



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΠΜΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ
ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΦΟΥΡΝΟΥΣ ΚΟΡΣΕΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φοιτήτρια: Μπέρτσιου Μαρία Μαργαρίτα

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαλτάς Ευάγγελος

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού προγράμματος «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου και η ολοκλήρωση της δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την συμβολή ορισμένων ανθρώπων.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Ευάγγελο Μπαλτά, για τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια σε όλα τα στάδια της εργασίας. Ταυτόχρονα, υπήρξε ο άνθρωπος που με μύησε στο συγκεκριμένο θέμα των υβριδικών συστημάτων και τον ευχαριστώ τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, όσο και για τον χρόνο που μου διέθεσε, παράγοντες καθοριστικούς για την περάτωση αυτού του συγγράμματος.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στην υποψήφια διδάκτωρ Ελισάβετ Φελώνη για την πολύτιμη βοήθεια της στην χρήση του ArcGIS αλλά και για τον χρόνο που μου προσέφερε κάθε φορά με μεγάλη χαρά.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μηχανικό του Δήμου Φούρνου Κορσεών κ. Μύτικα Παναγιώτη για τις πολύτιμες πληροφορίες του, καθώς χωρίς τη βοήθεια του δεν θα μπορούσαμε να γνωρίζουμε πολλά στοιχεία από την υπάρχουσα κατάσταση της περιοχής μελέτης.

Ιδιαίτερες, επίσης, ευχαριστίες οφείλω στην υπάλληλο της ΔΕΔΔΗΕ Αγ. Κηρύκου κ. Σπαχή Ευτυχία για τα στοιχεία της ηλεκτρικής κατανάλωσης του νησιού, καθώς επίσης και στην υπάλληλο της ΕΛΣΤΑΤ κ. Βρόντου Ελισάβετ για τα στατιστικά στοιχεία που μας παρείχε.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, τον Παναγιώτη, την Πέγκυ και τον Γιάννη, αλλά και στους φίλους μου, που με στηρίζουν και με αντέχουν τόσα χρόνια.

Μαρίτα Μπέρτσιου

Οκτώβριος 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
EXTENDED ABSTRACT	ix
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η κατάσταση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα.....	1
1.2 Αντικείμενο – Δομή εργασίας	2
2. ΑΠΕ & ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	5
2.1 Μορφές των ΑΠΕ	5
2.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	6
2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	8
2.4 Αιολική Ενέργεια	10
2.5 Θεσμικό Πλαίσιο Ενεργειακής Πολιτικής	12
2.5.1 Ελληνική νομοθεσία για τις ΑΠΕ.....	12
2.5.2 Πολιτική Ε.Ε. για τις ΑΠΕ	16
3. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ	21
3.1 Περιγραφή Αυτόνομων Νησιωτικών Συστημάτων με ΥΒΣ	21
3.2 Ανεμογεννήτριες.....	23
3.3 Υδροστρόβιλοι.....	25
3.3.1 Υδροστρόβιλοι δράσεως	26
3.3.2 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως.....	28
3.3.3 Χρήση φυγοκεντρικών αντλιών ως υδροστροβίλων	30
3.3.4 Επιλογή τύπου υδροστροβίλου	32
3.4 Υβριδικά Έργα στην Ευρώπη	33
3.4.1 Νησί Utsira.....	33
3.4.2 King Island.....	35

3.4.3	Wales Alaska	36
3.4.4	Νησί Samsø.....	38
3.4.5	El Hierro.....	39
3.4.6	Ελλάδα.....	39
4.	ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ	43
4.1	Γενικά Στοιχεία	43
4.2	Μέθοδοι Αφαλάτωσης	45
4.3	Αντίστροφη Ώσμωση	51
4.4	Αφαλάτωση με Συμβατικές Πηγές Ενέργειας	55
4.5	Αφαλάτωση με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	56
4.5.1	Ηλιακή ενέργεια.....	57
4.5.2	Αιολική ενέργεια.....	59
4.5.3	Γεωθερμική ενέργεια.....	60
4.5.4	Βιομάζα	61
4.5.5	Ενέργεια από τη θάλασσα.....	61
4.5.6	Συνδυασμός μεθόδων αφαλάτωσης αφαλάτωσης και ΑΠΕ.....	62
5.	ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	63
5.1	Φούρνοι Κορσεών	63
5.2	Διοικητική Υπαγωγή Φούρνων Κορσεών.....	63
5.3	Μορφολογία.....	64
5.4	Ιστορία	64
5.4.1	Αρχαίοι χρόνοι	64
5.4.2	Μνημεία	65
5.5	Καθεστώς Προστασίας Περιοχής	67
5.5.1	Βιότοποι Corine.....	68
5.5.2	Βιότοποι Natura	70
5.6	Κλιματικές – Μετεωρολογικές Συνθήκες Περιοχής.....	75

5.7	Τεχνική Υποδομή	79
5.8	Ύδρευση - Υδροδότηση	80
5.8.1	Η Ύδρευση στη Χρυσομηλιά	80
5.8.2	Η Ύδρευση στη Θύμαινα	80
5.8.3	Η Ύδρευση στους Φούρνους	80
5.9	Άρδευση	81
5.10	Απορρίμματα	81
5.11	Τηλεπικοινωνίες	81
5.12	Ηλεκτρική Ενέργεια	81
5.13	Υπηρεσίες	81
5.14	Χρήσεις γης	82
5.15	Οικονομική Δραστηριότητα	82
5.15.1	Πρωτογενής τομέας	82
5.15.2	Τριτογενής τομέας	82
6.	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	83
6.1	Τεχνική Περιγραφή Έργου	83
6.2	Εκτίμηση Αναγκών Ύδρευσης, Άρδευσης και Ηλεκτρικής Ενέργειας	84
6.3	Μοντέλο Ανεμογεννητριών και Μετατροπή Ανεμολογικών Δεδομένων σε Ηλεκτρική Ενέργεια.....	89
6.4	Αποτελέσματα Ανάλυσης.....	91
7.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΟΦΕΛΟΥΣ	115
7.1	Οικονομικές Έννοιες	115
7.2	Υπολογισμός Συνολικού Κόστους Κατασκευής Έργου	117
7.3	Υπολογισμός Ετήσιων Δαπανών Λειτουργίας και Συντήρησης της Εγκατάστασης	118
7.4	Αξιολόγηση Επένδυσης.....	119
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
8.1	Σύνοψη και Συμπεράσματα	123

8.2	Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	125
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	127

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα περισσότερα νησιά της Ελληνικής Επικράτειας, οι ανάγκες των κατοίκων σε ενέργεια, καλύπτονται κυρίως είτε από αυτόνομους ενεργειακούς σταθμούς, οι οποίοι παράγουν ενέργεια, με την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων είτε μέσω σύνδεσής τους με το δίκτυο της υπόλοιπης ηπειρωτικής χώρας, με αποτέλεσμα να υφίστανται τις επιπτώσεις από μια ενεργειακή εξάρτηση από απομακρυσμένες περιοχές. Προκειμένου να επιτευχθεί η σταδιακή ενεργειακή ανεξάρτησή τους, μπορεί να αξιοποιηθεί το πλούσιο δυναμικό των νησιών σε Α.Π.Ε. και προκειμένου να επιτευχθεί αυτό με το βέλτιστο τρόπο είναι σημαντική η συμβολή της αποθήκευσης ενέργειας.

Η εξέταση ενός Υβριδικού έργου (ΥΒΕ) στην κοινότητα των Φούρνων, στους Φούρνους Κορσεών, μια συστάδα νησιών του Βορείου Αιγαίου, δίπλα στην Ικαρία, για την παραγωγή υδροενέργειας αλλά και την κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μπορεί να δώσει λύσεις σε οξύτατα προβλήματα, όπως αυτά της λειψυδρίας ή της αστάθειας των ηλεκτρικών δικτύων, αλλά και της ενεργειακής αυτονομίας τους. Το έργο θα αποτελείται από τέσσερις ανεμογεννήτριες, μια μονάδα αφαλάτωσης, ένα μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό (ΜΥΗΣ), ένα αντλιοστάσιο και δύο δεξαμενές νερού. Η ανεμογεννήτρια θα ηλεκτροδοτεί τον οικισμό παρέχοντας το 30% της παραγόμενης ενέργειας απευθείας στο δίκτυο ενώ το υπόλοιπο 70% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (περίσσεια ενέργεια) θα μπορεί να διατίθεται για άντληση ή/και αφαλάτωση. Το νερό της άνω δεξαμενής θα τροφοδοτεί ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, το οποίο με τη σειρά του θα καλύπτει τις ανάγκες της ζήτησης στο δίκτυο. Εάν δεν μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την παραγόμενη καθαρή ενέργεια, τότε το έλλειμμα θα καλύπτεται από τη σύνδεση του νησιού με το δίκτυο της Σάμου.

Τα έργα αυτά δεν έχουν ακόμα ευρεία εφαρμογή, συνεπώς η εξέταση του θα μας δώσει πληροφορίες γύρω από το πολύ σημαντικό ζήτημα της αποθήκευσης και ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης καθαρής ενέργειας. Επιπλέον είναι σημαντικό το γεγονός ότι τα έργα αυτά αποτελούν φιλικές κατασκευές προς το περιβάλλον και κυρίως αποτελούν μια ευκαιρία προς το δρόμο της ενεργειακής αυτονομίας.

Προκειμένου να συντεθεί και να εκτελεστεί με τον καλύτερο τρόπο και αναλόγως των διαθέσιμων στοιχείων για τη συγκεκριμένη περιοχή, ένα απλό μοντέλο προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα excel, αφού πρώτα εκτιμήθηκε η ζήτηση για την ύδρευση, την άρδευση και την ηλεκτρική ενέργεια και μετατράπηκαν τα ανεμολογικά δεδομένα (ταχύτητες ανέμου) σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η παραπάνω διαδικασία οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων γενικά για τη λειτουργία του συστήματος αλλά και σχετικά με την αποδοτικότητα του εν λόγω έργου ως προς την κάλυψη της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια, αλλά και για ύδρευση και άρδευση, καθώς εκτός από την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών είναι εξίσου σημαντική και η κάλυψη των αναγκών που σχετίζονται με την χρήση νερού. Τα τελευταία χρόνια τόσο η Ελλάδα, και σε μεγαλύτερο ποσοστό η νησιωτική Ελλάδα, όσο και ο ολόκληρος ο πλανήτης αντιμετωπίζουν ένα τεράστιο οικολογικό πρόβλημα, αυτό της ξηρασίας λόγω της ελαχιστοποίησης των διαθέσιμων επιφανειακών νερών εξαιτίας της λιγότερης βροχής από την αναμενόμενη.

Το πρόβλημα αυτό είναι ακόμα πιο οξύ στο νησιωτικό χώρο λόγω της υφαλμύρωσης των υπόγειων υδροφορέων εξαιτίας της υπεράντλησης. Η κατάσταση επιδεινώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης τουριστικής κίνησης. Η κατάσταση δεν είναι ίδια σε κάθε νησί. Πιο έντονα είναι τα προβλήματα στα άνυδρα νησιά των Κυκλάδων και του βορειοανατολικού Αιγαίου, όπου και ανήκει το νησί των Φούρνων Ικαρίας, όπου η διάθεση πόσιμου νερού γίνεται μόνο από μια βρύση στην κεντρική πλατεία του χωριού.

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

In most Greek islands, the energy needs both of the residents and the tourists, mostly covered either by autonomous power stations, which produce energy by consuming fossil fuels or by the connection to the national network of the mainland. This way, they are suffering the consequences of an energy dependency on remoted areas. In order to achieve their energy undependency, the rich potential of Renewable Energy Sources of the islands has to be reclaimed and in order to achieve this in the best way, a solution which includes energy storage must be implemented.

The hydroelectric power is the energy which is based on exploitation and conversion of the potential energy of the water of the lakes and the kinetic energy of the water of rivers into electricity.

In the case of a reservoir the exploitation refers to the available volume of water that is stored in a large amount. The potential energy of the water is converted into kinetic and then into electricity through the impulse turbine (YPEKA, 2015).

In recent years the research in the desalination industry has focused on the combination of desalination plants with renewable energy sources in order to reduce energy costs and therefore the cost of the produced desalinated water.

Since all desalination processes, reverse osmosis finds its greatest application because of its low energy consumption, suitability for connection to solar systems and wind turbines, and the production of high quantities of desalinated water in comparison with other desalination processes (Mysiris, 2015).

STUDY AREA

Fourni Korseon, or Fourni Ikarias or otherwise, Fourni are a cluster of islands of the eastern Aegean (Figure 1). Their position is west-southwest of Samos and east of Ikaria (just south between the two islands). Fourni is the largest island of the cluster with an area of 30.5 square kilometers. It is also the capital city of the cluster and the island with 1,400 inhabitants, number that reaches 4,000 during the summer months. Fourni Korseon area, according to the database for the Greek Nature FILOTIS (<https://filotis.itia.ntua.gr/>) excludes

Landscapes of Outstanding Natural Beauty, but the entire island is a habitat both Corine and Natura.

The climate in Fournoi Korseon, due to its geographical position and the influence of the sea, described as Mediterranean of maritime character, with mild winters and long warm and dry summers, low annual rainfall and plenty of sunshine throughout the year. Seldom noted in these areas frost, and even more rarely hail or snow. The average annual temperature is 18,4°C. The monthly average minimum is 10°C (February), and the mean monthly maximum 28,4°C (July). The prevailing winds are mainly westerly and northerly by tensions over 6 B.

In the village of Fournoi, where the most permanent population lives, unfortunately there is no water supply. The houses use private tanks, where they collect rainwater, which remains there for days resulting in the creation of bacterias making it unsuitable for drinking. Residents have access to drinking water, from 8:00 am to 10:00 pm through a tap filter, which is located in the central square of the island. The difficulty of drinking water supply, has led to widespread use of bottled water. For its electricity needs, the island is connected with the national network via the nearby island of Samos.

The monthly variation of water and irrigation needs, as well as electricity need is shown in Figure 1.

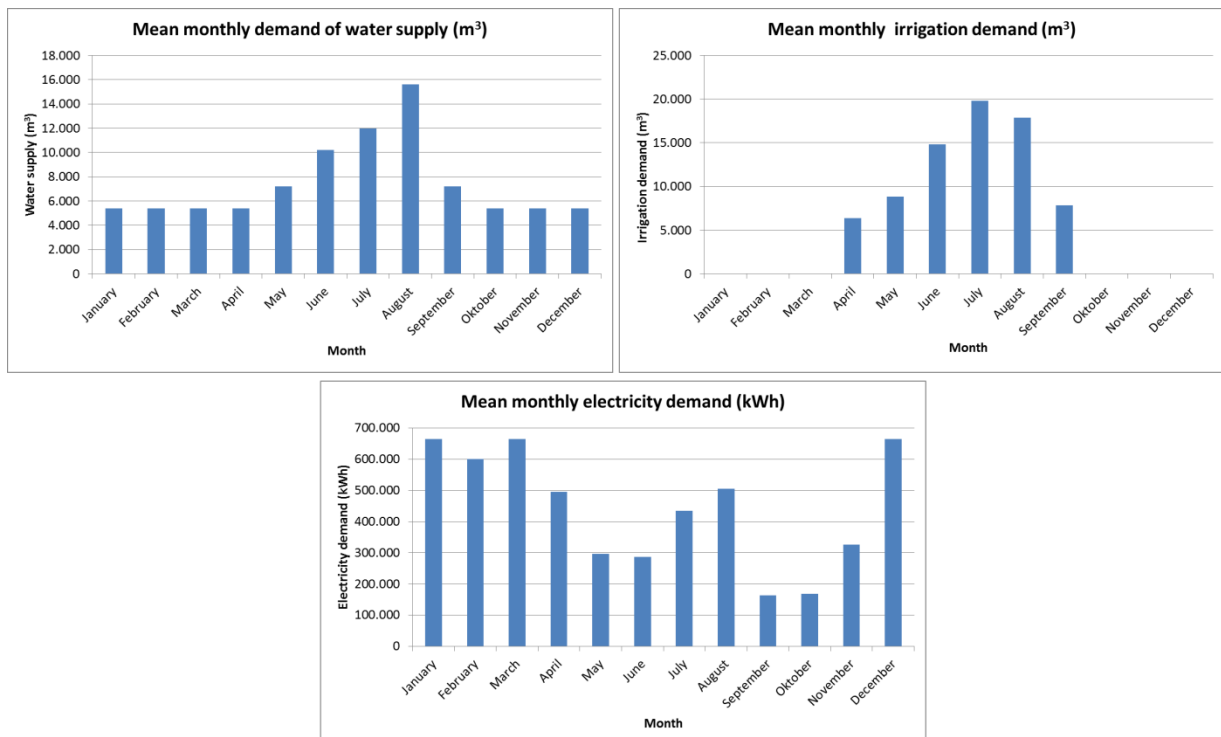


Fig. 1 – Mean monthly demand of water supply, irrigation & electricity

METHODOLOGY

The examination of a hybrid system in the community of Fournoi, in order to produce hydropower and cover water demands is particularly important as it can provide solutions to acute problems, like as the water scarcity or the instability of local power grids. The system will consist of two water reservoirs, one at sea level and a second at a higher altitude, four wind turbines 900kW each, a desalination unit of 500m³/day, a pumping station 300 kW in order to pump water, either directly sea or after it has been desalinated a small hydroelectric station and a hydroelectric station 5 m³/sec. The water of the upper reservoir will supply a small hydroelectric station, which cover the needs of the local power grid. If the demand for electricity cannot be covered by the derivatized clean energy, then the deficit will be covered by connecting the island with the network of Samos. Detail of the island, showing the location of wind turbines and the upper tank and the archaeological sites of the island, is shown in Figure 2.

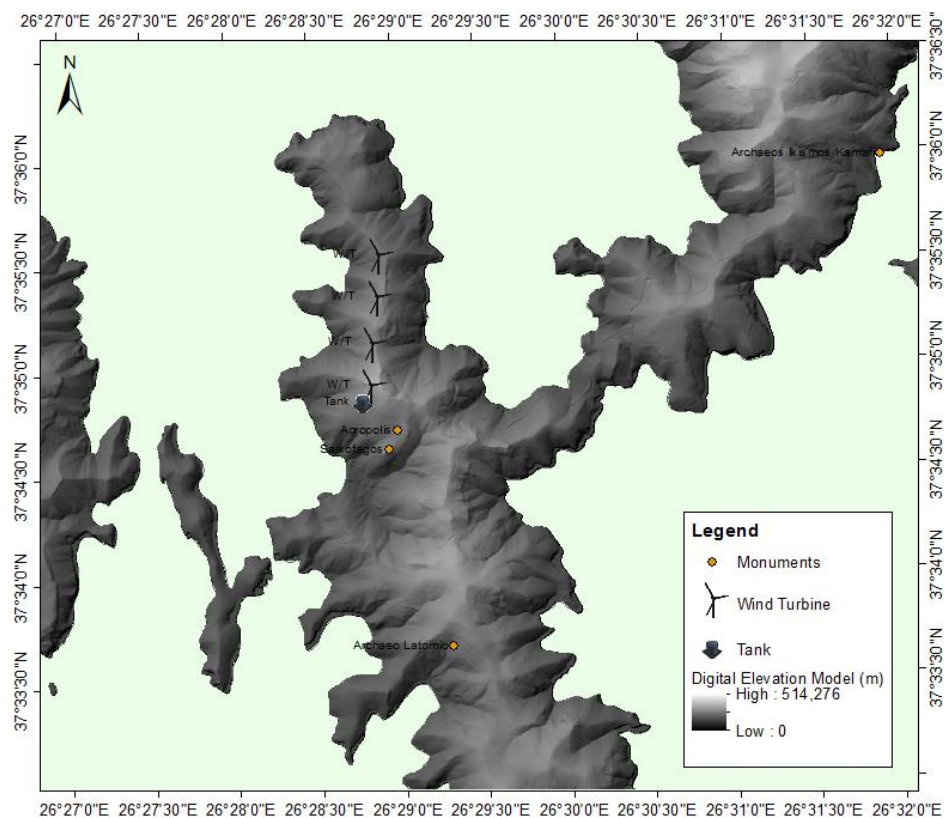


Fig. 2 – Detail of Island Fournoi, showing the location of the wind turbines, the tank and archaeological monuments of the island (Copyright © 2012, NATIONAL CADASTRE & MARRING AGENCY S.A. after editing with ArcMap)

The equation between supply – power of a turbine is as follows:

$$I = \gamma \cdot Q \cdot H \cdot n \quad (1)$$

where:

γ : the specific weight of water, which is equal to the acceleration of gravity g and the density of water

H : the total height

n : the coefficient outpour of the turbine

In order to control the response of the hybrid system and the reliability rate to the required demand of electricity and water supply and irrigation, three scenarios have been studied. In all scenarios the wind turbines electrify the settlement, providing 30% of the energy directly to the power grid, while the remaining 70% of the generated wind power (excess energy) may be available for desalination and pumping.

The first scenario tested solely to meet demand for electricity in the island. So all the energy used directly for consumption on the island, without giving any energy in the desalination unit to desalinated water for the needs of water supply and irrigation. The second scenario was considered to meet demand for electricity and the needs of desalinated water for drinking and irrigation. At this point there was an examination of the system in a typical day of August where water needs are the maximum and a typical day of December, where electricity needs are the maximum. The third, and final, scenario examined required the desalting of the total quantity of water before taken to the turbine in order to avoid deterioration of the pump from the salts.

At the end a cost – benefit analysis undertaken in order to examine the financial viability of the investment.

Net Present Value (NPV) is the value obtained by discounting to present all of the annual net cash provided throughout the term life of an investment.

$$NPV = \left[\sum_{t=1}^n \frac{NPV_t}{(1+e)^t} \right] - K \quad (2)$$

where

n : the life of the project

t : the discount period

K : the initial investment

Internal Rate of Return (IRR) is the discount rate at which the NPV becomes zero. This rate (e) yields the internal rate of return of investment (IRR) and is calculated by solving the equation:

$$NPV = 0 = \left[\sum_{t=1}^n \frac{NPV_t}{(1 + IRR)^t} \right] - K \quad (3)$$

If $IRR > e$, this means that the return on investment is higher than the discount rate and the investment is approved, and is financial viable.

If $IRR < e$, this means that the return on investment is less than the discount rate and the investment is rejected because it is unprofitable.

If $IRR = e$, the investment is marginal, and possibly the investment does not generate profits.

RESULTS

The first scenario, that covers only energy needs, resulted in the contribution power of each energy source (wind turbines, hydropower and energy from the network) to cover the entire island's power demand, as it shown in Figure 3.

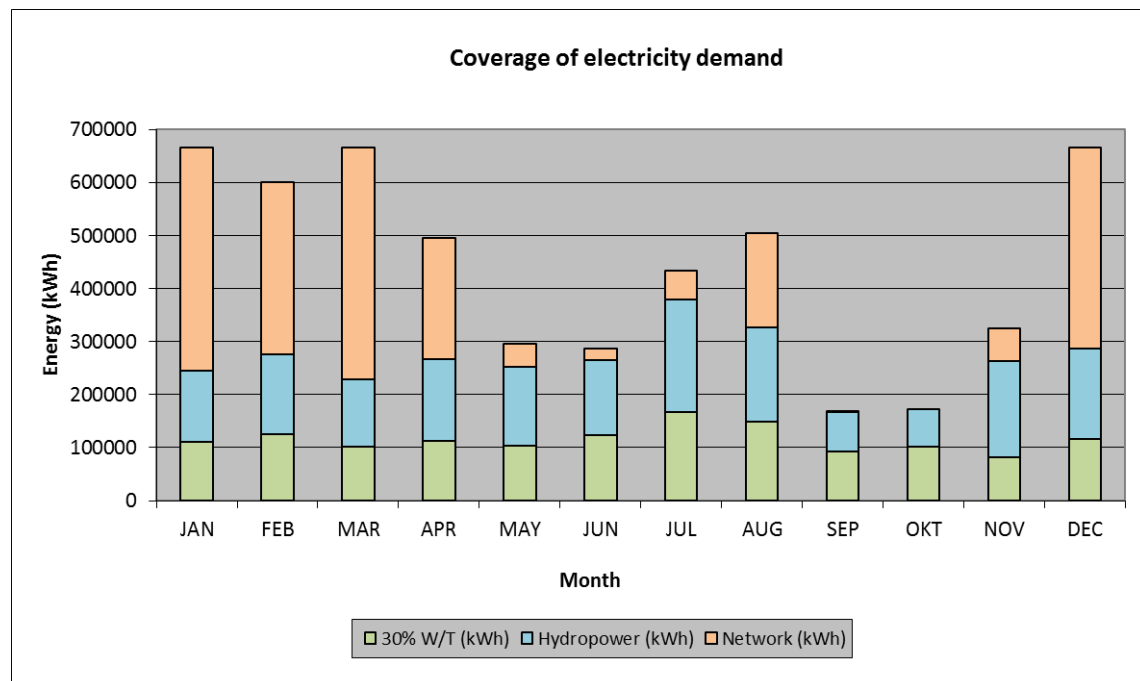


Fig. 3 – Coverage of electricity demand (scenario 1)

The reliability of the system, that means the number of days, during a year, when the island manages to be energy independent because of the hybrid system, is shown in Figure 4.

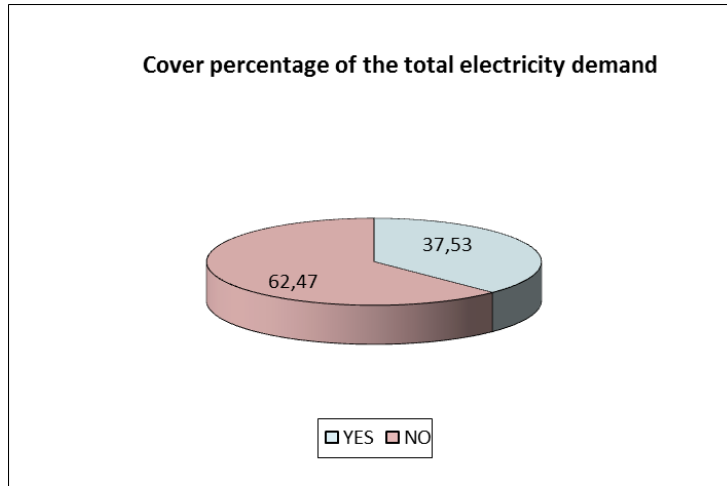


Fig. 4 – Cover percentage of the total electricity demand (scenario 1)

The second scenario, which was considered to meet demand for electricity and the needs of desalinated water for drinking and irrigation, showed the corresponding values of the contribution of each energy source and the reliability of the system of Figure 5 and Figure 6, respectively.

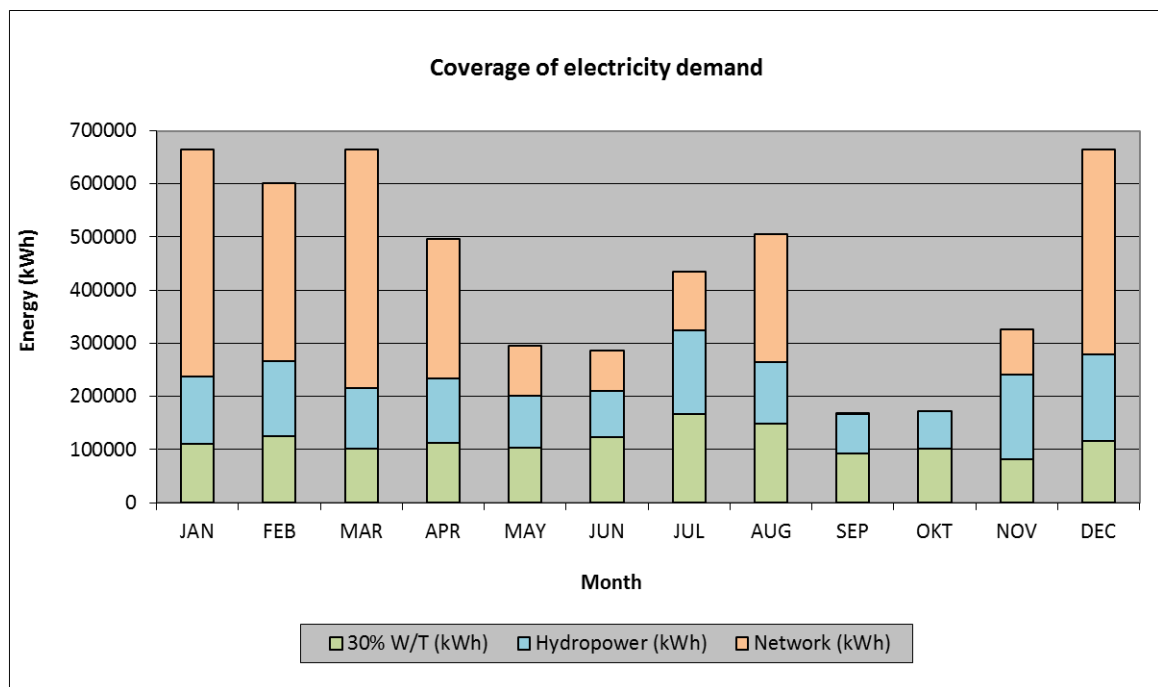


Fig. 5 – Coverage of electricity demand (scenario 2)

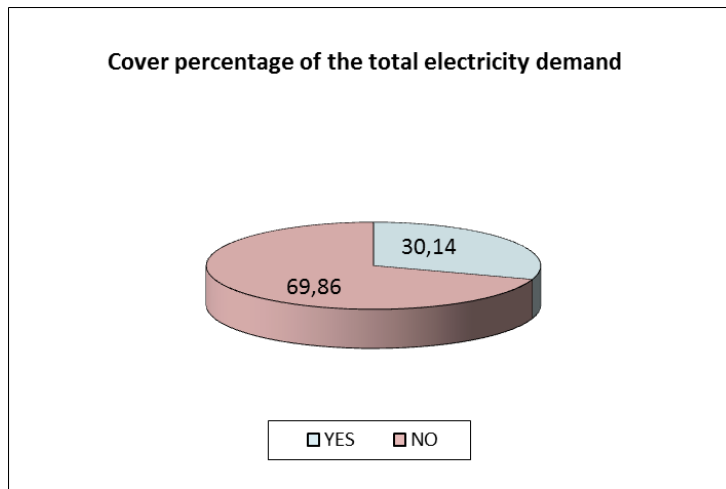


Fig. 6 – Cover percentage of the total electricity demand (scenario 2)

In Figures 7 and 8, the amount of water provided by desalination and the quantity not covered for water supply and irrigation, are shown respectively.

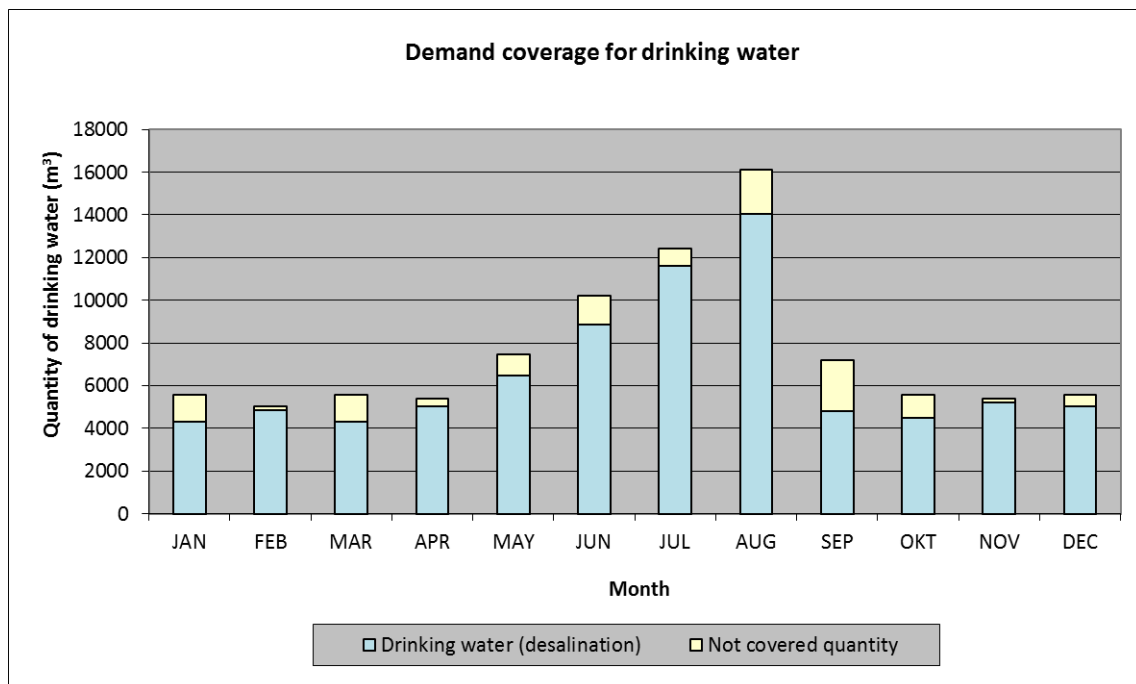


Fig. 7 – Coverage of demand in drinking water (scenario 2)

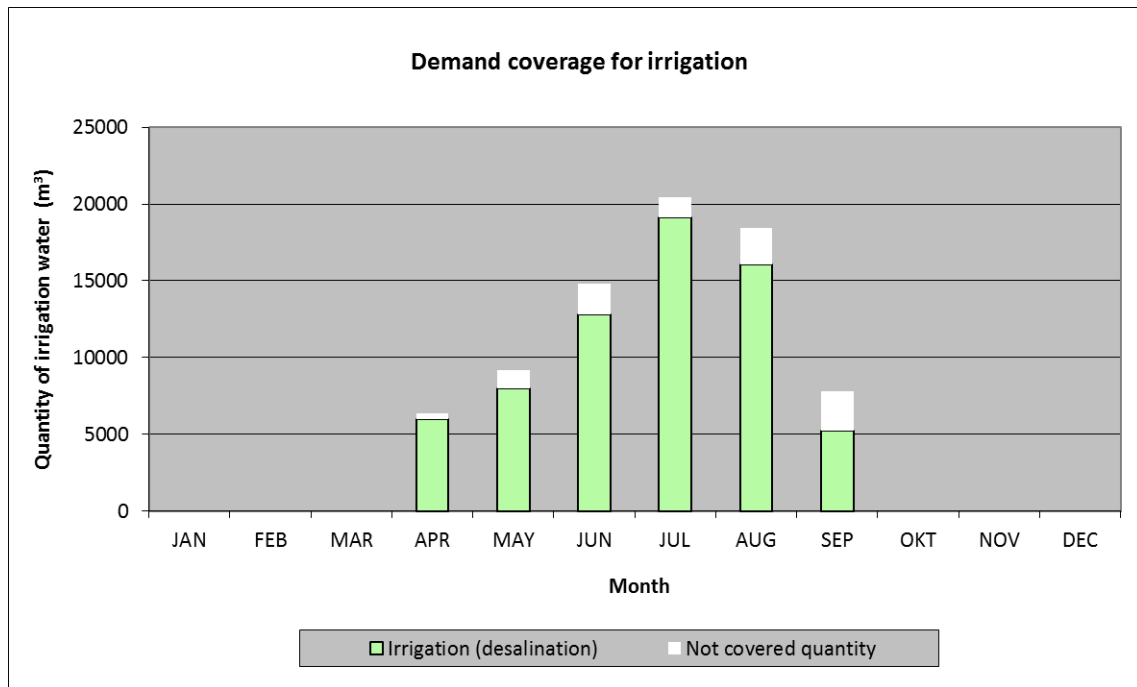


Fig. 8 – Coverage of demand for irrigation (scenario 2)

After studying a 24 hour typical day in August, it was observed that certain hours of the day, due to lower winds, there was not produced any energy from wind turbines, the dependence of the island from national network is at a high rate of 49.87% and finally the island is energy dependent from the national network at an also high rate of 96.71%. The rate of coverage of water supply reaches 90% and this of irrigation water reaches 49.64%.

After studying a 24 hour typical day in December, it was observed that the dependence of the island from the national network is also at a rate of 31.67 % and finally the island is energy dependent from the national network at a high rate of 95.07%. The rate of coverage of water supply reaches 100%.

By studying the third scenario, which requiring the desalting of the total quantity of water before taken to the turbine, the results show that the energy needs of the island during a year are covered, as it is shown in Figure 9, by 26.20% from the direct use of 30% of the power of the wind turbine, at 17.30% from hydropower and the remaining 56.50% coming from the national network, when the corresponding figures without desalination is 26.20%, 34.73% and 39.07% respectively.

Ultimately, the reliability of the system, i.e. the percentage of days during a year that the island manages to be energy independent, because of the hybrid system, reaches, as it is shown in Figure 10, at the rate of 21.10%, when the corresponding figure without desalination is 37.53%.

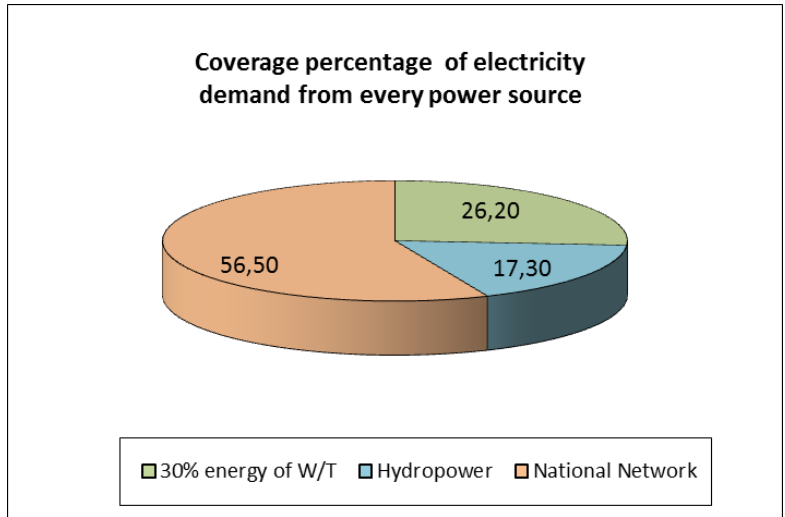


Fig. 9– Coverage percentage of electricity demand from every power source (scenario 3)

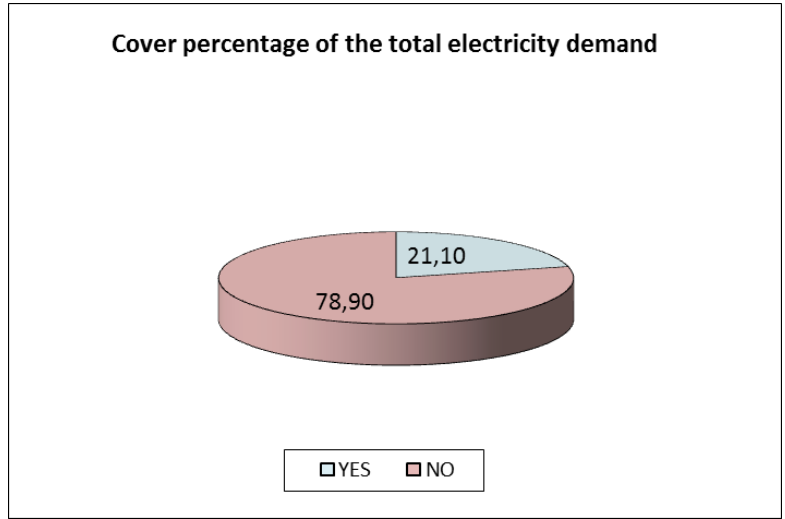


Fig. 10 – Coverage percentage of the electricity demand (scenario 3)

The study of the reliability of the project for 10 years of wind data and temperature data is presented in Figure 11. There is a variation depending on the wind and temperature values prevailing in the area.

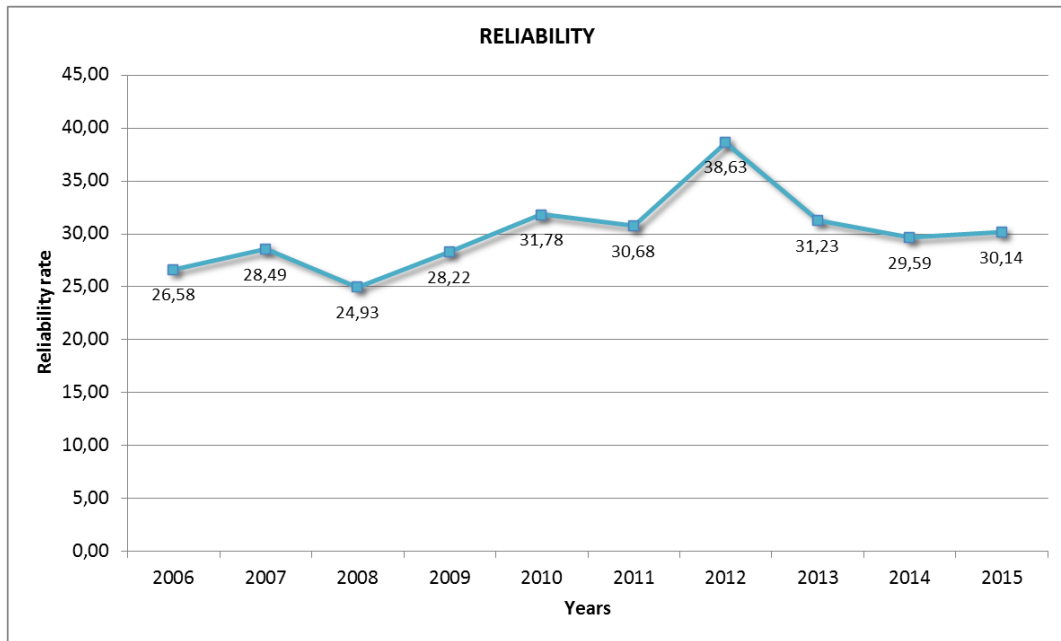
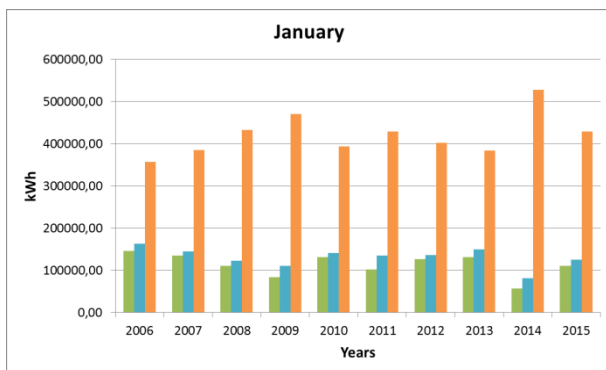
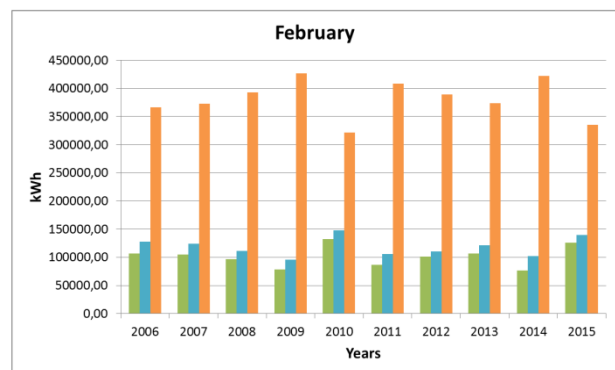


Fig. 11 – Annual reliability rate for 10-years data

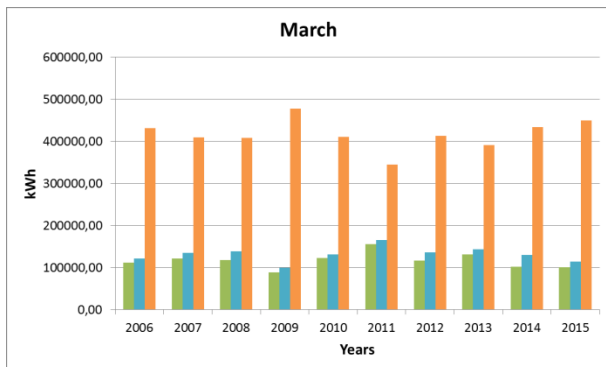
Figures 12 (a) - (l) shows the annual variation of the cover of the demand for electricity by 30% of W/T, the hydropower generation and the national network on-month level for 10 years.



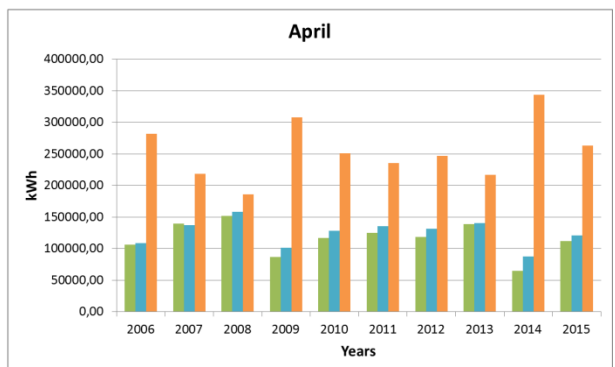
(a)



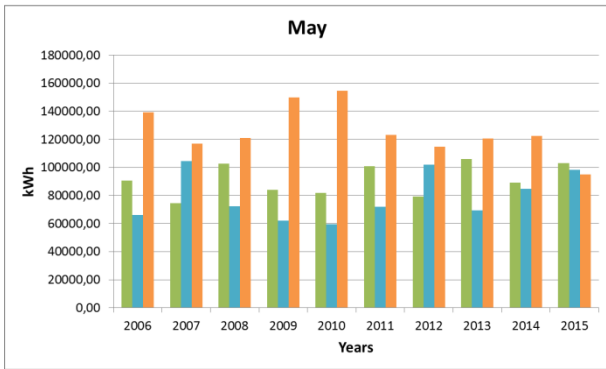
(b)



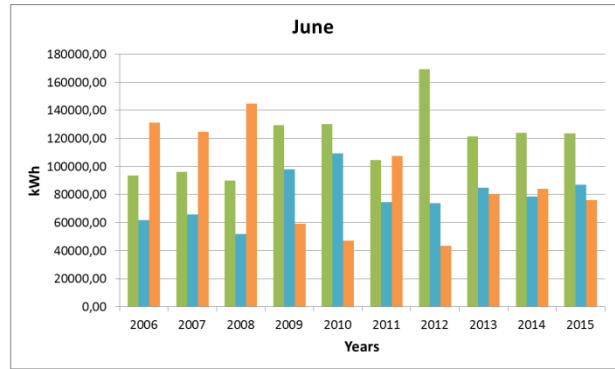
(c)



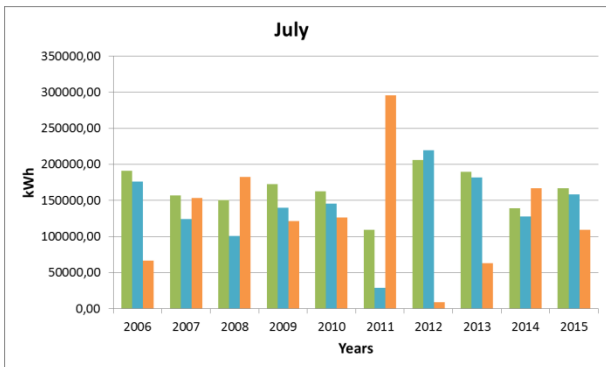
(d)



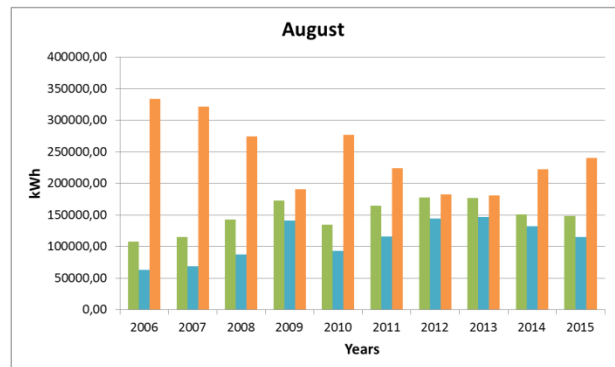
(e)



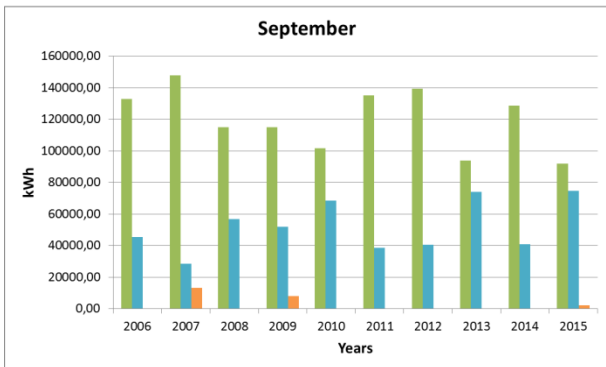
(f)



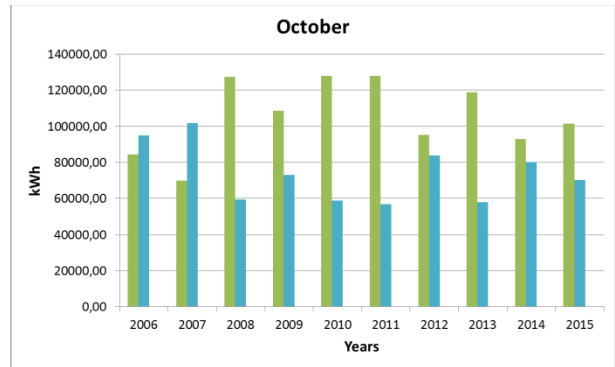
(g)



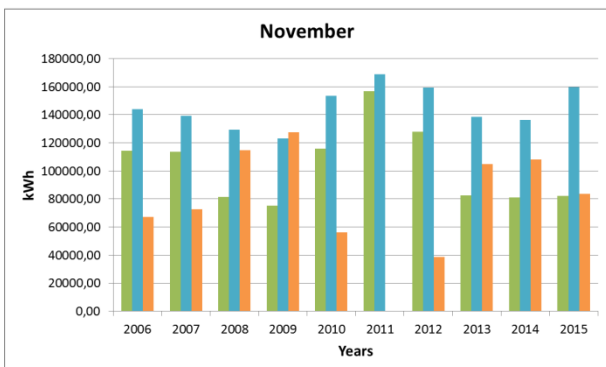
(h)



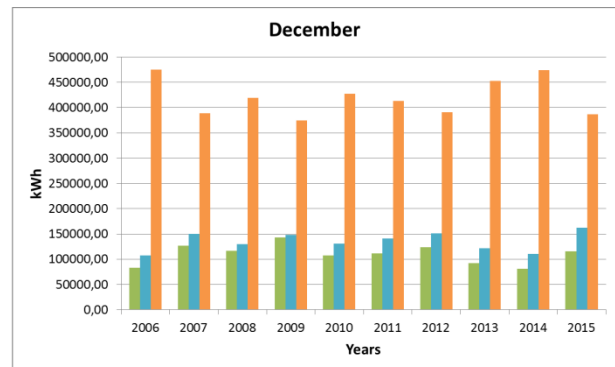
(i)



(j)



(k)



(l)

Fig. 12 – Annual variation of coverage way of electricity demand in month level for 10 years

■ 30% W/T (kWh)
 ■ Hydropower (kWh)
 ■ National Network (kWh)

The Net Present Value of the investment is reset for water price equal to 11,51 € / m³ and for this price the IRR is equal to the interest rate and the investment is marginally profitable. Figure 13 shows a graph of the NPV and IRR for different water prices, in order to show the efficiency of the project depending on the selling price of water.

