές τάξεις ισχύος έως και πολύ μεγάλες. Ο βαθμός απόδοσής τους είναι πολύ υψηλός σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

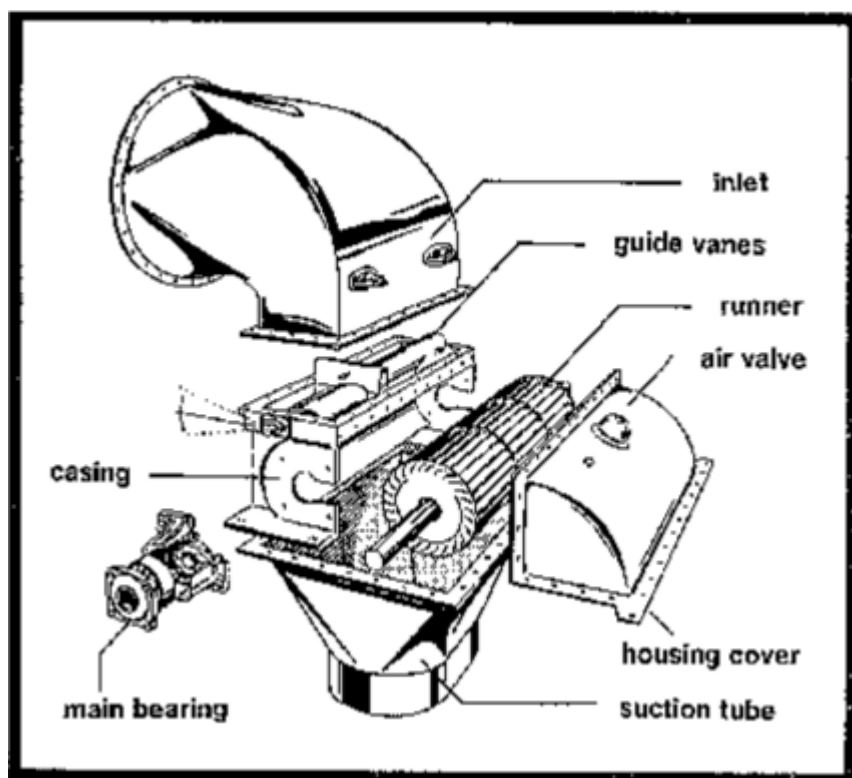
Εικόνα 2.8 : Υδροστρόβιλος Pelton



Πηγή : Βουλδής et al. , 2012

Ο υδροστρόβιλος εγκάρσιας ροής Cross-Flow είναι στρόβιλος ακτινικού τύπου με χωριστές εισόδους. Η ειδική του ταχύτητα τον κατατάσσει στους αργόστροφους στροβίλους και είναι απόλυτα κατάλληλος για αξιοποίηση υδατοπτώσεων με μεγάλες διακυμάνσεις παροχής. Είναι υδροστρόβιλος ώθησης με το νερό να προσπίπτει πάνω στα επίπεδα φύλλα από τα οποία αποτελείται ο δρομέας. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού μικρότερες των 100m και για παροχές από $0,04\text{m}^3/\text{s}$ έως $10\text{m}^3/\text{s}$ για ισχύ μικρότερες των 2MW. Ο βαθμός απόδοσής του φθάνει περίπου το 80%.

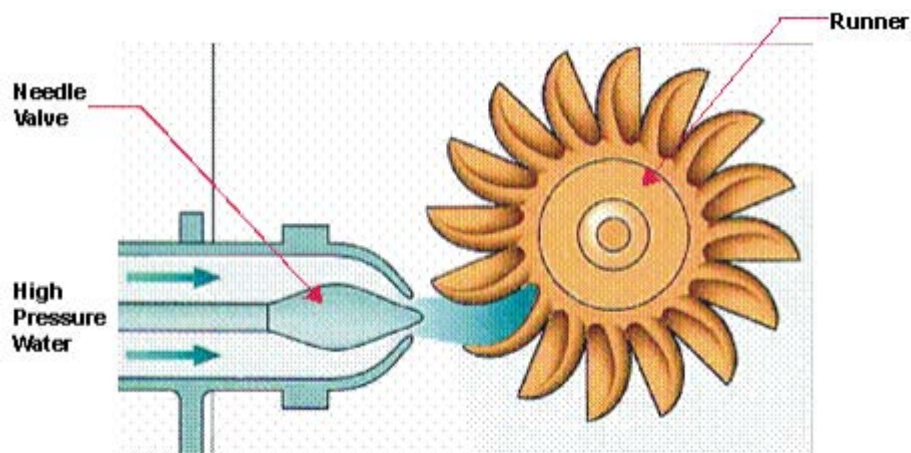
Εικόνα 2.9 : Υδροστρόβιλος Crows Flow



Πηγή : Βουλδής et al. , 2012

Τέλος και για αυτή την κατηγορία υδροστροβίλων έχουμε τον υδροστρόβιλο Turgo οποίος είναι μια παραλλαγή του στροβίλου Pelton με τη διαφορά ότι λειτουργεί με μεγαλύτερες παροχές νερού. Τα χαρακτηριστικά του είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης και η υψηλή ταχύτητα περιστροφής και έχει την ιδιότητα να αυξήσει και άλλο την απόδοσή του εάν αυξήσουμε τον αριθμό των ακροφυσίων σε 2. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 30m έως 400m, για παροχές από $0,02\text{m}^3/\text{s}$ μέχρι $8\text{m}^3/\text{s}$ για ισχύ από 5 μέχρι 120MW.

Εικόνα 2.10 : Υδροστρόβιλος Turgo



Πηγή : Βουλδής et al. , 2012

Παράρτημα 2

Ερωτηματολόγιο



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

“ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ

ΕΡΓΟΥ ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ ”

Ερωτηματολόγιο

1. Φύλο :

Άνδρας : ☐ Γυναίκα : ☐

2. Είστε μόνιμος κάτοικος στην περιοχή ;

Ναι ☐ Όχι ☐

3. Γνωρίζετε για το φράγμα Αποσελέμη στην περιοχή ;

Ναι ☐ Όχι ☐

4. Αν ναι, πιστεύετε ότι έχει αρνητικές επιπτώσεις στον περιβάλλοντα χώρο ;

Ναι ☐ Όχι ☐

i) Αν ναι, παρακαλώ σημειώστε και βαθμολογείστε τις ακόλουθες:

	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
α) Αισθητική αλλοίωση του χώρου κατά την κατασκευή του έργου	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
β) Θόρυβος κατά την κατασκευή	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
γ) Θόρυβος κατά την λειτουργία	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
δ) Απόβλητα από τις διεργασίες κατά την κατασκευή.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ε) Καταστροφή βλάστησης ☐ ☐ ☐

5. Θεωρείτε ότι θα βοηθήσει την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της περιοχής το φράγμα Αποσελέμη ;

Ναι ☐ Όχι ☐

6. Αν γνωρίζατε ότι θα δημιουργηθεί υδροηλεκτρικός σταθμός (παραγωγή ενέργειας με την χρήση νερού) θα είχατε θετική στάση για το φράγμα ;

Ναι ☐ Όχι ☐

7. Αν όχι, θα αλλάζατε γνώμη αν σας έλεγαν ότι από την δημιουργία του σταθμού αυτού θα επωφεληθείτε με μείωση στην τιμολόγηση του ηλεκτρικού;

Ναι ☐ Όχι ☐