By the same procedure, but with variable the price of energy and stable price of desalinated water, we observe that the Net Present Value is zero for price 0,325 € / kWh, so for this price the IRR is equal to the interest rate and investment is marginally profitable. Figure 14 shows a graph of the NPV and IRR for different values of energy, in order to show the efficiency of the project depending on the selling price per kWh.

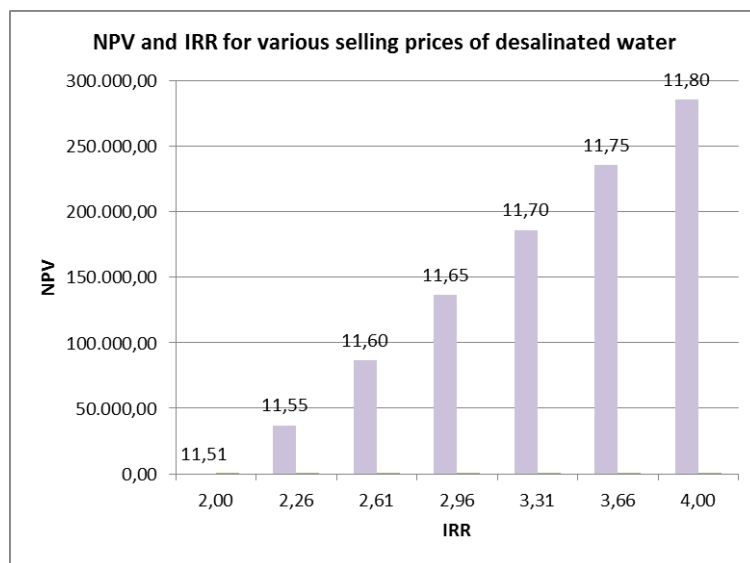


Fig. 13 – NPV and IRR for various selling prices of desalinated water

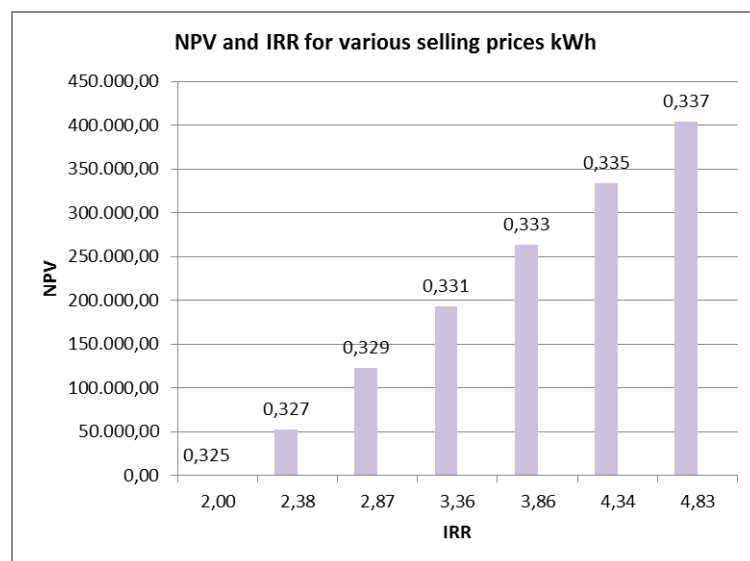


Fig. 14 – NPV and IRR for various selling prices of kWh

CONCLUSIONS – FUTURE RESEARCH

In this thesis attempted a presentation of the various forms of renewable energy and the institutional framework for energy policy in Greece and the European Union, as well as a bibliographic review of hybrid systems for Renewable Energy and the desalination process. Finally, a study of a hybrid system with four wind turbines, a desalination plant and a turbine on an island, to meet both energy needs, and the drinking and irrigation needs.

The main conclusions of the bibliographic part of this study are summarized as follows:

- The environmental consequences of the combustion of fossil fuels and the possibility of their depletion have led to renewable energy and the development of hybrid systems using RES.
- Greece is indicated for the installation of hybrid systems based on wind, due to her high wind potential, which is available.
- The installation of hybrid systems involves some environmental impact, however they are offset by the benefits of the systems and can be integrated smoothly into the existing environment.
- Hybrid systems can be installed as an independent system or integrated into existing plants based on conventional energy after appropriate interventions.
- The most important advantages ,at local level, of the hybrid systems summarized in important contribution of electricity needed throughout the year, avoiding blackouts and reducing pollutant emissions.
- Reaction turbines in relation to impulse turbines are usually suitable for small hydraulic heights and high water supplies.
- The importance of desalination to the problem of water shortage, understood by the globally rapid increase of installed capacity of desalination plants in the last fifty years.
- Reverse osmosis finds its greatest application due to the low energy consumption, the suitability of such systems for connection with solar panels or wind turbines and the high quantities of desalinated water compared to other desalination processes.
- In desalination methods either conventional or renewable energy sources can be used, but all desalination methods cannot be combined with all RES.

The main cocnclusions of the second part of this paper, after the data collection and the analysis results are summarized as follows:

- The increase of the population during the summer months raises, as expected, the demand of domestic water, but not the electricity needs, which are increased during the winter months.
- When the system is utilized only to cover electrical needs, the island succeeds more days of autonomy in electricity (scenario 1) compared to the case where water is desalinated in order to be used for drinking and irrigation needs (scenario 2).
- Studying the typical 24 hours in August, observed some evening hours that wind turbines do not work at all, due to reduced wind potential.
- The study of the typical 24 hours in August and December, months with the greatest demand for desalinated water and electricity, respectively, the island depends in large percentage of the national network of electricity and fails to become autonomous at any time during the 24 hours.
- The study of the typical 24 hours in December achieved complete autonomy in drinking water. The design of the typical 24 hours of August, does not lead to the same results, however, the reliability of the system is in very high rates.
- When the entire quantity of water desalted before pumping and driving to the turbine (scenario 3), an increase of the contribution rate of the national network of electricity is observed and the percentage of the days that the island is energy independent is decreased.
- At the same time, at scenario 3, where the water is desalted before pumping, there are smaller quantities of water available, which means that is required a design of a less storage tank.
- The study of annual reliability for 10 years data shows a relative deviation occurs due to different wind and temperature data.
- A cost – benefit analysis shown that the price of kWh and cubic meter of water should be increased in order for the system to be economically efficient for the investor. However, if no longer required to transport large quantities of water, the profit of stopping this transfer can be channeled to this case, in order to ensure the constant value for residents.

Based on the results and conclusions after the completion of this thesis, some topics that deserve future research have emerged. First it is proposed to apply this methodology to other Greek islands that are either connected to the national energy network , or are the "non-interconnected islands" which cover their energy needs by self-power stations, which produce energy by consuming conventional fuels.

Also, it has a particular interest the use of more accurate data, both for water supply, irrigation and power needs as well as for temperature and wind data, which have been obtained from the meteorological station of the neighboring Ikaria. The ability to log data from the study island itself would give the possibility of exporting more precise results. At the same time uncertainty analysis for all the input data would provide more accurate results.

Finally, the production of synthetic timeseries generation, forecasting future project response rates, would provide a more complete picture of the cover of the island's needs.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η κατάσταση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται παγκοσμίως η τάση της ολοένα μεγαλύτερης διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια των κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ (ΚΑΠΕ, 2016).

Για την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) οι ΑΠΕ αποτελούν βασική προτεραιότητα, όπως διαφαίνεται από το θεσμικό πλαίσιο που έχει διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια. Νέες πολιτικές, όσον αφορά την χρήση ΑΠΕ, προτείνονται τόσο από την ΕΕ όσο και από μεμονωμένα κράτη. Η αρχή έγινε το 1997 με τη Λευκή Βίβλο «Ενέργεια για το Μέλλον» για την προστασία του περιβάλλοντος και αργότερα, το 2000, με το Green Paper «Στρατηγική για την Ασφάλεια της παροχής Ενέργειας» για την ανεξαρτησία του ενεργειακού εφοδιασμού. Επίσης, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 από τα Ηνωμένα Έθνη για την Κλιματική Αλλαγή, ορίστηκε ο στόχος της μείωσης των εκπομπών των Αερίων του Θερμοκηπίου (ΑτΘ) στην ΕΕ κατά 8% το 2008-12 από τα επίπεδα του 1990 (Παπαευθυμίου, 2012). Τέλος, η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την επίτευξη της συμβολής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε ποσοστό 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2020, απορρέει από την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, και περιλαμβάνει και εκτιμήσεις για την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα και τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως το 2020. Οι εκτιμήσεις αυτές αφορούν στη συμμετοχή των ΑΠΕ τόσο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης για τον οικιακό τομέα, όσο και στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Επίσης, αναφέρονται μέτρα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αύξηση της αξιοποίησης των ΑΠΕ, καθώς και στοιχεία για τις βασικές διοικητικές δομές που θα επιταχύνουν τη διείσδυση αυτή (ΚΑΠΕ, 2016).

Η Ελλάδα, ως κράτος-μέλος της ΕΕ, συμμετέχει στη συνολική προσπάθεια της ΕΕ για την αύξηση της συμβολής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. Συγκεκριμένα, η Οδηγία 2001/77/ΕΚ, προέβλεπε για την Ελλάδα τον στόχο της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της υδραυλικής ενέργειας των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε ποσοστό 20.1% της εγχώριας ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010. Ο στόχος αυτός ήταν συμβατός με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απέρρεαν

από το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο εκτιμούσε για την Ελλάδα συγκράτηση του ποσοστού αύξησης, κατά την περίοδο 2008-2012, του CO και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25%, σε σχέση με το έτος-βάση 1990. Επιπλέον, με τη ψήφιση της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, ο νέος στόχος για Ελλάδα ως προς τη συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση, ανέρχεται στο 18%. Στα πλαίσια αυτά ψηφίστηκε και ο Νόμος 3851/2010, όπου καθορίζονται οι στόχοι της Ελλάδας για το 2020, σύμφωνα με τους οποίους η συμμετοχή των ΑΠΕ θα πρέπει να αυξηθεί κατά 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας και κατά 40% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτή τη στιγμή η συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα κυμαίνεται γύρω στο 12%, εκ των οποίων το 4% προέρχεται από αιολικά και το 6% από μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα.

Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα και βάσει των εκτιμήσεων της ΡΑΕ, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα και η χρήση των υπόλοιπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, πλην της αιολικής (μικρά υδροηλεκτρικά, Φ/Β, γεωθερμία, βιομάζα, κλπ.) δεν αναμένεται να συνεισφέρουν πέραν του 10%. Τις μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης και συνεισφοράς στην επίτευξη των εθνικών στόχων παρουσιάζει η αιολική ενέργεια, εξαιτίας της διαθεσιμότητας της πρωτογενούς πηγής, αλλά και λόγω του χαμηλού κόστους αξιοποίησής της σε σχέση με άλλες μορφές ΑΠΕ (Παπαευθυμίου, 2012).

Σε αυτά τα πλαίσια ξεκίνησε η προσπάθεια υλοποίησης Υβριδικών Ενεργειακών Έργων (ΥΒΕ). Στόχος τους είναι η παραγωγή ενέργειας που βασίζεται στο συνδυασμό διαφορετικών μορφών ΑΠΕ, όπως είναι η αιολική και η υδροηλεκτρική, σε συνδυασμό με την αποθήκευση της περίσσιας ενέργειας με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης, μια μέθοδος απόλυτα φιλική με το περιβάλλον και εύκολα εγκαταστάσιμη σε περιοχές που η τοπογραφία και η διαθεσιμότητα του νερού τα επιτρέπει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου έργου στην Ελλάδα αποτελεί το Υβριδικό Σύστημα της Ικάριας. Το εν λόγω έργο συνολικής ισχύος 6,8 MW, σχεδιάστηκε και μελετήθηκε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρική και αιολική ενέργεια, που είναι άφθονες στην Ικάρια, προκειμένου να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια, υποκαθιστώντας σημαντικά την χρήση πετρελαίου από τον υπάρχοντα πετρελαϊκό σταθμό.

1.2 Αντικείμενο – Δομή εργασίας

Αντικείμενο της εργασίας είναι μια βιβλιογραφική παρουσίαση των Υβριδικών Έργων (ΥΒΕ) και της μεθόδου της αφαλάτωσης καθώς και η αξιολόγηση ενός Υβριδικού Ενεργειακού

Συστήματος στους Φούνους Κορσεών, ένα μικρό νησί κοντά στην Ικαρία, το οποίο θα περιλαμβάνει τέσσερις ανεμογεννήτριες, δυο δεξαμενές, ένα ΜΥΗΣ με υδροστρόβιλο, ένα αντλιοστάσιο και μια μονάδα αφαλάτωσης προσομοιώνοντας την λειτουργία του συστήματος σύμφωνα με τους κανόνες και τους περιορισμούς που ορίζονται από τη μελέτη μας. Σκοπός είναι η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος με τη συνεργασία των διάφορων μορφών ενέργειας που συμμετέχουν στην παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα στόχος είναι και η εκτίμηση της αξιοπιστίας και της αποδοτικότητας αυτού του συστήματος ως προς την κάλυψη τόσο των αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια όσο και των αναγκών για χρήση νερού για ύδρευση και άρδευση.

Η εργασία αποτελείται από τα παρακάτω κεφάλαια τα περιεχόμενα των οποίων περιγράφονται στη συνέχεια.

Αρχικά γίνεται μια αναφορά πάνω στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, καθώς και στο Θεσμικό Πλαίσιο της Ενεργειακής Πολιτικής. Συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια παρουσίαση όλων των ΑΠΕ, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις ΑΠΕ, αναλύεται το Θεσμικό Πλαίσιο Ενεργειακής Πολιτικής που ισχύει σήμερα και παρουσιάζεται η πολιτική της ΕΕ για τις ΑΠΕ.

Ακολούθως, στο Κεφάλαιο 3 γίνεται μια βιβλιογραφική επισκόπηση των υβριδικών ενεργειακών έργων, καθώς και των υβριδικών έργων της Ικαρίας και του νησιού El Hierro, που αποτελούν τα πρώτα εγχειρήματα τέτοιων υβριδικών συστημάτων στην Ευρώπη.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 4, γίνεται μια σύντομη κατηγοριοποίηση των μεθόδων αφαλάτωσης, με ιδιαίτερη βάση στην μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη και η οποία θα εξεταστεί στο πλαίσιο αυτής της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή μελέτης που είναι οι Φούνους Κορσεών. Εξετάζονται από στοιχεία διοικητικά, ιστορικά, καθεστώς προστασίας περιοχής, χρήσεων γης, μέχρι μορφολογικά, κλιματολογικά, τεχνικών υποδομών, υδροδότησης, οικονομικής δραστηριότητας.

Στο επόμενο κεφάλαιο, Κεφάλαιο 6 δίνεται η τεχνική περιγραφή των συνιστωσών του Υβριδικού Έργου καθώς και η εσωτερική λειτουργία του. Επιπρόσθετα, δημιουργούνται πίνακες πληθυσμού, ζήτησης ηλεκτρικής ενέργεια, ύδρευσης και άρδευσης. Στη συνέχεια γίνεται η προσομοίωση του μοντέλου σύμφωνα με διάφορα σενάρια χρήσης της διαθέσιμης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με το επίπεδο διακινδύνευσης για κάθε σενάριο.

Στο Κεφάλαιο 7 γίνεται μια προσπάθεια Ανάλυσης Κόστους – Οφέλους, προκειμένου να γίνει μια οικονομική αξιολόγηση του έργου και μια σύγκριση των αναμενόμενων οφελών από το προτεινόμενο υβριδικό έργο.

Στο Κεφάλαιο 8 παρατίθενται τα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν από την παραπάνω βιβλιογραφική επισκόπηση και την ανάλυση του έργου και δίνονται τα ερεθίσματα για την περαιτέρω έρευνα.

2. ΑΠΕ & ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

2.1 Μορφές των ΑΠΕ

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές (ο ήλιος, το νερό, ο άνεμος, η βιομάζα, κλπ.), οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον. Είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάσθηκε μετά την ενεργειακή κρίση του 1979, όπου η διεθνής τιμή του πετρελαίου έφτασε στο ανώτατο σημείο της (περισσότερα από 80 δολάρια το βαρέλι), και παγιώθηκε τα τελευταία χρόνια, αφού έγιναν παγκόσμια κατανοητά τα περιβαλλοντικά προβλήματα από την αποκλειστική χρήση του πετρελαίου. Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ και η ουσιαστική συμβολή τους στην ενεργειακή απεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους, επιτάσσουν αλλαγή πορείας προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης των ανεξάντλητων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, με τη συμβολή τους τόσο στη μείωση της εξάρτησης από το εισαγόμενο και ακριβό πετρέλαιο, όσο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων, όπως είναι ο άνθρακας και το πετρέλαιο (ΚΑΠΕ, 2016). Είναι λοιπόν εμφανές ότι ο μόνος δυνατός τρόπος για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έχει θέσει, και αφορά τον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ (ΕΣΗΑΠΕ, 2006).

Οι μορφές των ΑΠΕ διακρίνονται σε:

- α. Αιολική Ενέργεια: η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια
- β. Υδραυλική Ενέργεια: η οποία βασίζεται στην εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας των επιφανειακών υδάτων, με μετατροπή της αρχικά σε κινητική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική (υδροηλεκτρικά έργα)

γ. Βιομάζα: είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης

δ. Ηλιακή Ενέργεια: αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται και τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, διακρίνονται σε:

i. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα

ii. Παθητικά Ηλιακά και Υβριδικά Συστήματα: αφορούν κατάλληλες αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.

iii. Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια

ε. Γεωθερμική Ενέργεια: η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα

στ. Ενέργεια από τη θάλασσα

i. Ενέργεια από παλίρροιας: εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό.

ii. Ενέργεια από τα κύματα: εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.

iii. Ενέργεια από τους ωκεανούς: εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού

ζ. Ωσμωτική ενέργεια: η ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας, όπως συμβαίνει όταν ένα ποτάμι εκβάλλει στον ωκεανό. Ανακτάται όταν το νερό του ποταμού και το θαλασσινό νερό είναι διαχωρισμένα από μια ημι-διαπερατή μεμβράνη και το γλυκό νερό περνάει μέσω αυτής.

2.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ, σύμφωνα με τον Ν. 2773/1999, είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια η προερχόμενη από:

- α. Την εκμετάλλευση αιολικής ή ηλιακής ενέργειας ή βιομάζας ή βιοαερίου.
- β. Την εκμετάλλευση γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού γεωθερμικού δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
- γ. Την εκμετάλλευση της ενέργειας από τη θάλασσα.
- δ. Την εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς μέχρι 10 MW.
- ε. Συνδυασμό των ανωτέρω.
- στ. Τη συμπαραγωγή, με χρήση των πηγών ενέργειας, των (α) και (β) και συνδυασμό τους.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), σύμφωνα και με τον Ελληνικό Σύνδεσμο Ηλεκτροπαραγωγών από ΑΠΕ συνοψίζονται στα εξής:

- α. Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- β. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- γ. Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- δ. Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- ε. Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- στ. Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών και σε μικρή κλίμακα εφαρμογών ή σε μεγάλη κλίμακα, αντίστοιχα, έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας .
- ζ. Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- η. Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη,

με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

θ. Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό

Στο ηπειρωτικό διασυνδεδεμένο δίκτυο της χώρας έχουμε εγκατεστημένη ισχύ περί τα 13800 MW, η ισχύς των ΑΠΕ ανέρχεται στα 3100 MW ενώ η ισχύς των αιολικών πάρκων ανέρχεται στα 1466 MW (ΑΔΜΗΕ, 2016).

2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

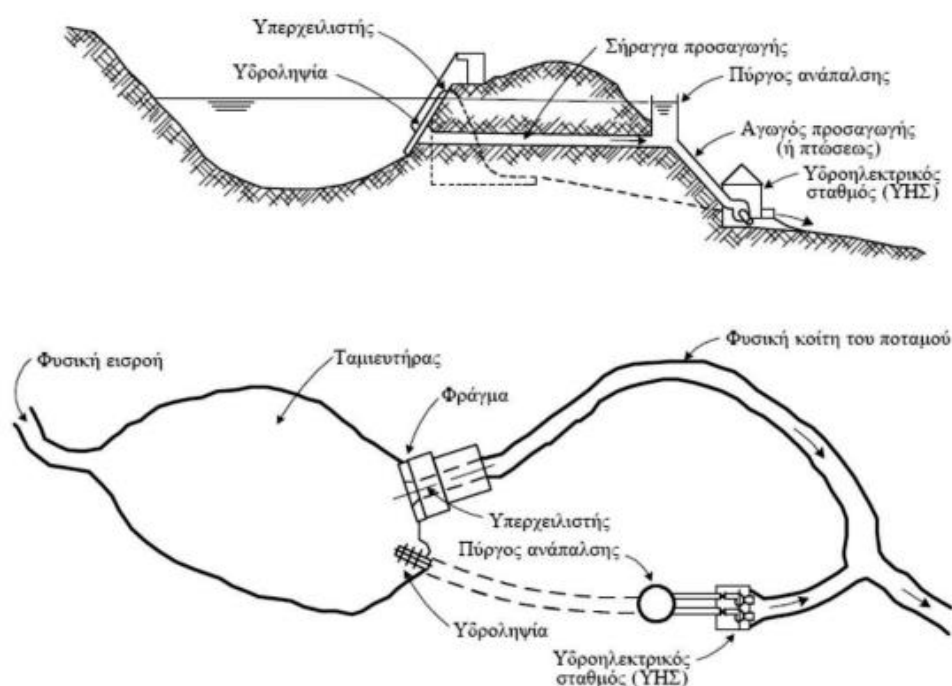
Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία βασίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή λαμβάνει χώρα σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια μέσω της πτερωτής του στροβίλου και στο δεύτερο στάδιο επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, μέσω της γεννήτριας. Το σύνολο των έργων και του εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Η αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Έργο, ισοδυναμεί στην ουσία με εξοικονόμηση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους μέσω υδροστροβίλων έχει ως αποτέλεσμα την ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι με την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους μέσω βροχοπτώσεων, η Υδροηλεκτρική Ενέργεια αποτελεί μια πολύ σημαντική εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από την κατασκευή ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι πολλά. Ακόμα και το πρόβλημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω των μεγάλης κλίμακας τεχνικών έργων, όπως ένα φράγμα, το οποίο αποτελεί προϋπόθεση ενός υδροηλεκτρικού έργου, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα μέσω μιας καλοσχεδιασμένης μελέτης. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η λίμνη Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υγροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή.

Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ) είναι κυρίως "συνεχούς ροής", που σημαίνει ότι δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποθήκευση ύδατος, επομένως δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Για το λόγο αυτό τα υδροηλεκτρικά έργα διαχωρίζονται σε μικρά και μεγάλα. Έτσι, ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο, προϋποθέτει ένα σύνολο επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασής του που μπορούν να ενταχθούν αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους και επομένως αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον (ΥΠΕΚΑ, 2015).

Στην περίπτωση ενός ταμιευτήρα η εκμετάλλευση αφορά το μεγάλο διαθέσιμο όγκο νερού που βρίσκεται αποθηκευμένος σε μεγάλο ύψος. Η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε κινητική και κατόπιν σε ηλεκτρική μέσω του υδροστροβίλου (ή των υδροστροβίλων). Η μεταφορά του νερού από τον ταμιευτήρα στη μονάδα υδροστροβίλων γίνεται με τον αγωγό προσαρμογής. Στο Σχήμα 2.1 εικονίζεται η σχηματοποίηση της περιγραφόμενης διάταξης.



Σχήμα 2.1 – Σχηματοποίηση διάταξης ΥΗΕ (Πηγή: Παπαντώνης 2008)

Η βασική σχέση της υδροηλεκτρικής παραγωγής είναι η εξής:

$$E_t = \psi \cdot V_t \cdot H_t \quad (2.1)$$

όπου:

E_t : η παραγόμενη ενέργεια σε χρονικό βήμα t (σε GWh)

V_t : ο όγκος του νερού που διέρχεται από τον στρόβιλο στο χρονικό βήμα t (σε hm^3)

H_t : το ολικό ύψος πτώσης στο χρονικό βήμα t (σε m)

ψ : η ειδική ενέργεια, δηλαδή η παραγόμενη ενέργεια ανά μονάδα ύψους πτώσης και διερχόμενου όγκου (σε GWh/hm^4)

Η σχέση παροχής – ισχύος ενός στρόβιλου που προκύπτει είναι η εξής:

$$I = \gamma \cdot Q \cdot H \cdot n \quad (2.2)$$

όπου:

γ : το ειδικό βάρος του νερού που ισούται με επιτάχυνσης βαρύτητας g επί την πυκνότητα του νερού

H : το ύψος πτώσης

n : ο συντελεστής απόδοσης του υδροστρόβιλου

2.4 Αιολική Ενέργεια

Ο άνθρωπος εκμεταλλευόταν την ενέργεια του ανέμου από την αρχαιότητα. Τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της εκμετάλλευσης. Σήμερα, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνεται με την χρήση Α/Γ, οι οποίες είναι μηχανές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια μέσω της πτερωτής της Α/Γ και στο δεύτερο στάδιο επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, μέσω της γεννήτριας.

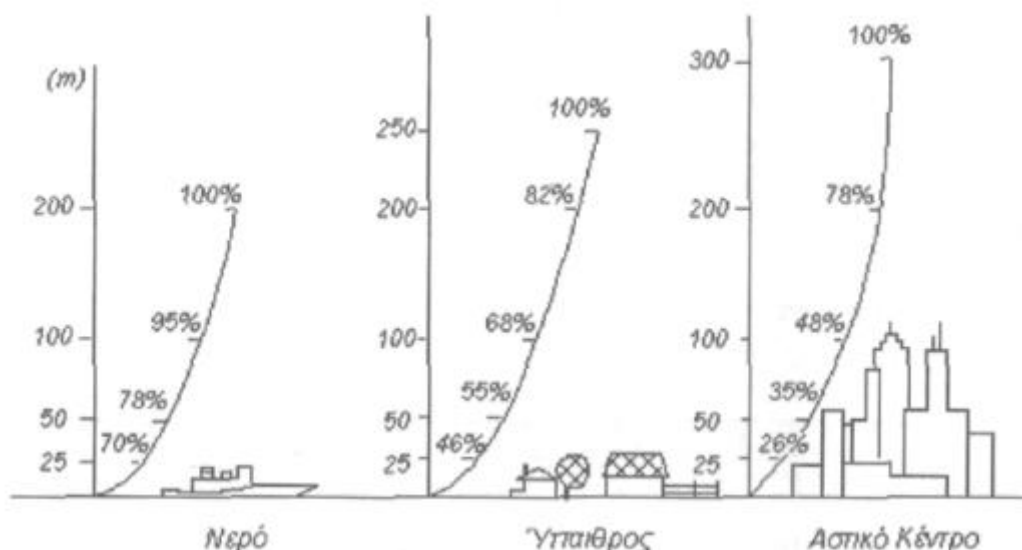
Οι Α/Γ χρησιμοποιούνται είτε για πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ή και για τη συμπλήρωση αυτών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί είτε να καταναλωθεί επιτόπου, είτε διοχετευθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης Η/Ε, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση Η/Ε παραγόμενης από Α/Γ και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να

τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη Η/Ε είναι μεγάλη.

Η Ελλάδα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό, σε αρκετές περιοχές της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Εύβοιας και φυσικά στα νησιά του Αιγαίου. Σε αυτές τις περιοχές συναντούμε και τα περισσότερα αιολικά πάρκα, τα οποία αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών σε τέτοια διάταξη με σκοπό την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

Η αιολική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η εκμετάλλευση του υψηλού της δυναμικού στη χώρα μας, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών που ενσωματώνεται στις σύγχρονες αποδοτικές ανεμογεννήτριες, έχει τεράστια σημασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (ΥΠΕΚΑ, 2015).

Η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει μια κατακόρυφη διανομή μέσα στο στρώμα της ατμόσφαιρας. Ειδικότερα παρουσιάζει εκθετική αύξηση με την αύξηση του ύψους η οποία συνήθως είναι αξιοσημείωτη για τα πρώτα εκατό μέτρα από το έδαφος, συνήθως εντός του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος. Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας με την αύξηση του ύψους εξαρτάται κυρίως από το ανάγλυφο της περιοχής, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.2 (Καλδέλλης, 2005).



Σχήμα 2.2 – Επίδραση τραχύτητας στην κατανομή ταχύτητας του ανέμου (Πηγή: Καλδέλλης, 2005)

Για την περιγραφή της κατακόρυφης διανομής της ταχύτητας του ανέμου έχουν προταθεί διάφορες αναλυτικές σχέσεις, οι οποίες στηρίζονται στη θεωρία των οριακών στρωμάτων, εκ των οποίων η πιο διαδεδομένη είναι η εκθετική διανομή (power law):

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\ln \frac{z_2}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}}, \quad (2.3)$$

όπου u_1 και u_2 η ταχύτητα του ανέμου σε ύψη z_1 και z_2 αντίστοιχα και z_0 η παράμετρος τραχύτητας.

Η σχέση (2.3) δίνει την ταχύτητα του ανέμου σε ύψος "z" από το έδαφος συναρτήσει της παραμέτρου z_0 , της οποίας η ακριβής τιμή εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους. Οι τιμές της παραμέτρου z_0 κυμαίνονται στις τιμές που φαίνονται στο Σχήμα 2.3 (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999).

Τυπικές τιμές της παραμέτρου τραχύτητας z_0 για διάφορες φυσικές επιφάνειες (cm)

Πάγος	0.001
Ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια	0.002
Υδάτινη επιφάνεια	0.01-0.06
Χλόη ύψους μέχρι 1cm	0.1
Χλόη ύψους μέχρι 1-10 cm	0.1-0.2
Χλόη-σιτηρά κλπ ύψους 10-50 cm	2-5
Φυτοκάλυψη ύψους 1-2 m	20
Δένδρα ύψους 10-15 m	40-70

Σχήμα 2.3 – Τυπικές τιμές της παραμέτρου τραχύτητας z_0 για διάφορες φυσικές επιφάνειες (cm)

(Πηγή: Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999)

2.5 Θεσμικό Πλαίσιο Ενεργειακής Πολιτικής

2.5.1 Ελληνική νομοθεσία για τις ΑΠΕ

Ο Ν.1559/1985, «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 135), αποτέλεσε την απαρχή της εισόδου των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Με το νόμο αυτό η ΔΕΗ, εγκατέστησε 24 MW κυρίως μικρά αιολικά πάρκα και μερικά Φ/Β συστήματα μικρής ισχύος και οι

Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης περιορίστηκαν στο ελάχιστο επίπεδο των 3 MW μέχρι το 1995.

Με τον Ν.2244/1994, «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 168), καθορίστηκαν σταθερές τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ, για το διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας, σε επίπεδο ίσο με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση και υποχρέωση της ΔΕΗ για αγορά του. Ανάλογα με το είδος του σταθμού ανανεώσιμης ηλεκτροπαραγωγής, είχε προβλεφθεί κλιμακωτή αποζημίωση και η τιμή ενέργειας προσαυξανόταν κατά μικρό ποσοστό της τάξης του 6,5%, με αποτέλεσμα το έτος 2006 η τιμή αυτή να αντιστοιχεί σε 0,07287 Ευρώ/κιλοβατώρα. Για τα νησιά που δεν ανήκουν στο διασυνδεδεμένο σύστημα η τιμή κατά το έτος 2006 αντιστοιχούσε σε 0,08458 Ευρώ/κιλοβατώρα, καθώς η τιμολόγηση βασιζόταν στο 90% του τιμολογίου γενικής χρήσης (χαμηλή τάση).

Ο Ν.2773/1999, «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις», διατήρησε το ευνοϊκό τιμολογιακό καθεστώς των ΑΠΕ, έδωσε έμφαση στο θέμα της προτεραιότητας πρόσβασης στο δίκτυο και προσάρμοσε το ελληνικό δίκαιο στους κανόνες που θεσπίστηκαν με την Οδηγία 96/92/ΕΚ.

Ο Ν.2941/2001, «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. 'ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ' και άλλες διατάξεις», αντιμετώπισε αποτελεσματικά το θέμα εγκατάστασης ΑΠΕ σε δάση και δασικές εκτάσεις με διατάξεις που έγιναν αποδεκτές και κρίθηκαν συνταγματικές από το Συμβούλιο της Επικρατείας. Επίσης, κάλυψε σημαντικά κενά της νομοθεσίας και της αδειοδότησης.

Με την ψήφιση του Ν.3010/2002, «Εναρμόνιση του Ν.1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11/Ε.Ε. και 96/61/Ε.Ε., διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 91) γίνεται προσαρμογή της εθνικής νομοθεσίας που διέπει την προστασία του περιβάλλοντος στο κοινοτικό κεκτημένο.

Με το Ν.3017/2002, «Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος» (ΦΕΚ Α' 117), η ελληνική Βουλή επισήμοποίησε τα δέσμευση της χώρας για δράσεις αντιστρατευόμενες την τάση επιδείνωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Ο Ν.3175/2003, «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις», αποτέλεσε αναθεώρηση του Ν.2773/1999, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν οι καθυστερήσεις στην διαδικασία απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρισμού κυρίως εξαιτίας

της δεσποζουσας θέσης της ΔΕΗ Α.Ε. και καθιέρωσε ένα συνεκτικό σύνολο κανόνων για την ορθολογική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Επίσης εισήγαγε απλουστευμένες διαδικασίες σχετικά με τις απαλλοτριώσεις που είναι αναγκαίες για την ενίσχυση και επέκταση των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να εξυπηρετηθεί και η ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Ο Ν.3468/2006, «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 129), στόχευε στη ρύθμιση θεμάτων ανάπτυξης, ένταξης στο σύστημα/δίκτυο και τιμολόγησης έργων ΑΠΕ και Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ). Συγκεκριμένα θεσμοθετήθηκε εθνικός στόχος συμμετοχής της ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 20,1 % κατά το έτος 2010 και σε ποσοστό 29% μέχρι το έτος 2020. Ταυτόχρονα απλοποιήθηκε η αδειοδοτική διαδικασία για τις ΑΠΕ, τροποποιήθηκε το τιμολογιακό καθεστώς, προς όφελος των φωτοβολταϊκών συστημάτων, προκειμένου να ενισχυθούν οι επενδύσεις σε αυτόν την κατεύθυνση και αποσυνδέθηκε η τιμή πώλησης ενέργειας από ΑΠΕ από τα τιμολόγια της ΔΕΗ. Τέλος, θεσμοθετήθηκε πλαίσιο για τους υβριδικούς σταθμούς και αυξήθηκε το όριο μέχρι του οποίου ένα ΥΕ χαρακτηρίζεται ως μικρό από 10 σε 15 MW.

Με το Ν.3734/2009 (ΦΕΚ Α' 8/28.01.2009), «Προώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις», γίνεται εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Φεβρουαρίου 2004 για την προώθηση της συμπαράγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας και για την τροποποίηση της Οδηγίας 92/42/ΕΟΚ (ΕΕ L 52/50) και συμπλήρωση του νομικού πλαισίου για την προώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας. Επίσης απαλείφεται ο όρος «θεώρηση» αντί οικοδομικής άδειας και γίνεται πρόβλεψη για «έγκριση εργασιών» για τις μη δομικές κατασκευές των αιολικών και Φ/Β σταθμών. Τέλος, προβλέπονται νέες τιμές πώλησης για την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Φ/Β σταθμούς.

Με την Κοινή Υπουργική Απόφαση της 4^{ης} Ιουνίου 2009 (ΦΕΚ Β 1079/04.06.2009) θεσπίστηκε Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων (ΦΒΣ) σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων. Το Πρόγραμμα αφορά στην εγκατάσταση συστημάτων μέχρι 10 kWp σε κατοικίες και πολύ μικρές επιχειρήσεις, στο

Ηπειρωτικό Σύστημα και στα Διασυνδεδεμένα Νησιά και εφαρμόζεται από την 1η Ιουλίου 2009.

Ο Ν.3851/2010, «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής», έχει ως στόχο την εναρμόνιση με τις διατάξεις της οδηγίας 28/2009 και την θεσμοθέτηση του νέου εθνικού δεσμευτικού στόχου για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην κάλυψη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2020. Συγκεκριμένα καθορίζεται εθνικός στόχος 20% για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην κάλυψη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020 και 40% για τον ηλεκτρισμό. Απλοποιείται η διαδικασία έκδοσης της άδειας παραγωγής έργων ΑΠΕ και οι μικρές εγκαταστάσεις ΑΠΕ, εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής. Ο ρόλος της ΡΑΕ αναβαθμίζεται και περιορίζεται η διάρκεια της σχετικής αδειοδοτικής διαδικασίας, σε 2 μήνες. Επίσης, οι διαδικασίες Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) συγχωνεύονται σε μία ενιαία διαδικασία και δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την κατασκευή ιδιωτικών δικτύων από παραγωγούς ΑΠΕ, με την διασφάλιση της πρόσβασης τρίτων στα έργα σύνδεσης. Προωθούνται οι φωτοβολταϊκές επενδύσεις σε κτίρια και στέγαστρα ανεξαρτήτως ισχύος και από τους κατ' επάγγελμα αγρότες για φωτοβολταϊκά έως 100kW.

Ο Ν.4001/2011, «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις», έχει σαν σκοπό την ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των διατάξεων της Οδηγίας 2009/72/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Ιουλίου 2009 «Σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για την κατάργηση της Οδηγίας 2003/54/ΕΚ» και της Οδηγίας 2009/73/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Ιουλίου 2009 «Σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά Φυσικού Αερίου και την κατάργηση της Οδηγίας 2003/55/ΕΚ». Θεσμοθετούνται οι διατάξεις με τις οποίες ασκούνται οι δραστηριότητες της παραγωγής, της προμήθειας, της αγοράς, της μεταφοράς και της διανομής Φυσικού Αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και της αποθήκευσης και της υγροποίησης Φυσικού Αερίου και της αεριοποίησης υγροποιημένου Φυσικού Αερίου εντός της Ελληνικής Επικράτειας.

Με το Ν.4093/2012, «Έγκριση Μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013–2016 – Επείγοντα Μέτρα Εφαρμογής του ν. 4046/2012 και του Μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013–2016», επιβάλλεται έκτακτη ειδική εισφορά

αλληλεγγύης στους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, η οποία υπολογίζεται επί του τιμήματος των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας που λαμβάνουν χώρα κατά το χρονικό διάστημα από 1.7.2012 έως και 30.6.2014 και αφορά τους λειτουργούντες σταθμούς, καθώς και όσους σταθμούς τεθούν σε δοκιμαστική λειτουργία ή ενεργοποιηθεί η σύνδεσή τους εφεξής. Η υποχρέωση καταβολής της ανωτέρω εισφοράς δύναται να παραταθεί για ένα ακόμη έτος με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Ταυτόχρονα, η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμό συνάπτεται για είκοσι έτη.

Με το Ν.4152/2013, «Επείγοντα μέτρα εφαρμογής των νόμων 4046/2012, 4093/2012 και 4127/2013», τα αιτήματα χορήγησης προσφοράς σύνδεσης για σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα και το Δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας, υποβάλλονται από τους ενδιαφερόμενους στον Διαχειριστή του Δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.) για ισχύ έως και 8 MW ενώ τα αιτήματα για σταθμούς ισχύος άνω των 8 MW υποβάλλονται από τους ενδιαφερόμενους στον Διαχειριστή του Συστήματος (ΑΔΜΗΕ Α.Ε.).

Ο Ν.4203/2013, «Ρυθμίσεις θεμάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και άλλες διατάξεις», ορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών, ρυθμίζει τα θέματα τιμών αποζημίωσης ενέργειας από σταθμούς ΑΠΕ και ορίζει και τους όρους δόμησης για τις αιολικές εγκαταστάσεις.

Με το Ν.4254/2014, «Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο εφαρμογής του ν. 4046/2012 και άλλες διατάξεις», γίνεται επανακαθορισμός των στοιχείων τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας των λειτουργούντων σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και καθορίζονται οι προϋποθέσεις για την ένταξή τους στην κατηγορία ΜΕ (με χρήση ενίσχυσης).

2.5.2 Πολιτική Ε.Ε. για τις ΑΠΕ

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι πρωτοβουλίες για την ενεργειακή επάρκεια και την προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικές. Το 1996 η ΕΕ με την Πράσινη Βίβλο (96/576) θέτει ως προτεραιότητες της ενεργειακής πολιτικής της την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της Ένωσης και την κλιματική αλλαγή. Προς επίτευξη αυτού του σκοπού, η Πράσινη Βίβλος δίνει κατευθυντήριες γραμμές στα κράτη-μέλη της ΕΕ προς την συστηματικότερη χρήση των φιλικών προς το περιβάλλον ΑΠΕ, έναντι των συμβατικών και ρυπογόνων πηγών ενέργειας. Με την παρότρυνση αυτή κατέστη σαφής η ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος μέσω την προσπάθειας μείωσης των εκπομπών του CO₂. Ταυτόχρονα, με την ανάπτυξη των μονάδων παραγωγής ΑΠΕ, σκοπός της Πράσινης βίβλου είναι η αύξηση της απασχόλησης

και της οικονομικής ανάπτυξης, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, ενώ παράλληλα η ανάπτυξη ορισμένων υποβαθμισμένων περιοχών. Σε δεύτερο επίπεδο, αυτές οι επιχειρήσεις πράσινης ενέργειας θα μπορέσουν να επεκταθούν και να καλύψουν ενεργειακές ανάγκες άλλων περιοχών, αυξάνοντας τα κέρδη τους και συνακόλουθα την πολιτική της ΕΕ. Με προοπτική τα επόμενα είκοσι μέχρι τριάντα έτη η Πράσινη Βίβλος επέστησε την προσοχή στις διαρθρωτικές αδυναμίες και τα γεωπολιτικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά μειονεκτήματα του ενεργειακού εφοδιασμού της ΕΕ, ιδίως όσον αφορά τις δεσμεύσεις που ανέλαβε η Ευρώπη υπό το Πρωτόκολλο του Κιότο (Κορωναίος, 2006).

Την Πράσινη Βίβλο ακολούθησε η Λευκή Βίβλος για μια κοινοτική στρατηγική και ένα σχέδιο δράσης (97/599) σχετικά με τις ΑΠΕ, με στόχο την επίτευξη αυξημένης ανταγωνιστικότητας για την ΕΕ, την ασφάλεια της παροχής ενέργειας και την προστασία του Περιβάλλοντος. Προκειμένου να επιτευχθεί η προαναφερόμενη στρατηγική της Κοινότητας η Λευκή Βίβλος προτείνει και ένα σύνολο στόχων, μέτρων και πολιτικών για όλα τα κράτη-μέλη, όπως (Γεωργαντέας, 2011):

- α. Δίκαιη πρόσβαση των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρισμού, που αποτελεί την κυριότερη ενεργειακή αγορά και η οποία έως τώρα κατακλύζεται από πηγές ενέργειας που δεν είναι φιλικές προς το περιβάλλον.
- β. Καθιέρωση μέτρων φορολογικής και οικονομικής φύσεως, δηλαδή φορολογικά και χρηματοδοτικά κίνητρα και ελαφρύνσεις προς τις εταιρείες, αλλά και προς τους ιδιώτες.
- γ. Χρήση βιοενέργειας για τις μεταφορές, τη θέρμανση και τον ηλεκτρισμό, όπως τα φυτικά έλαια κλπ., παρά το υψηλότατο κόστος παραγωγής τους, που θα πρέπει να επιδοτηθεί προκειμένου να μειώσει αυτό το συγκριτικό έλλειμμα που έχει.
- δ. Βελτίωση των κανονισμών δομήσεως όλων των οικημάτων, καθώς σημαντικό μέρος της καταναλωμένης ενέργειας προκύπτει από την κατασκευή και την συντήρηση των σπιτιών.
- ε. Εφαρμογή και συνεχής έλεγχος του σχεδίου, με την σύνδεση των ευρωπαϊκών πολιτικών και προγραμμάτων με την χρήση των ΑΠΕ, αλλά και την ενσωμάτωση της στρατηγικής και του σχεδίου δράσης για αυτές στο εσωτερικό των κρατών-μελών και τη συνεχή συνεργασία μεταξύ αυτών και των κοινοτικών οργάνων.

Ως συνέπεια των δράσεων του σχεδίου της Λευκής Βίβλου, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα προχώρησε τα επόμενα χρόνια στη θέσπιση οδηγιών για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στον ευρωπαϊκό χώρο. Το 2001 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και Κοινοβούλιο ψήφισαν την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, σύμφωνα με την οποία όλα τα κράτη-μέλη θα έπρεπε να θεσπίσουν εθνικούς στόχους για την κατανάλωση ηλεκτρισμού που παράγεται από ΑΠΕ, επιδιώκοντας μέχρι το τέλος του 2010 το 12% της ενεργειακής παραγωγής στην ΕΕ να προέρχεται από ΑΠΕ. Αν και

ορισμένα κράτη-μέλη πλησίασαν στην επίτευξη του στόχου αυτού, αποδείχθηκε ότι η πλειονότητα των κρατών καθυστέρησε, εξαιτίας του υψηλού κόστους των επενδύσεων, των διοικητικών προβλημάτων, των αδιαφανών και μεροληπτικών κανονιστικών διατάξεων για την πρόσβαση στο δίκτυο, της ελλιπούς ενημέρωσης των προμηθευτών και πελατών. Για να επιτευχθεί ο στόχος για το διπλασιασμό της παραγωγής ενέργειας από 6% που ήταν το 1995 σε 12% το 2010, η ΕΕ έθετε ορισμένες προτεραιότητες (Μπαρτζώκας, 2009):

- α. Πρόσβαση της ενέργειας από ΑΠΕ στα δίκτυα, καθώς ο ηλεκτρισμός αφορά στο 40% της ενεργειακής κατανάλωσης της ΕΕ.
- β. Δημοσιονομικά και χρηματοδοτικά μέτρα για την παροχή διευκολύνσεων σε έργα που αποσκοπούν στην προστασία του περιβάλλοντος.
- γ. Νέα πρωτοβουλία για τη βιοενέργεια στις μεταφορές, τη θέρμανση και τον ηλεκτρισμό, με προώθηση των βιοκαυσίμων.
- δ. Παρέμβαση στο σχεδιασμό της κτιριακής υποδομής.

Αντίστοιχα, το 2003, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τη νέα Οδηγία 2003/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος-μέλος, προκειμένου να συμβάλλει στην επίτευξη στόχων όπως είναι η τήρηση των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, η φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Γεωργαντέας, 2011).

Το 2004, η Ε.Ε. συντάσσει την Έκθεση για την διεύθυνση των ΑΠΕ στην Ε.Ε. (COM (2004) 366), ενώ το 2005 ανακοινώνει το Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα (COM (2005) 628), το οποίο περιλαμβάνει μέτρα για την ταχύτερη ανάπτυξη του τομέα της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα ξύλου, αποβλήτων και γεωργικών καλλιεργειών. Πιο συγκεκριμένα, ορίζει κίνητρα για τη δημιουργία αγοράς βιομάζας και την άρση των εμποδίων στα οποία προσκρούει η ανάπτυξη της αγοράς αυτής. Χάρη στα μέτρα αυτά, η Ευρώπη είναι σε θέση να μειώσει την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα, να ελαττώσει τις εκπομπές αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να τονώσει την οικονομική δραστηριότητα στις αγροτικές περιοχές (Μεμάκη, 2009).

Στις 10 Ιανουαρίου 2007, υπήρξε μια πολύ σημαντική ανακοίνωση της Επιτροπής στο Συμβούλιο και στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, με τίτλο «Χάρτης πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». Στο χάρτη πορείας παρουσιάζεται η μακροπρόθεσμη στρατηγική της Επιτροπής στον τομέα των ΑΠΕ στην Ε.Ε.. Με τη στρατηγική αυτή επιδιώκεται να επιτύχει η

Ε.Ε. το διπλό στόχο της μεγαλύτερης ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η ανάλυση του μεριδίου των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό μίγμα, καθώς και η πρόοδος που έχει συντελεστεί την τελευταία δεκαετία δείχνουν ότι οι ΑΠΕ μπορούν να αξιοποιηθούν περισσότερο και καλύτερα. Στο χάρτη πορείας, η Επιτροπή προτείνει να καθοριστεί ως δεσμευτικός στόχος μερίδιο 20% των ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας της Ε.Ε. για το 2020, καθώς και ένας ελάχιστος δεσμευτικός στόχος ύψους 10% για τα βιοκαύσιμα (ΕΕΚ, 2007). Επίσης, προτείνει νέο νομοθετικό πλαίσιο για την ενίσχυση της προώθησης και της χρήσης ΑΠΕ. Προβλέπει ότι τα κράτη-μέλη θα θεσπίσουν δεσμευτικούς στόχους και σχέδια δράσης που θα είναι προσαρμοσμένα στο αντίστοιχο δυναμικό τους. Τα σχέδια δράσης πρέπει να περιλάβουν ειδικά μέτρα και στόχους στους ακόλουθους τρεις τομείς: ηλεκτρισμός, βιοκαύσιμα και θέρμανση και ψύξη.

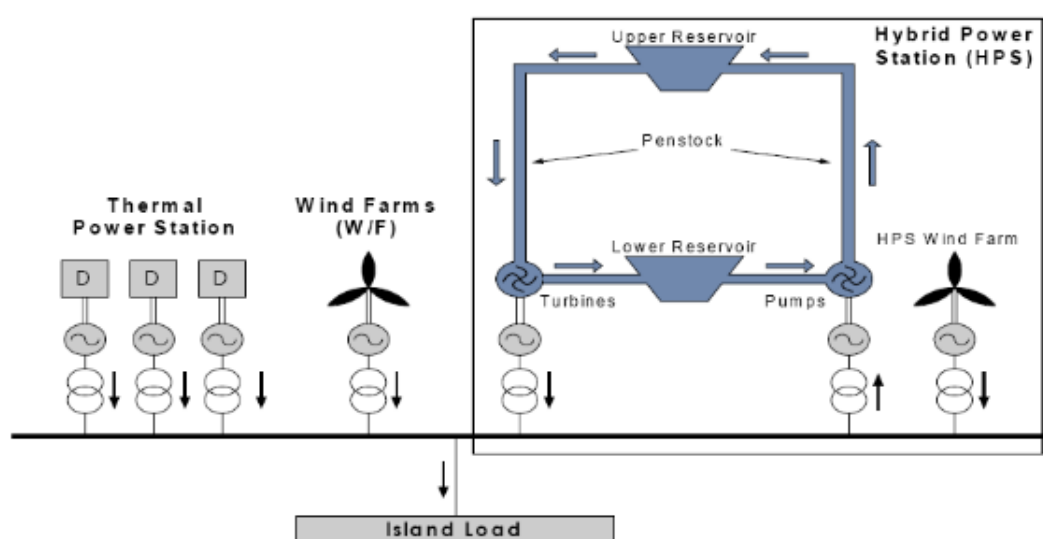
Τον Απρίλιο του 2009 ψηφίστηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο η τελευταία Οδηγία, 2009/28/ΕΚ, που μεριμνά για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ. Η εν λόγω Οδηγία αναμένεται να τροποποιήσει και συνακολούθως να καταργήσει τις δυο προηγούμενες Οδηγίες 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ, θέτοντας ως συνολικό στόχο το 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2020. Η οδηγία παρέχει την απαιτούμενη πολιτική στήριξη στις αγορές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι οποίες παρουσιάζουν τεράστιες προοπτικές οικονομικής ανάπτυξης και δημιουργίας θέσεων απασχόλησης. Σύμφωνα με τη νέα οδηγία για τη χρήση ενέργειας από ΑΠΕ (Γεωργαντέας, 2011):

- α. Τίθεται νομικά δεσμευτικός στόχος 20% συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2020, συμπεριλαμβανομένου ποσοστού 10% συμμετοχής τους στον τομέα μεταφορών.
- β. Προβλέπεται για πρώτη φορά αξιοποίηση των ΑΠΕ για όλες τις ενεργειακές χρήσεις (ηλεκτροπαραγωγή, ψύξη/θέρμανση, μεταφορές/βιοκαύσιμα).
- γ. Η εξειδίκευση σε εθνικούς στόχους στηρίζεται στο ΑΕΠ με σημείο εκκίνησης το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ σε κάθε κράτος-μέλος κατά το έτος 2005, με το συγκεκριμένο ποσοστό για την Ελλάδα να προσδιορίζεται στο 18%.
- δ. Προτείνεται εμπορία εγγυήσεων προέλευσης και παράλληλα δυνατότητα διατήρησης των εθνικών συστημάτων υποστήριξης (π.χ. feed-in tariffs).

3. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ

3.1 Περιγραφή Αυτόνομων Νησιωτικών Συστημάτων με ΥΒΣ

Τα μεγέθη των αυτόνομων ηλεκτρικών συστημάτων στα ελληνικά νησιά συνήθως ποικίλλουν από μερικές εκατοντάδες kW μέχρι εκατοντάδες MW. Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται μια αναπαράσταση των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων με υδροστρόβιλο, όπου το σύστημα τροφοδοτείται από ένα συμβατικό Αυτόνομο Σύστημα Παραγωγής (ΑΣΠ), ο οποίος αποτελείται συνήθως από διάφορες μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Σε μεγαλύτερα νησιά, όπως στην Κρήτη και στη Ρόδο, με αυξημένες ανάγκες, όπου και τα συστήματα είναι αναλογικά μεγαλύτερα, τότε μπορεί να περιλαμβάνουν επίσης ατμοστρόβιλους, μονάδες συνδυασμένου κύκλου (ΣΚ), καθώς και αεριοστρόβιλους για λειτουργία στην αιχμή. Τα κύρια καύσιμα που καταναλώνονται συστήματα αυτά είναι είτε μαζούτ είτε diesel. Επίσης στα ελληνικά νησιά είναι εγκατεστημένα αιολικά πάρκα, των οποίων η εγκατεστημένη ισχύ σήμερα κυμαίνεται προσεγγιστικά μέχρι 30% της ετήσιας αιχμής του φορτίου του εκάστοτε νησιού, ενώ τα επίπεδα διεύδυσης αιολικής ενέργειας φτάνουν το 15% της ετήσιας ζήτησης φορτίου.



Σχήμα 3.1 – Σχηματική αναπαράσταση ενός ΥΒΣ σε απομονωμένο νησιωτικό σύστημα (Πηγή: Papefthimiou et al., 2009)

Ο ΥΒΣ περιλαμβάνει ένα ή και περισσότερα αιολικά πάρκα(Α/Π), έναν υδροηλεκτρικό σταθμό (ΥΗΣ), ένα αντλιοστάσιο και δύο δεξαμενές, με το αιολικό πάρκο να είναι εγκατεστημένο όχι απαραίτητα στην ίδια ή παρακείμενη θέση με τα υπόλοιπα. Η κάτω και η άνω δεξαμενή του ΥΒΣ τοποθετούνται τέτοια υψομετρική διαφορά που να μπορεί να εξασφαλιστεί ικανοποιητικό μανομετρικό ύψος. Η χωρητικότητα των δεξαμενών εξαρτάται

από το διαθέσιμο μανομετρικό ύψος και από τις απαιτήσεις για αποθήκευση ενέργειας του ΥΒΣ. Η αποθηκευτική ικανότητα του ΥΒΣ συνήθως μετριέται σε ισοδύναμες ώρες λειτουργίας των υδροστρόβιλων στην ονομαστική τους ισχύ. Συνήθως, φυσικοί (τοπογραφία περιοχής) αλλά και οικονομικοί περιορισμοί (κόστος εξοπλισμού) μειώνουν την αποθηκευτική ικανότητα σε λιγότερο από μία μέρα. Οι τιμές που συναντώνται στη πράξη σε πολλές μελέτες κυμαίνονται γύρω στις είκοσι ώρες.

Οι καταστάσεις λειτουργίας ενός ΥΒΣ είναι οι εξής:

- Λειτουργία υδροστρόβιλων: η αποθηκευμένη υδραυλική ενέργεια στην άνω δεξαμενή μετατρέπεται μέσω της λειτουργίας των υδροστρόβιλων σε ηλεκτρική, ενώ οι ανεμογεννήτριες και οι αντλίες είναι εκτός λειτουργίας.
- Αντλησιοαιολική συνεργασία: η παραγόμενη αιολική ισχύς χρησιμοποιείται για άντληση και αποθήκευση ενέργειας στην άνω δεξαμενή, ενώ οι υδροστρόβιλοι είναι εκτός λειτουργίας.
- Άντληση από το δίκτυο: οι αντλίες λειτουργούν απορροφώντας ενέργεια από το δίκτυο και όχι από την αιολική ενέργεια του υβριδικού συστήματος.
- Λειτουργία μόνο του αιολικού πάρκου: το αιολικό πάρκο του ΥΒΣ παρέχει την ενέργεια απ' ευθείας στο δίκτυο, χωρίς ταυτόχρονη άντληση.
- Ταυτόχρονη παραγωγή και άντληση: ένας συνδυασμός των δύο πρώτων καταστάσεων λειτουργίας. Παράλληλα με τους υδροστρόβιλους (των οποίων η ισχύς μπορεί να υποκαθίσταται από αιολική, στο πλαίσιο της υδροαιολικής συνεργασίας), λειτουργούν και οι αντλίες που αξιοποιούν την αιολική ισχύ του ΥΒΣ για αποθήκευση νερού στην άνω δεξαμενή. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας προϋποθέτει την ύπαρξη ξεχωριστών υδραυλικών μηχανών για παραγωγή και άντληση και έχει το πλεονέκτημα της αξιοποίησης της αιολικής ισχύος ακόμη και όταν παράγουν οι υδροστρόβιλοι, κάτι που είναι αρκετά σημαντικό δεδομένου ότι οι υδροστρόβιλοι μπορεί να είναι σε λειτουργία αρκετές ώρες την ημέρα, συνήθως 4-8 ώρες, αλλά ορισμένες φορές πολύ περισσότερες (Παπαευθυμίου, 2012).

Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα (ΑΥΣ) συνήθως χρησιμοποιούνται προκειμένου να ηλεκτροδοτηθούν απομονωμένες ηπειρωτικές ή νησιωτικές περιοχές που είτε δεν είναι συνδεδεμένες με το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αντιμετωπίζουν προβλήματα με τη σύνδεση τους με την ηπειρωτική χώρα (περιπτώσεις νησιών). Προκειμένου να επιτευχθεί η ελάττωση της κατανάλωσης καυσίμου και του χρόνου λειτουργίας των γεννητριών ένας συμβατικός ΑΥΣ μετατρέπεται σε υβριδικό. Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ αυτόνομου και διασυνδεδεμένου υβριδικού συστήματος είναι ότι ο πρώτος πρέπει να μπορεί να

παρέχει όλη την ενέργεια που ζητείται οποιαδήποτε χρονική στιγμή, καθώς και να ρυθμίζει τη συχνότητα και την παραγωγή έργου ισχύος ώστε να ρυθμίζει την τάση του δικτύου. Όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις μονάδες ΑΠΕ (Α/Π ή Φ/Β) του συστήματος ξεπερνά το φορτίο, η περίσσεια ενέργειας πρέπει να αποθηκεύεται ή και να απορρίπτεται, έτσι ώστε να μην προκαλεί προβλήματα αστάθειας στο σύστημα. Για το λόγο αυτό, τα περισσότερα αυτόνομα συστήματα περιλαμβάνουν διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας και συστήματα ελέγχου και διαχείρισης φορτίου (Βρεττός, 2010).

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση ΥΒΣ σε τοπικό επίπεδο εξαρτώνται από την κατασκευή, την τοποθεσία και τη χρήση του εκάστοτε υβριδικού έργου και για περιπτώσεις της νησιωτικής Ελλάδας μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

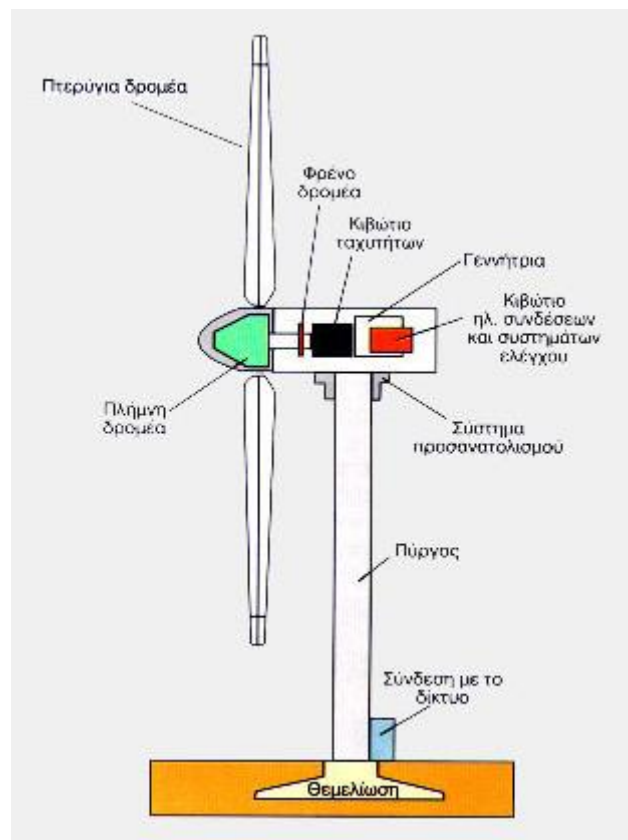
1. Σημαντική προσφορά απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας τόσο κατά τους χειμερινούς όσο και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.
2. Αποφυγή γενικών ή μερικών blackout.
3. Αύξηση της απασχόλησης λόγω της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας.
4. Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων λόγω της μείωσης της λειτουργίας των τοπικών σταθμών παραγωγής.
5. Εξασφάλιση των σημαντικών ποσοτήτων νερού ύδρευσης και άρδευσης τόσο για τους μόνιμους κατοίκους αλλά και για τους επισκέπτες.

Από την άλλη πλευρά είναι πιθανή και η εμφάνιση κάποιων προβλημάτων κατά τη λειτουργία των ΥΒΣ τα οποία σχετίζονται τόσο με την αξιοπιστία της υδροαιολικής συνεργασίας (δηλαδή κατά πόσο ο υδροστρόβιλος έχει την απαιτούμενη ταχύτητα απόκρισης, ώστε να παρακολουθεί πλήρως τις μεταβολές της αιολικής παραγωγής του ΥΒΣ) και της αντλιοαιολικής συνεργασίας και των επιπτώσεων τους στο σύστημα όσο και με τη πιθανή αισθητική αλλοίωση του φυσικού τοπίου από τις ανεμογεννήτριες και τις δεξαμενές (Μυσίρης, 2015).

3.2 Ανεμογεννήτριες

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους, αυτές του οριζόντιου άξονα, των οποίων ο δρομέας (ρότορας του μοτέρ) είναι τύπου έλικα και βρίσκεται σε θέση παράλληλη με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. και κατακόρυφου άξονα, των οποίων ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους.

Παρόλο που δεν υφίσταται κανένας καθοριστικός λόγος, εκτός ίσως από την εμφάνιση, στην αγορά έχουν επικρατήσει αποκλειστικά οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (Σχήμα 3.2), με δύο ή τρία πτερύγια.



Σχήμα 3.2 – Τομή Α/Γ οριζόντιου άξονα (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2015)

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια ανεμογεννήτρια είναι τα εξής (Μπαλάρας, 2006):

1. Ο πύργος στήριξης, ο οποίος είναι συνήθως κατασκευασμένος από χάλυβα και αποτελείται από δύο ή τρία συνδεδεμένα τμήματα.
2. Ο θάλαμος, ο οποίος βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και περιέχει τα μηχανικά μέρη της ανεμογεννήτριας, όπως είναι ο κύριος άξονας, το σύστημα πέδησης, το κιβώτιο ταχυτήτων και η ηλεκτρογεννήτρια.
3. Το ανεμόμετρο, το οποίο λαμβάνει μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου και μεταδίδει τα δεδομένα στο σύστημα ελέγχου.
4. Ο ανεμοδείκτης, ο οποίος μετρά τη διεύθυνση του ανέμου και επικοινωνώντας με το μηχανισμό εκτροπής προσανατολίζει κατάλληλα την τουρμπίνα της ανεμογεννήτριας.
5. Ο ρότορας (ή δρομέας), ο οποίος μαζί με τα πτερύγια αποτελούν το σημαντικότερο τμήμα της ανεμογεννήτριας, καθώς εκεί γίνεται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του

ανέμου σε μηχανική. Επί του ρότορα τοποθετούνται συνήθως δύο ή τρία πτερύγια εξασφαλίζοντας υψηλές ταχύτητες περιστροφής και χαμηλά επίπεδα θορύβου. Είναι κατασκευασμένα από κατάλληλα υλικά όπως υαλονήματα και ρητίνες, έτσι ώστε να αντέχουν σε μεγάλες καταπονήσεις.

6. Η άτρακτος, στην οποία γίνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι τόση ώστε να αρχίσουν να μετακινούνται τα πτερύγια τίθεται σε κίνηση ο άξονας μετάδοσης της κίνησης. Μέσω του μετατροπέα στροφών πολλαπλασιάζονται οι στροφές ώστε να προκύπτει συχνότητα αντίστοιχη με αυτή του δικτύου της Δ.Ε.Η. (50- 60Hz).

7. Η ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας.

8. Το σύστημα πέδης, το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας

9. Το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου

10. Το σύστημα ψύξης, το οποίο βρίσκεται μέσα στο θάλαμο και προφυλάσσει τα μηχανικά μέρη της ανεμογεννήτριας από επικίνδυνη αύξηση της θερμοκρασίας. Η ψύξη μπορεί να γίνεται είτε με κάποιο υδραυλικό σύστημα ή με ανεμιστήρα.

11. Το σύστημα ελέγχου, το οποίο αποτελείται από έναν υπολογιστή που παρακολουθεί διαρκώς την κατάσταση της ανεμογεννήτριας και ελέγχει τους μηχανισμούς περιστροφής και προσανατολισμού. Σε περίπτωση επιπλοκής, όπως υπερθέρμανση της γεννήτριας ή του κιβωτίου ταχυτήτων, σταματά αυτόματα την ανεμογεννήτρια και στέλνει ενημέρωση για την ύπαρξη βλάβης. Όλες οι λειτουργίες της Α/Γ μετρώνται και ελέγχονται από ειδικά σχεδιασμένες συνεργαζόμενες μονάδες ελέγχου με μικροεπεξεργαστή. Η κλίση των πτερυγίων μεταβάλλεται δε μέσω ανεξάρτητου για τον σκοπό αυτό υδραυλικού συστήματος και συστήματος ελέγχου, ώστε να εξασφαλίζεται η άμεση ενεργοποίησή τους (αεροδυναμική πέδηση) σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης.

3.3 Υδροστρόβιλοι

Οι υδροστρόβιλοι μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει από κάποιο ύψος σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα και διακρίνονται σε υδροστροβίλους δράσεως και σε

υδροστροβίλους αντιδράσεως, ανάλογα με το βαθμό αντιδράσεως της στροβιλομηχανής. Ως βαθμός αντιδράσεως μια βαθμίδα στροβιλομηχανής ορίζεται ο λόγος της μεταβολής της στατικής πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου της πτερωτής προς τη συνολική μεταβολή της στατικής πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου από τη βαθμίδα. Όταν η στατική πίεση μεταξύ εισόδου και εξόδου της πτερωτής μεταβάλλεται, τότε η πτερωτή ονομάζεται αντιδράσεως, ενώ στην αντίθετη περίπτωση, ονομάζεται δράσεως. Συνεπώς, οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρος ο δρομέας λειτουργεί αξονοσυμμετρικά και η στατική πίεση μεταβάλλεται (μειώνεται) μεταξύ εισόδου και εξόδου της πτερωτής, ενώ οι υδροστροβίλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής, και σε κάθε χρονική στιγμή μόνο ένα τμήμα της πτερωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.

Μία άλλη κατηγοριοποίηση των υδροστροβίλων μπορεί να γίνει με βάση το μέγεθος του υδραυλικού ύψους. Έτσι έχουμε υδροστροβίλους μεγάλου, μεσαίου και μικρού υδραυλικού ύψους (Κατερινόπουλος, 2007).

3.3.1 Υδροστροβίλοι δράσεως

Οι υδροστροβίλοι δράσεως χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις μεγάλου υδραυλικού ύψους και μικρής τιμής παροχής νερού. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι σε αυτήν την περίπτωση, η μεγάλη ταχύτητα του νερού, εξαιτίας του μεγάλου υδραυλικού ύψους, επικεντρώνει τη διαθέσιμη υδραυλική ισχύ σε μια μικρή περιοχή ροής. Έτσι, η συγκεντρωμένη αυτή ισχύς μετατρέπεται πιο αποδοτικά, αφού κατευθυνθεί μέσω ενός ή περισσότερων δέσμων νερού που προσπίπτουν πάνω στο δρομέα, ο οποίος μειώνει σημαντικά την ταχύτητά τους. Η βέλτιστη απόδοση ενός υδροστροβίλου δράσεως, προκύπτει όταν η ταχύτητα του δρομέα είναι περίπου ίση με τη μισή της ταχύτητας της δέσμης νερού, καθώς η τελευταία εγκαταλείπει το ακροφύσιο που την οδήγησε.

Ένα πλεονέκτημα των υδροστροβίλων δράσεως, σε σχέση με τους υδροστροβίλους αντιδράσεως, είναι το ότι εφόσον το υδραυλικό ύψος μετατρέπεται σε ταχύτητα στα ακίνητα ακροφύσια, δεν υπάρχει πτώση πίεσης στο δρομέα, οπότε δεν είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου. Το γεγονός αυτό καθιστά τους υδροστροβίλους δράσεως πιο απλούς στο να κατασκευαστούν και ταυτόχρονα πιο ανεκτικούς σε συνθήκες μη καθαρού νερού. Οι πιο βασικοί τύποι υδροστροβίλων δράσεως είναι οι υδροστροβίλοι Pelton, Turgo και CrossFlow (Αγγελίδης, 2015).

3.3.1.1 Υδροστροβίλος Pelton

Ο μόνος τύπος υδροστροβίλου δράσεως που έχει επικρατήσει είναι ο υδροστροβίλος τύπου Pelton, ο οποίος πήρε το όνομα του από τον δημιουργό του, που τον εφηύρε το 1889. Το τμήμα εισόδου του αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τα οποία λόγω της διαμόρφωσής τους, δεσμεύουν σχεδόν το 100% της κινητικής ενέργειας του ρευστού σε χαμηλές ταχύτητες, επιτυγχάνοντας έτσι σταθερό υψηλό βαθμό απόδοσης σε όλο το πεδίο της λειτουργίας τους. Ταυτόχρονα αυξάνοντας τον αριθμό των ακροφυσίων, τα οποία μπορούν να φτάσουν το μέγιστο έξι, αυξάνεται και η δέσμευση ενέργειας του ρευστού και συνεπώς η απόδοση του υδροστροβίλου. Το πεδίο λειτουργίας του αφορά μανομετρικά από 30 – 1500 m και παροχές 0,01 – 5 m³/sec. Η απόδοση του είναι της τάξης του 90% (Αγγελίδης, 2015).

3.3.1.2 Υδροστροβίλος Turgo

Ο υδροστροβίλος Turgo αποτελεί παραλλαγή του υδροστροβίλου Pelton και η εφαρμογή του έχει σχεδόν εκλείψει. Λειτουργεί με υψηλότερες παροχές, σε χαμηλότερα μανομετρικά, και παρουσιάζει ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση. Στην πραγματικότητα η πτερωτή Turgo είναι η πτερωτή Pelton κομμένη στη μέση, επομένως μια πτερωτή Turgo θα έχει διπλάσια διατομή από μία πτερωτή Pelton ίδιας ισχύος. Το πεδίο λειτουργίας της αφορά μανομετρικά από 30 – 400 m και παροχές 0,02 – 8 m³/sec.

3.3.1.3 Υδροστροβίλος CrossFlow

Ο υδροστροβίλος CrossFlow (ή Banki) δημιουργήθηκε για τη διαχείριση μεγαλύτερων παροχών νερού και μικρότερου υδραυλικού ύψους, συγκριτικά με τον υδροστροβίλο Pelton. Χρησιμοποιεί ένα ορθογωνικής διατομής ακροφύσιο μεγαλύτερου μήκους, που οδηγεί το νερό καμπυλωτά σε έναν κυλινδρικού σχήματος δρομέα. Το νερό επιβραδύνεται σε δύο στάδια, συναντώντας τα πτερύγια του δρομέα δύο φορές, καθώς διέρχεται σε αυτόν οριζόντια. Η σχεδίαση μεγαλύτερου μήκους, όσον αφορά το δρομέα και το ακροφύσιο εισόδου, αυξάνει τη χωρητικότητα για παροχή του υδροστροβίλου, επιτρέποντας έτσι τη διαχείριση μικρότερων τιμών υδραυλικού ύψους ($H < 100$ m). Το εύρος παροχών που καλύπτει είναι μεταξύ 0,04 – 10 m³/sec. Ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου CrossFlow, κυρίως λόγω της περισσότερο πολύπλοκης διαδρομής της ροής, κυμαίνεται σε τιμές γύρω στο 65%.

3.3.2 Υδροστροβίλοι αντιδράσεως

Οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως (Κατερινόπουλος, 2007) χρησιμοποιούνται σε μικρότερα υδραυλικά ύψη, σε σχέση με τους υδροστροβίλους δράσεως, και σε μεγαλύτερες τιμές παροχής νερού, αν και υπάρχουν αρκετές τέτοιες περιπτώσεις στην πράξη που και οι δύο τύποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Ένα από τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι επιτυγχάνουν καλούς βαθμούς απόδοσης. Καθώς όμως λειτουργούν με εφαρμογή του υδραυλικού ύψους εγκάρσια στο δρομέα, επιβάλλεται η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου, διότι εξαιτίας της διαρροής, δημιουργείται σημαντική απώλεια ισχύος. Έτσι οι επιδόσεις και η απόδοσή τους μπορεί να υποβαθμιστούν, αφού η άμμος και τα κατακάθια λάσπης προκαλούν μεγαλύτερη τριβή στη στεγάνωση, σε σχέση με τους υδροστροβίλους δράσεως.

Για εφαρμογές μικρού υδραυλικού ύψους, οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως προσφέρουν μικρότερες διαμέτρους στροβίλου και μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής, σε σχέση με τους παραδοσιακούς υδροστροβίλους δράσεως. Από την άλλη, οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως απαιτούν μεγαλύτερες τιμές παροχής νερού, εξαιτίας του μικρού υδραυλικού ύψους.

Οι πιο βασικοί τύποι υδροστροβίλων αντιδράσεως είναι οι υδροστροβίλοι Francis, Kaplan, οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής και οι βολβοειδείς υδροστροβίλοι.

3.3.2.1 Υδροστροβίλος Francis

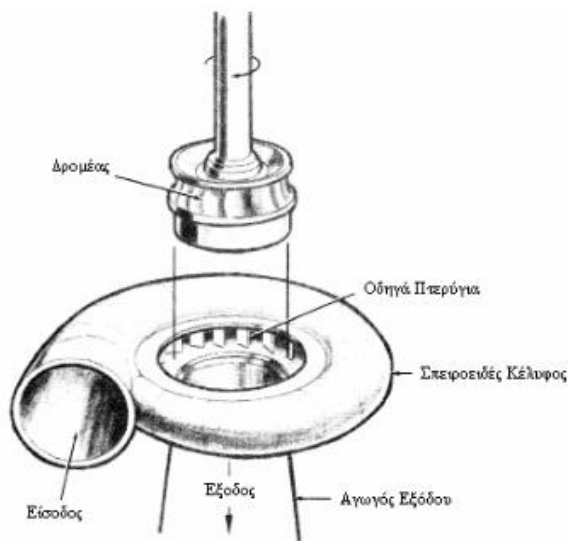
Ο τύπος αυτός υδροστροβίλου (Σχήμα 3.3) αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τον Αμερικανό μηχανικό J. B. Francis το 1849. Χαπόδοση της λειτουργίας του μπορεί να φθάσει και το 90%.

Τα κύρια μέρη ενός υδροστροβίλου Francis (Αγγελίδης, 2015) είναι:

- Σπειροειδές κέλυφος: Με σκοπό την επίτευξη της ομοιόμορφης τροφοδοσίας και λειτουργίας, το νερό καθώς εξέρχεται από τον αγωγό προσαγωγής εισέρχεται εντός του σπειροειδούς κελύφους το οποίο περιβάλλει πλήρως τον δρομέα. Η διατομή του σπειροειδούς κελύφους μειώνεται κατά μήκος της ροής έτσι ώστε να διατηρείται όσο το δυνατόν σταθερή η ταχύτητα του νερού.

- Οδηγά πτερύγια: Μέσα στο σπειροειδές κέλυφος το νερό είναι υποχρεωμένο να περάσει μέσα από τα ακίνητα (οδηγά) πτερύγια τα οποία είναι προσαρμοσμένα στην περιφέρεια του δρομέα. Κάθε πτερύγιο μπορεί να περιστρέφεται περί του άξονά του.

Σκοπός αυτής της περιστροφής είναι ο έλεγχος της εισερχόμενης παροχής εντός των πτερυγίων του δρομέα και συνεπώς ο έλεγχος της παρεχομένης ισχύος.



Σχήμα 3.3 – Υδροστρόβιλος Francis (Πηγή: Κατερινόπουλος, 2007)

- Δρομέας: Αποτελείται από μια σειρά καμπυλωμένων πτερυγίων, τα οποία είναι συμμετρικά κατανομημένα και προσαρμοσμένα επί της περιφέρειας. Εκτείνονται μεταξύ της πλήμνης και της στεφάνης στην οποία είναι πακτωμένα. Αυξάνεται έτσι η μηχανική στιβαρότητα της κατασκευής και η αντοχή στις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα πτερύγια από τη διερχόμενη ροή. Τα πτερύγια είναι διαμορφωμένα ούτως ώστε το νερό να εισέρχεται στο δρομέα ακτινικά και στο ύψος της εξωτερικής περιφέρειας και να εξέρχεται απ' αυτόν κατά την αξονική διεύθυνση και στο ύψος της εσωτερικής περιφέρειας.
- Αγωγός Εξόδου: Το νερό βγαίνει μέσα από τον δρομέα κατά την αξονική κατεύθυνση και αποχωρεί από τον υδροστρόβιλο διαμέσου του αγωγού φυγής. Στην πράξη η πλειοψηφία των υδροστρόβιλων Francis έχουν την άτρακτο σε κατακόρυφη θέση.

Οι υδροστρόβιλοι Francis μπορούν να τοποθετηθούν είτε οριζόντια είτε κάθετα και μπορούν να επιτύχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης ακόμα και για παροχές ίσες με το 50% αυτής της σχεδίασης.

3.3.2.2 Υδροστρόβιλος Kaplan

Οι υδροστρόβιλοι Kaplan αποτελούν μια εξέλιξη του υδροστρόβιλου Francis, προκειμένου να γίνει δυνατή η παραγωγή ισχύος σε μεγάλες παροχές και μικρά μονομετρικά ύψη και παρουσιάζει σταθερή απόδοση σε μεγάλο εύρος λειτουργίας. Το πεδίο λειτουργίας της αφορά μονομετρικά κάτω από 50 m και παροχές 0,5 – 50 m³/sec.

3.3.2.3 Υδροστροβίλος αξονικής ροής

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία υδροστροβίλων που έχουν ως κοινό τους χαρακτηριστικό τη χρήση ενός δρομέα σχήματος προπέλας. Είναι κυρίως αξονικής ροής, που σημαίνει ότι η ροή του νερού είναι συνέχεια παράλληλη στον άξονα του στροβίλου, μιας και η γωνία κλίσης των πτερυγίων του ρότορα δε μεταβάλλεται.

Ο δρομέας μοιάζει με την προπέλα ενός σκάφους, αν και υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους, καθώς η προπέλα ενός σκάφους δε λειτουργεί μέσα σε ένα κέλυφος με πίεση, ενώ ο δρομέας αυτού του τύπου υδροστροβίλου λειτουργεί με αυτόν τον τρόπο. Παρ'όλα αυτά υπάρχουν στην πράξη πολλές περιπτώσεις, όπου τροποποιήθηκε κατάλληλα η προπέλα σκάφους, ώστε να λειτουργήσει ως δρομέας υδροστροβίλου αξονικής ροής, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με το κόψιμο των καμπυλωτών ακμών στο τέλος των πτερυγίων.

Μία συνήθης τιμή του βαθμού απόδοσης των υδροστροβίλων αυτών είναι αυτή του 50%, που είναι ιδιαίτερα χαμηλή, αλλά υπάρχει ένα μικρό εύρος παροχών, για τις οποίες οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής επιτυγχάνουν ιδιαίτερα καλή τιμή του βαθμού απόδοσης και υψηλή ειδική ταχύτητα. Γενικά όμως, όσο η τιμή της παροχής μειώνεται, τόσο πέφτει και αυτή του βαθμού απόδοσης.

3.3.2.4 Βολβοειδής Υδροστροβίλοι

Οι βολβοειδείς υδροστροβίλοι είναι κατάλληλοι για μικρά υδραυλικά ύψη και για μεγάλο φάσμα φορτίων. Ουσιαστικά έχουν αντικαταστήσει σήμερα τους υδροστροβίλους Kaplan για μικρές τιμές του υδραυλικού ύψους, για τις οποίες η ταχύτητα της γεννήτριας πρέπει να αυξάνεται. Αυτό γίνεται επειδή η ευθεία σχεδίαση της διόδου του νερού βελτιώνει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της ροής, μειώνοντας και το μέγεθος αλλά και το κόστος. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι οι βολβοειδείς υδροστροβίλοι χρησιμοποιούνται ευρέως σε εγκαταστάσεις κοντά σε σημεία όπου παρουσιάζεται το φαινόμενο της παλίρροιας.

3.3.3 **Χρήση φυγοκεντρικών αντλιών ως υδροστροβίλων**

Όταν η ροή μιας φυγοκεντρικής αντλίας αντιστρέφεται, εφαρμόζοντας υδραυλικό ύψος στο ακροφύσιο εξόδου, η αντλία μετατρέπεται σε υδροστροβίλο (Κατερινόπουλος, 2007). Οι αντλίες κατασκευάζονται συνήθως σε μεγαλύτερες ποσότητες, τυποποιημένες και έτσι το κόστος τους είναι σημαντικά μικρότερο έναντι αυτού των υδροστροβίλων. Το αν αξίζει όμως να χρησιμοποιηθεί αντλία αντί για υδροστροβίλο θα πρέπει να αποφασιστεί λαμβάνοντας υπόψιν όχι μόνο το κόστος, αλλά και την ηλεκτρική ισχύ που παράγεται, σε

σχέση με αυτή που θα παραγόταν αν λειτουργούσε υδροστροβίλος με τις ίδιες συνθήκες ύψους και παροχής, και φυσικά τέλος πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν ο βαθμός απόδοσης.

Όταν η αντλία χρησιμοποιείται ως υδροστροβίλος, προκειμένου να λειτουργεί στην επιθυμητή ταχύτητα, οι τιμές του υδραυλικού ύψους και της παροχής πρέπει να αυξηθούν σε σχέση με αυτές που έχουν υπολογιστεί για μια κανονική χρήση της αντλίας. Ένα σύνηθες λάθος, κατά τη χρησιμοποίηση μιας αντλίας ως υδροστροβίλο, είναι το να επιλεγεί η αντλία από ένα κατάλογο αντλιών με βάση την καμπύλη απόδοσής της, χωρίς να υπολογιστούν οι μεταβολές που θα υπάρξουν όταν αυτή λειτουργήσει ως υδροστροβίλος, αφού οι κατάλογοι αντλιών αναφέρονται αποκλειστικά στην κανονική χρήση των αντλιών που περιγράφουν. Έτσι η αντλία θα αποτύχει να λειτουργήσει κατάλληλα ως υδροστροβίλος στην εγκατάσταση.

Από τη στιγμή, που οι καμπύλες απόδοσης της αντλίας κατά τη λειτουργία της ως υδροστροβίλος σπάνια είναι διαθέσιμες, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι διορθωτικοί συντελεστές που παρέχει ο κατασκευαστής και σχετίζουν την απόδοση της αντλίας-υδροστροβίλου με την κανονική της απόδοση, στα βέλτιστα σημεία λειτουργίας. Για αντλίες με ειδικές ταχύτητες που κυμαίνονται γύρω από την τιμή των 3500 RPM, αυτοί οι συντελεστές κυμαίνονται από 1.1 έως 2.5 για το ύψος και την παροχή και από 0.9 έως 0.99 για τον βαθμό απόδοσης. Πρέπει λοιπόν να είναι γνωστό το ύψος και η παροχή λειτουργίας του υδροστροβίλου της εγκατάστασης, και τα χαρακτηριστικά αυτά να μετατραπούν σε χαρακτηριστικά αντλίας, προκειμένου να γίνει η κατάλληλη επιλογή της.

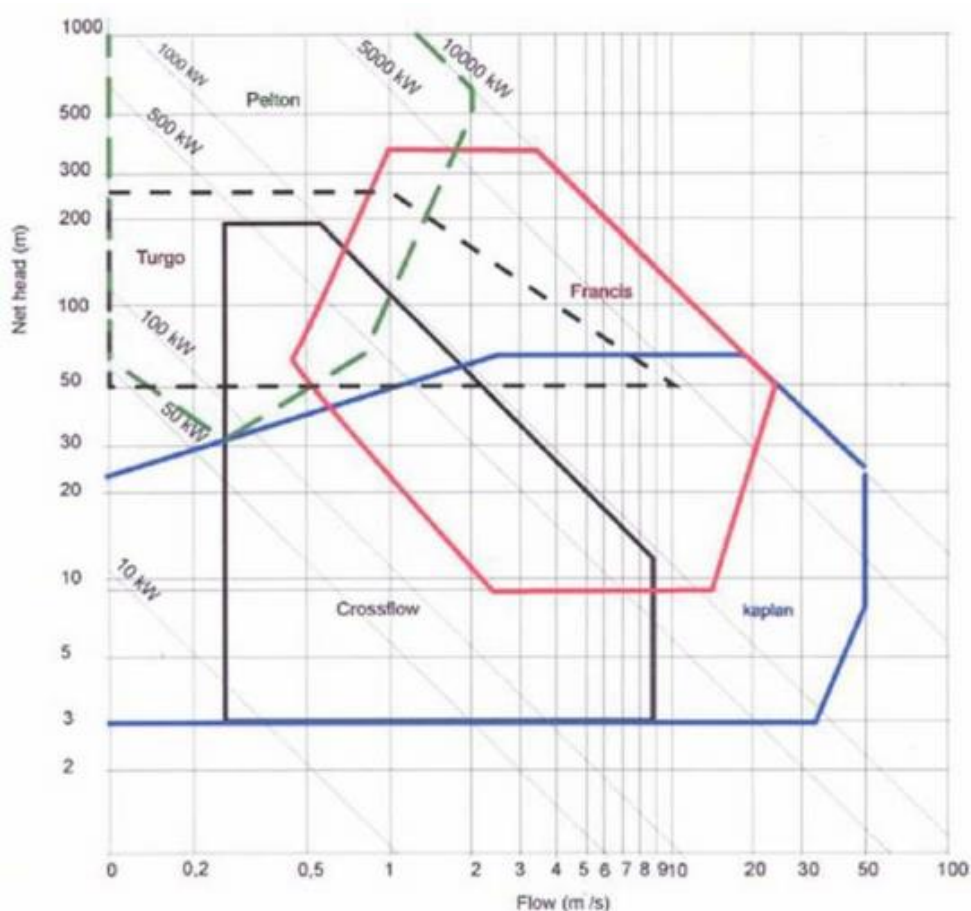
Ένα ακόμα σημείο που είναι άξιο προσοχής, κατά τη χρησιμοποίηση μιας αντλίας ως υδροστροβίλο, είναι το γεγονός ότι οι αντλίες δε σχεδιάζονται για αντεστραμμένη ροή ούτε για να ταιριάζουν με γεννήτριες. Οπότε θα πρέπει να καθορίζεται το αν η αντλία και η γεννήτρια αντέχουν τα αντεστραμμένα φορτία. Αυτό είναι πολύ σημαντικό στην περίπτωση των φυγοκεντρικών αντλιών, αφού στην περίπτωση αυτή μεταφέρεται το βάρος του άξονα και το φορτίο λόγω υδραυλικής πίεσης, σε ένα ωστικό έδρανο που βρίσκεται στην κινητήρια μηχανή. Εδώ θα πρέπει οπωσδήποτε η γεννήτρια να έχει κατασκευαστεί για κάθετη τοποθέτηση και σίγουρα να έχει ένα ωστικό έδρανο ικανό να αντεπεξέλθει σε τέτοιων τάξεων φορτία.

Το εύρος των τιμών της παροχής για το οποίο μία αντλία μπορεί να προσφέρει καλή απόδοση ως υδροστροβίλος, λειτουργώντας σε σταθερή ταχύτητα, είναι συνήθως πολύ πιο περιορισμένο σχετικά με αυτό ενός υδροστροβίλου. Αυτό ισχύει επειδή μία αντλία δεν είναι εφοδιασμένη με ρυθμιστική βαλβίδα ή με βαλβίδα αλλαγής κατεύθυνσης στην έξοδο

της (πρακτικά στην είσοδό της, αφού καθώς λειτουργεί ως υδροστρόβιλος η ροή είναι αντεστραμμένη). Η κατάλληλη μετατροπή της αντλίας, ώστε να αποκτήσει τέτοια βαλβίδα, εκτός από δύσκολη είναι και οικονομικά ασύμφορη. Οπότε κατά τη χρησιμοποίηση μιας αντλίας ως υδροστρόβιλο, θα πρέπει να διατηρείται σταθερή η τιμή της παροχής.

3.3.4 Επιλογή τύπου υδροστρόβιλου

Προκειμένου να επιλεγεί ο πιο αποδοτικός και αξιόπιστος υδροστρόβιλος, για μια δεδομένη παροχή και υδραυλικό ύψος, λαμβάνονται υπόψη οι περιοχές λειτουργίας του κάθε τύπου υδροστρόβιλου. Οι περιοχές αυτές απεικονίζονται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4 – Διάγραμμα επιλογής υδροστρόβιλου για δεδομένη παροχή και καθαρό υδραυλικό ύψος (Πηγή: Tamburrini, 2004)

Η περιοχή εντός της μπλε γραμμής αναπαριστά την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστρόβιλου Kaplan, η περιοχή εντός της κόκκινης γραμμής ενός υδροστρόβιλου Francis, εντός της πράσινης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστρόβιλου Pelton, εντός της μαύρης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστρόβιλου Turgo και η περιοχή εντός της μαύρης γραμμής την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστρόβιλου CrossFlow.

Αν οι συνθήκες παροχής και υδραυλικού ύψους οδηγούν σε κάποιο σημείο, στο παραπάνω διάγραμμα, που βρίσκεται σε περιοχή λειτουργίας που ανήκει όχι σε έναν, αλλά σε περισσότερους τύπους υδροστροβίλων, δηλαδή όταν οι περιοχές λειτουργίας διαφορετικών τύπων υδροστροβίλων επικαλύπτονται, τότε η διαδικασία επιλογής του τύπου υδροστροβίλου βασίζεται στη σύγκριση του κόστους των υδροστροβίλων, αλλά και στην εκτίμηση των ακολούθων παραγόντων (Κατερινόπουλος, 2007):

- Αν το νερό που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση δεν είναι καθαρό, αλλά περιέχει άμμο ή λάσπη, τότε προτιμάται κάποιος υδροστροβίλος δράσεως, προκειμένου να αποφευχθούν οι απώλειες στις στεγανώσεις των υδροστροβίλων αντιδράσεως.
- Αν ο υδροστροβίλος πρέπει να τοποθετηθεί σε κάποιο ύψος πάνω από τη στάθμη του νερού του φράγματος, προτιμάται κάποιος υδροστροβίλος αντιδράσεως με σωλήνα εκροής στην έξοδο, έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση του μέγιστου διαθέσιμου υδραυλικού ύψους.
- Αν οι τιμές της παροχής και του υδραυλικού ύψους μπορούν να θεωρηθούν σχεδόν σταθερές, τότε θα πρέπει να εξεταστεί πολύ σοβαρά η περίπτωση χρησιμοποίησης φυγοκεντρικής αντλίας με αντεστραμμένη ροή ως υδροστροβίλο, λόγω του σημαντικού πλεονεκτήματος του χαμηλού αρχικού κόστους και της μεγάλης διαθεσιμότητας στην αγορά.
- Από τη χρησιμοποίηση ενός υδροστροβίλου Pelton προτιμάται η χρησιμοποίηση υδροστροβίλου Cross-Flow ή ενός τύπου Turgo, αφού οι τελευταίοι προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα και χειρίζονται μεγαλύτερες παροχές.

3.4 Υβριδικά Έργα στην Ευρώπη

3.4.1 Νησί Utsira

Το νησί Utsira βρίσκεται 20 km από τις δυτικές ακτές της Νορβηγίας, έχει έκταση 6.2 km και, με βάση την απογραφή του 2008, έχει πληθυσμό 235 κατοίκους. Στην περιοχή παρουσιάζεται υψηλό αιολικό δυναμικό και το φορτίο του νησιού είναι μικρό αλλά εμφανίζει σημαντική διακύμανση. Κατά τη διάρκεια του έτους 2006 η αιχμή του φορτίου ήταν 900 kW και η συνολική ζήτηση ενέργειας 3,5 GWh.

Το έργο κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια των ετών 2003 και 2004 και αποτελεί το πρώτο παγκοσμίως υβριδικό σύστημα αιολικής ισχύος και υδρογόνου πλήρους κλίμακας, και αρχικώς αποτέλεσε ένα έργο έρευνας και ανάπτυξης, καθώς ο βασικός στόχος του ήταν να εξετάσει εάν η αιολική ισχύς σε συνδυασμό με το υδρογόνο μπορούν να αποτελέσουν μία

αξιόπιστη ενεργειακή λύση για απομακρυσμένες περιοχές. Η επιλογή του νησιού έγινε λόγω των υψηλών τιμών ανέμου που επικρατούν στην περιοχή (η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τα 10 m/s), καθώς και της διασύνδεσης του με την ενδοχώρα μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου 1 MW, στοιχείο που εξασφαλίζει εφεδρεία.

Καθώς η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει διακυμάνσεις, έτσι κατά συνέπεια και η αιολική παραγωγή θα εμφανίσει διακύμανση. Επιπροσθέτως, τόσο κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων, όπως οι θύελλες, όσο και κατά τη διάρκεια άπνοιας, οι ανεμογεννήτριες είναι εκτός λειτουργίας. Επομένως, για τη διασφάλιση της αυτονομίας απαιτείται ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο στο συγκεκριμένο σύστημα στηρίζεται στη χρήση του υδρογόνου. Η περίσσεια αιολικής ισχύος χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου με τη βοήθεια ηλεκτρολύτη το οποίο και αποθηκεύεται. Όταν η αιολική παραγωγή δε μπορεί να καλύψει τη ζήτηση το υδρογόνο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση μίας γεννήτριας καύσης υδρογόνου καθώς και μίας κυψέλης καυσίμου. Επίσης, χρησιμοποιούνται μπαταρίες και ένας σφόνδυλος ως επιπλέον μέσα αποθήκευσης. Τα στοιχεία που αποτελούν το ΥΒΣ του νησιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1

Πίνακας 3.1 – Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού Utsira (Πηγή: Βρεττός, 2010)

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη	Κατασκευαστής
2 Ανεμογεννήτριες	600 kW	Enercon
Συστοιχία μπαταριών	35 kWh	Enercon
1 Σφόνδυλος	5 kWh, 200 kW _{max}	Enercon
1 Σύγχρονη Μηχανή	100 kVA	Enercon
1 Ηλεκτρολύτης	10 Nm ³ /h - 48 kW	Hydro Electrolyser
1 Συμπιεστής	11 Nm ³ /h – 5.5 kW	Andreas Hofer
1 Μονάδα Αποθήκευσης Υδρογόνου	12 m ³ υπό πίεση 200 bar-> 2400Nm ³	Martin Larsson
1 Μηχανή Εσωτερικής Καύσης Υδρογόνου	55 kW	Continental
1 Κυψέλη Καυσίμου	10 kW	IRD

Μέχρι το έτος 2008 συμμετείχαν δέκα κατοικίες με συνολική αιχμή περίπου 50 kW και ετήσια κατανάλωση ενέργειας περίπου 200 MWh/έτος. Το ΥΒΣ έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες αυτών των κατοικιών, ενώ η περίσσεια ενέργειας που δεν μπορεί ούτε να αποθηκευτεί πωλείται στην αγορά. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι η ισχύς που παράγεται από τη μία εκ των δύο ανεμογεννητριών προορίζεται μόνο για πώληση και δεν χρησιμοποιείται από το ΥΒΣ.

Με έναν απολογισμό του έργου στο πρώτο έτος της λειτουργίας συνοψίζονται τα εξής επιτεύγματα:

- Δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας πάνω από έξι μήνες.
- Διαθεσιμότητα γύρω στο 100% .
- Πολύ καλή λειτουργικότητα.
- Πολύ καλή ποιότητα ισχύος.
- Κανένα ατύχημα.
- Συνεισφορά στις τοπικές δραστηριότητες και στον τουρισμό.

Ο τρόπος που όλα τα επιμέρους στοιχεία του συνεργάζονται μεταξύ τους εξασφαλίζοντας εύρυθμη λειτουργία αποτελεί και την μεγαλύτερη καινοτομία αυτού του έργου. Οι προκλήσεις που έπρεπε να αντιμετωπιστούν αφορούσαν τον μεγάλο αριθμό των διατάξεων του συστήματος, τον έλεγχο του μικροδικτύου όταν η μεγάλη παραγωγή αιολικής ενέργειας συνέπιπτε με χαμηλή ζήτηση και την παράλληλη λειτουργία της κυψέλης καυσίμου και της μηχανής εσωτερικής καύσης υδρογόνου. Οι αποκλίσεις τάσης και συχνότητας δεν μπορούσαν να αποφευχθούν τουλάχιστον στην αρχή της λειτουργίας του συστήματος. Το ΥΒΣ στο νησί Utsira έδειξε ότι σε ανάλογα έργα πρέπει να ληφθούν υπόψη προβλήματα συντονισμού που προκύπτουν από την παροχή ισχύος από την κυψέλη καυσίμου.

Μια μελλοντική πρόκληση αποτελεί η χρήση του αποθηκευμένου υδρογόνου σαν καύσιμο για τα οχήματα και τις βάρκες του νησιού. Η επόμενη φάση του έργου στο Utsira περιλαμβάνει τη δοκιμή ηλεκτρολυτικής κυψέλης τεχνολογίας PEM (Proton Exchange Membrane), η οποία θα χαρακτηρίζεται από υψηλότερο βαθμό απόδοσης και μεγαλύτερη λειτουργική ευελιξία (Βρεττός, 2010).

3.4.2 King Island

Το νησί King είναι ένα από τα κατοικημένα νησιά που βρίσκονται στον πορθμό Bass μεταξύ Αυστραλίας και Τασμανίας. Η έκταση του είναι 1098 km και ο πληθυσμός του, σύμφωνα με την απογραφή του 2007, 1.723 κάτοικοι. Το φορτίο του νησιού κυμαίνεται μεταξύ της ελάχιστης τιμής του 1,2 MW και της τιμής αιχμής των 3,3 MW, η οποία παρατηρείται κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το νησί δεν είναι διασυνδεδεμένο ούτε με την Αυστραλία ούτε με την Τασμανία και μέχρι πρόσφατα η ηλεκτρική ισχύς που παραγόταν στο νησί προερχόταν αποκλειστικά από ντιζελογεννήτριες. Σήμερα, με τον υβριδικό σταθμό, η αιολική ισχύς συνεισφέρει ένα σημαντικό ποσοστό της ετήσιας ζήτησης ενέργειας, λόγω του εξαιρετικού αιολικού δυναμικού (μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου 9,2 m/s). Το έργο άρχισε να κατασκευάζεται

το 1998 με σκοπό τη συνέργεια Α/Γ, Φ/Β, γεννητριών diesel και συσσωρευτών. Σήμερα ο σταθμός διαθέτει τα στοιχεία, που φαίνονται στον Πίνακα 3.2

Πίνακας 3.2 – Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού King (Πηγή: Βρεττός, 2010)

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη
5 Ανεμογεννήτριες	3x250 kW, 2x850 kW
6 Φ/Β συστήματα	100 kW στο σύνολο
4 Ντιζελογεννήτριες	3x1.600 kW, 1x1.200 kW
Συστοιχία μπαταριών VRB	800 kWh
Σύστημα ελέγχου συχνότητας με ωμικό φορτίο	Τρεις αντιστάτες ονομαστικής ισχύος 500 kW ο καθένας

Μέχρι το 1998 ήταν εγκατεστημένες οι 3 Α/Γ ισχύος 250 kW εκάστη, όπου η διείσδυση της ενέργειας απο τις Α/Γ έφτασε το 13% και είχε ως αποτέλεσμα την κατά 16% λιγότερη ετήσια κατανάλωση καυσίμου, δηλαδή μείωση κατά 590 λίτρα στην κατανάλωση καυσίμου ετησίως. Επιπλέον, το 1999 οι ολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μετρήθηκαν ελαττωμένοι κατά 2.000 τόνους. Το 2003 εγκαταστάθηκαν και οι άλλες δύο Α/Γ ισχύος 850 kW εκάστη και αυτό σε συνδυασμό με την την προσθήκη του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας VRB (Vanadium Redox Battery), είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, η οποία κατά το έτος 2005 άγγιξε το 33%. Ταυτόχρονα, το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας εξομάλυνε την τάση εξόδου του Α/Π αποθηκεύοντας την περίσσεια ενέργειας και παρέχοντάς την στο σύστημα σε περίπτωση ανάγκης. Έτσι, όταν παρατηρηθεί μείωση της αιολικής ισχύος, αντί να γίνει εκκίνηση της δεύτερης ντιζελογεννήτριας δίνεται σήμα στη μονάδα αποθήκευσης ενέργειας να δώσει στο σύστημα την περίσσεια ενέργειας. Ο αντιστροφείας του συστήματος αποθήκευσης με τη δυνατότητα ρύθμισης της τάσης και της συχνότητας επιτρέπει τη βέλτιστη λειτουργία του ΥΒΣ (Βρεττός, 2010).

3.4.3 Wales Alaska

Η κοινότητα Wales βρίσκεται στο δυτικότερο άκρο της χερσονήσου Seward στην Αλάσκα, περίπου 180 μίλια νοτιοδυτικά από το Kotzebue και έχει περίπου 160 κατοίκους. Το μέσο ηλεκτρικό φορτίο της κοινότητας είναι περίπου 70 kW, με φορτίο αιχμής περίπου 140 kW, ενώ επιπλέον υπάρχουν σημαντικά θερμικά φορτία για τη θέρμανση των κτιρίων και του νερού.

Το 1995 η Αρχή Ενέργειας της Αλάσκα, ο ηλεκτρικός οργανισμός του Kotzebue, ο ηλεκτρικός συνεταιρισμός των κοινοτήτων της Αλάσκα και το Εθνικό Εργαστήριο ΑΠΕ (NREL) συνεργάστηκαν με σκοπό τη δημιουργία ενός υβριδικού συστήματος που να συνδυάζει

ντιζελογεννήτριες και ανεμογεννήτριες για την κοινότητα. Έπειτα από διάφορα εμπόδια που είχαν να αντιμετωπιστούν μεταξύ των ετών 1996 και 1999, τελικά την άνοιξη του 2000 ολοκληρώθηκε, στο Εθνικό Κέντρο Αιολικής Τεχνολογίας (NWTC) του NREL, η δοκιμαστική λειτουργία του συστήματος ελέγχου. Οι Α/Γ, οι πίνακες ελέγχου και ο υπόλοιπος βοηθητικός εξοπλισμός εγκαταστάθηκαν το καλοκαίρι του 2000. Το ΥΒΣ τέθηκε σε μερική λειτουργία τον Οκτώβριο του ιδίου έτους, μια επιτυχημένη επίδειξη όλων των καταστάσεων λειτουργίας του πραγματοποιήθηκε το φθινόπωρο του επόμενου έτους και τελικά ξεκίνησε να λειτουργεί πλήρως τον Μάρτιο του 2002, συνδυάζοντας συμβατική παραγωγή, ανεμογεννήτριες, αποθήκευση ενέργειας, μετατροπείς ισχύος και διάφορες διατάξεις ελέγχου. Ο βασικός στόχος ήταν η ικανοποίηση της ζήτησης της κοινότητας σε ηλεκτρική ενέργεια, καθώς και η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου με την μείωση του χρόνου λειτουργίας των μονάδων diesel. Παράλληλα, η περίσσεια αιολικής ισχύος διοχετεύεται σε διάφορα θερμικά φορτία της κοινότητας εξοικονομώντας έτσι καύσιμα για τις ανάγκες της θέρμανσης. Τα στοιχεία του συστήματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3

Πίνακας 3.3 – Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος της κοινότητας Wales (Πηγή: Βρεττός, 2010)

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη
2 Ανεμογεννήτριες	65 kW (peak continuous)
3 Ντηζελογεννήτριες	2x168 kW, 1x75 kW
1 Ελεγκτής Τοπικού Ελεγχόμενου Φορτίου	89 kW
1 Ελεγκτής Απομακρυσμένου Ελεγχόμενου Φορτίου	144 kW
1 Περιστροφικός Μετατροπέας	156 kVA
1 Σύστημα Αποθήκευσης με Μπαταρίες	1.2 VDC 130 Ah 31.2 kWh
1 Βοηθητικός Φορτιστής Μπαταριών	300 VDC 30 A

Δυστυχώς, τα δεδομένα από τη συμπεριφορά του συστήματος σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας είναι περιορισμένα. Ωστόσο, τον Αύγουστο του 2002 πραγματοποιήθηκε μία περίοδος δοκιμών διάρκειας 18 ημερών, σύμφωνα με την οποία το σύστημα στο 20% του χρόνου λειτούργησε με σβηστές τις ντιζελογεννήτριες, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό ειδικά για το συγκεκριμένο μήνα, όπου παρατηρούνται από τις μικρότερες μέσες ταχύτητες ανέμου στο Wales. Σε αυτή τη δοκιμαστική περίοδο οι ανεμογεννήτριες κατάφεραν να καλύψουν το 41% της ζήτησης, ενώ οι υπόλοιπες ανάγκες καλύφθηκαν από τη συμβατική παραγωγή. Συγκεκριμένα, οι Α/Γς παρείχαν 10.000 kWh ηλεκτρικής ενέργειας στα θερμικά φορτία του συστήματος με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση περίπου 450 λίτρα καυσίμου θέρμανσης. Τα τελευταία αυτά αποτελέσματα από την περίοδο δοκιμών φέρουν

σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα αποτελέσματα των αρχικών προσομοιώσεων. Σύμφωνα με τα τελευταία, η μέση διείσδυση της αιολικής ισχύος θα ήταν περίπου 70%, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου θα ήταν 45% και ο χρόνος λειτουργίας των μονάδων diesel θα μειωνόταν κατά 25%. Επιπλέον, στο διάστημα δοκιμών, ο συντελεστής χρησιμοποίησης των δύο ανεμογεννητριών ήταν 0,382 και 0,377 (Βρεττός, 2010).

3.4.4 Νησί Samsø

Το νησί Samsø βρίσκεται στον κόλπο Kattegat στη Βόρεια Θάλασσα, 15 χλμ. από τη χερσόνησο της Γιουτλάνδης και ανήκει στη Δανία. Έχει πληθυσμό, σύμφωνα με την απογραφή του 2009, 4.300 κατοίκους, η έκταση του είναι 114 km ενώ η ετήσια κατανάλωση ενέργειας κατά το έτος 1997 ανερχόταν σε 29.000 MWh.

Όλα ξεκίνησαν το 1997, όταν το Samsø κέρδισε το διαγωνισμό του υπουργείου ενέργειας της Δανίας για τη δημιουργία ενός ενεργειακά αυτόνομου και «πράσινου» νησιού. Στόχος του προγράμματος ήταν η επίτευξη κάλυψη του 100% των ενεργειακών αναγκών του νησιού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέσα σε μία δεκαετία, γεγονός που αποτελούσε παγκόσμια καινοτομία καθώς δεν είχε προηγηθεί παρόμοιο έργο κατά το παρελθόν. Για να μπορέσει να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, δεν αρκούσαν μόνο ενέργειες στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά έπρεπε να διαμορφωθεί κατάλληλα το γενικότερο ενεργειακό προφίλ του νησιού. Συγκεκριμένα κάποιες από τις ενέργειες που έπρεπε να γίνουν ήταν να εξοικονομηθεί ενέργεια και να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης στο ηλεκτρικό σύστημα, στο σύστημα θέρμανσης και στον τομέα των μεταφορών, να επεκταθεί το δίκτυο τηλεθέρμανσης, σε συνδυασμό με την χρήση των τοπικών αποθεμάτων βιομάζας, να επεκταθούν τα αυτόνομα συστήματα θέρμανσης με τη χρήση αντλιών θερμότητας, ηλιακών συλλεκτών και εγκαταστάσεων βιομάζας και να κατασκευαστούν onshore και offshore αιολικά πάρκα.

Καθώς το Samsø είναι διασυνδεδεμένο με τη χερσόνησο της Γιουτλάνδης μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου, ήταν απαραίτητη η εγκατάσταση αιολικών συνολικού μεγέθους ισχύος 11 MW, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ενεργειακή αυτονομία του νησιού. Αυτές οι έντεκα Α/Γ ισχύος 1 MW εκάστη τοποθετήθηκαν σε τρεις ομάδες και το ύψος της πλήμνης τους ήταν 77 μέτρα. Η πρώτη Α/Γ εγκαταστάθηκε το 2000, ενώ το συνολικό κόστος επένδυσης άγγιξε τα 8.8 εκατ. ευρώ. Επιπλέον, για την αποζημίωση των εκπομπών CO του τομέα των μεταφορών εγκαταστάθηκαν δέκα offshore Α/Γ ισχύος 2,3 MW εκάστη στα νότια του νησιού με συνολικό κόστος επένδυσης 33.3 εκατ. ευρώ.

Το πρόγραμμα μετατροπής του Samsø σε πράσινο νησί πρέπει να θεωρηθεί σχεδόν απόλυτα επιτυχές, καθώς ικανοποίησε τους περισσότερους από τους στόχους που είχαν τεθεί. Ο πρωταρχικός στόχος της 100% ενεργειακής αυτονομίας με τη χρήση ΑΠΕ επιτεύχθηκε μέσα σε 8 χρόνια, δηλαδή δύο χρόνια νωρίτερα από αυτό που είχε προγραμματιστεί. Επίτευγμα επίσης αποτελεί η κατασκευή τριών νέων εγκαταστάσεων δικτύων τηλεθέρμανσης καθώς και δέκα offshore και έντεκα onshore Α/Γ. Αντίθετα, στον τομέα των μεταφορών και στο στόχο για αλλαγές στην καταναλωτική συμπεριφορά της τοπικής κοινωνίας, το πρόγραμμα σημείωσε λιγότερη επιτυχία (Βρεττός, 2010).

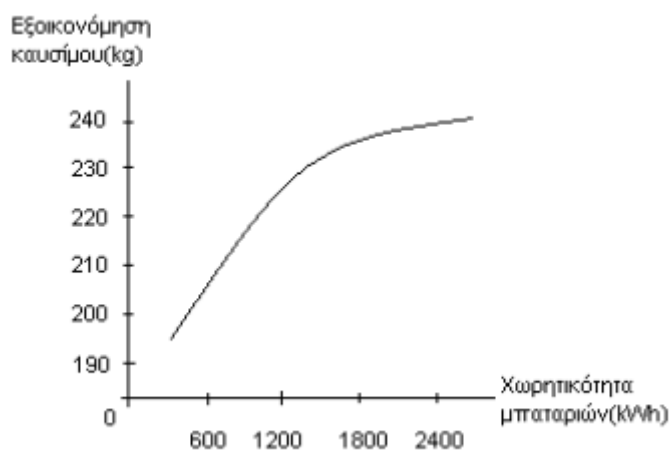
3.4.5 El Hierro

Το El Hierro αποτελεί το μικρότερο νησί στο σύμπλεγμα των Καναρίων Νήσων τα οποία ανήκουν στην Ισπανία και βρίσκονται στα ανοικτά των βορειοαφρικανικών ακτών. Το έργο αποτελείται από πέντε ανεμογεννήτριες συνολικής παραγωγής 11.5 MW, εγκατεστημένες στο βορειοανατολικό άκρο του νησιού έκτασης 278 τετρ. χλμ, που φροντίζουν για την ενεργειακή κάλυψη των 11000 μόνιμων κατοίκων. Η περίσσεια αιολικής ενέργεια χρησιμοποιείται για να διοχετεύεται με νερό μια μεγάλη δεξαμενή, 700 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, μέσα σε κρατήρα ηφαιστείου, έτσι ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες σε περίοδο άπνοιας. Σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της ζήτησης από το αιολικό πάρκο, το νερό απελευθερώνεται από τον κρατήρα παράγοντας έως και 11.3 MW ηλεκτρικής ενέργειας και γεμίζοντας κατά την απόθεσή του την τεχνητή δεξαμενή που έχει κατασκευαστεί στον πόδα του ηφαιστείου. Στη συνέχεια, το νερό αντλείται από τη κάτω στην πάνω δεξαμενή όταν υπάρχει πλεονάζουσα αιολική ενέργεια. Το σύστημα αυτό καλύπτει το 80% των ενεργειακών αναγκών του νησιού, ενώ το υπόλοιπο 20% καλύπτεται από ηλιακούς συλλέκτες και φωτοβολταϊκά, καθιστώντας έτσι το νησί ενεργειακά ανεξάρτητο από συμβατικές μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Φυσικά, οι υπάρχουσες ντιζελογεννήτριες συνεχίζουν την λειτουργία τους καλύπτοντας το υπολειπόμενο φορτίο ζήτησης σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης του συνολικού από τον συνδυασμό των παραπάνω τεχνολογιών (Μυσίρης, 2015).

3.4.6 Ελλάδα

Το πρώτο υβριδικό μοντέλο στην Ελλάδα, που αποτελούνταν από ανεμογεννήτριες, ντιζελογεννήτριες και Φ/Β, αποτελεί αυτό της Κύθνου, ένα νησί του Αιγαίου με υψηλό αιολικό, αλλά και με υψηλό κόστος παραγωγής ενέργειας από ντιζελογεννήτριες. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται στα 1,7 MW. Οι ντιζελογεννήτριες ποικίλουν από 100-550 kW. Στο νησί έχουν εγκατασταθεί 5 Α/Γ των 20 kW εκάστη, καθώς και ένα Φ/Β των

100kW. Τα επίπεδα της μπαταρίας κυμαίνονται από 600-2.400 kWh. Στο Σχήμα 3.5 φαίνονται τα αποτελέσματα της εξοικονόμησης του καυσίμου συναρτήσει της χωρητικότητας των μπαταριών. Από τις 1.800 kWh και πάνω υπάρχει μία μικρή βελτίωση, ενώ μέχρι τις 1.200 kWh η σχέση είναι σχεδόν γραμμική.



Σχήμα 3.5 – Διάγραμμα εξοικονόμησης καυσίμου συναρτήσει της χωρητικότητας των μπαταριών (Πηγή: Γεωργαντέας, 2011)

Σημαντικές εφαρμογές αυτόνομων υβριδικών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής (ΑΥΣΗ) συναντώνται κυρίως στις μονές του Αγίου Όρους, όπου η απομονωμένη θέση της χερσονήσου καθιστά ασύμφορη τη σύνδεση της με το δίκτυο. Κάποιες από τις μονές αυτές έχουν επαρκή τροφοδοσία και έχουν εγκατασταθεί μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το ΑΥΣΗ της Ιεράς Μονής Σίμωνος Πέτρας, που αποτελείται από μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό, Φ/Β και ντιζελογεννήτρια. Πριν την εγκατάσταση του Φ/Β η ντιζελογεννήτρια κάλυπτε περίπου το 40% των ετήσιων αναγκών σε ενέργεια και το 71% των αντίστοιχων αναγκών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ με την εγκατάσταση του Φ/Β τα αντίστοιχα ποσοστά έπεσαν στο 5,5% και 9% αντίστοιχα.

Τα τελευταία δύο έτη εγκαταστάθηκαν περίπου 160 αυτόνομα υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών σε απομονωμένους σταθμούς βάσης εταιριών κινητής τηλεφωνίας με συνολική ισχύ φωτοβολταϊκών 1,2 MW, ενώ εκκρεμούν προς εγκατάσταση 80 παρόμοια συστήματα με ισχύ περίπου 1 MW. Οι σταθμοί λειτουργούν με γεννήτριες και βρίσκονται σε απομακρυσμένες επαρχιακές και αγροτικές περιοχές της χώρας. Βασικός στόχος της συγκεκριμένης ενέργειας ήταν η εξοικονόμηση καυσίμου με τη μείωση του χρόνου λειτουργίας της γεννήτριας. Παράλληλα, υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία και αξιοπιστία στην παροχή ενέργειας στους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς με αυξημένη αυτονομία (Γεωργαντέας, 2011).

Το σύστημα παραγωγής της Ικαρίας, περιλαμβανομένου του ΥΒΣ, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.6 αφορά τη μελλοντική διαμόρφωσή του μετά τη ένταξη και του ΥΒΣ. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τον τοπικό σταθμό παραγωγής (ΤΣΠ) του Αγίου Κήρυκου που καταναλώνει μαζούτ και υφιστάμενα ή αδειοδοτημένα (από στοιχεία της ΡΑΕ) Α/Π εκτός του ΥΒΣ, των οποίων η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται σε 1835 kW. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη Φ/Β σταθμοί συνολικής ισχύος 1040 kW, όσοι προβλέπεται να αδειοδοτηθούν σύμφωνα με το περιθώριο ισχύος της Απόφασης 96/2007 της ΡΑΕ, όπως τροποποιήθηκε με την Απόφαση 703/2008. Όλοι οι σταθμοί παραγωγής συνδέονται στο δίκτυο μέσης τάσης του νησιού. Το αναβαθμισμένο δίκτυο διανομής του νησιού λόγω της ένταξης του ΥΒΣ, έχει ήδη μελετηθεί στο πλαίσιο του έργου. Η μελλοντική αιχμή του φορτίου του νησιού για την περίοδο που το ΥΒΣ αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία, εκτιμάται στα 9 MW, με συντελεστή φορτίου 42%.

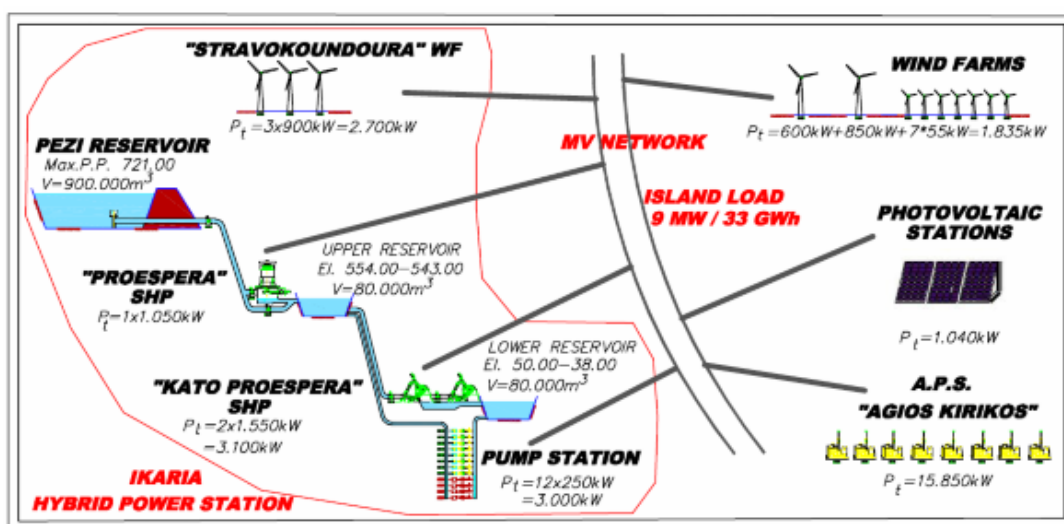
Όσον αφορά τον ΥΒΣ της Ικαρίας, αυτός διαθέτει τρεις δεξαμενές νερού με επαρκείς υψομετρικές διαφορές και συγκεκριμένα

- Έναν υφιστάμενο ταμιευτήρα στη θέση Πέζι (900000 m³), ο οποίος χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή για λόγους ύδρευσης και άρδευσης. Η περίσσεια νερών αυτής της δεξαμενής θα χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δύο νέες δεξαμενές στις θέσεις Προεσπέρα και Κάτω Προεσπέρα, με εκμεταλλεύσιμο όγκο περίπου 80000 m³ έκαστη, για λόγους αντλησιοταμίευσης. Οι δύο αυτές δεξαμενές αντλησιοταμίευσης συνδέονται μέσω διπλού αγωγού, ώστε να είναι δυνατή η ταυτόχρονη παραγωγή και άντληση.

Επίσης, ο ΥΒΣ περιλαμβάνει δύο μικρούς ΥΗΣ, εξοπλισμένους με υδροστρόβιλους τύπου Pelton. Τον ΥΗΣ Προεσπέρας με έναν υδροστρόβιλο ισχύος 1.05 MW, που θα αξιοποιεί μόνο την περίσσεια νερών του ταμιευτήρα Πεζίου (αφού πρώτα ικανοποιηθούν οι υποχρεώσεις για ύδρευση, οικολογική παροχή και άρδευση) και τον ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας με δύο υδροστρόβιλους ισχύος 2x1.55 MW, που θα αξιοποιεί τόσο την περίσσεια νερών του ταμιευτήρα Πεζίου όσο και νερά που προέρχονται από τη λειτουργία της αντλησιοταμίευσης. Το αντλιοστάσιο του ΥΒΣ θα εγκατασταθεί στην Κάτω Προεσπέρα και θα αποτελείται από 8 αντλίες σταθερών στροφών και 4 αντλίες μεταβλητών στροφών, εγκατεστημένης ισχύος $8 \times 250 + 4 \times 250 = 3000$ kW (ονομαστική ηλεκτρική ισχύς κινητήρων). Όσον αφορά το Α/Π του ΥΒΣ, αυτό θα εγκατασταθεί στη θέση Στραβοκουντούρα και θα αποτελείται από τρεις (3) Α/Γ των 900 kW. Ιδιαιτερότητα του συγκεκριμένου ΥΒΣ είναι ότι εκτός από τις δύο δεξαμενές που εξυπηρετούν τις ανάγκες της

αντλησιοταμίευσης για την απορρόφηση της αιολικής παραγωγής, υφίσταται και ένας τρίτος ταμιευτήρας στα ανάντη της άνω δεξαμενής αντλησιοταμίευσης, η περίσσεια υδάτων του οποίου εισρέει στην τελευταία μέσω ενός επιπλέον ΥΗΣ. Η διαμόρφωση δηλαδή του ΥΒΣ της Ικαρίας επιτρέπει την αξιοποίηση δύο μορφών ΑΠΕ, της αιολικής μέσω της αντλησιοταμίευσης και της υδροηλεκτρικής μέσω της εκμετάλλευσης των διαθέσιμων υδάτων του ταμιευτήρα. Γι' αυτόν το σκοπό απαιτείται κατάλληλη πολιτική εσωτερικής λειτουργίας του ΥΒΣ, η οποία θα εξασφαλίσει την αποδοτική αξιοποίηση των δύο μορφών ΑΠΕ και η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι με βάση τους όρους περιβαλλοντικής αδειοδότησης του έργου, η λειτουργία των δύο ΥΗΣ διέπεται από υποχρεώσεις που έχουν σκοπό την εξασφάλιση της επάρκειας του ταμιευτήρα Πεζίου για σκοπούς ύδρευσης και άρδευσης. Συγκεκριμένα, δεν επιτρέπεται η λειτουργία του ΥΗΣ Προεσπέρας τη θερινή περίοδο (1η Μαΐου – 30η Σεπτεμβρίου), ενώ το υπόλοιπο διάστημα του έτους, 1η Οκτωβρίου έως 30η Απριλίου (αποκαλούμενη ως χειμερινή περίοδος), τίθενται απαιτήσεις ελάχιστης στάθμης νερού στον ταμιευτήρα Πεζίου. Προκειμένου να ανταποκριθεί η διαχείριση του ταμιευτήρα στις σύνθετες αυτές απαιτήσεις, καταρτίστηκε από τους μελετητές της ΔΥΗΠ (πρώην ΔΑΥΕ) σενάριο ελάχιστου επιτρεπτού όγκου νερού στον ταμιευτήρα για το χρονικό διάστημα της ενεργειακής λειτουργίας του, δηλαδή τη χειμερινή περίοδο. Τα διαθέσιμα προς αξιοποίηση νερά του ταμιευτήρα για κάθε ημέρα ισούνται με τη διαφορά των αποθηκευμένων υδάτων του από τον εκάστοτε επιτρεπτό ελάχιστο όγκο νερού (Παπαευθυμίου, 2012).

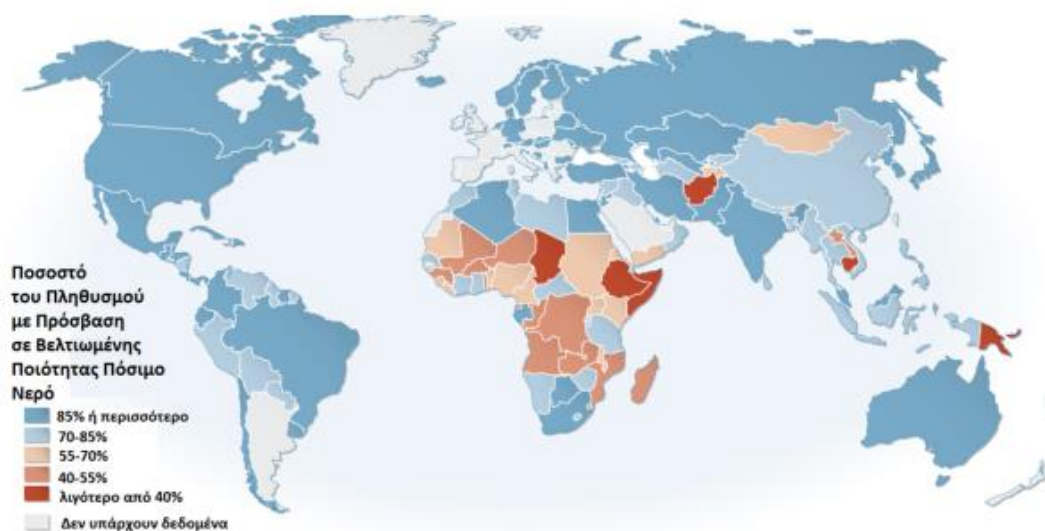


Σχήμα 3.6 – Ο ΥΒΣ και οι υπόλοιποι σταθμοί παραγωγής της Ικαρίας (μελλοντική κατάσταση) (Πηγή: Παπαευθυμίου, 2012)

4. ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

4.1 Γενικά Στοιχεία

Με τον όρο αφαλάτωση χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Έτσι, με την αφαλάτωση μπορεί να γίνει ανάκτηση πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, από λίμνες ή και από υφάλμυρα ποτάμια. Βρίσκει συνήθως εφαρμογή σε περιοχές με ξηρό κλίμα, με έλλειψη πόσιμου νερού, αλλά με πρόσβαση σε κάποια άλλη πηγή υδάτων. Η μέθοδος της αφαλάτωσης άρχισε να αναπτύσσεται τον 20ο αιώνα, εξαιτίας της εμφάνισης της λειψυδρίας σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Γενικά, το 97,3% περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων σε νερό βρίσκεται στη θάλασσα αναμεμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που καθιστά την χρήση είτε ως πόσιμο είτε σε βιομηχανικές διεργασίες, αδύνατη (Μουτάφης, 2008). Η παρούσα κατάσταση είναι ανησυχητικής, καθώς ένα ποσοστό γύρω στο 40% του πληθυσμού, δηλαδή 1,1 δισεκατομμύρια άνθρωποι, δεν έχει πρόσβαση σε αποθέματα φρέσκου νερού. Οι προβλέψεις για το 2025 ανεβάζουν αυτό το ποσοστό στο 60%. Στο Σχήμα 4.1 φαίνονται τα ποσοστά του πληθυσμού που έχουν πρόσβαση σε βελτιωμένης ποιότητας πόσιμο νερό.



Σχήμα 4.1 – Ποσοστό του πληθυσμού με πρόσβαση σε βελτιωμένης ποιότητας πόσιμο νερό (Πηγή: Λιάτσου, 2010)

Η αφαλάτωση βρήκε την αρχική της εφαρμογή κατά τον 4^ο π.Χ. αιώνα από τους αρχαίους Έλληνες ναυτικούς με την εξάτμιση του θαλασσινού νερού, όπως περιγράφει και ο Αριστοτέλης. Επίσης περιγραφή αφαλάτωσης γίνεται και από Άραβα συγγραφέα του 8^{ου} αιώνα που βασίζεται στην απόσταξη του νερού. Δέκα αιώνες αργότερα, με την ανάπτυξη

των ατμοκίνητων πλοίων (της ατμοπλοΐας) η ανάγκη για χρήση μεγάλης ποσότητας ύδατος στις ατμομηχανές κατέστησε επιτακτική την ανάγκη για αφαλάτωση του θαλασσινού νερού ώστε να μη προκαλείται η διάβρωση των μηχανών. Πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αφαλάτωσης νερού δόθηκε στην Αγγλία το 1869. Το ίδιο χρόνο οι Άγγλοι εγκατέστησαν τη πρώτη μεγάλη μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος στο Άντεν για τις ανάγκες του στόλου τους. Ο πρώτος μεγάλος εργοστασιακός σταθμός αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος για εμπορική και βιομηχανική χρήση εγκαταστάθηκε στην Αρούμπα (τότε Ολλανδικές Αντίλλες) το 1930.

Από το 1970 άρχισαν να τίθενται σε λειτουργία μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στις ΗΠΑ, Ρωσία, Μεξικό στην Μέση Ανατολή, σε παράλιες χώρες όπως είναι η Σαουδική Αραβία (24% της παγκόσμιας χρήσης), το Κουβέιτ, η Αίγυπτος αλλά και το Ισραήλ. Στον δυτικό κόσμο, η Ισπανία, πριν περίπου 40 χρόνια, ξεκίνησε μαζική χρήση αφαλάτωσης στα Κανάρια Νησιά. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης της Ευρώπης βρίσκεται σήμερα στο Καρμπονέρας της νότιας Ισπανίας.

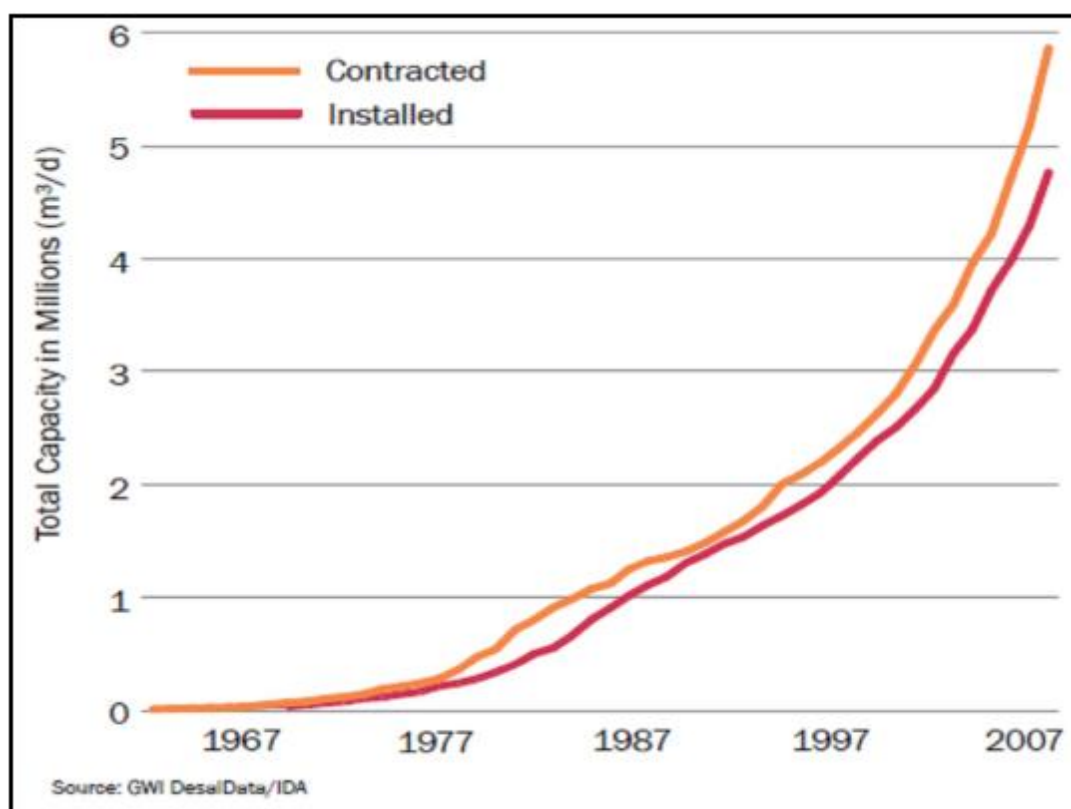
Σήμερα λειτουργούν παγκοσμίως περίπου 13600 μονάδες αφαλάτωσης και έχουν παραγωγή $25,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ καθαρό νερό. Το 11% αυτών των μονάδων εγκαταστάθηκαν πριν το 2000. Το 38% αυτών βρίσκονται στον Περσικό Κόλπο και το 17% στις ΗΠΑ (Μουτάφης, 2008).

Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγική δυναμικότητα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1

Πίνακας 4.1 – Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή σε αφαλατωμένο νερό (Πηγή: Καραγιάννης, 2010)

	Χώρα	Παραγωγική δυναμικότητα (σε εκατ. $\text{m}^3/\text{μέρα}$)	Ποσοστό στην παγκόσμια παραγωγή
1)	Σαουδ. Αραβία	10,760	17%
2)	ΗΑΕ	8,428	13%
3)	ΗΠΑ	8,133	13%
4)	Ισπανία	5,250	8%
5)	Κουβέιτ	2,877	5%
6)	Αλγερία	2,676	4%
7)	Κίνα	2,260	4%
8)	Κατάρ	1,713	3%
9)	Ιαπωνία	1,493	2%
10)	Αυστραλία	1,185	2%

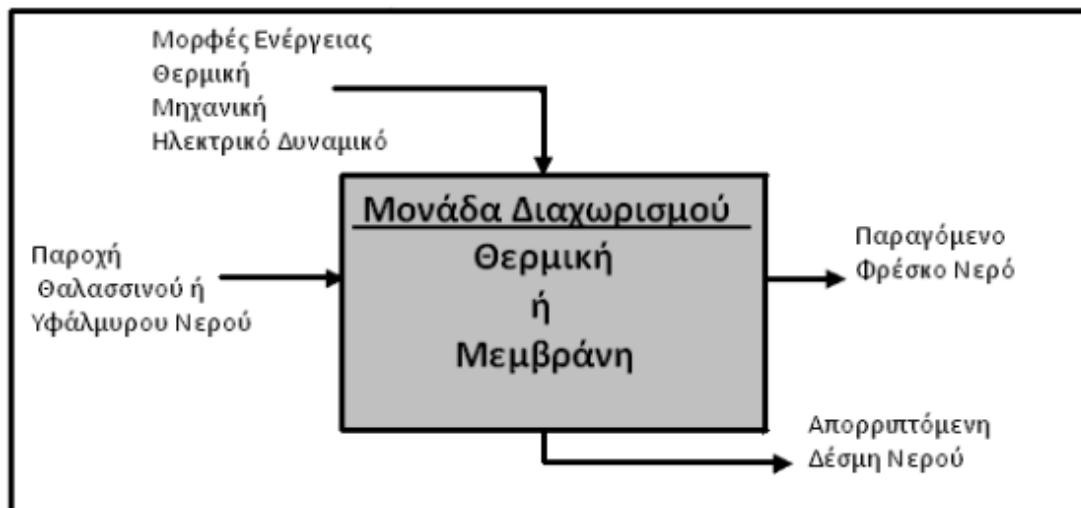
Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται η εξέλιξη της παγκόσμιας εγκατεστημένης δυναμικότητας. Το γεγονός ότι η παγκόσμια δυναμικότητα των μονάδων αφαλάτωσης αυξάνεται συνεχώς καθιστά κατανοητή τη σημασία της αφαλάτωσης στο πρόβλημα της έλλειψης νερού σε κάποιες χώρες και αυτό συνεπάγεται ότι τα επόμενα χρόνια ίσως να αποτελέσει έναν από τους σημαντικότερους τρόπους αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος (Καραγιάννης, 2010).



Σχήμα 4.2 – Εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής αφαλατωμένου νερού (Πηγή: Καραγιάννης, 2010)

4.2 Μέθοδοι Αφαλάτωσης

Η διαδικασία της αφαλάτωσης μπορεί να βασιστεί είτε σε θερμικές μεθόδους, όπου το νερό αλλάζει τουλάχιστον δύο φάσεις, είτε στην χρήση μεμβρανών για την απομάκρυνση των αλάτων, όπου πραγματοποιείται σε μία μόνο φάση, την υγρή. Η τεχνική του θερμικού διαχωρισμού περιλαμβάνει δύο κύριες κατηγορίες, την απόσταξη, όπου η εξάτμιση ακολουθείται από την συμπύκνωση των παραγόμενων υδρατμών, και την κρυστάλλωση, η οποία δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Στο Σχήμα 4.3 γίνεται μια σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας αφαλάτωσης.



Σχήμα 4.3 – Σχηματική περιγραφή διαδικασίας αφαλάτωσης (Πηγή: Λιάτσου, 2010)

Η θερμική μέθοδος είναι αυτή που χρησιμοποιείται πιο πολύ και στις περισσότερες περιπτώσεις υποστηρίζεται από μονάδες παραγωγής ενέργειας, οι οποίες διαθέτουν σε συστήματα τουρμπίνων κίνησης. Η διαδικασία της εξάτμισης λαμβάνει χώρα σε περιοχές μετάδοσης θερμότητας, ενώ διακόπτεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα όταν αρχίζει ο βρασμός της υγρής μάζας και για το λόγο αυτό είναι γνωστή ως εξάτμιση με εκτόνωση (flashing evaporation).

Στην κατηγορία της εξάτμισης περιλαμβάνονται τα παρακάτω είδη αφαλάτωσης: αφαλάτωση με πολυβάθμια εκτόνωση (MultiStage Flash desalination, MSF), αφαλάτωση με πολλαπλή εξάτμιση υδρατμών (Multiple Effect Evaporation, MEE), αφαλάτωση με εξάτμιση υδρατμού σε μία βαθμίδα (Single Effect Evaporation, SEE), ύγρανση – αφύγρανση (Humidification – Dehumidification, HD), αφαλάτωση με ηλιακούς αποστακτήρες (Solar Stills). Στα τελευταία δύο είδη η εξάτμιση του νερού πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από αυτή του σημείου ζέσης του, καθώς η κινητήρια δύναμη εξάτμισης είναι η διαφορά συγκέντρωσης που παρατηρείται στους υδρατμούς στο ρεύμα του αέρα και αυτό είναι που τα διαφοροποιεί από τα προηγούμενα είδη αφαλάτωσης.

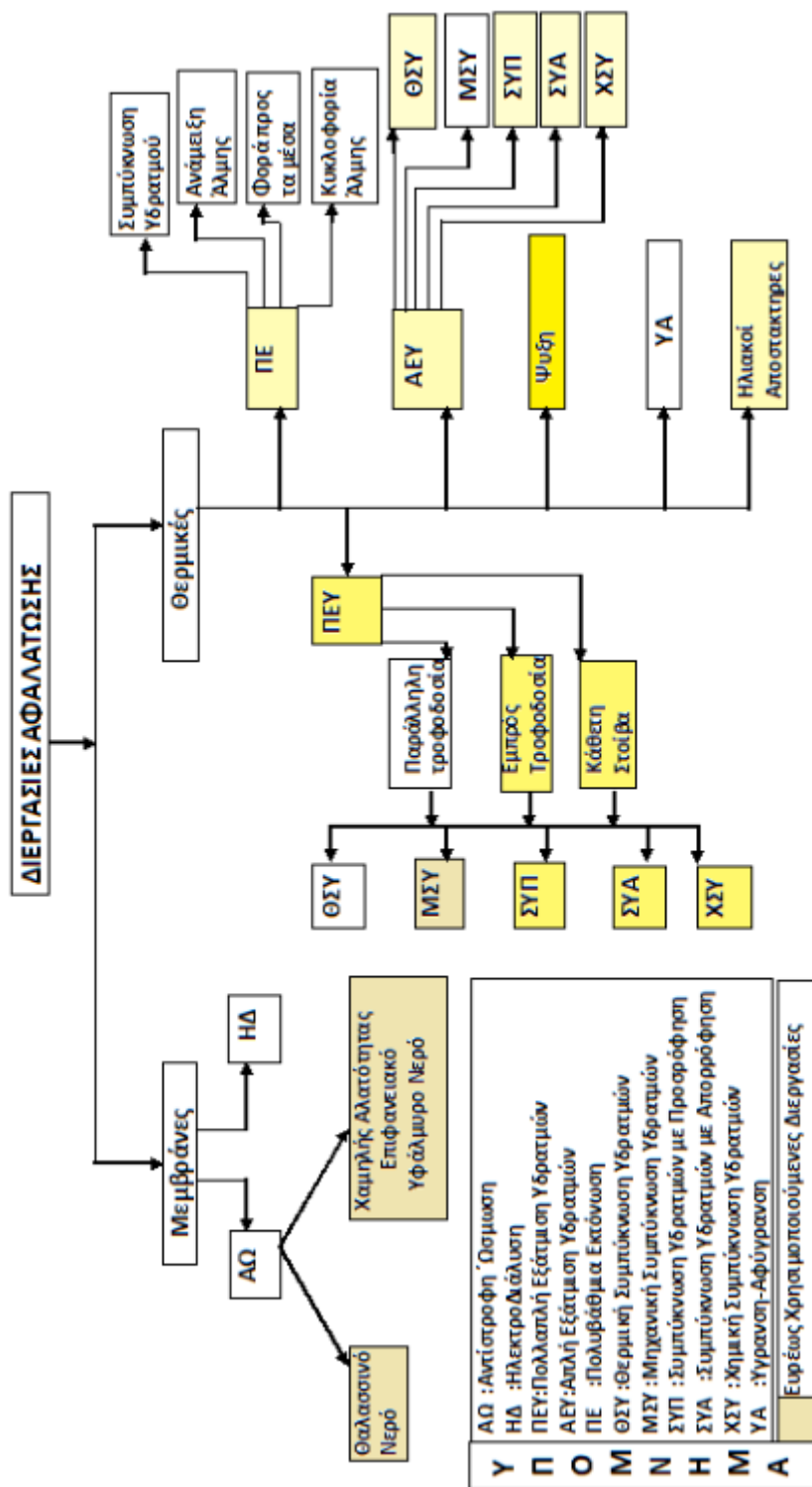
Η συμπύκνωση υδρατμού σε μία βαθμίδα μπορεί να πραγματοποιηθεί με μηχανικό τρόπο (Mechanical Vapor Compression, MVC), με θερμικές μεθόδους (Thermal Vapor Compression, TVC), με απορρόφηση (Absorption Vapor Compression, AbVC), με προσρόφηση (Adsorption Vapor Compression, AdVC), και τέλος με χημικές διεργασίες (Chemical Vapor Compression, CVC). Για το λόγο αυτό οι συσκευές συμπύκνωσης υδρατμού είναι εφοδιασμένες με μηχανικούς συμπιεστές, με εκτοξευτήρες ατμού (που χρησιμοποιούνται στις θερμικές μεθόδους), με κρεβάτια και στήλες

προσρόφησης/εκρόφησης. Η συμπύκνωση του υδρατμού σε πολλές περιπτώσεις συνδυάζεται με ενός ή και πολλαπλών βαθμίδων μονάδες αφαλάτωσης με σκοπό να βελτιωθεί η θερμική απόδοση της διεργασίας. Σε αυτήν την περίπτωση, ο υδρατμός χαμηλής θερμοκρασίας, ο οποίος παράγεται είτε σε μία βαθμίδα είτε στη τελευταία από τις βαθμίδες της διεργασίας, συμπιέζεται σε υψηλότερη θερμοκρασία και έπειτα χρησιμοποιείται για να ξεκινήσει την διαδικασία της εξάτμισης στην ίδια ή στην πρώτη από τις βαθμίδες διεργασίας.

Η δεύτερη μέθοδος αφαλάτωσης, η οποία βασίζεται στη χρήση μεμβρανών, περιλαμβάνει την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης (Reverse Osmosis, RO), η οποία αποτελεί και την πιο αντιπροσωπευτική διεργασία της μεθόδου αυτής. Κατά την αντίστροφη ώσμωση, φρέσκο νερό εισέρχεται δια μέσου ημιπερατών μεμβρανών, υπό υψηλή πίεση, αφήνοντας πίσω του συγκέντρωση άλμης υψηλού βαθμού. Μια άλλη διεργασία της δεύτερης μεθόδου των μεμβρανών αποτελεί αυτή της ηλεκτροδιάλυσης (ElectroDialysis, ED), η οποία βρίσκεται ελάχιστη εφαρμογή στη βιομηχανία. Κατά την ηλεκτροδιάλυση, ηλεκτρικά φορτισμένα ιόντα αλάτων διαχωρίζονται μέσω επιλεκτικών μεμβρανών ανταλλαγής ιόντων, αφήνοντας από τη μία πλευρά της μεμβράνης νερό με χαμηλή αλατότητα και από την άλλη ένα ρεύμα άλμης υψηλού βαθμού συγκέντρωσης (Λιάτσου, 2010).

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι αφαλάτωσης είναι η πολυβάθμια εκτόνωση και η αντίστροφη ώσμωση, καθεμία απ' τις οποίες παράγει το 43% του παγκόσμιου προϊόντος. Παρ' όλο όμως που και οι δύο μέθοδοι έχουν την ίδια παραγωγή, η αντίστροφη ώσμωση χρησιμοποιείται στο 68% των περιπτώσεων και μια τυπική μονάδα έχει μέση παραγωγή $1200\text{m}^3/\text{ημέρα}$, ενώ η πολυβάθμια εκτόνωση χρησιμοποιείται σε ποσοστό μόλις 9% και μια τυπική μονάδα έχει μέση παραγωγή $8800\text{m}^3/\text{ημέρα}$. Συνολικά, η MSF και η RO παράγουν συνολικά το 86% της παγκόσμιας ποσότητας αφαλατωμένου νερού, η ηλεκτροδιάλυση το 6%, η συμπίεση ατμών το 4% και η πολυβάθμια εξάτμιση το 4% (Μουτάφης, 2008).

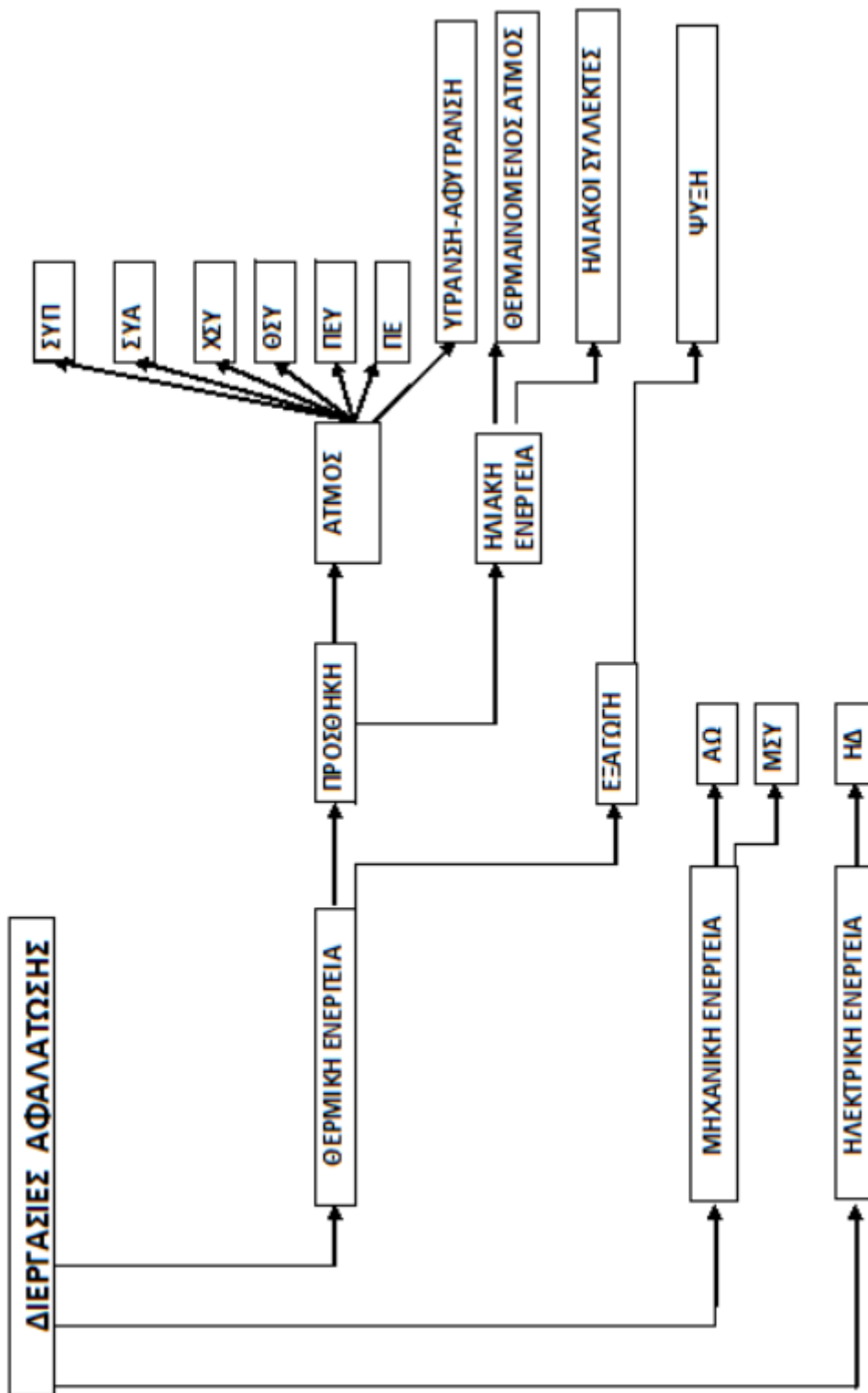
Στο Σχήμα 4.4 απεικονίζεται μια κατηγοριοποίηση των δύο μεθόδων αφαλάτωσης και των διεργασιών της κάθε μεθόδου.



Σχήμα 4.4 – Κατηγοριοποίηση των διεργασιών αφαλάτωσης με θερμικές μεθόδους και με τη χρήση μεμβρανών (Πηγή: Λιάτσου, 2010)

Μια δεύτερη κατηγοριοποίηση των διάφορων μεθόδων της αφαλάτωσης μπορεί να γίνει με βάση την μορφή της ενέργειας που χρησιμοποιείται για κάθε διεργασία. Έτσι, οι διεργασίες θερμικής ενέργειας χωρίζονται σε δύο περιπτώσεις, στη μία όπου η ενέργεια προστίθεται και στη δεύτερη όπου η ενέργεια αφαιρείται. Στην πρώτη περίπτωση περιλαμβάνονται η πολυβάθμια εκτόνωση (ΠΕ, Multistage Flash Evaporation), η πολλαπλή εξάτμιση υδρατμών (ΠΕΥ, Multiple Evaporation), η ύγρανση – αφύγρανση (ΥΑ, Humidification – Dehumidification), καθώς και οι διεργασίες οι οποίες συνεργάζονται με αντλίες θερμικές, χημικές, προσρόφησης ή απορρόφησης θερμότητας. Ο ατμός θέρμανσης σε αυτές τις διεργασίες λαμβάνεται από ένα εργοστάσιο συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μια ειδική μονάδα λέβητα ή από την ηλιακή ενέργεια. Στη δεύτερη περίπτωση, όπου η ενέργεια αφαιρείται περιλαμβάνει τις διεργασίες ψύξης. Η αντίστροφη ώσμωση (ΑΩ, Reverse Osmosis) καθώς και η διεργασία της μηχανικής συμπύκνωσης ατμού (ΜΣΥ, Mechanical Vapor Compression) ανήκουν στην κατηγορία μεθόδων αφαλάτωσης με χρήση μηχανικής ενέργειας, αφού κατά την αντίστροφη ώσμωση η διαφορά πίεσης κατέχει το ρόλο της μηχανικής ενέργειας και είναι υπεύθυνη για το διαχωρισμό των αλάτων, ενώ κατά τη διεργασία της μηχανικής συμπύκνωσης του ατμού, η μηχανική ενέργεια του υδρατμού κατέχει τον πρωταρχικό ρόλο για την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας του αποσταγμένου υδρατμού που χρησιμοποιείται έπειτα για την θέρμανση του παρεχόμενου θαλασσινού νερού. Μια τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τις διεργασίες που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να επιτευχθεί ο διαχωρισμός νερού και άλατος. Εδώ ανήκει η ηλεκτροδιάλυση (ΗΔ, ElectroDialysis), όπου η ηλεκτρική ενέργεια κατευθύνει τα ηλεκτρικά φορτισμένα ιόντα μέσω μεμβρανών για την επίτευξη της αφαλάτωσης (Λιάτσου, 2010).

Στο Σχήμα 4.5 απεικονίζεται μια κατηγοριοποίηση των τριών μεθόδων αφαλάτωσης, θερμικής, μηχανικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

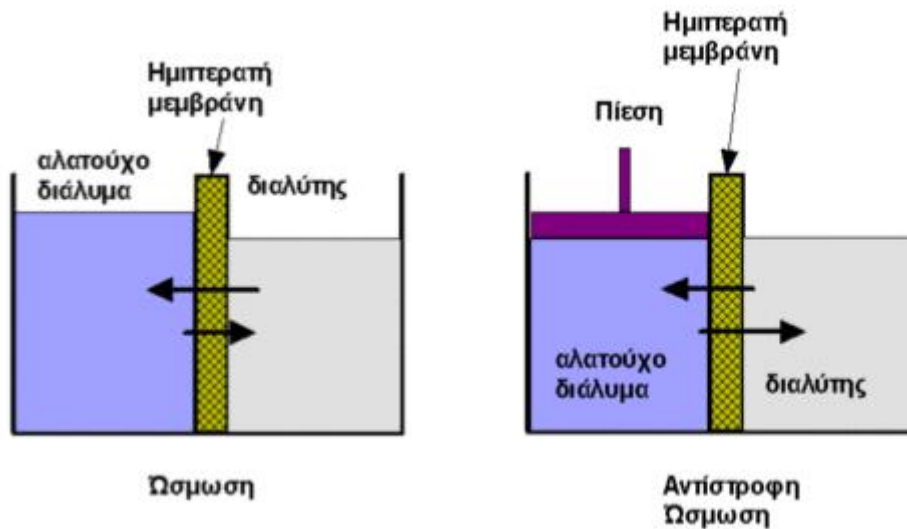


Σχήμα 4.5 – Κατηγοριοποίηση των μεθόδων αφαλάτωσης, θερμικής, μηχανικής και ηλεκτρικής ενέργειας. (Πηγή: Λιάτσου, 2010)

4.3 Αντίστροφη Ώσμωση

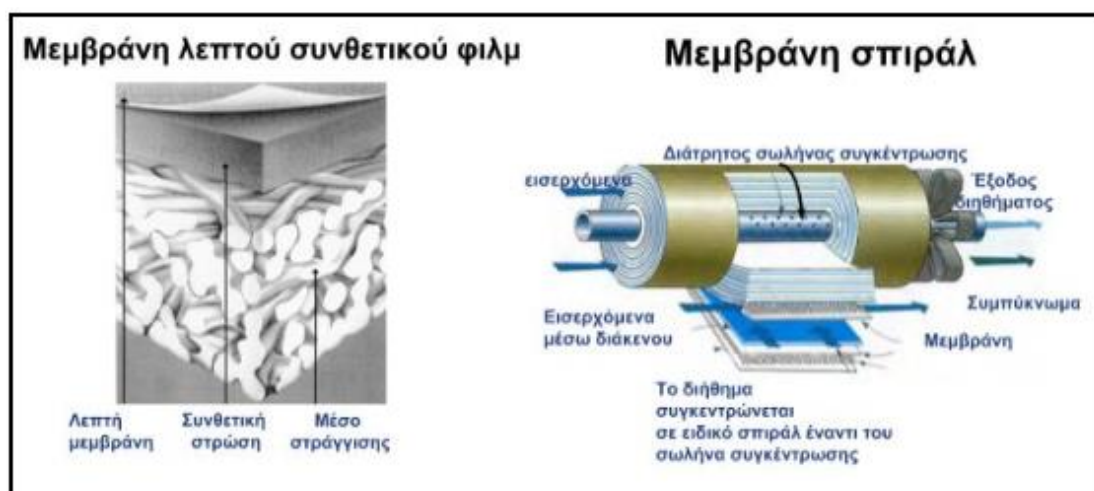
Από όλες τις μεθόδους αφαλάτωσης, αυτή της αντίστροφης ώσμωσης βρίσκει τη μεγαλύτερη εφαρμογή λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, της καταλληλότητας για σύνδεση με Φ/Β ή Α/Γ, καθώς και της παραγωγής υψηλών ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού σε σύγκριση με τις υπόλοιπες διεργασίες αφαλάτωσης (Μυσίρης, 2015).

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται σε αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της ώσμωσης. Όταν δυο υγρά με διαφορετική περιεκτικότητα σε άλατα έρχονται σε επαφή, τότε το υγρό με την μικρότερη περιεκτικότητα, θα μετατοπισθεί προς το υγρό εκείνο με την υψηλότερη, ούτως ώστε όλο το μείγμα να ισορροπήσει, δηλαδή να αποκτήσει την ίδια περιεκτικότητα σε άλατα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται διάχυση. Σε περίπτωση όμως που μεταξύ των δύο ουσιών παρεμβάλλεται μία ημιπερατή μεμβράνη, τότε αυτή αποτελεί εμπόδιο για τη διέλευση των αλάτων, αλλά το νερό (διαλύτης) διέρχεται ελεύθερα στο αλατούχο διάλυμα. Η ροή αυτή από το αραιότερο προς το πυκνότερο υγρό συνεχίζεται, μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του αλατούχου διαλύματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ώσμωση και απαντάται πολύ συχνά στη φύση και στους ζωντανούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, καθώς πολλές κυτταρικές λειτουργίες βασίζονται σ' αυτό. Το δέρμα, τα νεφρά, οι πνεύμονες και τα ίδια τα κύτταρα λειτουργούν κατά κάποιο τρόπο ως μεμβράνες. Η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (στην περίπτωση της αφαλάτωσης, του θαλασσινού ή άλλου ακάθαρτου νερού) για να μην λάβει χώρα το φαινόμενο της ώσμωσης και να παραλάβουμε φιλτραρισμένο καθαρό νερό, ονομάζεται ωσμωτική πίεση. Στην περίπτωση που στο αλατούχο διάλυμα ασκηθεί πίεση, υψηλότερη της ωσμωτικής, τότε η ροή αντιστρέφεται και έχουμε έξοδο καθαρού νερού από το αλατούχο διάλυμα προς το διαλύτη. Αυτό αποτελεί τη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης (Μουτάφης, 2008). Στο Σχήμα 4.6 αναπαριστάται το φαινόμενο της ώσμωσης και της αντίστροφης ώσμωσης.



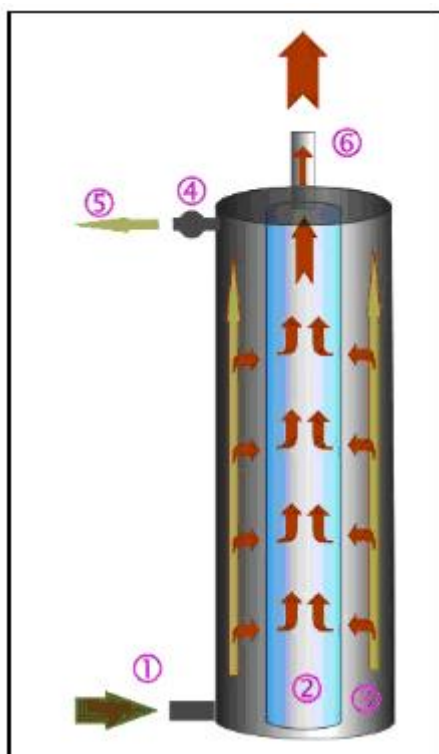
Σχήμα 4.6 – Σχηματική αναπαράσταση ώσμωσης και αντίστροφης ώσμωσης (Πηγή: Ράπτης, 2012)

Στις σύγχρονες εφαρμογές αφαλάτωσης η διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης είναι αυτοματοποιημένη με μία αντλία υψηλής πίεσης να διοχετεύει συνεχώς αλατούχο (θαλασσινό) νερό σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης το οποίο περιέχει μεμβράνες. Το αλατούχο αυτό νερό τροφοδοσίας διαχωρίζεται στο διήθημα, που αποτελεί το καθαρό νερό και είναι περίπου το 30% με 40% του νερού εισόδου και στο υπόλοιπο 60% με 70% απορριπτόμενο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης αλάτων, την λεγόμενη άλμη ή αλμόλοιπο. Αυτό το αλμόλοιπο περιλαμβάνει το 99,8% των αλάτων. Το διήθημα είναι νερό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα κατάλληλο για ύδρευση, άρδευση και τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις (Ράπτης, 2012). Στο Σχήμα 4.7 φαίνονται διάφοροι τύποι μεμβρανών που χρησιμοποιούνται στις συσκευές αντίστροφης ώσμωσης.



Σχήμα 4.7 – Τύποι μεμβρανών (Πηγή: Μουτάφης, 2008)

Ο πιο συνηθισμένος τύπος συσκευής αντίστροφης ώσμωσης αναπαριστάται στο Σχήμα 4.8. Το αλατούχο νερό εισέρχεται από την είσοδο (1) και κατευθύνεται στο χώρο (3). Εκεί υπάρχουν δυο διέξοδοι η (5) και η (6). Ο χώρος (3) βρίσκεται υπό πίεση και το νερό, κατά ποσοστό 25% περίπου, είτε εξαναγκάζεται να διέλθει μέσα από τη μεμβράνη (2), όπου και γίνεται αφαίρεση των αλάτων και κατόπιν εξέρχεται από την (6) ως τελικό καθαρό προϊόν, είτε μόλις η πίεση ξεπεράσει το όριο της βαλβίδας (4) εξαναγκάζεται να βγει από την έξοδο (5), σε ποσοστό 75% περίπου, συμπαρασύροντας μαζί του και τα άλατα στην επιφάνεια της μεμβράνης, όπου και απορρίπτεται (Μουτάφης, 2008).



Σχήμα 4.8 – Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας συσκευής αντίστροφης ώσμωσης (Πηγή: Μουτάφης, 2008)

Όσον αφορά το θαλασσινό νερό, αυτό πρέπει να περάσει από ορισμένα στάδια επεξεργασίας προκειμένου να επιτευχθεί η αφαλάτωση. Στα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης, για την καλύτερη λειτουργία των μεμβρανών, πρέπει το νερό να περάσει από ένα αρχικό στάδιο προεπεξεργασίας, όπου καταστρέφονται οι μικροοργανισμοί και αφαιρούνται τα αιωρούμενα σωματίδια προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών και η εναπόθεση αλάτων στις μεμβράνες. Η προεπεξεργασία του θαλασσινού νερού συνήθως περιλαμβάνει:

1. Φίλτρο εισόδου, όπου τοποθετείται και μια σχάρα στην αναρρόφηση, ούτως ώστε να αποφευχθεί η είσοδος ψαριών, φυκιών και πλαστικών.

2. Προχλωρίωση του θαλάσσιου νερού, με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου.
3. Προσθήκη οξέος, συνήθως θεικού οξέος, για τη ρύθμιση της οξύτητας και την αποφυγή εναπόθεσης αλάτων.
4. Προσθήκη χλωριούχου σιδήρου και πολυηλεκτρολύτη για τη συσσωμάτωση των κολλοειδών και οργανικών ουσιών.
5. Φίλτρο άμμου που περιλαμβάνει άμμο, χαλίκια και ανθρακίτη για την επίτευξη κατακράτησης των ακόμα μικρότερων στερεών αιωρούμενων σωματιδίων.
6. Φίλτρα πολυπροπυλενίου για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες.
7. Αποχλωρίωση, με θειούχο νάτριο ή φίλτρο ενεργού άνθρακα, για την αποφυγή καταστροφής των μεμβρανών λόγω παρουσίας ελεύθερου χλωρίου.
8. Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία

Έπειτα από το στάδιο της προεπεξεργασίας έρχεται το στάδιο του διαχωρισμού στις μεμβράνες, όπου αντλίες υψηλής πίεσης παρέχουν την απαιτούμενη πίεση, ούτως ώστε το νερό να διέλθει από τις μεμβράνες και να απορριφθούν τα άλατά του. Η πίεση κυμαίνεται μεταξύ 54 και 80 atm. Καθώς ένα μέρος του νερού περνάει μέσα από τις μεμβράνες, στο υπόλοιπο αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων και ταυτόχρονα ένα μέρος του νερού που τροφοδοτείται στις μεμβράνες απορρίπτεται χωρίς να περάσει μέσα από αυτές. Αν δεν γινόταν αυτή η ελεγχόμενη απόρριψη τότε η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό θα συνέχιζε να αυξάνει, με συνεπακόλουθο την εναπόθεση των υπερκορεσμένων αλάτων και αύξηση της ωσμωτικής πίεσης κατά μήκος των μεμβρανών. Η ποσότητα του νερού αυτού είναι μεταξύ 20% και 70% της ροής τροφοδοσίας και εξαρτάται από τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας.

Στο τελικό στάδιο επεξεργασίας γίνεται σταθεροποίηση του παραγόμενου νερού και η προετοιμασία του για τη διανομή του ως πόσιμο νερό. Στο στάδιο αυτό γίνεται απομάκρυνση αερίων, όπως το υδροθείο, ρυθμίζεται η οξύτητα (pH) και αυξάνεται η σκληρότητα, με την προσθήκη ειδικά επεξεργασμένου ασβέστη και διοξειδίου του άνθρακα και γίνεται και η τελική χλωρίωση.

Στη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης η ενέργεια που απαιτείται καταναλώνεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στις αντλίες για τη συμπίεση του νερού. Επειδή η ωσμωτική πίεση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων και είναι αυτή η οποία πρέπει να υπερνικηθεί ώστε να λάβει μέρος η διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης, η πίεση λειτουργίας είναι 15 με 25 bar για τα υφάλμυρα νερά και 54 με 80 bar για το θαλασσινό νερό. Η σημαντικότερη απώλεια ενέργειας είναι η εκτόνωση της άλμης, όταν βγαίνει με υψηλή πίεση απ' τη

συσκευή και γι' αυτό, σε μεγάλες κυρίως μονάδες, υπάρχουν συστήματα ανάκτησης της ενέργειας αυτής, όπως υδροστρόβιλοι, με αποτελεσματικότητα μέχρι και 95% (Μουτάφης, 2008).

4.4 Αφαλάτωση με Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Οι μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης συνήθως χρησιμοποιούν συμβατικές μορφές ενέργειας, οι οποίες όμως παρουσιάζουν σημαντικές αυξομειώσεις κόστους που σαφώς επηρεάζουν και το κόστος του παραγόμενου νερού. Το αφαλατωμένο νερό είναι αναγκαίο να καταναλώνεται κοντά στην περιοχή που παράγεται, γιατί η μεταφορά του, ειδικά σε μεγάλες αποστάσεις από τον τόπο παραγωγής του, αυξάνει σημαντικά το κόστος. Συνεπώς η απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία μιας μονάδας πρέπει να διατίθεται στην ευρύτερη περιοχή της μονάδας. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διατεθεί σε οποιαδήποτε ποσότητα και απόσταση είναι αυτό απαραίτητο, σε αντίθεση με τη θερμική ενέργεια που η μεταφορά της ανεβάζει κατακόρυφα το κόστος ακόμα και αν πρόκειται για μικρές αποστάσεις (Καραχάλιου, 2010).

Ένας άλλος τρόπος είναι η τροφοδοσία ενέργειας από πυρηνικό εργοστάσιο, όπως για παράδειγμα με ατμό που παράγεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα. Ο συνδυασμός πυρηνικής ενέργειας και αφαλάτωσης είναι οικονομικός μόνο όταν αφορά μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης. Ο Mutaz (2003) δημοσίευσε μια έρευνα, όπου αναφέρεται στο συνδυασμό ενός πυρηνικού αντιδραστήρα και ενός υβριδικού συστήματος αφαλάτωσης που περιέχει ένα σύστημα αντίστροφης ώσμωσης (RO) και ένα σύστημα πολλαπλής απόσταξης (MSF). Τα πειραματικά αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν πως αυτός ο συνδυασμός έχει αρκετά τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Οι Nissan and Benzarti (2008) έπειτα μια συγκριτική μελέτη μεταξύ συστημάτων αφαλάτωσης που σαν ενεργειακή πηγή χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα και αντίστοιχων συστημάτων όπου χρησιμοποιούν πυρηνική ενέργεια, συμπεριλαμβάνοντας και το περιβαλλοντικό κόστος, κατέληξαν στο πως το κόστος αφαλάτωσης των συστημάτων που χρησιμοποιούν πυρηνική ενέργεια είναι σαφώς μικρότερο του κόστους αφαλάτωσης των συστημάτων που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα.

Ακόμα η ενεργειακή τροφοδοσία της μονάδας αφαλάτωσης μπορεί να γίνει με την απορριπτόμενη ενέργεια. Ερευνητικές εργασίες των Shin and Shih (2007) έδειξαν πως

ποσότητες θερμικής ενέργειας που απορρίπτονται από χημικές και άλλες βιομηχανίες στο περιβάλλον ως νερό ψύξης είτε στην ατμόσφαιρα ως αέρας ψύξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν, υπό προϋποθέσεις, στην αφαλάτωση, γιατί μπορεί η περιεκτικότητα σε θερμική ενέργεια να είναι χαμηλή, οι ποσότητες όμως είναι πολύ μεγάλες. Τέτοιοι συνδυασμοί έχουν εφαρμοστεί (παρά τη χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμότητα της απορριπτόμενης ενέργειας) σε βιομηχανίες για εξοικονόμηση ενέργειας και τη παραγωγή αφαλατωμένου νερού για χρήση στις εγκαταστάσεις. Ιδιαίτερα χρήσιμη απορριπτόμενη ενέργεια είναι αυτή των απαερίων των μηχανών Diesel και των αεροστροβίλων (Μυσίρης, 2015).

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα πειραματικά αποτελέσματα ενός μικρού συστήματος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αντίστροφης ώσμωσης εξοπλισμένο με υδραυλική μονάδα ανάκτησης ενέργειας, που είναι εγκατεστημένο στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και έχει σε συνεχή λειτουργία από τον Ιανουάριο του 2004. Έχει μια μέγιστη παραγωγή γλυκού νερού $2.6 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ χρησιμοποιώντας δύο μεμβράνες συνδεδεμένες σε σειρά. Η μόνη ηλεκτρική κατανάλωση αυτού του συστήματος είναι ένας συνεχούς ρεύματος, χωρίς ψήκτρες, κινητήρας, ο οποίος τροφοδοτείται από μια μπαταρία 310 Ah. Η μετρημένη κατανάλωση συγκεκριμένης ενέργειας έφτασε μέχρι 3 kWh/m^3 , ενώ για άλλα μικρότερα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης θαλασσινού νερού χωρίς ανάκτηση ενέργειας αναφέρεται ειδική κατανάλωση ενέργειας 10 έως 20 kWh/m^3 . Η μετρημένη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας του σημερινού συστήματος το καθιστά κατάλληλο για τη μελλοντική σύζευξη με συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες. Ένα ελκυστικό κόστος παραγωγής νερού υπολογίστηκε να είναι 3.46 €/m^3 , ενώ στην περίπτωση χρησιμοποίησης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές το κόστος παραγωγής φρέσκου νερού αναμένεται να είναι χαμηλότερο από το μεταφερόμενο (Paradakis et al., 2005).

4.5 Αφαλάτωση με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα στο τομέα της αφαλάτωσης έχει επικεντρωθεί στο συνδυασμό των μονάδων αφαλάτωσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με σκοπό να μειωθεί το ενεργειακό κόστος και κατά συνέπεια το κόστος του παραγόμενου αφαλατωμένου νερού. Οι ΑΠΕ έχουν τη δυνατότητα να παράγουν θερμική ενέργεια

(ηλιακοί συλλέκτες, γεωθερμία), ηλεκτρική ενέργεια (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες) και μηχανική ενέργεια (ανεμογεννήτριες). Ταυτόχρονα, δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον και είναι προσιτές οικονομικά καθώς προέρχονται από δωρεάν πρώτη ύλη, όμως δεν έχουν βρει ακόμα ευρεία εφαρμογή για τους εξής λόγους (Μυσίρης, 2015):

1. Οι ΑΠΕ δεν έχουν συνεχή παροχή ενέργειας, ούτως ώστε να ανταποκρίνονται στην ζήτηση της παραγωγής.

2. Δεν μπορούν να αποθηκευτούν σε τέτοια ποσότητα, ώστε να μην επηρεάζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης.

3. Η τεχνολογία του συνδυασμού αφαλάτωσης και ΑΠΕ δεν είναι επαρκώς εξελιγμένη ώστε να παρέχεται φθηνή ενέργεια σε χαμηλό κόστος. Συνήθως η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται προέρχεται από φωτοβολταϊκά.

Έτσι ο συνδυασμός ΑΠΕ με αφαλάτωση αφορά μόλις το 1% των εγκαταστάσεων, και αυτό σε απομονωμένες περιοχές, αλλά αναμένεται αυτός το ποσοστό να αυξηθεί με την ταυτόχρονη εξέλιξη της τεχνολογίας, λόγω της φιλικότητας τους προς το περιβάλλον. (Καραγιάννης, 2010)

4.5.1 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την παραγωγή θερμικής ενέργειας, στις θερμικές μεθόδους αφαλάτωσης, ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή φάσης, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται στις μεθόδους που χρησιμοποιούν μεμβράνες. Το υψηλό κόστος των φωτοβολταϊκών κυψελών και των ηλιακών αποστακτηρίων την καθιστούν ακριβή μέθοδο, εκτός και αν η μονάδα γίνεται σε πολύ απομονωμένη περιοχή (Καραγιάννης, 2010).

Για την παραγωγή θερμικής ενέργειας μπορούμε να έχουμε ένα σύστημα απόσταξης που θα αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη και το αποστακτήριο ή από ένα ολοκληρωμένο σύστημα που τα περιλαμβάνει και τα δύο. Η πρώτη περίπτωση χαρακτηρίζεται έμμεση ηλιακή αφαλάτωση, ενώ η δεύτερη ονομάζεται άμεση ηλιακή αφαλάτωση. Η έμμεση ηλιακή αφαλάτωση συνήθως γίνεται μέσω ενός εμπορικά διαθέσιμου ηλιακού συλλέκτη και μιας επίσης εμπορικά διαθέσιμης διάταξης αφαλάτωσης. Η πειραματική διάταξη καθώς και η θεωρητική περιγραφή έχουν παρουσιαστεί από τους Bradan and Al- Tahaine (2005), Mandhlopa and Johnstone (2009), Mamlook and Al-Rawajfeh (2008), Voropoulos et al. (2001) και η βασική τους αρχή στηρίζεται στην εξάτμιση του νερού και στη συμπύκνωση των υδρατμών, όπως συμβαίνει στο περιβάλλον.

Όσον αφορά τους ηλιακούς συλλέκτες, ο Rajvanshi (1980) σχεδίασε ένα ειδικό ηλιακό συλλέκτη που συνδέεται με μια εγκατάσταση απόσταξης πολλαπλής φάσης (MSF). Πέρα από αυτό, Hermann et al. (2000) αναφέρουν το σχεδιασμό και τη δοκιμή ενός αδιάβρωτου ηλιακού συλλέκτη για την καθοδήγηση μιας πολλαπλής διαδικασίας ύγρανσης. Η πιλοτική μονάδα εγκαταστάθηκε σε μια περιοχή στα νησιά Γκραν Κανάρια (Rommel et al., 2000).

Ειδικά σχέδια συσκευών απόσταξης που συνδέονται με ηλιακούς συλλέκτες παρουσιάζονται από τους Miyatake et al. (2001). Αυτοί δείχνουν ένα πρωτότυπο σχεδιασμένο αποστακτήριο για χρήση του ατμού που παράγεται κατά τη διαδικασία αφαλάτωσης ώστε να τροφοδοτηθεί μια άλλη διαδικασία. Επιπλέον, δεδομένου ότι η τυπική απόσταξη πολλαπλής φάσης (MSF) δεν δύναται να λειτουργεί σε συνδυασμό με οποιαδήποτε μεταβλητή πηγή θερμότητας, η εταιρεία ATLANTIS ανέπτυξε ένα προσαρμοσμένο σύστημα πολλαπλής απόσταξης (MSF) που καλείται Autoflash και μπορεί να συνδέεται με μια ηλιακή δεξαμενή (Szacs vay et al., 1998).

Τέλος, ο Hoffman (1992) προτείνει μια ηλιακή δεξαμενή που τροφοδοτεί μια μονάδα εξάτμισης πολλαπλής επίδρασης (MED) ως την πιο οικονομικά αποδοτική διαδικασία, η οποία μπορεί να ανταγωνιστεί τη χρήση των ορυκτών καυσίμων.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συλλεχθεί από μία διάταξη φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών αποτελεί μια από τις πιο ώριμες τεχνολογίες στον χώρο των ΑΠΕ. Για την αφαλάτωση, οι προσπάθειες συνδυασμού ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β με την διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης ήταν επιτυχείς και συνιστούν μια οικονομικά βιώσιμη και εμπορικά εκμεταλλεύσιμη λύση (Μυσίρης, 2015). Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται παγκόσμιες εφαρμογές του συνδυασμού συστημάτων αφαλάτωσης με Φ/Β.

Πίνακας 4.1 – Συστήματα Αφαλάτωσης με Φ/Β (Πηγή: Ράπτης, 2012)

Τόπος εγκατάστασης	Νερό τροφοδοσίας	Εγκατεστημένη ισχύς (kWp)	Δυναμικότητα παραγωγής (m ³ /h)	Τεχνολογία
Αίγυπτος, El-Hamrawein	Υφάλμυρο	20	10	RO
Ιταλία, Lampedusa	Θαλασσινό	100	5	RO
Ισπανία, Almeria	Θαλασσινό	23.5	2.5	RO
Ινδία, Rajasthan state	Υφάλμυρο	0.45	0.04	ED
Ιαπωνία, Nagasaki	Υφάλμυρο	65	8	ED

4.5.2 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια, με τη χρήση ανεμογεννητριών, μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια και να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες αφαλάτωσης. Μικρές μονάδες αφαλάτωσης, που χρησιμοποιούν την αιολική ενέργεια, είναι εγκατεστημένες στα ελληνικά νησιά. Τα μειονεκτήματά της είναι οι διακυμάνσεις του αιολικού δυναμικού, που προκαλούν διακυμάνσεις στην παροχή ενέργειας άρα και την παραγόμενη ποσότητα αφαλατωμένου νερού. Οι ανεμογεννήτριες νέας τεχνολογίας, μικρού και μεσαίου μεγέθους, προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία και χαμηλό κόστος επένδυσης. Το αιολικό δυναμικό θεωρείται κατάλληλο αν η μέση τιμή της ταχύτητας τους ανέμου είναι πάνω από 5 m/s, ενώ όταν η ένταση του ανέμου είναι πολύ υψηλή η ανεμογεννήτρια τίθεται εκτός λειτουργίας. Σε σύγκριση με την λύση των φωτοβολταϊκών η αιολική ενέργεια είναι πιο συμφέρουσα από οικονομικής άποψης, ενώ απαιτείται και πολύ μικρότερη έκταση για την εγκατάσταση του εξοπλισμού (Καραγιάννης, 2010).

Οι Miranda and Infield (2002) παρουσίασαν μια εργασία στην οποία εξέτασαν την απευθείας σύνδεση ανεμογεννήτριας ισχύος 2.2 kW με σύστημα αντίστροφης ώσμωσης (RO) δυναμικότητας 3 m³/ημέρα. Τα αποτελέσματα της εργασίας έδειξαν πως το σύστημα επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου και για αυτό υπήρχε ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο σύστημα διαχείρισης της ενέργειας.

Ακόμη, οι ανεμογεννήτριες μπορούν να συνδυαστούν με συστήματα ηλεκτροδιάλυσης αλλά για αφαλάτωση μόνο υφάλμυρου νερού, όπως αναφέρει ο Vesa (2001).

Οι Habali and Saleh (1994) παρουσίασαν μελέτη για μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης υφάλμυρου νερού που τροφοδοτείται από αιολική ενέργεια σε μια περιοχή της

Ιορδανίας. Ανέφεραν ότι το κόστος προϊόντος είναι χαμηλότερο από όταν χρησιμοποιούνται συμβατικοί κινητήρες ντίζελ.

Τέλος, σύμφωνα με έρευνα των Platikow (1999) και Coutelle (1991) μπορεί να επιτευχθεί και ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με συστήματα επανασυμπίεσης ατμών αφού εκτός της θερμικής ενέργειας χρειάζεται και ηλεκτρική στη λειτουργία τους (Μυσίρης, 2015).

Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται παγκόσμιες εφαρμογές του συνδυασμού συστημάτων αφαλάτωσης με Α/Γ.

Πίνακας 4.2 – Συστήματα Αφαλάτωσης με Α/Γ (Πηγή: Ράπτης, 2012)

Τόπος εγκατάστασης	Νερό τροφοδοσίας	Εγκατεστημένη ισχύς (kWp)	Δυναμικότητα παραγωγής (m ³ /h)	Τεχνολογία
Γερμανία, Suderoog	Θαλασσινό	6	0.25 – 4	RO
Ελλάδα, Therasia	Θαλασσινό	15	0.2	RO
Ισπανία, Fuernteventura	Θαλασσινό	225	2.4	RO
Γαλλία, Pacific Islands	Υφάλμυρο	4	0.5	RO
Γαλλία, Drenec Island	Θαλασσινό	10	-	RO
Γερμανία, Island of Helgoland	Θαλασσινό	1200	40	RO

Σε περιοχές με αρκετή ηλιοφάνεια και υψηλό αιολικό δυναμικό, όπως είναι τα νησιά του Αιγαίου, είναι δυνατός ο συνδυασμός ηλιακής και αιολικής ενέργειας μέσω υβριδικών συστημάτων με σκοπό τη χρήση της παρεχόμενης ενέργειας σε συστήματα αφαλάτωσης. Έτσι κατά τη διάρκεια μια ηλιόλουστης ημέρας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια, ενώ η αιολική θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις άλλες περιπτώσεις.

4.5.3 Γεωθερμική ενέργεια

Οι πηγές γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν, ανάλογα με τη μετρούμενη θερμοκρασία, σε χαμηλές (κάτω των 100°C), σε μεσαίες (100-150 °C) και σε υψηλές θερμοκρασίες (άνω των 150oC). Η θερμική μεταβολή στη γη κυμαίνεται μεταξύ 15 και 75oC ανά χιλιόμετρο βάθους, αλλά η ροή θερμότητας δεν κυμαίνεται ομαλά στις διάφορες ηπειρωτικές περιοχές. Επιπλέον, υπάρχουν τοπικά κέντρα θερμότητας σε βάθος 6 έως χιλιομέτρων που δημιουργούνται από την αποσύνθεση των ραδιενεργών στοιχείων. (Καραγιάνης, 2010). Η γεωθερμία στην αφαλάτωση αποτελεί πολύ καλή λύση για την Ελλάδα καθώς στα εδάφη της βρίσκονται πάρα πολλές πηγές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα

στον ελληνικό χώρο είναι η Μήλος, στα εδάφη της οποίας έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες εκμετάλλευσης της γεωθερμίας (Μυσίρης, 2015).

Η γεωθερμία μπορεί να συνδυαστεί με συστήματα αφαλάτωσης με τους ακόλουθους τρόπους (Καραχάλιου, 2010):

1. Στην περίπτωση που η γεωθερμική πηγή περιέχει στην μεγαλύτερη αναλογία ατμό υπό πίεση, ο ατμός μόλις συμπυκνωθεί, παράγει απ' ευθείας αφαλατωμένο συμπύκνωμα.

2. Στην περίπτωση που η γεωθερμική πηγή παράγει μίγμα νερού και ατμού, τότε αρχικά αυτό εκτονώνεται κατάλληλα για την παραγωγή ατμού, κατόπιν ο υδρατμός διοχετεύεται σε αμοστρόβιλο και η θερμή άλμη διοχετεύεται στα εξατμιστήρια της αφαλάτωσης.

3. Στην περίπτωση που η γεωθερμική πηγή παράγει μίγμα στο οποίο το υγρό βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με τον ατμό, το μίγμα διοχετεύεται σε εξατμιστήρια πολλαπλών εκτονώσεων.

4.5.4 Βιομάζα

Η χρήση της βιομάζας έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια και αποτελεί έναν χαμηλών ρύπων τρόπο παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, ο συνδυασμός της με την αφαλάτωση δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα αποδοτική μέθοδο, καθώς τα οργανικά υπολείμματα δεν είναι συνήθως διαθέσιμα σε άνυδρες περιοχές και η ανάπτυξη της βιομάζας απαιτεί πιο πολύ νερό από αυτό που θα προκύψει από την μονάδα της αφαλάτωσης (Καραγιάννης, 2010). Επίσης, η οικονομική απόδοση τέτοιων εγκαταστάσεων επηρεάζεται και από την απόσταση μεταξύ του τόπου που παράγεται η βιομάζα και του τόπου όπου αυτή καταναλώνεται. Μια μελέτη για τη πόλη του Σαν Ντιέγκο στη Καλιφόρνια υπολόγιζε πως η καύση των σκουπιδιών της πόλης θα παρήγαγε ατμό χαμηλού κόστους, αλλά και χαμηλού θερμικού περιεχομένου που όμως θα ήταν αρκετό για τη παραγωγή 120000m^3 /ημέρα αφαλατωμένου νερού με κόστος 0.1 ευρώ/ m^3 (Μυσίρης, 2015)

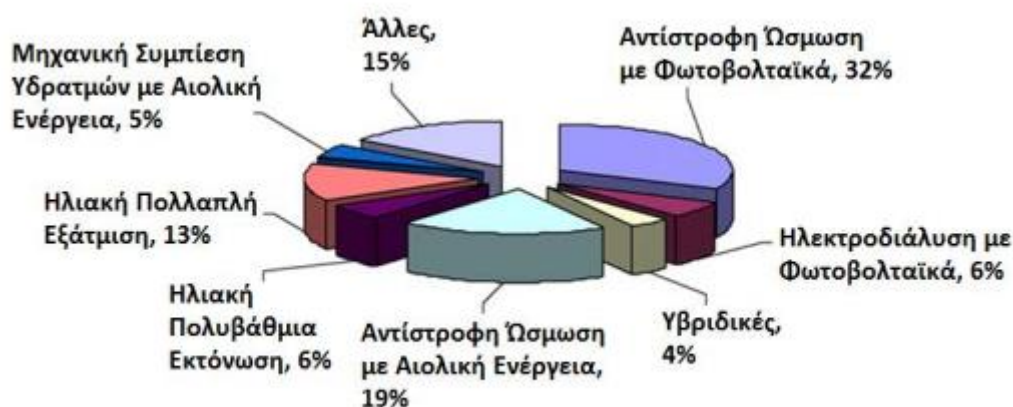
4.5.5 Ενέργεια από τη θάλασσα

Μια άλλη μορφή ενέργειας είναι η ενέργεια από τις παλίρροιες, τα κύματα και τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού. Το 1980 άρχισε να ερευνάται η μέθοδος αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας των ωκεανών (Ocean Thermal Energy Conversion – O.T.E.C.) ιδιαίτερα στους ωκεανούς των τροπικών περιοχών. Καθώς υπάρχει μια διαφορά θερμοκρασίας μέχρι και 27°C , μεταξύ του νερού της επιφάνειας και του νερού που βρίσκεται σε βάθος 500 έως 1000 m, αυτή η διαφορά είναι κατάλληλη για την

παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και αφαλατωμένου νερού. Επίσης, ερευνάται και η τεχνολογία εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας των κυμάτων και των παλιρροϊκών φαινομένων. Η ενέργεια αυτή μπορεί να εκμεταλλευτεί προκειμένου να παραχθεί, ηλεκτρική ενέργεια, η οποία θα διατεθεί στα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης, όπως παρουσιάζεται σε μελέτη των Sharmila et al. (2003). Πάντως, το κόστος της εκμετάλλευσης αυτής της μορφής ενέργειας είναι πολύ υψηλό, γεγονός που αποτρέπει τη χρήση της σε διαδικασίες αφαλάτωσης (Καραχάλιου, 2010).

4.5.6 Συνδυασμός μεθόδων αφαλάτωσης αφαλάτωσης και ΑΠΕ

Όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης δεν μπορούν να συνδυαστούν με όλες τις ΑΠΕ. Οι βασικότεροι συνδυασμοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αφαλατωμένου νερού φαίνονται στο Σχήμα 4.9. Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης είναι η επικρατέστερη από τις μεθόδους αφαλάτωσης, όταν συνδυάζονται με φιλικές προς το περιβάλλον μονάδες παραγωγής ενέργειας, γεγονός που οφείλεται κυρίως στις χαμηλές ενεργειακές της απαιτήσεις σε σχέση με τις θερμικές μεθόδους αφαλάτωσης.



Σχήμα 4.9 – Κυριότερες μέθοδοι αφαλάτωσης σε συνδυασμό με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

(Πηγή: Λιάτσου, 2010)

5. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Φούρνοι Κορσεών

Οι Φούρνοι Κορσεών, ή αλλιώς Φούρνοι Ικαρίας, ή απλώς Φούρνοι είναι συστάδα νήσων, νησίδων και βραχονησίδων του ανατολικού Αιγαίου (Σχήμα 5.1). Η θέση τους είναι δυτικά-νοτιοδυτικά της Σάμου και ανατολικά της Ικαρίας (λίγο νότια ανάμεσα στα δύο νησιά). Συγκεκριμένα ανάμεσα στο τρίγωνο των ακρωτηρίων "Δομένικος" της Σάμου, "Φανάρι" της Ικαρίας και "Τζουλούφι" της Πάτμου.



Σχήμα 5.1 – Το νησί των Φούρνων Κορσεών (Πηγή:

<http://www.pvaigaiou.gov.gr/web/guest/fournoi>)

Κυριότερες αυτών είναι δυτικά η Θύμαινα, το Θυμινάκι (ή Θυμινονήσι), το Αλατονήσι (ή Αλαφονήσι, ή Αλατσονήσι), κεντρικά οι Φούρνοι, Κισηριά (ή Διαπόρι), νότια το Στρογγυλό, το Πλατύ (ή Πλάκα), Μακρονήσι ή Μακρύ, και ανατολικά ο Ανθρωποφάς (ή Ανθρώ), ο μικρός Ανθρωποφάς, η Κεδρό (ή Μικρή Ανθρωποφάς), η Αγριδιό (ή Πρασονήσι), ο Άγιος Μηνάς, ο μικρός Άγιος Μηνάς, και το Πλακάκι.

5.2 Διοικητική Υπαγωγή Φούρνων Κορσεών

Οι Φούρνοι Κορσεών υπάγονται στο Δήμο Φούρνων Κορσεών, της Περιφερειακής Ενότητας Ικαρίας, του Νομού Σάμου, της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου. Ο δήμος αρχικά λειτούργησε σύμφωνα με το Σχέδιο Καποδίστριας ως ένας από τους οκτώ δήμους του νομού Σάμου από το 1999 έως το 2010 με έδρα τον οικισμό των Φούρνων. Με τη διοικητική διαίρεση του 2011 (Σχέδιο Καλλικράτης), τα διοικητικά όρια και η έδρα του δήμου δεν μεταβλήθηκαν.

Βρίσκεται ανάμεσα στα δύο μεγάλα νησιά του νομού, την Σάμο και την Ικαρία. Αποτελείται από ένα δημοτικό διαμέρισμα και έχει συνολικό πληθυσμό 1.469 κατοίκους, ενώ η έκταση

του είναι 44 τ. χλμ. Όλοι οι οικισμοί του δήμου βρίσκονται στο μεγαλύτερο νησί των Φούρνων με εξαίρεση την Θύμαινα και την Κεραμειδού που βρίσκονται στο νησί Θύμαινα.

Ο δήμος Φούρνων Κορσεών περιλαμβάνει τους παρακάτω οικισμούς και νησίδες: οι Φούρνοι, ο Άγιος Ιωάννης Θερμαστής, ο Άγιος Μηνάς (νησίδα), το Αλατονήσι (νησίδα), ο Ανθρωποφάς (νησίδα), οι Δαφνολιές, η Θύμαινα (νησίδα), το Θυμαινάκι (νησίδα), το Καμάρι, το Καμπί Φούρνων, το Καμπί Χρυσομηλιάς, η Κεραμειδού, η Κισηριά (νησίδα), το Μακρονήσι (νησίδα), ο Μικρός Ανθρωποφάς (νησίδα), το Μπαλί, το Πετροκάραβο (νησίδα), η Πλαγιά, η Πλάκα (νησίδα), το Πλακάκι (νησίδα), το Στρογγυλό (νησίδα), η Χρυσομηλιά.

5.3 Μορφολογία

Το χαρακτηριστικό των νησίδων των Φούρνων είναι η πολύ μεγάλη ακτογραμμή (120 χλμ.) που ξεπερνά σε μήκος και αυτή της Σάμου (η οποία συγκριτικά έχει πολύ μεγαλύτερο μέγεθος). Τα μεγαλύτερα απ' τα νησιά είναι οι Φούρνοι, η Θύμαινα και ο Άγιος Μηνάς.

Οι Φούρνοι είναι το μεγαλύτερο νησί της συστάδας με έκταση 30,5 τ.χλμ. Επίσης στο νησί βρίσκεται και η ομώνυμη πρωτεύουσα της συστάδας αλλά και της νήσου με 1.400 κατοίκους.

Η Θύμαινα είναι το δεύτερο μεγαλύτερο νησί του συμπλέγματος με έκταση 10,071 τ.χλμ. Ο πληθυσμός της σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι 151 κάτοικοι που διαμένουν στους δύο οικισμούς του νησιού την Θύμαινα (140 κάτοικοι) και την Κεραμειδού (11 κάτοικοι). Το υψηλότερο σημείο του νησιού είναι 470 μ.

Ο Άγιος Μηνάς έχει έκταση 2,1 km² και σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει 3 κάτοικους.

5.4 Ιστορία

5.4.1 Αρχαίοι χρόνοι

Οι Φούρνοι στην αρχαιότητα ονομάζονταν Κοράσιαι νήσοι. Στους ελληνιστικούς χρόνους ο φιλόσοφος Πορφύριος τους ονομάζει Κορσεάς, ονομασία που διατηρείται μέχρι σήμερα.

Στα χρόνια περίπου της Τουρκοκρατίας, τους συναντάμε σε χάρτες ως Fornelli (μικρός φούρνος), Μελάνθη, Φορτιόλε και Κουρσοί. Την ονομασία Φούρνοι την πήραν αργότερα. Ιστορικές και λογικές υποθέσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κατά πάσα πιθανότητα οι πρώτοι κάτοικοι του νησιού ήταν Μιλήσιοι (Ιωνες), λόγω των λατομείων και ότι

μετακινούνταν για να μεταφέρουν τα πετρώματα απέναντι στη Μίλητο, απ' τα οποία και χτίστηκε.

Τα πρώτα χρόνια της βυζαντινής εποχής και ολόκληρο το μεσαίωνα, οι Φούρνοι ερημώθηκαν και έγιναν ένα από τα σπουδαιότερα ορμητήρια των πειρατών που λυμαίνονταν το Αιγαίο. Οι Φούρνοι ξανακατοικήθηκαν το 1770 μ.Χ. Ο πρώτος κάτοικος ήταν Πάτμιος. Κατά την Τουρκοκρατία οι Φούρνοι ελέγχονταν από την Ηγεμονία της Σάμου. Ως στρατηγικό σημείο οι Φούρνοι βοήθησαν πολλούς Έλληνες ναυμάχους το 1821 σε ναυμαχίες κάτι το οποίο είχε ως συνέπεια την σκληρή αντιμετώπιση των κατοίκων από τους Τούρκους. Γνώρισαν τουρκική κατοχή από την οποία απαλλάχθηκαν ολοκληρωτικά τον Ιούλιο του 1912 που πραγματοποιήθηκε η Ικαριακή Επανάσταση. Τον Νοέμβριο του ίδιου χρόνου ενώθηκαν με την Ελλάδα μαζί με την Ικαρία.

Τα πρώτα σπίτια ήταν καλύβες. Καθεμιά ήταν μακρόστενη, χτισμένη από σχιστολιθικές πέτρες και οι οροφές ήταν σκεπασμένες με δοκάρια και φίδες (είδος ξύλου του νησιού). Ο τρόπος αυτός κατασκευής ονομάζεται «δώρα». Τα σπίτια είχαν επιπλέον τζάκι, εσοχές στους τοίχους με δοχεία που έβαζαν τα προϊόντα που παρήγαγαν, ειδικά κατασκευασμένο κρεβάτι για να είναι αδιάβροχο και ήταν εξοπλισμένα με ξύλινα έπιπλα (σοφράδες και σκαμνάκια). Το 1885 χτίστηκε το πρώτο σπίτι στον κάμπο, το οποίο σώζεται ως σήμερα. Σήμερα, η χώρα έχει στενά όμορφα σοκάκια, παραδοσιακά ταβερνάκια και όμορφα μοντέρνα σπίτια, όλα όμως με επιρροές από το παρελθόν.

5.4.2 Μνημεία

Την μακραίωνη ιστορία του νησιού μαρτυρούν δεκάδες μνημεία:

5.4.2.1 Ακρόπολη

Στο λόφο του Αγίου Γεωργίου πάνω από το χωριό σώζεται τεράστιο, κυκλώπειο τείχος προϊστορικού κάστρου με πελεκημένες πέτρες που ο όγκος τους προκαλεί δέος. Στα θεμέλια του πανάρχαιου κάστρου χτίστηκε κάστρο κλασικής εποχής που αποτέλεσε την ακρόπολη των Φούρνων. Στο κάστρο υπήρχε και ναός. Η περίμετρος του εξωτερικού τείχους που χτίστηκε στα σημεία όπου ο απόκρημνος λόφος επέτρεπε την πρόσβαση ήταν περίπου 300 μέτρα. Η πέτρινη σκάλα πιθανώς οδηγούσε στην είσοδο του κάστρου.

Λίγο πιο πάνω υπάρχει πελεκημένος βράχος, στρογγυλός που ήταν βάση για άγαλμα. Σε ριζιμιές πέτρες σώζονται επιγραφές στις οποίες γίνεται λόγος για τους θεούς της Σαμοθράκης και για τον κτήτορα της ακρόπολης. Σε εντοιχισμένη πέτρα υπάρχει αφιέρωση προς το θεό Ερμή.

5.4.2.2 Σαρκοφάγος

Βρέθηκε σε οικόπεδο στη χώρα των Φούρνων και σήμερα βρίσκεται στημένη στην πλατεία του χωριού σε άψογο παραλληλεπίπεδο σχήμα με ανάγλυφες διακοσμήσεις και επιγραφή (Σχήμα 5.2). Η σαρκοφάγος είναι όμοια με άλλες δύο που βρίσκονται στη Συλλογή Κάμπου της Ικαρίας, της αρχαίας Οινόης. Είναι αλεξανδρινού τύπου και έχει σχηματοποιημένη διακόσμηση ανθοπλοκάμων με φύλλα κισσού και ρόδακες. Επειδή κατά τη διάρκεια της ανασκαφής, η σαρκοφάγος βρέθηκε να πατά σε ορθογώνια στηρίγματα εικάζεται ότι πρέπει να βρέθηκε στη θέση της και ότι στη γύρω περιοχή πρέπει να βρίσκεται το ρωμαϊκό νεκροταφείο.



Σχήμα 5.2 - Η μαρμάρινη σαρκοφάγος της πλατείας του Αγίου Νικολάου (Πηγή: <http://www.ikariaki.gr/fourni-ikarias-egeopelagitiki-polinisia/>)

5.4.2.3 Αρχαίο Λατομείο

Στο μυχό ενός μικρού όρμου στο Πετροκοπιό βρέθηκε αρχαίο λατομείο. Σε πολλά σημεία του λόφου ήταν σαφή τα ίχνη αρχαίας λατόμησης, ενώ όλη η πλαγιά από το λατομείο του Πετροκοπιού ως την ακτή ήταν σκεπασμένη με λατύπη και μεγάλα κομμάτια μαρμάρου, οι αρχαιολόγοι βεβαιώνουν, ότι από τα μάρμαρα αυτά χτίστηκε η αρχαία Μίλητος. Με την αφαίρεσή τους, αποκαλύφθηκαν πολύ ενδιαφέροντα ημίεργα αρχιτεκτονικά μέλη, όπως σπόνδυλοι κίωνων, ένα ιωνικού ρυθμού κιονόκρανο, καθώς και ορθογώνια παραλληλεπίπεδα σε τέλεια σχήματα. Δεύτερο αρχαίο λατομείο υπάρχει και στην περιοχή «Τσιγγαναριό».

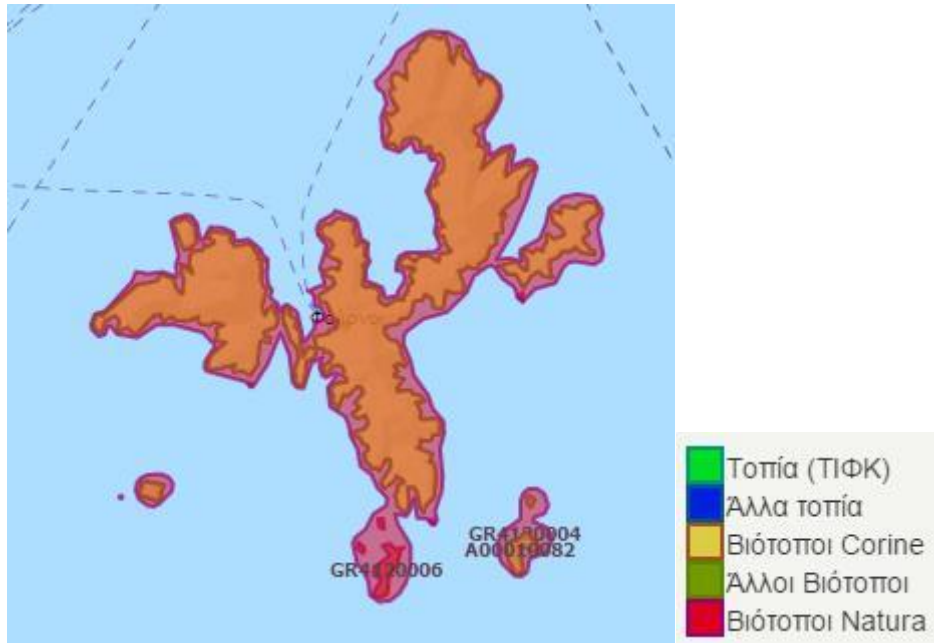
5.4.2.4 Αρχαίος Οικισμός Καμάρι

Το Καμάρι που βρίσκεται στη Δυτική πλευρά του νησιού οφείλει το όνομά του σε ένα κατεστραμμένο ημικυλινδρικό θόλο. Στην περιοχή αυτή έχει εντοπιστεί ένας οικισμός της ύστερης αρχαιότητας. Λείψανα κτιρίων εκτείνονται από τις πλαγιές του χαμηλού λόφου ως την θάλασσα και συνεχίζουν μέσα σε αυτή. Μέσα στο ρηχό νερό διακρίνονται ορθογώνια δωμάτια και το περίγραμμά ενός πίθου. Οι τοίχοι είναι χτισμένοι με πέτρες. Στο λόφο, στον περίβολο της εκκλησίας των Ταξιάρχων, υπάρχουν αράβδωτοι κίονες από γρανίτη, πωρόλιθο και σταχτί φλεβωτό μάρμαρο καθώς και ορθογώνιες μαρμάρινες πλάκες με τόρμους. Εμφανή είναι τα ίχνη από λαθρανασκαφές τάφων ανάμεσα στους πυκνούς θάμνους που σκεπάζουν την πλαγιά.

5.5 Καθεστώς Προστασίας Περιοχής

Οι σημαντικοί βιότοποι διακρίνονται για την παρουσία σε αυτούς απειλούμενων ειδών της ελληνικής χλωρίδας και πανίδας. Ως απειλούμενα χαρακτηρίζονται τα είδη που κινδυνεύουν άμεσα να εξαφανιστούν (κινδυνεύοντα), αυτά που μπορεί να βρεθούν σε κατάσταση κινδύνου (τρωτά) και αυτά που είναι ευάλωτα διότι έχουν μικρούς πληθυσμούς (σπάνια). Η κατάσταση των βιοτόπων, των ειδών χλωρίδας και πανίδας και γενικότερα του οικολογικού πλούτου της ελληνικής φύσης παραμένει ακόμα πολύ καλή σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες.

Η περιοχή των Φούρνων Κορσεών, σύμφωνα με βάση δεδομένων για την ελληνική φύση ΦΙΛΟΤΙΣ (<https://filotis.itia.ntua.gr/>) δεν περιλαμβάνει Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ), αλλά ολόκληρο το νησί αποτελεί βιότοπο Corine και βιότοπους Natura, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.3



Σχήμα 5.3 – Χάρτης βιοτόπων Corine και Natura των Φούρνων Κορσεών (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/biotopes>)

5.5.1 Βιότοποι Corine

5.5.1.1 Νήσοι Φούρνοι Ικαρίας – A00010082

Στο Σχήμα 5.4 φαίνεται η έκταση που καλύπτει ο βιότοπος Corine με κωδική ονομασία «Νήσοι Φούρνοι Ικαρίας – A00010082»



Σχήμα 5.4 – Βιότοπος Corine «Νήσοι Φούρνοι Ικαρίας – A00010082» (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/biotopes/c/A00010082/>)

Γενικά στοιχεία

Όνομα: Νήσοι Φούρνοι Ικαρίας

Κωδικός Τόπου: A00010082

Κύριος Χαρακτήρας: Βιότοπος

Διοικητική Υποδιαίρεση: Νομός Σάμου

Συνολική έκταση (ha): 4507.02

Χερσαία Έκταση (ha): 6100.0

Συνολική περίμετρος (km): 129.0

Μέγιστο Υψόμετρο (m): 514.0

Χαρακτηριστικά

Περιγραφή του τόπου: Ένα σύμπλεγμα νησιών μεταξύ Σάμου και Ικαρίας. Αραιή θαμνοβλάστηση, πολλοί θαλάσσιοι γκρεμοί, κόλποι και μικρότεροι παράκτιοι βράχοι.

Κατάσταση τόπου: Υποβαθμισμένη

Τάση κατάστασης τόπου: Σταθερότητα/Συντήρηση

Αξίες

Σχόλιο για τις αξίες: Περιοχή με θαλασσοπούλια, όπως το *Falacrocorax carbo* (Κορμοράνος) και το *Calanectris diomedea* (Αρτέμης). Επίσης αναπαράγονται τα: *Falco eleonorae* (Μαυροπετρίτης), *Falco peregrinus* (Πετρίτης) και *Hieraetus fasciatus* (Σπιζαετός). Η Μεσογειακή Φώκια (*Monachus monachus*) είχε συχνή εμφάνιση, η παρούσα κατάσταση όμως είναι άγνωστη. Σημαντικό πέρασμα πουλιών.

Κίνδυνοι

Σχόλιο για τις απειλές-διαταραχές: Παράνομο ψάρεμα

Προτεραιότητα

προστασίας:

Δευτερεύουσα

Πανίδα και Χλωρίδα

Αξιόλογα θηλαστικά: Μεσογειακή φώκια

Αξιόλογα Πτηνά: Αρτέμης, Λευκοπελαργός, Φιδαητός, Στεπόκιρκος, Λιβαδόκιρκος, Μαυροπετρίτης, Πετρίτης, Όρνιο, Θαλασσαητός, Σπιζαητός, Υδροβάτης, Μικροτσικνιάς, Γαϊδουροκεφαλάς, Τσίφτης Αιγυπτιακός, Νυχτοκόρακας, Ψαραητός, Ροδοπελεκάνος, Σφηκιάρης

Αξιόλογα Αμφίβια / Ερπετά: Κροκοδειλάκι το νταάνιο, Κυρτοδάκτυλος του Μπέτλερ, Θαμνόφιδο, Οφίσωψ

5.5.2 Βιότοποι Natura

5.5.2.1 Νήσος Φούρνοι και Νησίδες Θύμαινα, Ακατονήσι, Θυμινάκι, Στρογγυλό, Πλάκα, Μακρονήσι, Μικρός και Μεγάλος Ανθρωποφάγος, Άγιος Μηνάς – GR4120006

Στο Σχήμα 5.5 φαίνεται η έκταση που καλύπτει ο βιότοπος Natura με κωδική ονομασία «Νήσος Φούρνοι και Νησίδες Θύμαινα, Ακατονήσι, Θυμινάκι, Στρογγυλό, Πλάκα, Μακρονήσι, Μικρός και Μεγάλος Ανθρωποφάγος, Άγιος Μηνάς – GR4120006»



Σχήμα 5.5 – Βιότοπος Natura «Νήσος Φούρνοι και Νησίδες Θύμαινα, Ακατονήσι, Θυμινάκι, Στρογγυλό, Πλάκα, Μακρονήσι, Μικρός και Μεγάλος Ανθρωποφάγος, Άγιος Μηνάς – GR4120006» (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/biotopes/c/GR4120006/>)

Γενικά στοιχεία

Όνομα: Νήσος Φούρνοι και Νησίδες Θύμαινα, Ακατονήσι, Θυμινάκι, Στρογγυλό, Πλάκα, Μακρονήσι, Μικρός και Μεγάλος Ανθρωποφάγος, Άγιος Μηνάς

Κωδικός Τύπου: GR4120006

Κύριος Χαρακτήρας: Βιότοπος

Διοικητική Υποδιαίρεση: Νομός Σάμου

Συνολική έκταση (ha): 4587.16

Χερσαία Έκταση (ha): 4587.16

Συνολική περίμετρος (km): 137.7

Μέγιστο Υψόμετρο (m): 488.0

Χαρακτηριστικά

Περιγραφή του τόπου: Οι Φούρνοι αποτελούν ένα σύμπλεγμα 16 μικρών νησιών στα νοτιοανατολικά της Ικαρίας. Είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε, ότι ακόμα κι αν συνολική τους επιφάνεια είναι σχετικά μικρή, οι ακτές τους (περίπου 126 χιλιόμετρα σε μήκος) χαρακτηρίζονται από τυπικούς οικοτόπους με απόκρημνων βράχων, υφάλους και κοιλάτες. Η κυρίαρχη βλάστηση είναι φρύγανα και εκτάσεις με κάποιους ελαιώνες και χωράφια δημητριακών.

Αξίες

Σχόλιο για τις αξίες: Αυτή είναι μια σημαντική περιοχή για αναπαραγόμενα θαλασσοπούλια και είδη τυπικά είδη θάμνων της Μεσογείου. Τα είδη προς μέριμνα περιλαμβάνουν: Αρτέμης, Μύχος της Μεσογείου, Κιρκινέζι, Μαυροπετρίτης και Αιγαιόγλαρος.

Κίνδυνοι

Τρωτότητα: Απειλές περιλαμβάνουν την αύξηση του τουρισμού και την δόμηση σε σημαντικές νησίδες.

Πανίδα και Χλωρίδα

Αξιόλογα Πτηνά: Δενδροκελάδα, Σταχτάρα, Σκεπαρνάς, Σταχτοτσικνιάς, Πορφυροτσικνιάς, Κρυπτοτσικνιάς, Αητογερακίνα, Αρτέμης, Λευκοπελαργός, Φιδαητός, Καλαμόκιρκος, Στεπόκιρκος, Λιβαδόκιρκος, Λευκοτσικνιάς, Κοκκινολαίμης των Βαλκανίων, Μαυροπετρίτης, Πετρίτης, Σπίνος, Σπιζαητός, Ωχροστριτίδα, Χελιδόνι, Υδροβάτης, Μικροτσικνιάς, Γαϊδουροκεφαλός, Κοκκινοκέφαλος, Αιγαιόγλαρος, Καστανοκέφαλος γλάρος, Τσίφτης Αιγυπτιακός, Λευκοσουσουράδα, Σταχτοσουσουράδα, Κιτρινοσουσουράδα, Νυχτοκόρακας, Ασπροκόρακας, Σταχτοπετρόκλης, Γκιώνης, Ψαραητός, Σφηκιάρης, Θαλασσοκόρακας, Θαμνόφυλλο, Μύχος, Τριγώνι, Ψαρόνι του Ταύρου, Κοκκινοτσιροβάκος, Τσαλαπετεινός

5.5.2.2 Ικαρία – Φούρνοι και παράκτια ζώνη – GR4120004

Στο Σχήμα 5.6 φαίνεται η έκταση που καλύπτει ο βιότοπος Natura με κωδική ονομασία «Ικαρία – Φούρνοι και παράκτια ζώνη – GR4120004»



Σχήμα 5.6 – Βιότοπος Natura «Ικαρία – Φούρνοι και παράκτια ζώνη – GR4120004» (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/biotopes/c/GR4120004/>)

Γενικά στοιχεία

Όνομα: Ικαρία – Φούρνοι και παράκτια ζώνη

Κωδικός Τόπου: GR4120004

Κύριος Χαρακτήρας: Βιότοπος

Διοικητική Υποδιαίρεση: Νομός Σάμου

Συνολική έκταση (ha): 12909.00

Χερσαία Έκταση (ha): 9467.81

Συνολική περίμετρος (km): 182.0

Μέγιστο Υψόμετρο (m): 1000.0

Χαρακτηριστικά

Περιγραφή του τόπου: Το νησί της Ικαρίας βρίσκεται στο ανατολικό κεντρικό τμήμα του Αιγαίου πελάγους, νοτιοδυτικά της Σάμου και κοντά στις ακτές της Μικράς Ασίας. Το κλίμα είναι τυπικό μεσογειακό με μέση ετήσια βροχόπτωση που υπερβαίνει τα 870 χιλιοστά. Η μέση ετήσια θερμοκρασία φτάνει έως και 19,3 ° C, ενώ η μέγιστη και ελάχιστη τιμή είναι 22,5 και 15,7 ° C. Το όρος Αθήρας (η ψηλότερη κορυφή, 1042 m) βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και αποτελείται κυρίως από σχιστόλιθους. Η συχνή παρουσία ομίχλης και ο σχηματισμός νεφών καθιστούν το ψηλότερο σημείο με αυξημένη σχετική υγρασία ακόμα

και το καλοκαίρι. Εδώ η ανοικτού τύπου βλάστηση είναι το αποτέλεσμα της βοσκής. Οι πυκνοί θάμνοι σε μερικές προστατευόμενες περιοχές αποδεικνύουν ότι το νησί κάποτε καλυπτόταν ολόκληρο με δάση. Στη νότια πλευρά (Άγιος Νικόλαος) υπάρχουν μεγάλα, καλά ανεπτυγμένα ασβεστολιθικά βράχια. Ένα σημαντικό ποσοστό της ενδημικής χλωρίδας του νησιού είναι παρούσα σε αυτό το μέρος. Υπάρχει επίσης μια συνεχής ροή του ποταμού (τύπος οικοτόπου 3170), Χάλαρης, που διασχίζει το νησί από το νότο προς το βορρά, με ανατολίτικα επίπεδα δάση να συνορεύουν με τις όχθες του (τύπος οικοτόπου 92C0). Ένας αρχαιολογικός χώρος, ο ναός της Ταυροπόλου Αρτέμιδος, βρίσκεται στις εκβολές του ποταμού. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι: α) ο τύπος οικοτόπων 9540 αφορά δάση με τραχεία πεύκη β) ο τύπος οικοτόπου 9340 περιγράφει δενδρώδης σχηματισμούς *Quercus ilex*. Ο τρίτος τομέας, το Φανάρι, περιλαμβάνει κυρίως τους θαλάσσιου τύπου οικοτόπους της περιοχής, χαρακτηριστικούς της ανοικτής θάλασσας και του μεσογειακού θαλάσσιου περιβάλλοντος, με αμμώδεις ακτές και τις Ποσειδωνίες. Οι Φούρνοι αποτελούν ένα σύμπλεγμα μικρών νησιών στα νοτιοανατολικά της Ικαρίας. Είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε, ότι παρόλο που η συνολική τους επιφάνεια είναι σχετικά μικρή, οι ακτές τους (περίπου 126 χιλιόμετρα σε μήκος) χαρακτηρίζονται από τυπικούς οικοτόπους των απόκρημνων βράχων, υφάλους και κοιλάτες.

Αξίες

Σχόλιο για τις αξίες: Ένα βασικό στοιχείο της ποιότητας και της σημασίας του τόπου είναι η υψηλή της βιοποικιλότητα, σαφής στην ποικιλία των τύπων των ενδιαιτημάτων και στην πληρότητα των ενδημικών και τοπικών ενδημικών φυτών και ασπόνδυλων που υπάρχουν στην περιοχή. Αυτός ο υψηλός βαθμός ενδημισμού (π.χ., είδη ενδημικά της Ικαρίας, όπως *Symphytum icaricum* και ενδημικά είδη στο Ανατολικό Αιγαίο, όπως *ssp Cephalaria squamiflora*, *Squamiflora*, *Onopordum majorii* και *Arenaria muralis*), προέρχεται κυρίως από τη γεωγραφική θέση του νησιού της Ικαρίας (πολύ κοντά στη Μικρά Ασία), καθώς και από τα υψηλά υψόμετρα και τη δίκαιη ποικιλία των οικοτόπων που υπάρχουν στην προτεινόμενη τοποθεσία. Πρέπει να αναφερθεί, επίσης, ότι, λόγω της απομόνωσης από τις κύριες τουριστικές περιοχές της Ελλάδας και τις περιορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες στην περιοχή, τα δάση τραχείας πεύκης και οι μικτοί σχηματισμοί του μεσογειακού κυπαρισσιού στο νησί της Ικαρίας βρίσκονται σε πολύ καλή κατάσταση διατήρησης. Πιο αξιοσημείωτη είναι η παρουσία του τοπικού ενδημικού και απειλούμενου είδους *Iberis arbuscula* (προηγουμένως *Iberis runemarkii*) που προστατεύεται από τη Σύμβαση της Βέρνης και από την Ελληνική Νομοθεσία (Προεδρικό Decreee 67/81). Μόνο ένας πληθυσμός αυτού του είδους είναι γνωστός, βόρεια της Πλαγιάς. Επιπλέον, οι ανενόχλητοι

θαλάσσιοι βιότοποι, οι οποίοι διατηρούν μια εξαιρετική κατάσταση συντήρησης, κυρίως στο νησί των Φούρνων, προσφέρουν ένα ιδανικό οικοσύστημα για την επιβίωση και τη διατήρηση των σπάνιων ή απειλούμενων ειδών στην περιοχή της Μεσογείου, όπως της μεσογειακής φώκιας Μονάχους Μονάχους και του Ρινοδέλφινου. Οι Φούρνοι, μια περιοχή σημαντικής αισθητικής και οικολογικής αξίας, λειτουργούν ως ένα σημαντικό καταφύγιο για τα αρπακτικά πουλιά, όπως για παράδειγμα το Αφρικανικό γεράκι ή το Αμερικανικό βραχοκιρκίνεζο, λόγω της θέσης τους στο ανατολικό τμήμα του Αιγαίου και της γειτνίασης τους προς την ηπειρωτική χώρα της Μικράς Ασίας. Είναι επίσης ένας πολύ σημαντικός σταθμός των μεταναστευτικών πουλιών, κατά τις εποχιακές μεταναστευτικές διαδρομές τους. Γι' αυτούς του λόγους η περιοχή αποτελεί ένα ιδανικό περιβάλλον για την δημιουργία ενός θαλάσσιου πάρκου της ανατολικής Μεσογείου.

Κίνδυνοι

Τρωτότητα: Οι επιπτώσεις είναι κυρίως από τροποποιήσεις που προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Η πιο σημαντική απειλή στην επίγεια περιοχή είναι η προκαλούμενη από τον άνθρωπο πυρκαγιά. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 1993 μια μεγάλη πυρκαγιά έκαψε ολοκληρωτικά μια σημαντική περιοχή της Ικαρίας και στοίχισε επίσης ανθρώπινα θύματα. Η αρνητική επίδραση της βοσκής στη φυσική αναγέννηση θα μπορούσε να είναι μια πρόσθετη απειλή εντός του τόπου. Μια τεχνητή αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων (αναδάσωση) με είδη τα οποία είναι εκτός του εύρους φυσικής κατανομής τους, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως άλλος ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου. Εντός της θαλάσσιας περιοχής, η ανεξέλεγκτη επαγγελματική αλιεία αποτελεί μια κύρια απειλή για το είδος (φυτών ή ζώων), τα οποία έχουν ανάγκη προστασίας. Η πιθανή μαζική αύξηση του τουριστικού ρεύματος θα αναμένεται να έχει αρνητική επίδραση, ιδιαίτερα στις αμμώδεις ακτές. Μια εποχιακή καταστροφή της βλάστησης προκαλείται από την ελεύθερη κατασκήνωση και από την ανεξέλεγκτη απόθεση αποβλήτων σε ιδιαίτερα ευαίσθητες περιοχές, όπως στους αμμόλοφους.

Πανίδα και Χλωρίδα

Αξιόλογα Φυτά: *Campanula hagielia*, *Centaurea raphanina mixta*, *Cephalaria squamiflora squamiflora* (Κεφαλάρια η λεπιδανθής), *Corydalis integra*, *Dianthus elegans* (Αγριογαρύφαλλο το κομψό), *Digitalis cariensis*, *Erysimum senoneri icaricum*, *Fritillaria bithynica*, *Galanthus ikariae ikariae*, *Hypericum cuisinii*, *Muscari macrocarpum*, *Onopordum majorii*, *Polygonum icaricum*, *Ptilostemon gnaphaloides pseudofruticosus* (Πτιλοστήμων ο ψευδοθαμνώδης), *Ranunculus thasius*, *Scutellaria rubicunda ikarica*, *Verbascum icaricum*

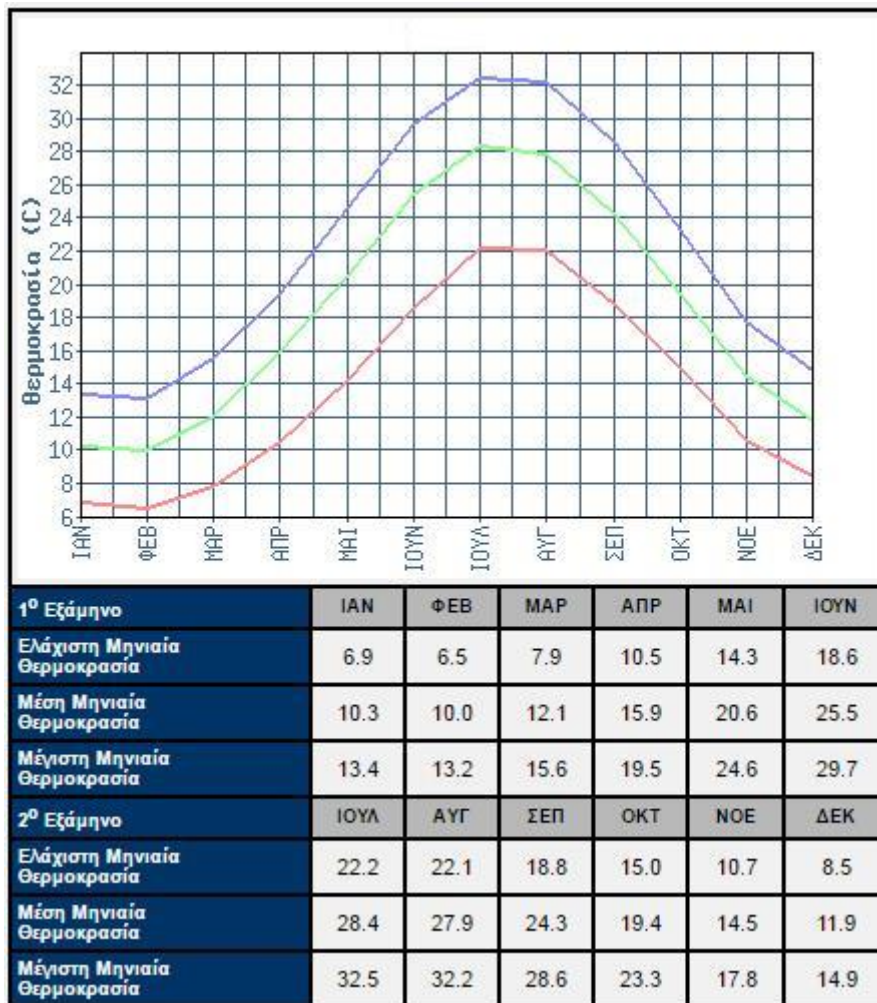
Αξιόλογα Θηλαστικά: Μεσογειακή φώκια, Πυρρομυτίδα, Ρινόλοφος του Μπλάζιους, Ρινοδέλφιο

Αξιόλογα Αμφίβια/Ερπετά: Αβλέφαρος, Κροκοδειλάκι το νταάνιο, Πρασινόφρυνος, Ζαμενής (Αστραπόφιδο), Κυρτοδάκτυλος των νησιών Αδέλφια, Σαπίτης, Ποταμοχελώνα, Τυφλίτης, Οφίσωψ

5.6 Κλιματικές – Μετεωρολογικές Συνθήκες Περιοχής

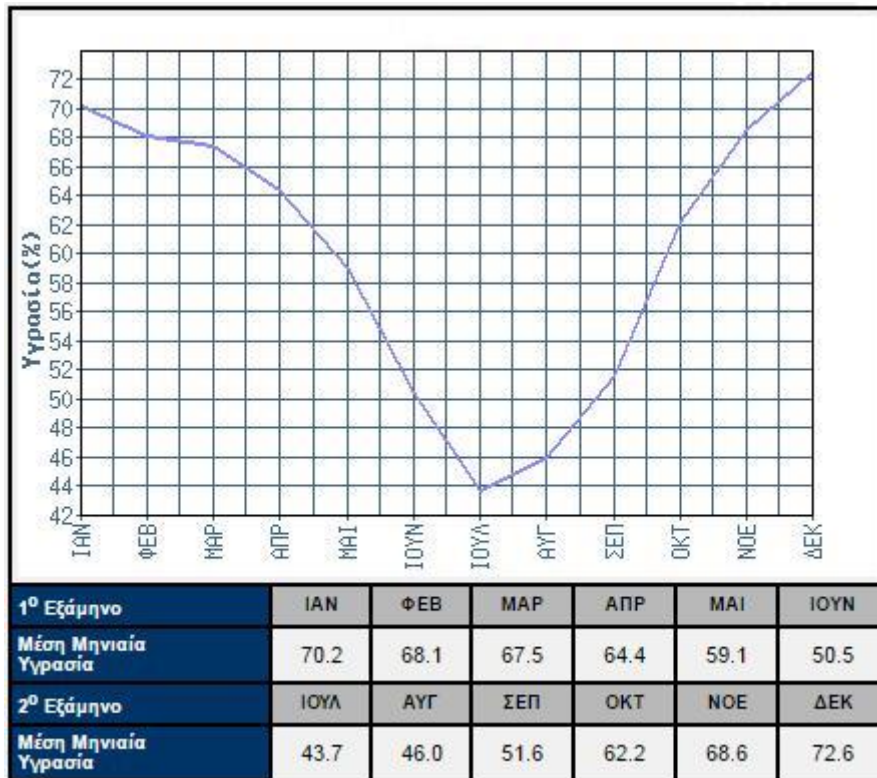
Το κλίμα στους Φούρνους Κορσεών, λόγω της γεωγραφικής θέσης και της επίδρασης της θάλασσας, χαρακτηρίζεται ως μεσογειακού θαλάσσιου χαρακτήρα, με ήπιο χειμώνα και παρατεταμένο ξηρό και θερμό καλοκαίρι, μικρό ετήσιο ύψος βροχής και μεγάλη ηλιοφάνεια για όλο το χρόνο. Σπάνια σημειώνεται στις περιοχές αυτές παγετός, και ακόμη σπανιότερα χαλάζι ή χιόνι. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18,4°C. Η μέση μηνιαία ελάχιστη είναι 10°C (Φεβρουάριος), και η μέση μηνιαία μέγιστη 28,4°C (Ιούλιος). Οι επικρατούντες άνεμοι είναι κυρίως δυτικοί και βόρειοι με εντάσεις και πάνω των 6 Β. Η σχετική υγρασία έχει μέση τιμή 72,5% κατά το χειμώνα και 47,5% το καλοκαίρι. Η ξηρή περίοδος διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Οι ημέρες παγετού είναι 1,2 ετησίως, χιονιού 1,5 και χαλαζιού 3,3. Η ηλιοφάνεια φτάνει τις 2915 ώρες ετησίως με μέγιστη τιμή 398 ώρες τον Ιούλιο, από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα.

Παρακάτω παρατίθεται ενδεικτικά στοιχεία θερμοκρασίας, υγρασίας, βροχόπτωσης και έντασης ανέμου του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού της Σάμου σύμφωνα με δεδομένα της ΕΜΥ:



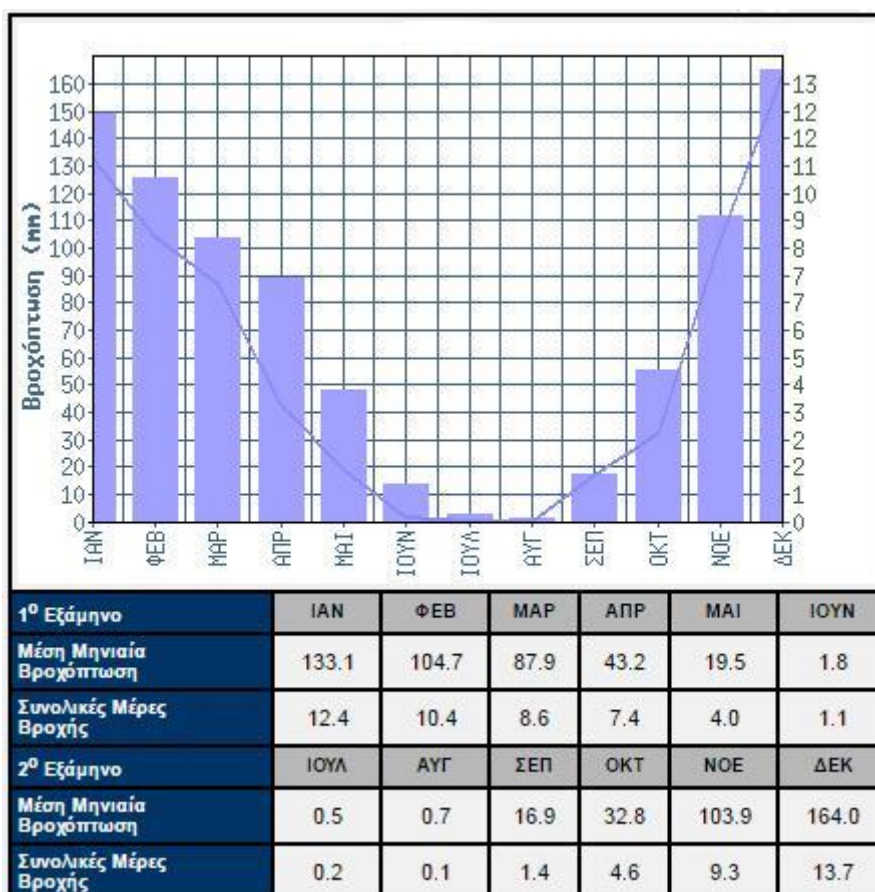
Σχήμα 5.7 – Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας στον μετεωρολογικό σταθμό της Σάμου (Πηγή:http://www.emy.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams.html?dr_city=Samos)

Από τα στοιχεία του Σχήματος 5.7 προκύπτει ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται τον Ιούλιο (~28.4 °C) και οι ελάχιστες τον Φεβρουάριο (~10.0 °C).



Σχήμα 5.8 – Ετήσια διακύμανση υγρασίας στον μετεωρολογικό σταθμό της Σάμου (Πηγή:http://www.emy.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams.html?dr_city=Samos)

Από τα στοιχεία του Σχήματος 5.8 προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές υγρασίας παρατηρούνται τον Δεκέμβριο (~72.6 %) και οι ελάχιστες τον Ιούλιο (~43.7 %).



Σχήμα 5.9 – Ετήσια διακύμανση βροχόπτωσης στον μετεωρολογικό σταθμό της Σάμου (Πηγή:http://www.emy.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams.html?dr_city=Samos)

Από τα στοιχεία του Σχήματος 5.9 προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές βροχόπτωσης παρατηρούνται τον Δεκέμβριο (~164.0 mm) και οι ελάχιστες τον Ιούλιο (~0.5 mm).

Αντίστοιχα οι συνολικές μέρες βροχής παρουσιάζουν μέγιστο τον Δεκέμβριο (~13.7 ημέρες) και ελάχιστο τον Αύγουστο (~0.1 ημέρες).



Σχήμα 5.10 – Ετήσια διακύμανση έντασης ανέμου στον μετεωρολογικό σταθμό της Σάμου (Πηγή:http://www.emy.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams.html?dr_city=Samos)

Από τα στοιχεία του Σχήματος 5.10 προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές έντασης ανέμων παρατηρούνται τον Ιούλιο (~13.6 Kt) και οι ελάχιστες τον Μάιο (~8.2 Kt).

5.7 Τεχνική Υποδομή

Το οδικό δίκτυο του νησιού ενώνει τη Χώρα (λιμάνι) με όλους σχεδόν τους οικισμούς. Οι μετακινήσεις του μόνιμου πληθυσμού γίνονται με Ι.Χ. αυτοκίνητα και το καλοκαίρι οι επισκέπτες του νησιού εξυπηρετούνται με ένα μικρό λεωφορείο και κάποιες βάρκες για την μεταφορά σε παραλίες, όπως στη Θύμαινα και την Κεραμειδού (παραλία της Θύμαινας). Το νησί διαθέτει ένα πρατήριο βενζίνης. Η ακτοπλοϊκή σύνδεση εξυπηρετείται από το λιμάνι στη Χώρα με δρομολόγια πλοίων από το λιμάνι του Πειραιά, της Ικαρίας και της Σάμου.

5.8 Ύδρευση - Υδροδότηση

5.8.1 Η Ύδρευση στη Χρυσομηλιά

Η Χρυσομηλιά διαθέτει σταθερό δίκτυο ύδρευσης και από το 2008 διαθέτει μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας περίπου 100 κυβικά μέτρα ανά ημέρα. Το νερό από την αφαλάτωση αποθηκεύεται σε δεξαμενή η οποία είναι συνδεδεμένη με όλο το χωριό.

Το σύστημα αφαλάτωσης τροφοδοτείται σε καθημερινή βάση με 11 κυβικά μέτρα θαλασσινό νερό ανά ώρα εκ των οποίων το 45% είναι παραγόμενο νερό και το 65% επιστρέφει στην θάλασσα μαζί με το αλάτι. Το νερό το οποίο παράγεται είναι απιονισμένο, δηλαδή δεν περιέχει καθόλου συστατικά. και εν συνεχεία εμπλουτίζεται με διάφορα ιχνοστοιχεία (χημικά) για να είναι πόσιμο. Τα χημικά που χρησιμοποιούνται ελέγχονται από διάφορες ηλεκτρονικές ενδείξεις και δοσομετρικές αντλίες και κατά διαστήματα στέλνεται δείγμα του νερού στο γενικό χημείο του κράτους για έλεγχο.

Η αφαλάτωση δεν είναι αυτόνομη αλλά για να λειτουργήσει τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα έτσι ώστε να μπορούν λειτουργήσουν οι διάφορες αντλίες του συστήματος.

5.8.2 Η Ύδρευση στη Θύμαινα

Το νερό προέρχεται από μια φυσική πηγή βάθους 94 μέτρων μέσω γεώτρησης. Ο καθαρισμός του νερού με την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης. Το φίλτρο αντίστροφης ώσμωσης τοποθετήθηκε το 2009. Το νερό μετά την γεώτρηση μεταφέρεται μέσω σωλήνων σε μια μεγάλη δεξαμενή περίπου 3.000 κυβικών μέτρων και μετά το φιλτράρισμα μεταφέρεται μέσω σωλήνων σε μια μικρότερη δεξαμενή περίπου 400 κυβικών μέτρων, η οποία μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του νησιού για 3 με 4 ημέρες.

5.8.3 Η Ύδρευση στους Φούρνους

Στον οικισμό των Φούρνων, όπου διαμένει και ο περισσότερος μόνιμος πληθυσμός, δεν υπάρχει δυστυχώς υδροδότηση. Τα σπίτια χρησιμοποιούν ιδιωτικές δεξαμενές (τάγκια), όπου συλλέγουν το νερό της βροχής και το οποίο παραμένει εκεί για μέρες με αποτέλεσμα την δημιουργία βλαβερών οργανισμών και την ακαταλληλότητά του για πόση.

Οι κάτοικοι έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό, από τις 8:00 π.μ μέχρι τις 10:00 μ.μ., μέσω μιας βρύσης με φίλτρο, η οποία βρίσκεται στην κεντρική πλατεία του χωριού. Η δυσκολία προμήθειας πόσιμου νερού έχει σαν αποτέλεσμα την εκτεταμένη χρήση εμφιαλωμένου νερού.

5.9 Άρδευση

Δεν υπάρχει καμιά δημοτική υδροληψία που να διατίθεται για γεωργική χρήση. Η άρδευση γίνεται μέσω ιδιωτικών πηγαδιών, αλλά και η παραγωγή αγροτικών προϊόντων γίνεται μόνο για ιδιωτική χρήση. Γενικά στο νησί δεν υπάρχουν αγρότες, ούτε μεγάλη παραγωγή αγροτικών προϊόντων.

5.10 Απορρίμματα

Το νησί διαθέτει μόνο χώρο υπόγειας ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Το 2011 εκπονήθηκε στατική μελέτη βιολογικού καθαρισμού για τον οικισμό των Φούρνων η κατασκευή όμως δεν έχει γίνει μέχρι και σήμερα.

5.11 Τηλεπικοινωνίες

Υπάρχει υπέργειο δίκτυο του Ο.Τ.Ε. που φτάνει σχεδόν σε όλους τους οικισμούς. Η κινητή τηλεφωνία εξυπηρετείται από όλα τα δίκτυα και υπάρχουν τρεις εγκατεστημένες κεραιές, δύο της εταιρείας Cosmote η μία κοντά στον οικισμό των Φούρνων και η άλλη στο ύψωμα Βαρελά, και η τρίτη, της εταιρείας Vodafone, κοντά στον οικισμό Πλάγια.

5.12 Ηλεκτρική Ενέργεια

Το νησί των Φούρνων συνδέεται με το δίκτυο της ΔΕΗ μέσω υποβρύχιων καλωδίων με το νησί της Σάμου. Πρέπει να σημειωθεί ότι το νησί διαθέτει συγκριτικά πλεονεκτήματα στον τομέα των ΑΠΕ λόγω των κλιματικών συνθηκών. Μέχρι σήμερα το αιολικό δυναμικό του είναι αναξιοποίητο.

5.13 Υπηρεσίες

Στον οικισμό των Φούρνων λειτουργεί η υπηρεσία του δήμου Φούρνων Κορσεών μαζί με την τεχνική υπηρεσία του δήμου, ένα Κ.Ε.Π. (και ένα δεύτερο στη Θύμαινα), αστυνομικός και λιμενικός σταθμός, αγροτικό ιατρείο, ΕΛ.ΤΑ., γυμνάσιο και λυκειακές τάξεις, καθώς επίσης και δύο δημοτικά σχολεία (και ένα τρίτο δημοτικό σχολείο στον οικισμό της Χρυσομηλιάς).

5.14 Χρήσεις γης

Το μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης του νησιού και συγκεκριμένα το 76%, καλύπτεται από σκληροφυλλική βλάστηση. Ακολουθούν σε πολύ μικρότερη αναλογία οι φυσικοί βοσκοτόποι (14,5%), οι εκτάσεις με αραιή βλάστηση (2,0%), γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης (1,2%), διακεκομμένη αστική οικοδόμηση (1,1%), μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις (1,1%) και ακαθόριστη κάλυψη (4%).

5.15 Οικονομική Δραστηριότητα

5.15.1 Πρωτογενής τομέας

Στο νησί δεν υπάρχει παραγωγή αγροτικών προϊόντων, παρά μόνο λίγες ελιές και αμπέλια για ιδιωτική και μόνο χρήση. Πρόκειται για το νησί των ψαράδων και των μελισσοκόμων, καθώς οι κύριοι τομείς δραστηριότητας των κατοίκων αφορούν την αλιεία και την μελισσοκομεία. Τα παραδοσιακά προϊόντα του νησιού συνοψίζονται στο θυμαρίσιο μέλι, τον βασιλικό πολτό, τη γύρη, την πρόπολη, τις μαρμελάδες και τα γλυκά του κουταλιού, τα βότανα και την φυσική κηραλοιφή.

5.15.2 Τριτογενής τομέας

Το εξαιρετικό φυσικό τοπίο των Φούρνων, το χαρακτηριστικό οικιστικό περιβάλλον των οικισμών, οι παραλίες και κυρίως ο ήρεμος ρυθμός ζωής είναι τα ισχυρά στοιχεία που ευνοούν την προσέλκυση των επισκεπτών.

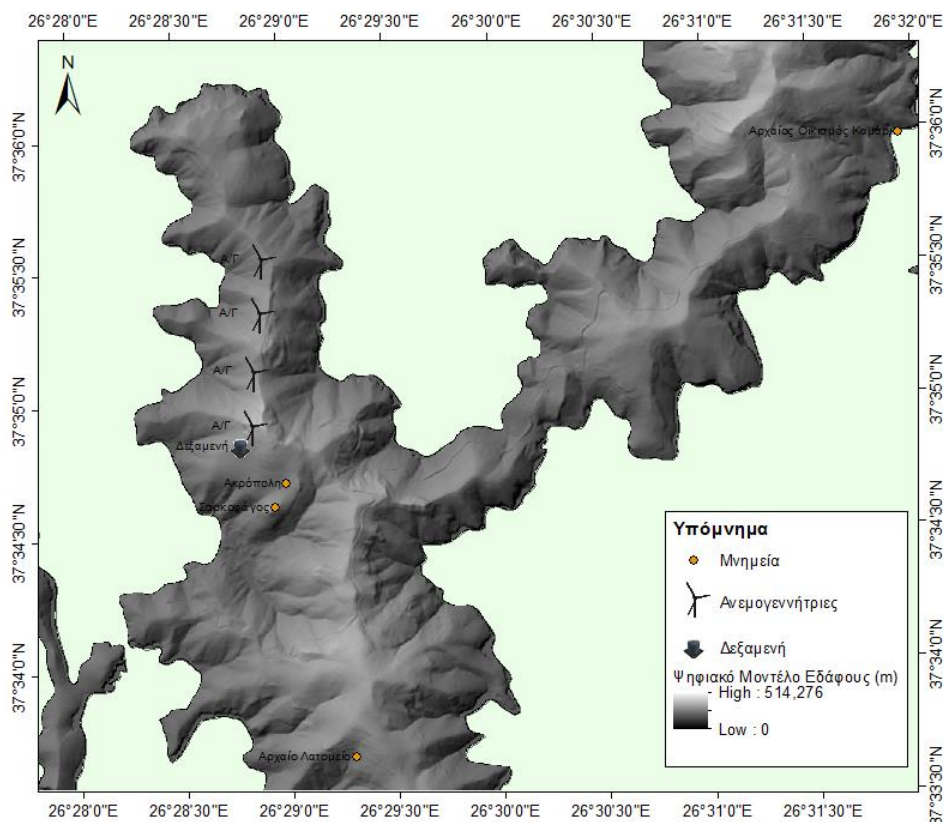
Σήμερα λειτουργούν 27 επιχειρήσεις που καταγράφονται είτε ως ενοικιαζόμενα δωμάτια ή ως ξενοδοχεία. Στην εστίαση καταγράφονται 10 επιχειρήσεις στις οποίες προσφέρεται φαγητό, καφές και ποτό.

Η τουριστική δραστηριότητα ανήκει στους κατοίκους. Η αιχμή της τουριστικής περιόδου εντοπίζεται τον Αύγουστο όπου οι περισσότεροι επισκέπτες είναι κυρίως Έλληνες και Ευρωπαίοι αλλοδαποί. Οι κάτοικοι που παραθερίζουν στο νησί έχουν σχεδόν όλοι δικές τους κατοικίες όπου φιλοξενούν συγγενείς και φίλους. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια σημαντική επιμήκυνση της τουριστικής περιόδου, δηλαδή ξεκινά από τον Μάη και αυξάνεται σταδιακά έως τον Σεπτέμβριο. Στις αρχές και στο τέλος της θερινής περιόδου οι επισκέπτες είναι Γερμανοί φυσιοδίφες, περιπατητές και έρχονται ή μεμονωμένα ή σε μικρές ομάδες. Συνολικά ο αριθμός των τουριστών που διαμένουν στο νησί στην αιχμή της τουριστικής περιόδου κυμαίνεται γύρω στις 2500 σύμφωνα με τα στοιχεία του Δήμου.

6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Τεχνική Περιγραφή Έργου

Το υπό μελέτη έργο μας αποτελείται από δύο δεξαμενές, μία στο επίπεδο της θάλασσας και μία δεύτερη σε υψηλότερο υψόμετρο, τέσσερις ανεμογεννήτριες 900 kW εκάστη, μια μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 500 m³/ημέρα, έναν αντλητικό σταθμό 300 kW προκειμένου να αντλείται το νερό, είτε απευθείας το θαλασσινό ή αφού πρώτα έχει αφαλατωθεί, αναλόγως την περίπτωση που εξετάζουμε, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω στο υποκεφάλαιο 6.4 και έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παροχής 5 m³/sec. Στο Σχήμα 6.1 διακρίνουμε λεπτομέρεια της νήσου Φούρνων Κορσεών, όπου φαίνεται η θέση των ανεμογεννητριών και της άνω δεξαμενής καθώς και τα αρχαιολογικά μνημεία του νησιού.

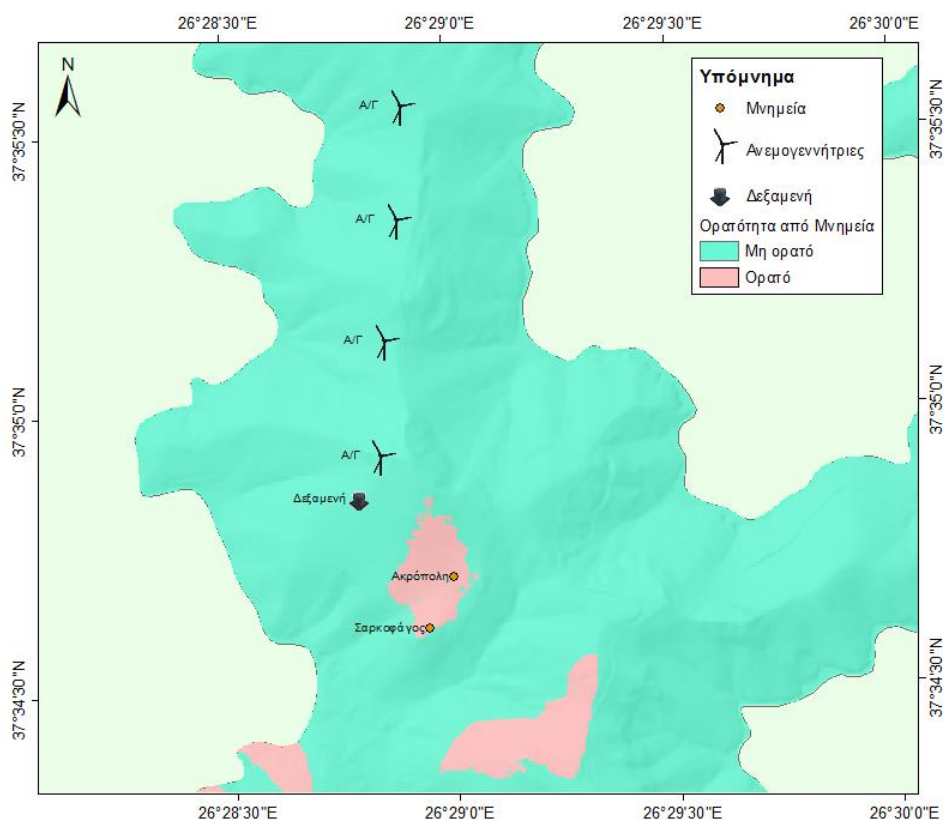


Σχήμα 6.1 – Λεπτομέρεια χάρτη νήσου Φούρνων Κορσεών με ενδεικτικές θέσεις Α/Γ, δεξαμενής και αρχαιολογικών μνημείων του νησιού (Copyright © 2012, NATIONAL CADASTRE & MARRING AGENCY S.A. έπειτα από επεξεργασία με το πρόγραμμα ArcMap)

Η δεξαμενή θα τοποθετηθεί σε μανομετρικό ύψους 192 m και έχει υπολογιστεί η ενέργεια αφαλάτωσης ίση με 7 kWh/m³. Οι ανεμογεννήτριες θα τοποθετηθούν σε ύψος 260 m και καθώς ο σταθμός την ΕΜΥ είναι τοποθετημένος σε ύψος 18,40 m, σύμφωνα με τη σχέση 2.3

μετατρέπονται τα δεδομένα του ανέμου, προκειμένου να ληφθούν οι τιμές του ανέμου που εμφανίζονται στο ύψος των Α/Γ.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία για την εγκατάσταση Α/Γ, αυτές δεν πρέπει να έχουν οπτική επαφή με τα αρχαιολογικά μνημεία του νησιού. Στο Σχήμα 6.2 γίνεται φανερό ότι οι εγκαταστάσεις του έργου δεν είναι ορατές από τα κοντινά αρχαιολογικά μνημεία του νησιού, ήτοι την Ακρόπολη και τη Σαρκοφάγο.



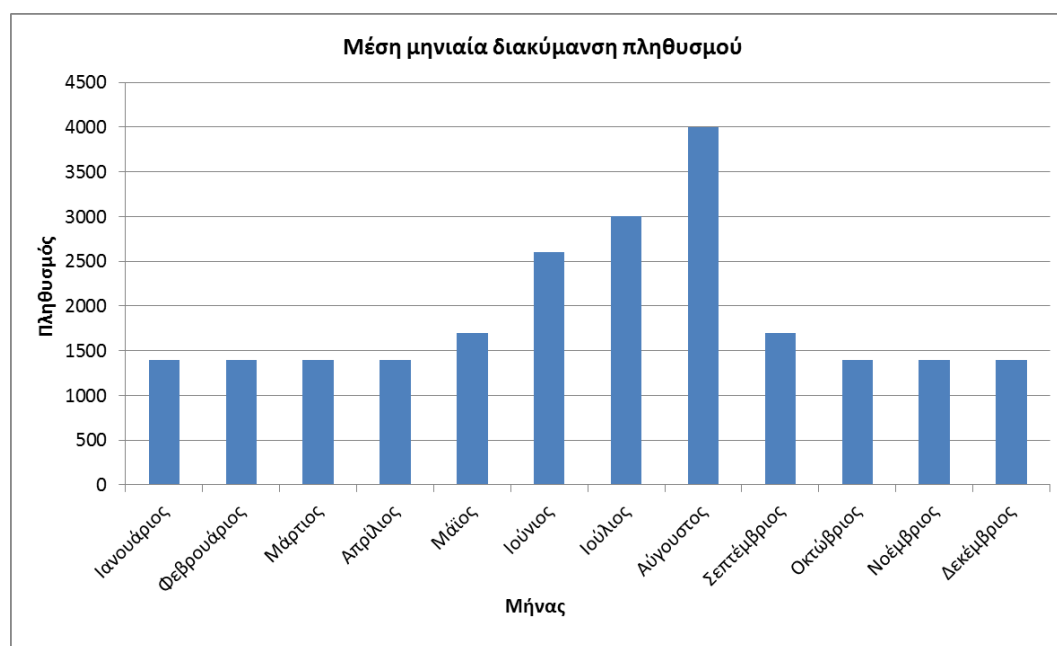
Σχήμα 6.2 – Ορατότητα από την Ακρόπολη και τη Σαρκοφάγο προς την περιοχή της εγκατάστασης (Copyright © 2012, NATIONAL CADASTRE & MARRING AGENCY S.A. έπειτα από επεξεργασία με το πρόγραμμα ArcMap)

6.2 Εκτίμηση Αναγκών Ύδρευσης, Άρδευσης και Ηλεκτρικής Ενέργειας

Σύμφωνα με πληροφορίες της ΕΛΣΤΑΤ το νησί έχει 1400 μόνιμους κατοίκους και κατά τους θερινούς μήνες ο αριθμός αυτός φτάνει στις 4000. Παρακάτω, στον Πίνακα 6.1 φαίνεται ο πληθυσμός του νησιού ανά μήνα και στο Σχήμα 6.3 υπάρχει το διάγραμμα της μέσης μηνιαίας διακύμανσης αυτού.

Πίνακας 6.1 – Πληθυσμός νησιού με βάση στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ

Μήνας	Πληθυσμός
Ιανουάριος	1400
Φεβρουάριος	1400
Μάρτιος	1400
Απρίλιος	1400
Μάϊος	1700
Ιούνιος	2600
Ιούλιος	3000
Αύγουστος	4000
Σεπτέμβριος	1700
Οκτώβριος	1400
Νοέμβριος	1400
Δεκέμβριος	1400



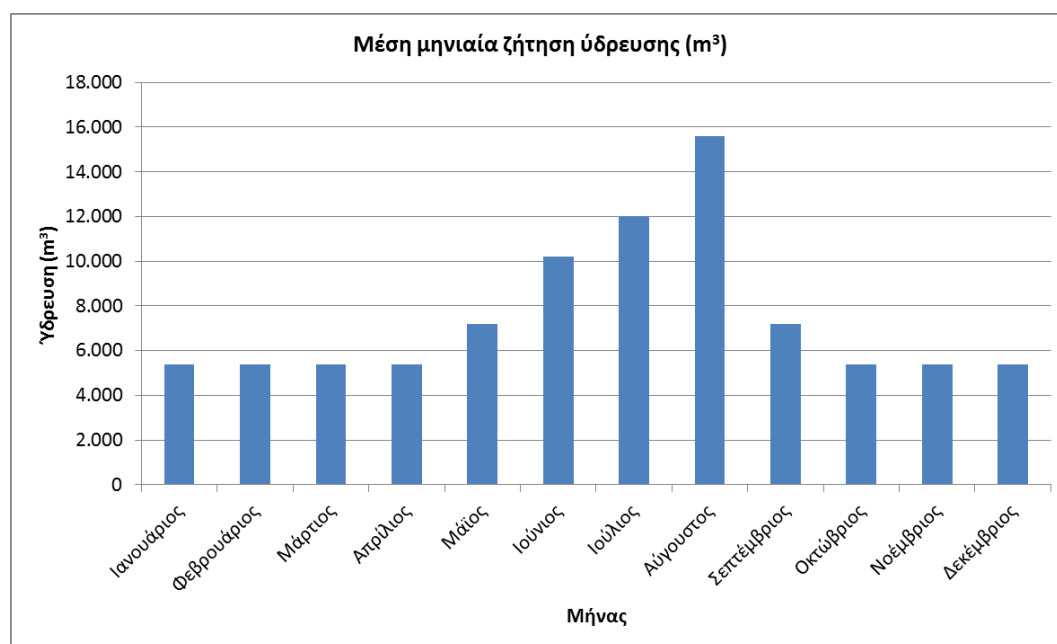
Σχήμα 6.3 – Μέση μηνιαία διακύμανση πληθυσμού με βάση στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ

Σύμφωνα με πληροφορίες από το Δήμο Φούρνων Κορσεών έγινε μια εκτίμηση των αναγκών ύδρευσης του νησιού. Στον Πίνακα 6.2 φαίνονται οι ανάγκες ύδρευσης, σε κυβικά μέτρα, βάση πληθυσμού σε μέση ημερήσια, μέση μηνιαία και ετήσια βάση.

Πίνακας 6.2 – Ανάγκες ύδρευσης σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση

Μήνας	Πληθυσμός	Ημερήσια ζήτηση (m ³)	Μηνιαία ζήτηση ύδρευσης (m ³)
Ιανουάριος	1400	180	5.400
Φεβρουάριος	1400	180	5.400
Μάρτιος	1400	180	5.400
Απρίλιος	1400	180	5.400
Μάιος	1700	240	7.200
Ιούνιος	2600	340	10.200
Ιούλιος	3000	400	12.000
Αύγουστος	4000	520	15.600
Σεπτέμβριος	1700	240	7.200
Οκτώβριος	1400	180	5.400
Νοέμβριος	1400	180	5.400
Δεκέμβριος	1400	180	5.400
Συνολική ετήσια ζήτηση ύδρευσης (m³)			90.000

Στο Σχήμα 6.4 που ακολουθεί, φαίνεται η μηνιαία διακύμανση των αναγκών ύδρευσης σε κυβικά μέτρα.



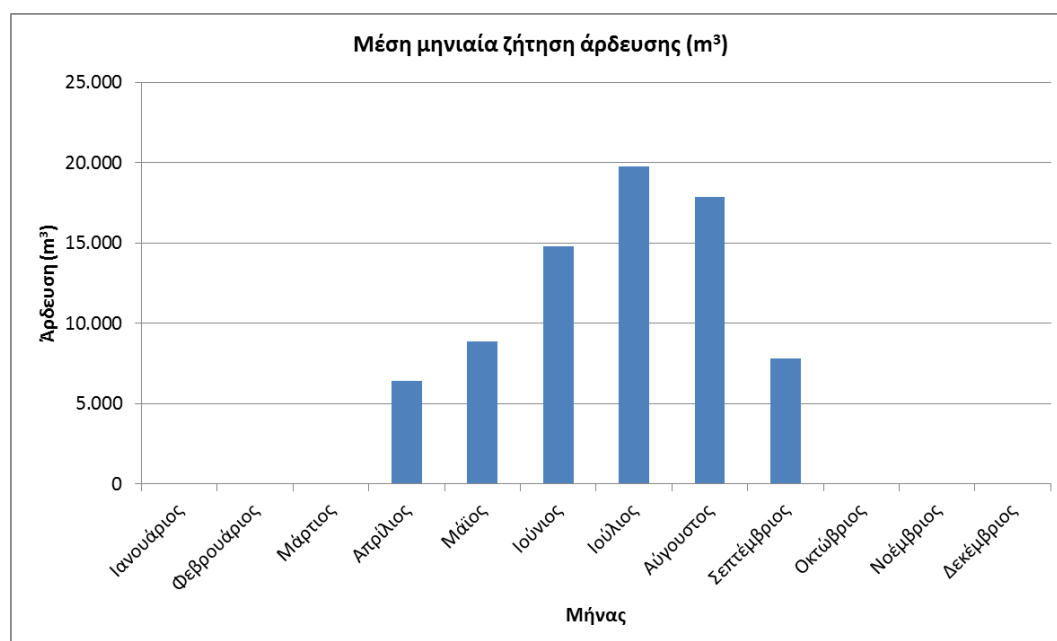
Σχήμα 6.4 – Μέση μηνιαία διακύμανση αναγκών ύδρευσης

Έπειτα από συλλογή στοιχείων από την ΕΛΣΤΑΤ σχετικά με την έκταση και το είδος των καλλιεργειών εκτιμήθηκαν, σύμφωνα με τη μέθοδο εξατμισοδιαπνοής Blaney – Criddle και με βάση και τις τιμές της βροχόπτωσης από τον σταθμό της ΕΜΥ οι ανάγκες άρδευσης για την αρδευτική περίοδο από Μάιο μέχρι και Σεπτέμβριο.

Στον Πίνακα 6.3 φαίνεται η έκταση σε στρέμματα των διαφόρων καλλιεργειών του οικισμού Φούρνων του νησιού και στο Σχήμα 6.5 η μέση μηνιαία διακύμανση των αναγκών άρδευσης σε κυβικά μέτρα, αφού έχουν ληφθεί υπόψιν τα στοιχεία βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής.

Πίνακας 6.3 – Έκταση ανά καλλιέργεια

Κατηγορία Καλλιέργειας	Έκταση (m ²)
Σιτηρά	14.800,00
Λαχανικά	7.075,00
Εσπεριδοειδή	41.650,00
Οπωροφόρα	122.225,00
ΣΥΝΟΛΟ	185.750,00

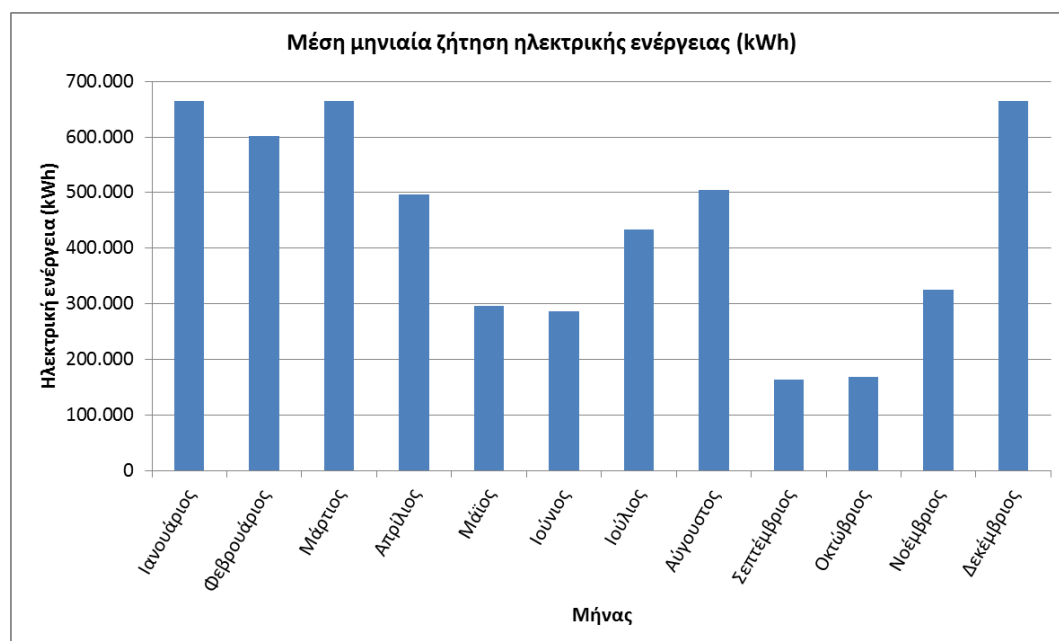


Σχήμα 6.5 – Μέση μηνιαία διακύμανση αναγκών άρδευσης

Τέλος σύμφωνα με στοιχεία από τη ΔΕΗ Ικαρίας, όπου γίνονται οι μετρήσεις κατανάλωσης ρεύματος για το νησί δημιουργήθηκε ο Πίνακας 6.4 όπου φαίνεται η ημερήσια, η μηνιαία και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, σε kWh, του νησιού και στο Σχήμα 6.6 γίνεται μια γραφική αναπαράσταση της μέσης μηνιαίας διακύμανσης της ζήτησης.

Πίνακας 6.4 – Ημερήσια, μηνιαία και ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

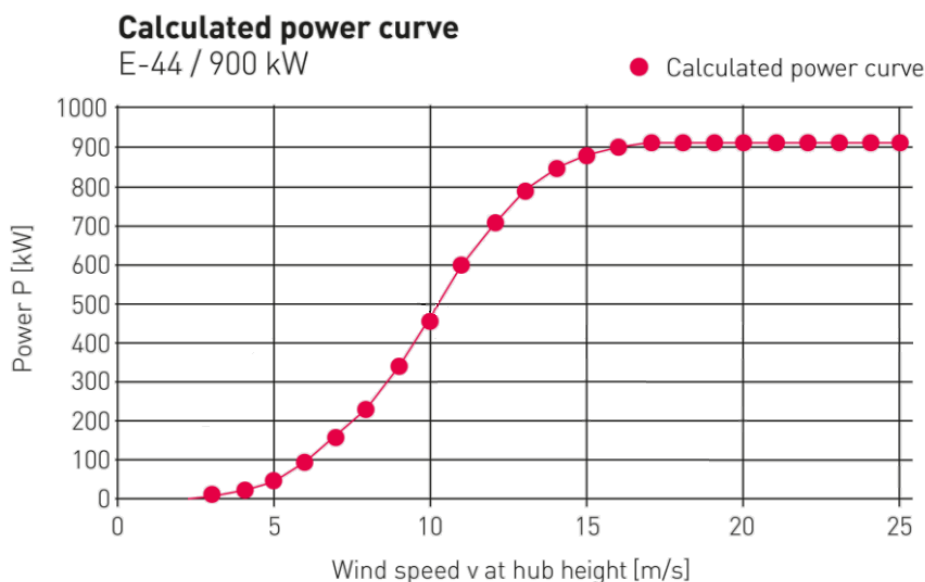
Μήνας	Ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	Μηνιαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	21466	665.446
Φεβρουάριος	21466	601.048
Μάρτιος	21466	665.446
Απρίλιος	16533	495.990
Μάϊος	9550	296.050
Ιούνιος	9550	286.500
Ιούλιος	14000	434.000
Αύγουστος	16285	504.835
Σεπτέμβριος	5428	162.840
Οκτώβριος	5428	168.268
Νοέμβριος	10856	325.680
Δεκέμβριος	21466	665.446
Συνολική ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)		5.271.549



Σχήμα 6.6 Μηνιαία διακύμανση ηλεκτρικής ζήτησης

6.3 Μοντέλο Ανεμογεννητριών και Μετατροπή Ανεμολογικών Δεδομένων σε Ηλεκτρική Ενέργεια

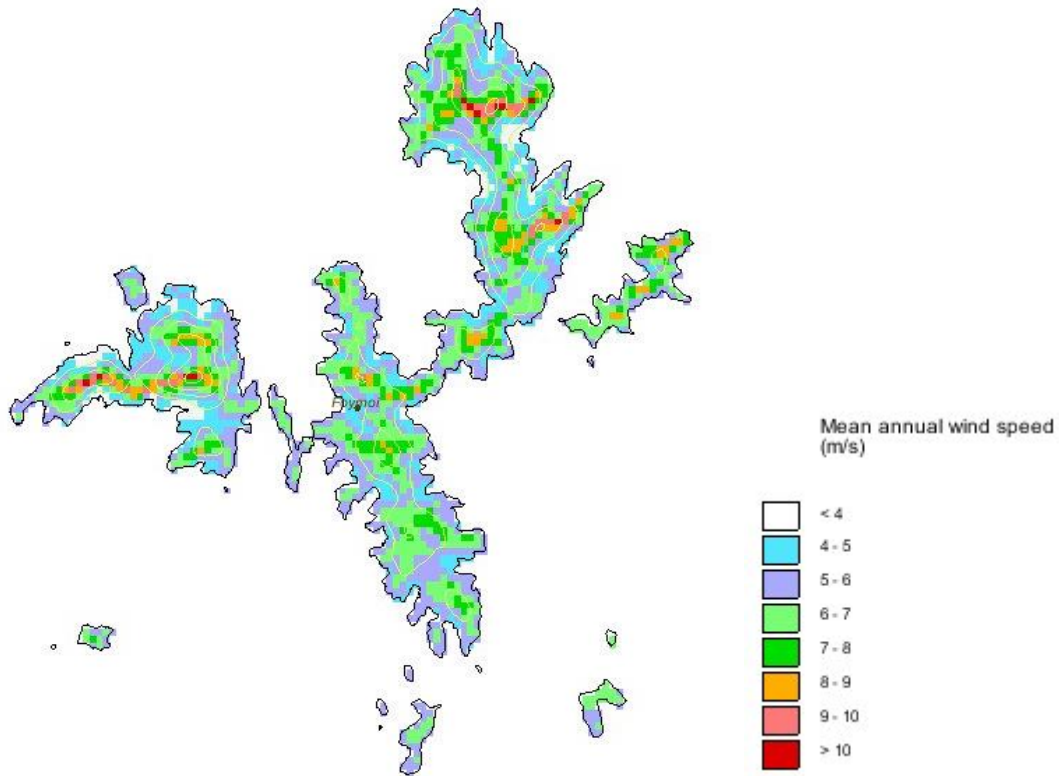
Το μοντέλο των ανεμογεννητριών που θα χρησιμοποιηθούν στην παρακάτω ανάλυση είναι η Α/Γ Enercon 44 με ισχύς 900kW. Στο Σχήμα 6.7 φαίνεται το διάγραμμα καμπύλης ισχύος της Α/Γ.



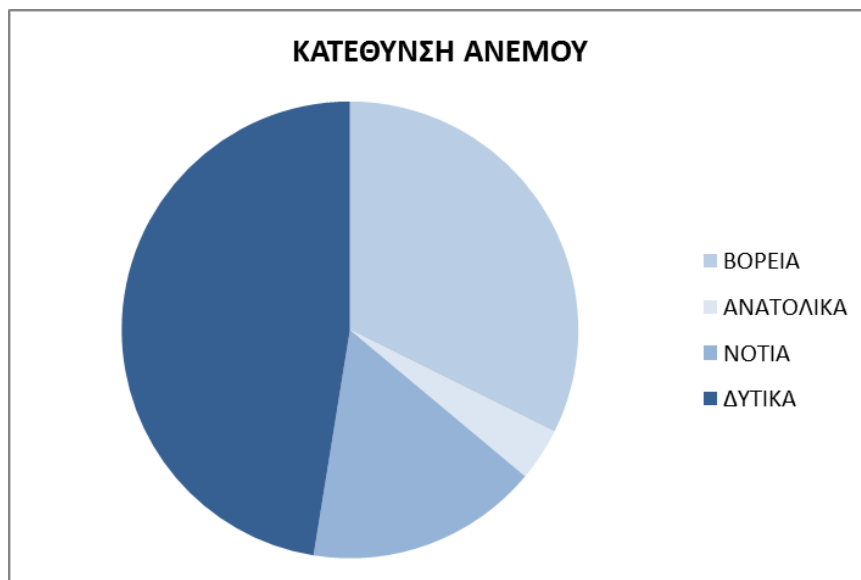
Σχήμα 6.7 – Διάγραμμα καμπύλης ισχύος Α/Γ Enercon 44

Οι ταχύτητες ανέμου που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν μετρήσεις από το μετεωρολογικό σταθμό της ΕΜΥ στο νησί της Ικαρίας για το έτος 2015. Ενδεικτικά στο Σχήμα 6.8 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές ανεμολογικών δεδομένων για το νησί των Φούρνων. Στη θέση που επιλέχθηκε να τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες του έργου οι μέσες ετήσιες τιμές του ανέμου κυμαίνονται στις τιμές 7 m/sec έως 9 m/sec.

Αναλύοντας τη κατεύθυνση των ανέμων προέκυψε το Σχήμα 6.9 που δείχνει ότι η κατεύθυνση των ανέμων είναι στην πλειοψηφία στα δυτικά και αυτός είναι και ο λόγος που οι Α/Γ επιλέχθηκε να τοποθετηθούν δυτικά, προς εκμετάλλευση των καλύτερων τιμών ανέμου.



Σχήμα 6.8 – Χάρτης αιολικού δυναμικού του νησιού των Φούρνων Κορσεών (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2016)



Σχήμα 6.9 – Κατανομή κατεύθυνσης ανέμου

Προκειμένου να υπολογιστεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την Α/Γ χρησιμοποιείται η καμπύλη ισχύος. Συγκεκριμένα, στην προσπάθεια να εκτιμηθεί μια ικανοποιητική εξίσωση που να δίνει τη τιμή της ισχύος σε συνάρτηση με την ταχύτητα του

ανέμου, στο κυρτό τμήμα της καμπύλης ισχύος προσαρμόστηκε μια πολυωνυμική εξίσωση 6^{ου} βαθμού (Μυσίρης, 2015):

$$P = \begin{cases} 0, & u \leq 2 \\ 0.000479 \cdot u^6 - 0.020121 \cdot u^5 + 0.237154 \cdot u^4 - 0.358363 \cdot u^3 - 0.779043 \cdot u^2 + 3.713895 \cdot u, & 2 < u < 17 \\ 900, & u \geq 17 \end{cases}$$

όπου u (m/s) η ταχύτητα του ανέμου. Στη συνέχεια η ισχύς που προσδιορίζεται πολλαπλασιάζεται με το χρόνο και έτσι βρίσκουμε την ημερήσια παραγωγή ενέργειας. Αυτή την ενέργεια έχουμε να διαχειριστούμε και να αποφασίσουμε πώς θα την μοιράσουμε μεταξύ της μονάδας αφαλάτωσης και του αντλιοστασίου με σκοπό να αυξήσουμε τα οφέλη από τη λειτουργία του υβριδικού έργου.

6.4 Αποτελέσματα Ανάλυσης

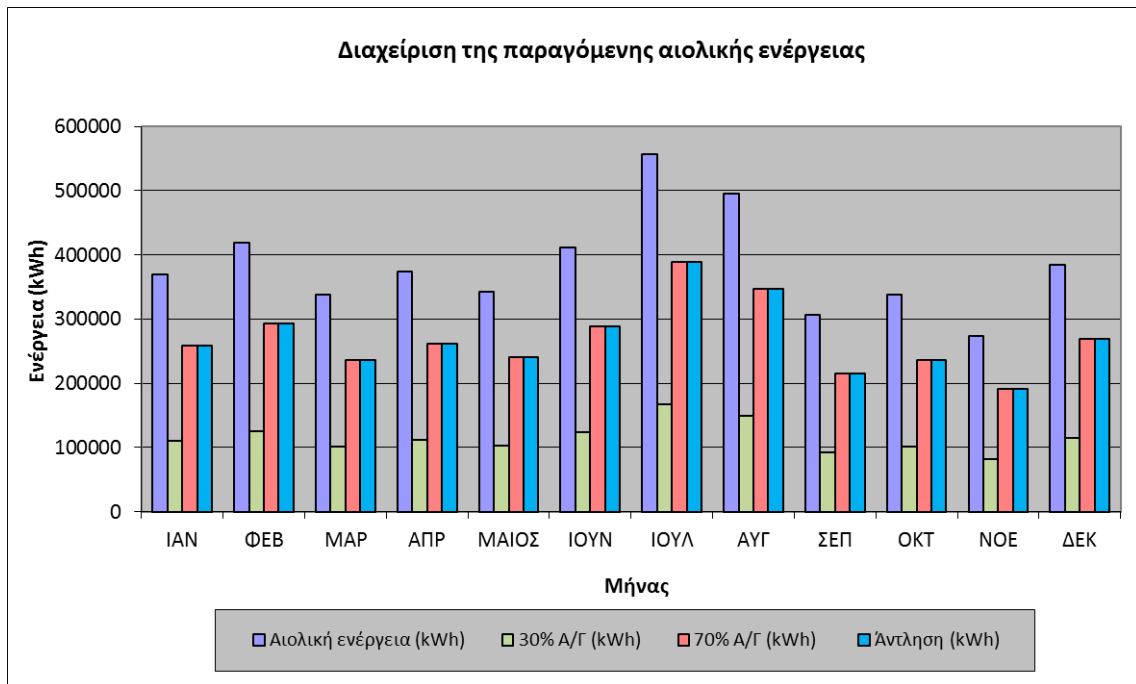
Με σκοπό τον έλεγχο της απόκρισης του υβριδικού συστήματος και του βαθμού αξιοπιστίας του ως προς την απαιτούμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και νερού ύδρευσης και άρδευσης, μελετήθηκαν διάφορα σενάρια λειτουργίας, τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.

Σε όλα τα σενάρια το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, και το υπόλοιπο 70% διατίθεται για χρήσεις (άντληση, αφαλάτωση) ανάλογα με το εκάστοτε σενάριο μελέτης. Είναι προφανές ότι το νησί δεν καταναλώνει ενέργεια από το δίκτυο της Σάμου, όταν η κάλυψη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτεται από την απευθείας διάθεση στο δίκτυο του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και από την παραγόμενη ενέργεια στον υδροηλεκτρικό σταθμό.

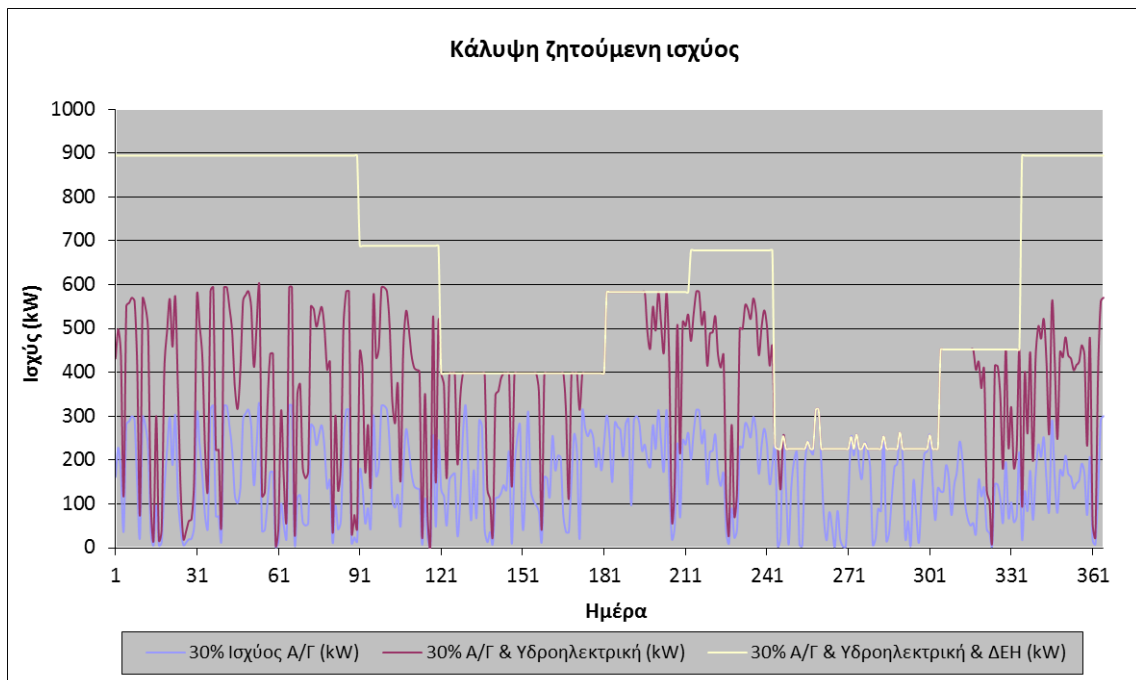
Το πρώτο σενάριο που εξετάστηκε αφορούσε αποκλειστικά την κάλυψη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί. Έτσι όλη η ενέργεια χρησιμοποιείται κατευθείαν για κατανάλωση στο νησί, χωρίς να δίνεται καθόλου ενέργεια στη μονάδα αφαλάτωσης, προκειμένου να αφαλατωθεί νερό για τις ανάγκες της ύδρευσης και της άρδευσης. Συγκεκριμένα, το 30% διατίθεται απευθείας στο δίκτυο και το υπόλοιπο 70% της ενέργειας από τις Α/Γ διατίθεται για την άντληση του θαλασσινού νερού, προκειμένου να απελευθερωθεί μέσω της υδροηλεκτρικής μονάδας και να παράγει υδροηλεκτρική ενέργεια για να καλύψει και άλλο ποσοστό της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στο Σχήμα 6.10 φαίνεται η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας. Το ποσοστό του 30% πηγαίνει κατευθείαν στο δίκτυο για χρήση και το ποσοστό του 70% που, σε αυτό το

πρώτο σενάριο, χρησιμοποιείται για την άντληση του νερού. Είναι φανερό ότι, σύμφωνα και με τις παραδοχές του σεναρίου αυτού, δεν καταναλώνεται καθόλου ενέργεια για αφαλάτωση νερού.



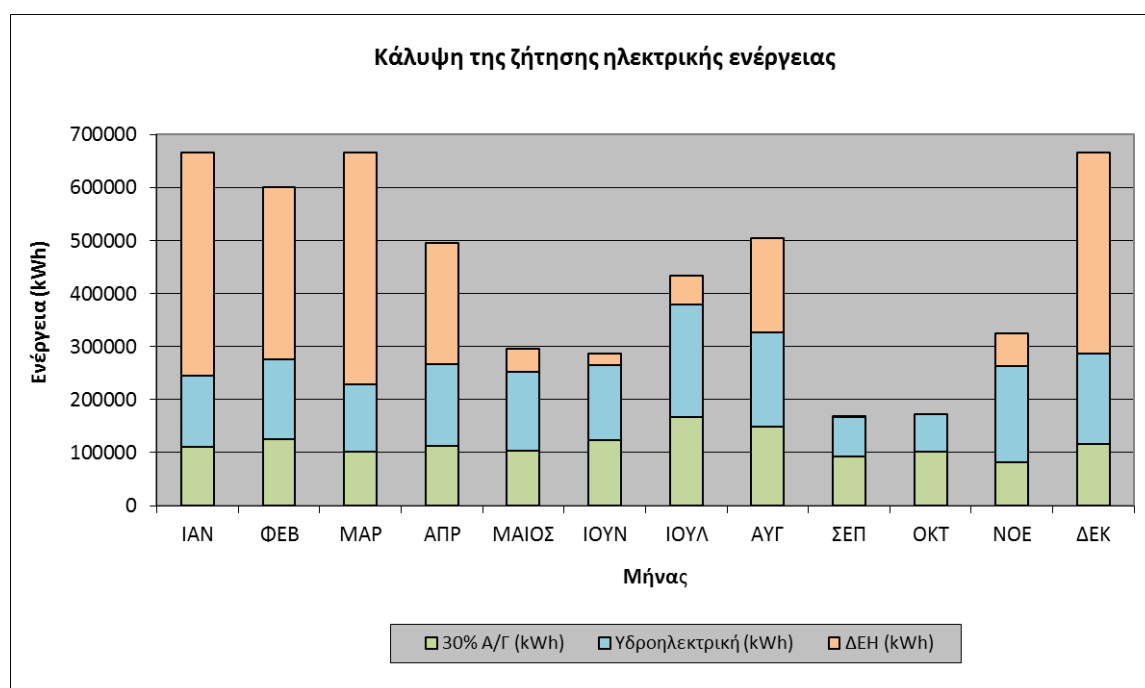
Σχήμα 6.10 – Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (σενάριο 1)



Σχήμα 6.11– Κάλυψη ετήσιας ζητούμενης ισχύος (σενάριο 1)

Στο Σχήμα 6.11 παρουσιάζεται η συνεισφορά ισχύος της κάθε πηγής ενέργειας στην κάλυψη της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού. Η μπλε γραμμή

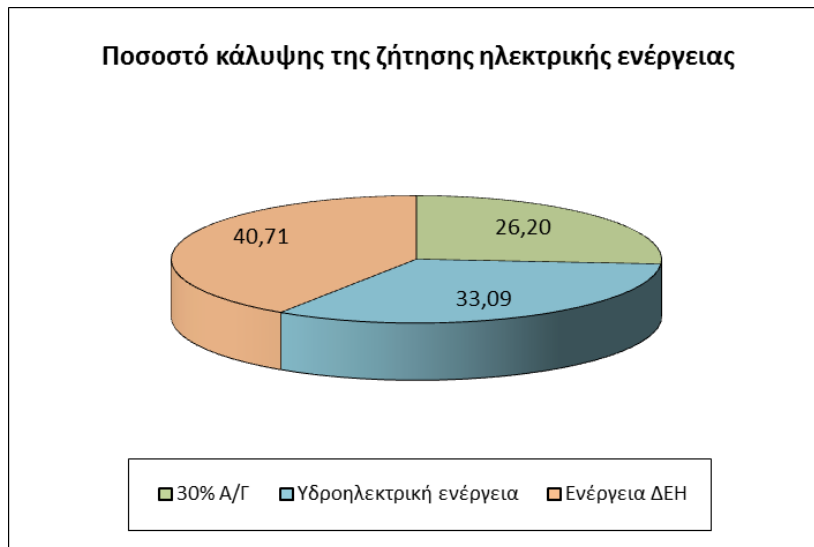
παρουσιάζει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ του 30% της ανεμογεννήτριας, η μπορντώ είναι το άθροισμα της προηγούμενης ισχύος και της ισχύος του υδροστροβίλου και η άσπρη είναι το άθροισμα των προηγούμενων δύο και της ισχύος που παρέχεται από τη ΔΕΗ. Έτσι, τα εμβάδα που περικλείονται ανάμεσα στις γραμμές δείχνουν τη συμβολή της κάθε πηγής ενέργειας στην κάλυψη της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τις ανάγκες του νησιού.



Σχήμα 6.12 – Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 1)

Παραπάνω, στο Σχήμα 6.12 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο καλύπτεται η ζητούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Όταν η ζήτηση δεν καλύπτεται από το 30% της απευθείας διάθεσης της αιολικής ενέργειας και από την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια τότε το νησί χρησιμοποιεί τη σύνδεσή του με το δίκτυο της ΔΕΗ στη Σάμο, προκειμένου να καλύψει τις επιπλέον ανάγκες ζήτησης. Το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο.

Στο Σχήμα 6.13 φαίνεται αναλυτικά ότι οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού κατά τη διάρκεια ενός έτους καλύπτονται κατά 26,20% από την απευθείας χρήση του 30% της αιολικής ενέργειας, κατά 33,09% από την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο 40,71% προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ.



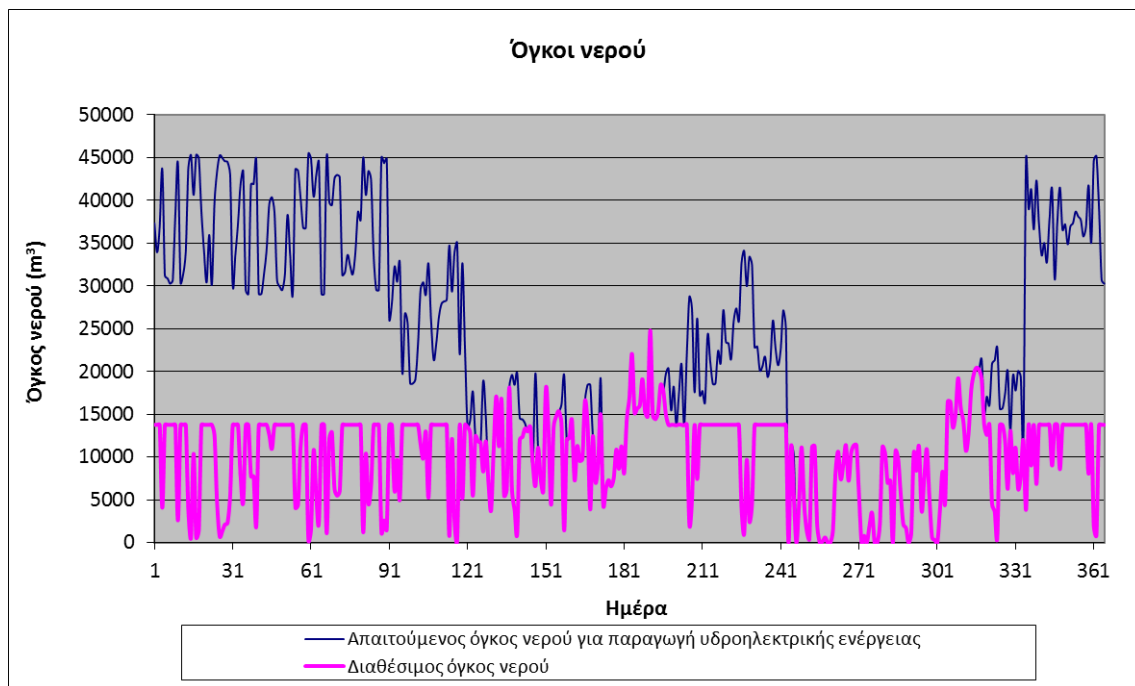
Σχήμα 6.13 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές ενέργειας (σενάριο 1)



Σχήμα 6.14 – Ποσοστό αξιοπιστίας της κάλυψης της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 1)

Στο Σχήμα 6.14, παρουσιάζεται η αξιοπιστία του έργου, δηλαδή το ποσοστό των ημερών, κατά τη διάρκεια ενός έτους, που το νησί καταφέρνει να είναι ενεργειακά αυτόνομο, λόγω του υβριδικού έργου. Αυτό επιτυγχάνεται σε ένα ποσοστό 37,53%, ενώ σε ένα ποσοστό 62,47% το νησί συνεχίζει να εξαρτάται από το δίκτυο της ΔΕΗ.

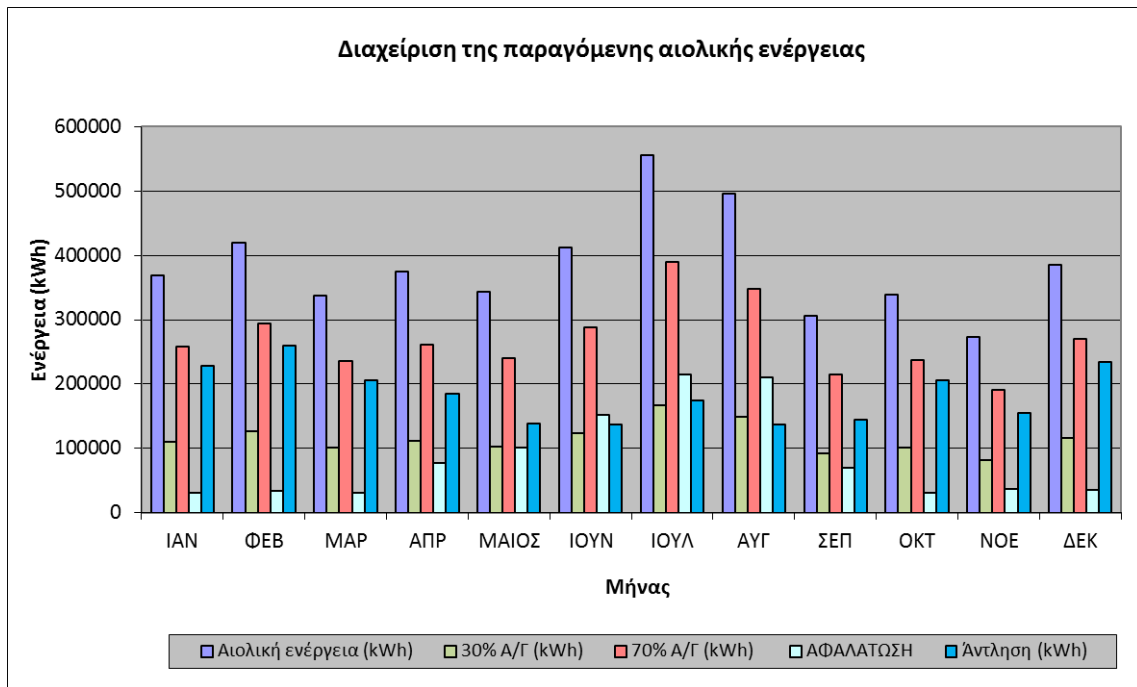
Παρακάτω, το Σχήμα 6.15, δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τον διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ημέρες που ο διαθέσιμος όγκος είναι ίσος με τον απαιτούμενο, το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο.



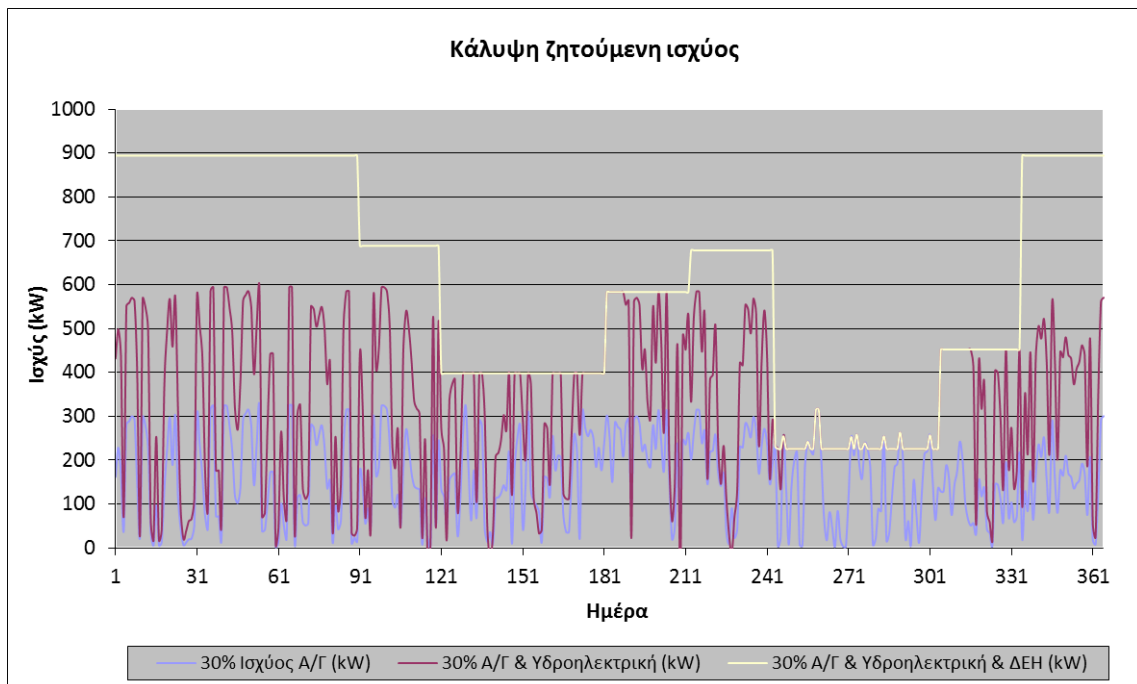
Σχήμα 6.15 – Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 1)

Το δεύτερο σενάριο που εξετάστηκε αφορούσε την κάλυψη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και την κάλυψη των αναγκών σε αφαλατωμένο νερό προς ύδρευση, αλλά και άρδευση. Έτσι, το 30% διατίθεται απευθείας στο δίκτυο και το υπόλοιπο 70% της ενέργειας από τις Α/Γ διατίθεται αρχικά για άντληση, προκειμένου να απελευθερωθεί μέσω της υδροηλεκτρικής μονάδας και να παράγει υδροηλεκτρική ενέργεια για να καλύψει και άλλο ποσοστό της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια, αλλά και για αφαλάτωση των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για ύδρευση και άρδευση ανάλογα με τις ανάγκες κάθε μήνα.

Στο Σχήμα 6.16 φαίνεται η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας. Το ποσοστό του 30% πηγαίνει κατευθείαν στο δίκτυο για χρήση και το ποσοστό των 70% χρησιμοποιείται για την άντληση και αφαλάτωση του νερού.



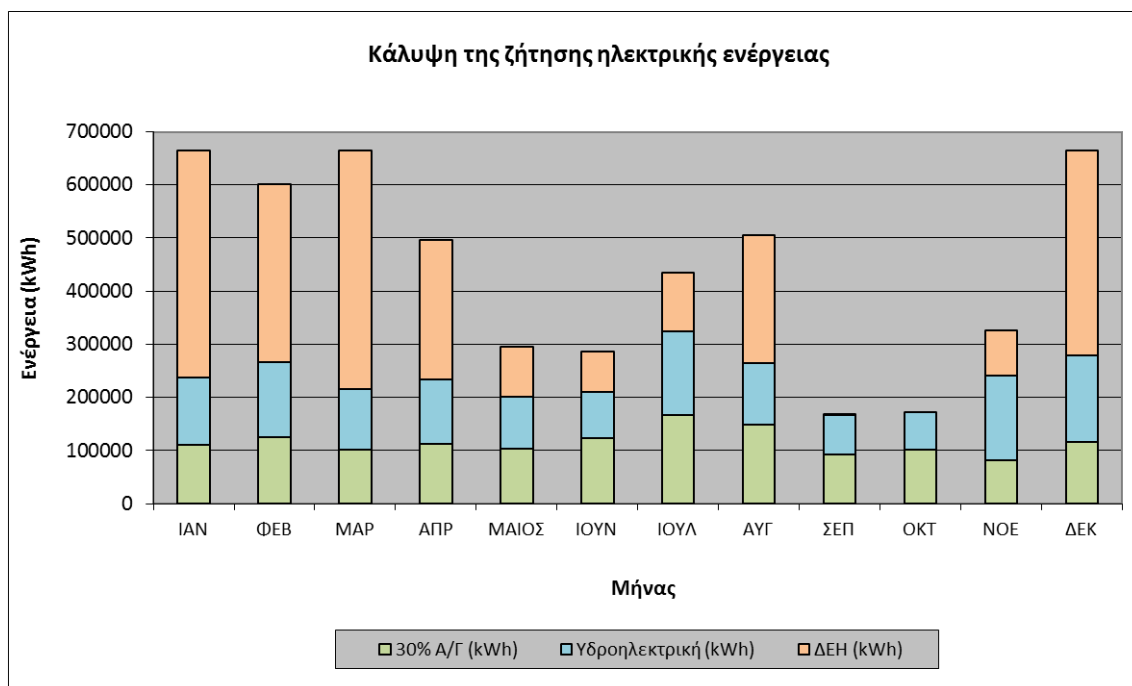
Σχήμα 6.16 – Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (σενάριο 2)



Σχήμα 6.17– Κάλυψη ετήσιας ζητούμενης ισχύος (σενάριο 2)

Στο Σχήμα 6.17 παρουσιάζεται η συνεισφορά ισχύος της κάθε πηγής ενέργειας στην κάλυψη της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού. Η μπλε γραμμή παρουσιάζει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ του 30% της ανεμογεννήτριας, η πορτοκάλι είναι το άθροισμα της προηγούμενης ισχύος και της ισχύος του υδροστροβίλου και η άσπρη είναι το άθροισμα των προηγούμενων δύο και της ισχύος που παρέχεται από τη ΔΕΗ. Έτσι, τα

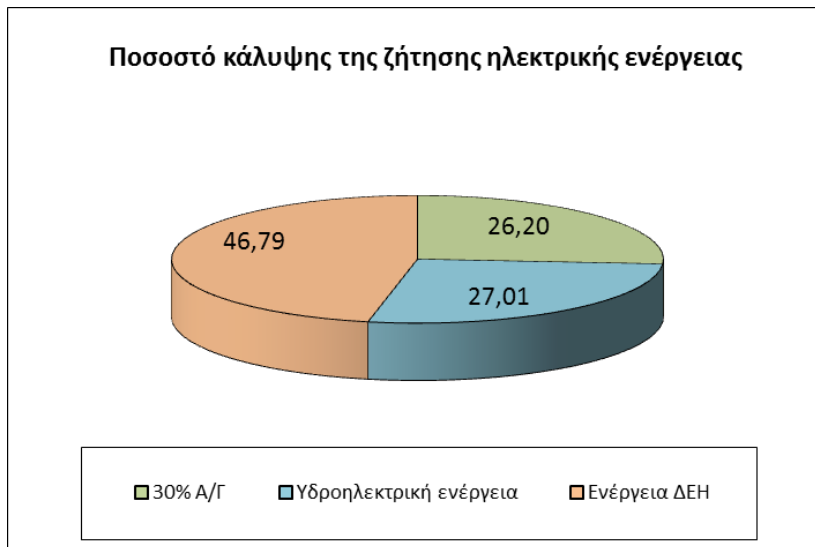
εμβαδά που περικλείονται ανάμεσα στις γραμμές δείχνουν τη συμβολή της κάθε πηγής ενέργειας στην κάλυψη της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τις ανάγκες του νησιού.



Σχήμα 6.18 – Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2)

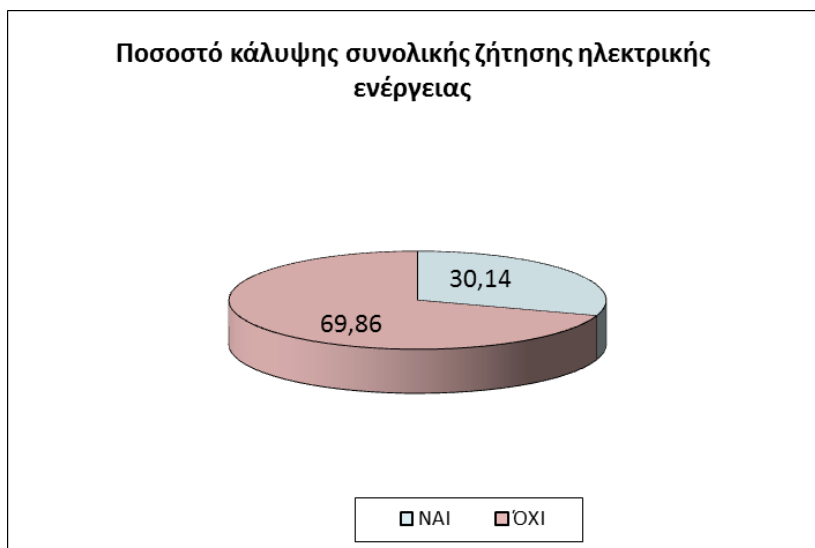
Παραπάνω, στο Σχήμα 6.18 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο καλύπτεται η ζητούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Όταν η ζήτηση δεν καλύπτεται από το 30% της απευθείας διάθεσης της αιολικής ενέργειας και από την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια τότε το νησί χρησιμοποιεί τη σύνδεσή του με το δίκτυο της ΔΕΗ στη Σάμο, προκειμένου να καλύψει τις επιπλέον ανάγκες ζήτησης. Το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο.

Στο Σχήμα 6.19 φαίνεται ότι οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού κατά τη διάρκεια ενός έτους καλύπτονται κατά 26,20% από την απευθείας χρήση του 30% της αιολικής ενέργειας, κατά 27,01% από την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο 46,79% προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ.



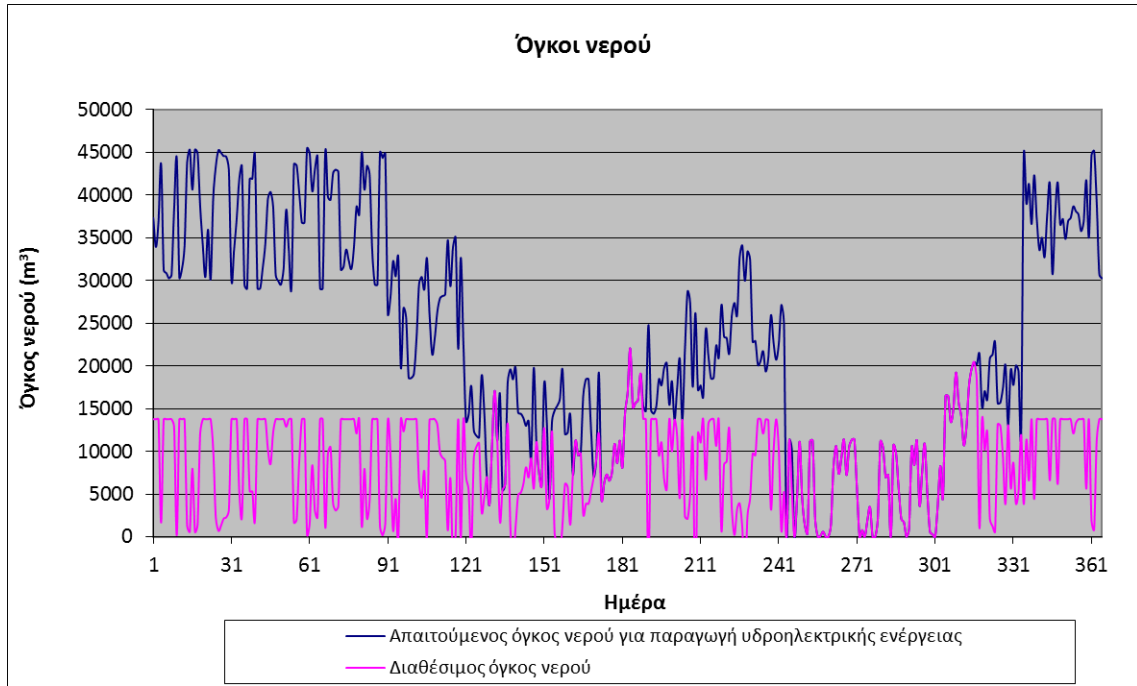
Σχήμα 6.19 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές ενέργειας (σενάριο 2)

Στο Σχήμα 6.20, παρουσιάζεται η αξιοπιστία του έργου, δηλαδή το ποσοστό των ημερών κατά τη διάρκεια ενός έτους που το νησί καταφέρνει να είναι ενεργειακά αυτόνομο, λόγω του υβριδικού έργου. Αυτό επιτυγχάνεται σε ένα ποσοστό 30,14%, ενώ σε ένα ποσοστό 69,86% το νησί συνεχίζει να εξαρτάται από το δίκτυο της ΔΕΗ.

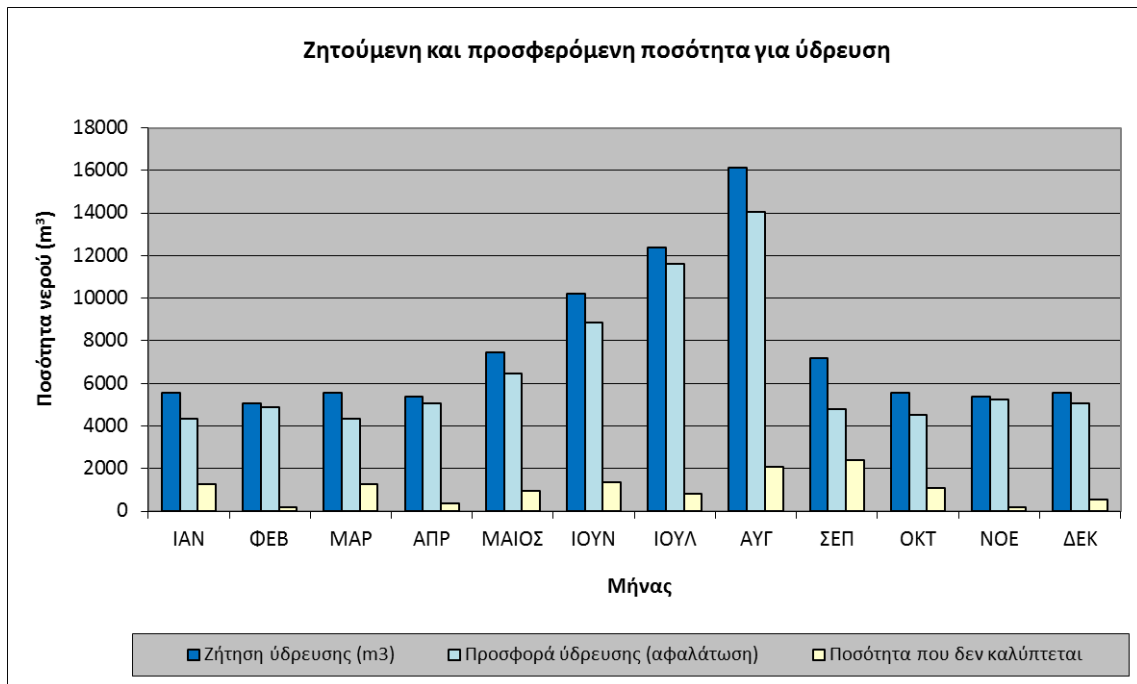


Σχήμα 6.20 – Ποσοστό αξιοπιστίας της κάλυψης της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2)

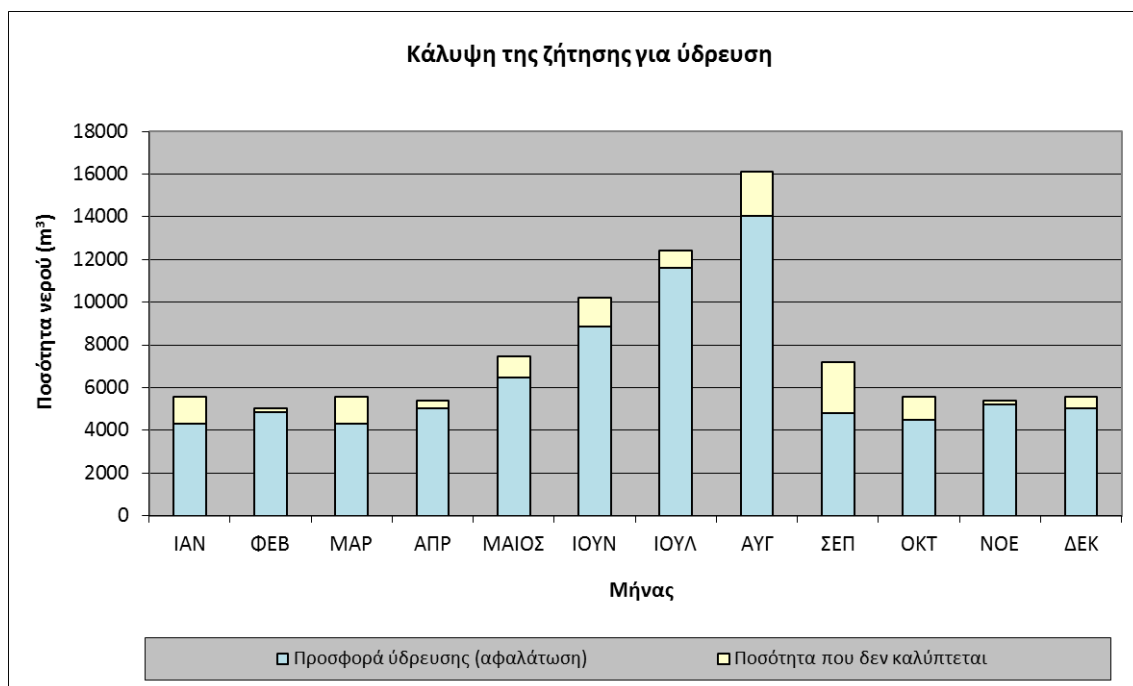
Παρακάτω, το Σχήμα 6.21, δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τον διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ημέρες που ο διαθέσιμος όγκος είναι ίσος με τον απαιτούμενο, το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο.



Σχήμα 6.21 – Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2)



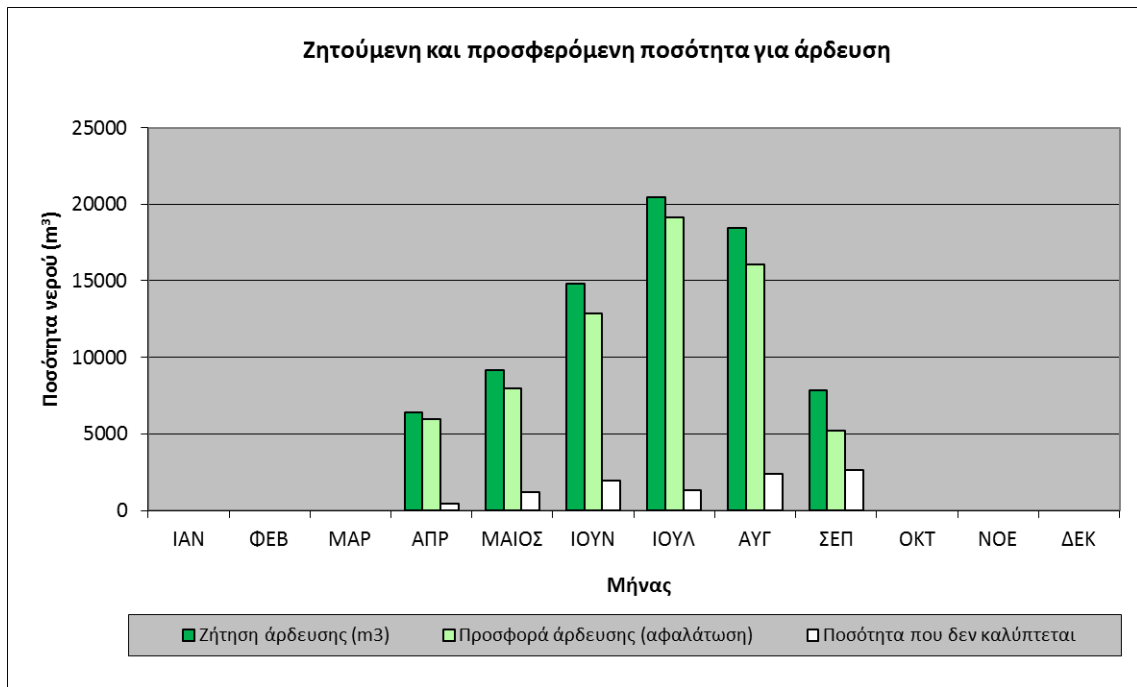
Σχήμα 6.22 – Ζητούμενη και προσφερόμενη ποσότητα ύδρευσης (σενάριο 2)



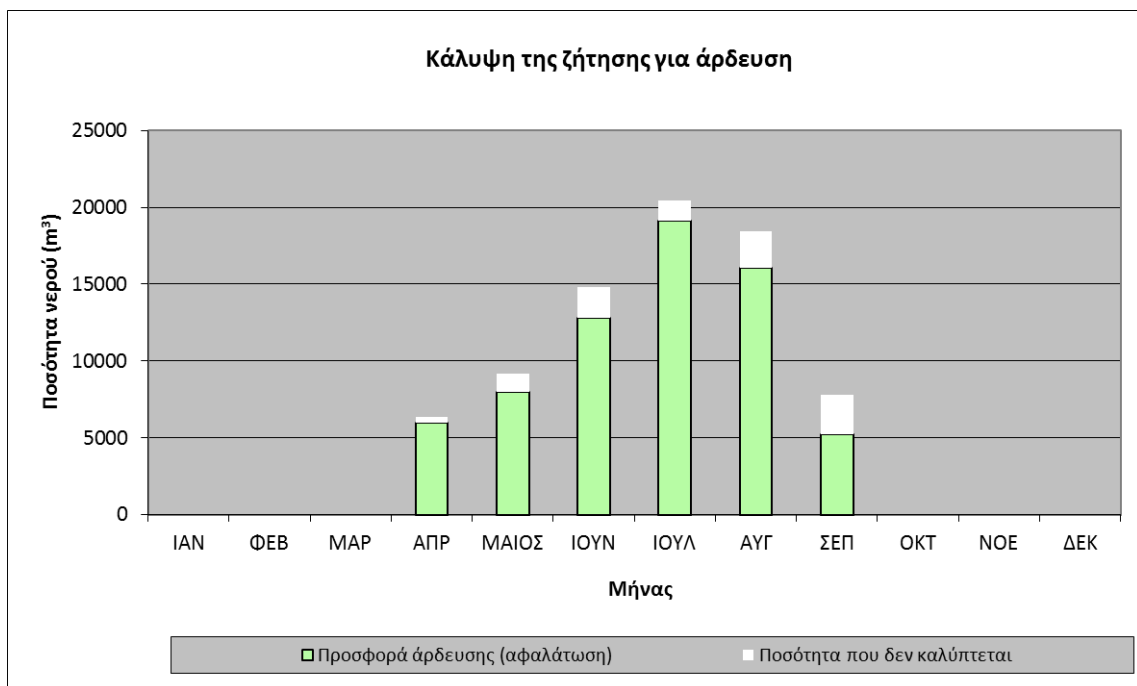
Σχήμα 6.23 – Κάλυψη της ζήτησης σε ύδρευση (σενάριο 2)

Στο Σχήμα 6.22, παρουσιάζεται η ζητούμενη ποσότητα, η προσφερόμενη ποσότητα, καθώς και το έλλειμμα του νερού για ύδρευση για κάθε μήνα και στο Σχήμα 6.23 το ποσοστό κάλυψης του αφαλατωμένου νερού για ύδρευση. Το ποσοστό αξιοπιστίας κάλυψης της ύδρευσης ανέρχεται στο 86,97%.

Στο Σχήμα 6.24, παρουσιάζεται η ζητούμενη ποσότητα, η προσφερόμενη ποσότητα, καθώς και το έλλειμμα του νερού για άρδευση για κάθε μήνα και στο Σχήμα 6.25 το ποσοστό κάλυψης του αφαλατωμένου νερού για άρδευση. Το ποσοστό αξιοπιστίας κάλυψης της άρδευσης ανέρχεται στο 87,17%.



Σχήμα 6.24 – Ζητούμενη και προσφερόμενη ποσότητα άρδευσης (σενάριο 2)

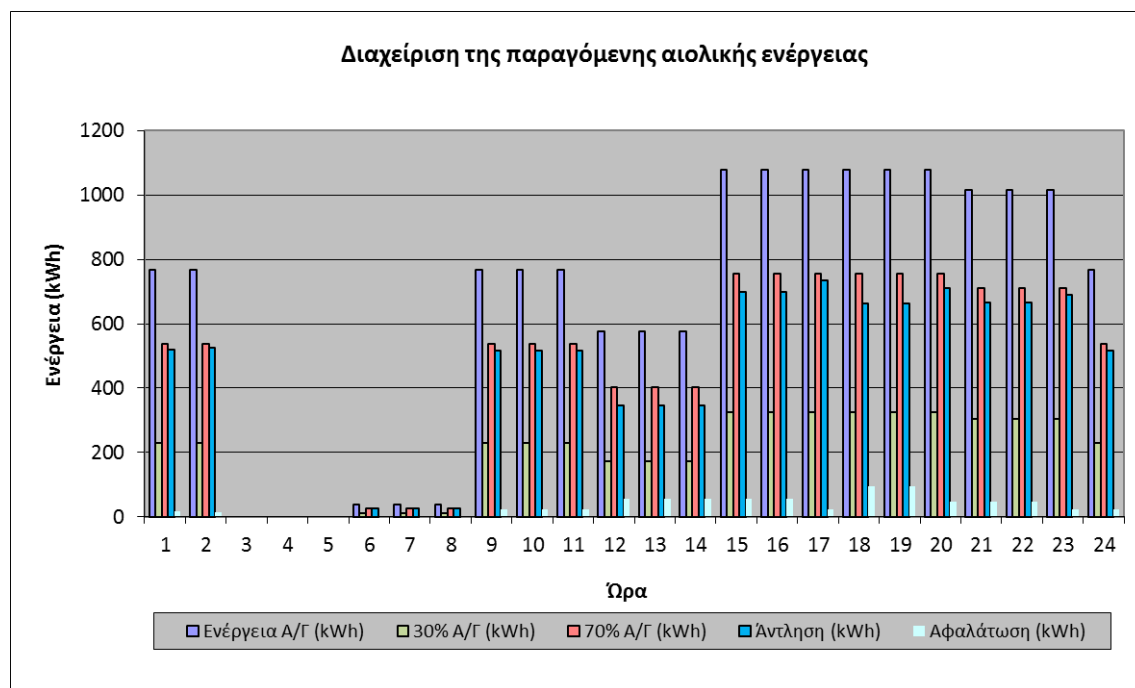


Σχήμα 6.25 – Κάλυψη της ζήτησης σε άρδευση (σενάριο 2)

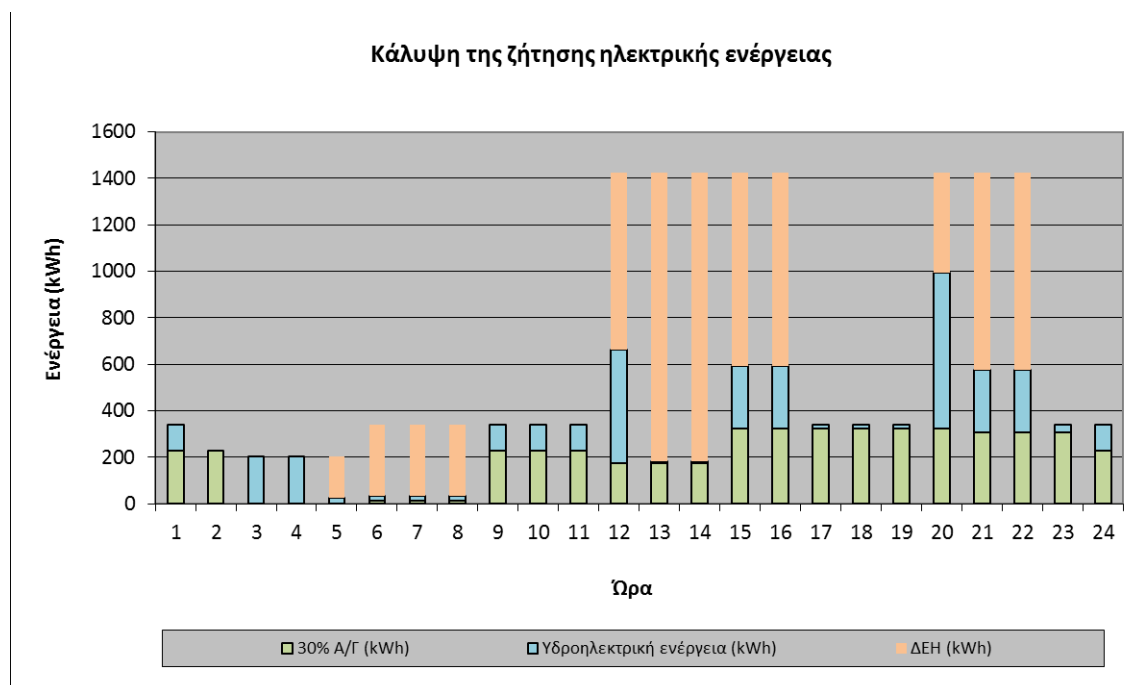
Σε αυτό το σημείο έγινε μια εξέταση του συστήματος μια τυπική μέρα του Αυγούστου όπου οι ανάγκες σε ύδρευση είναι οι μέγιστες και μια τυπική μέρα του Δεκεμβρίου, όπου οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια είναι οι μέγιστες.

Όσον αφορά μια τυπική μέρα του Αυγούστου αποτυπώνονται παρακάτω τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Στο Σχήμα 6.26 φαίνεται η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής

ενέργειας και είναι εμφανές ότι κάποιες ώρες της ημέρας, λόγω μειωμένων ανέμων, δεν παράγεται καθόλου ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες. Στο Σχήμα 6.27 παρουσιάζεται η κάλυψη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.



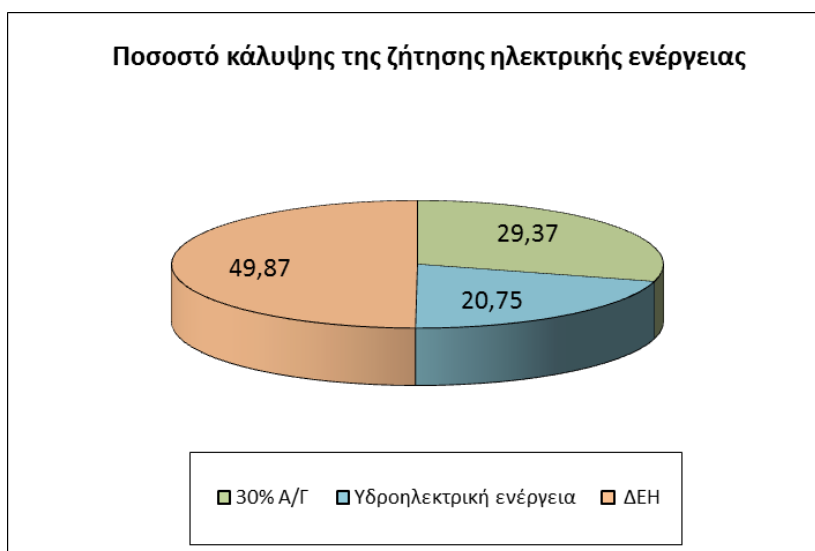
Σχήμα 6.26 – Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (σενάριο 2 – Αύγουστος)



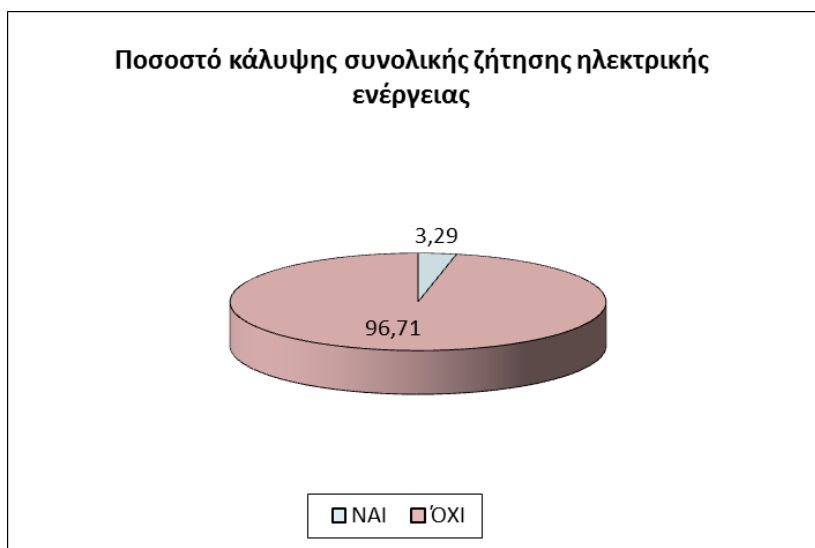
Σχήμα 6.27 – Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2 – Αύγουστος)

Από το Σχήμα 6.28 φαίνεται ότι οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού κατά τη διάρκεια ενός έτους καλύπτονται κατά 29,37% από την απευθείας χρήση του 30% της αιολικής ενέργειας,

κατά 20,75% από την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο 49,87% προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ. Στο Σχήμα 6.29, παρουσιάζεται η αξιοπιστία του έργου, δηλαδή το ποσοστό των ημερών κατά τη διάρκεια ενός έτους που το νησί καταφέρνει να είναι ενεργειακά αυτόνομο, λόγω του υβριδικού έργου, και αυτό πετυχαίνεται σε ένα ποσοστό του 3,29%.

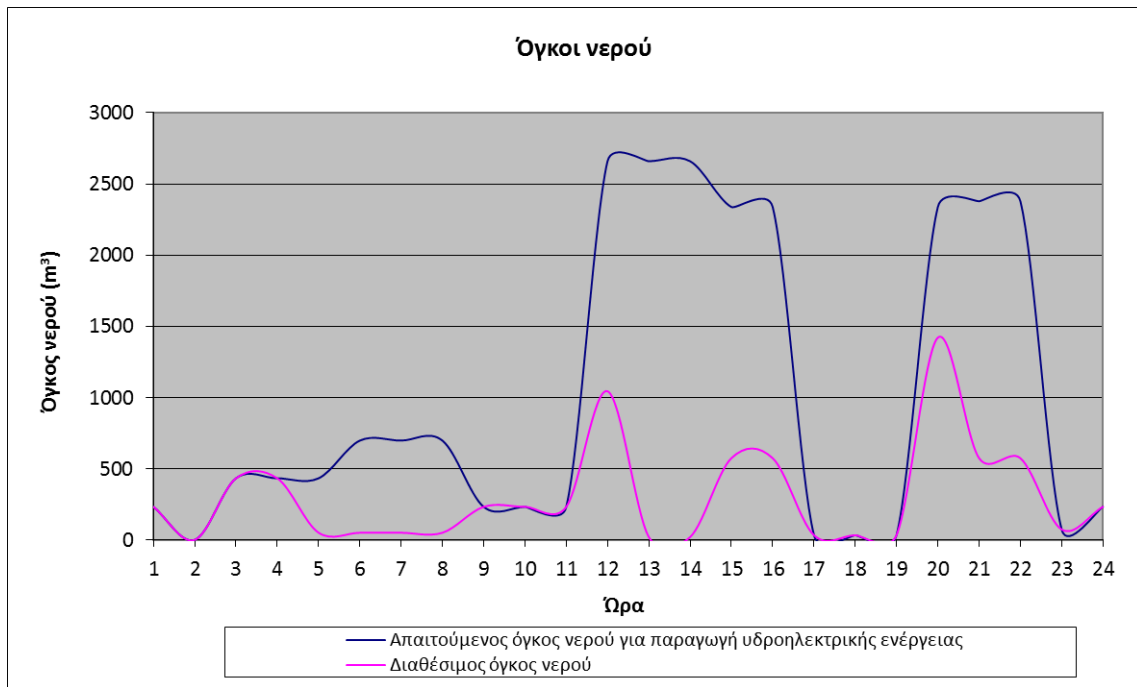


Σχήμα 6.28 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές ενέργειας (σενάριο 2 – Αύγουστος)



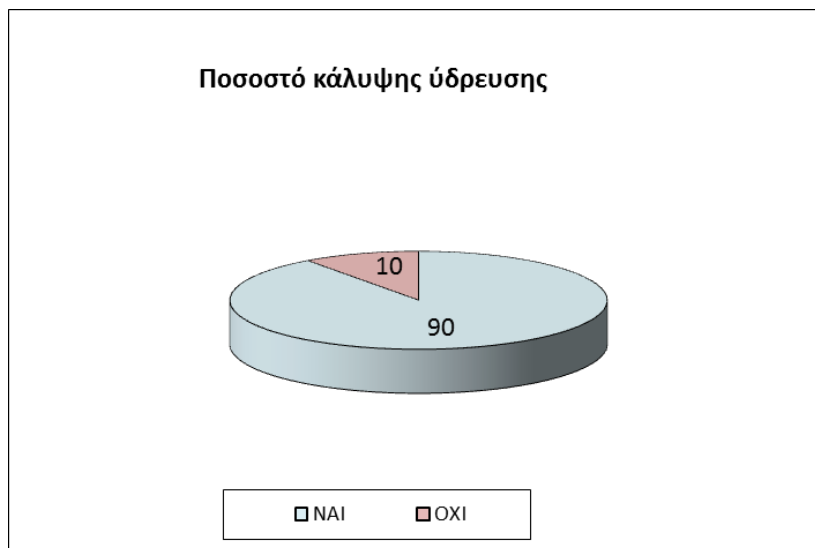
Σχήμα 6.29 – Ποσοστό αξιοπιστίας της κάλυψης της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2 – Αύγουστος)

Παρακάτω, το Σχήμα 6.30, δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τον διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ώρες που ο διαθέσιμος όγκος είναι ίσος με τον απαιτούμενο, το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο.

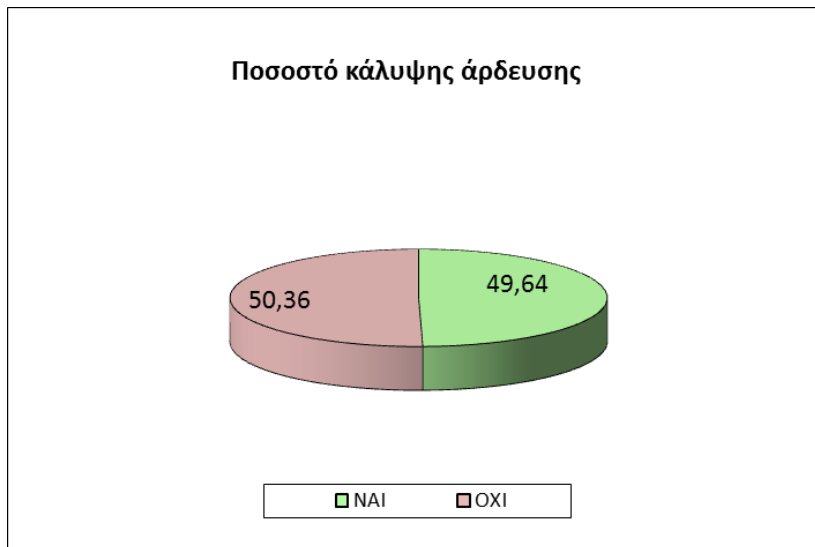


Σχήμα 6.30 – Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2 – Αύγουστος)

Στα Σχήματα 6.31 και 6.32 παρουσιάζεται το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για ύδρευση και άρδευση αντίστοιχα.

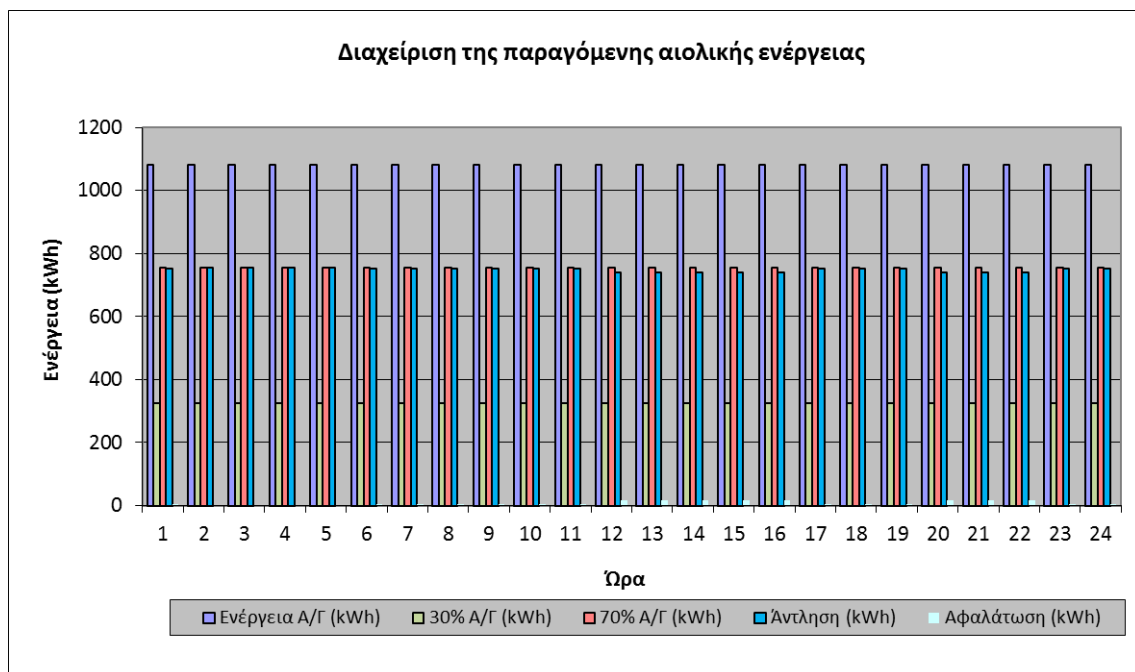


Σχήμα 6.31 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης σε ύδρευση (σενάριο 2 – Αύγουστος)

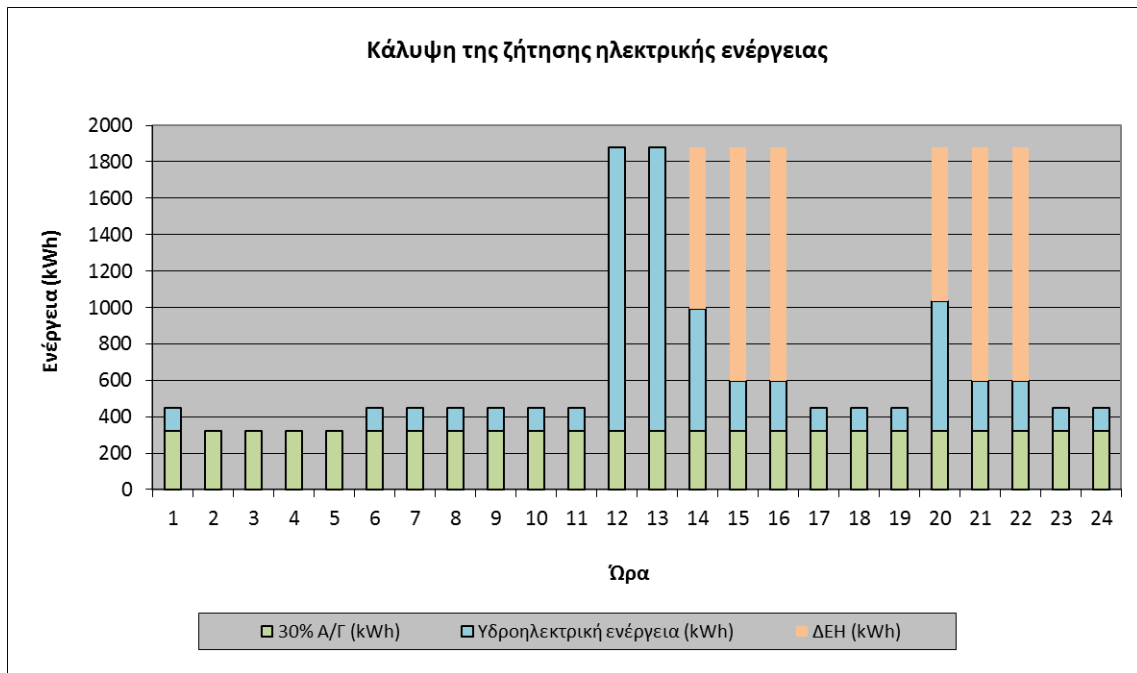


Σχήμα 6.32 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης σε άρδευση (σενάριο 2 – Αύγουστος)

Όσον αφορά μια τυπική μέρα του Δεκεμβρίου αποτυπώνονται παρακάτω τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Στο Σχήμα 6.33 φαίνεται η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και στο Σχήμα 6.34 παρουσιάζεται η κάλυψη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

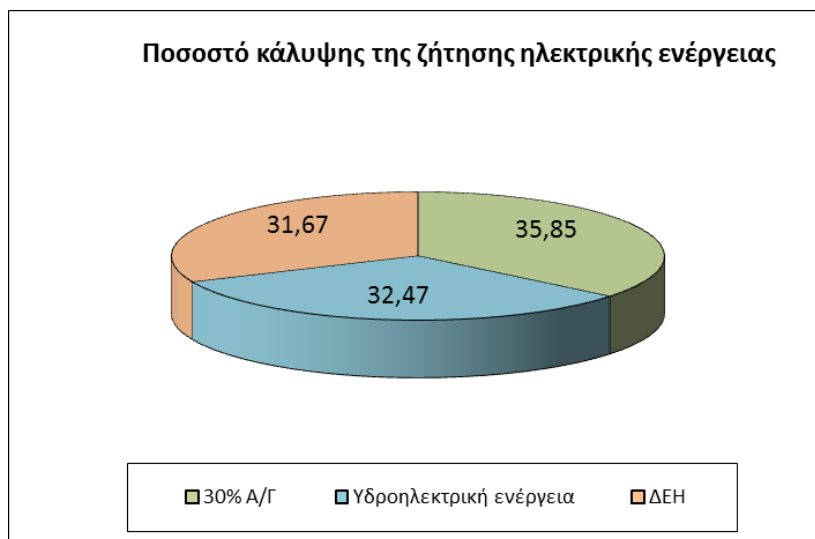


Σχήμα 6.33 – Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (σενάριο 2 – Δεκέμβριος)

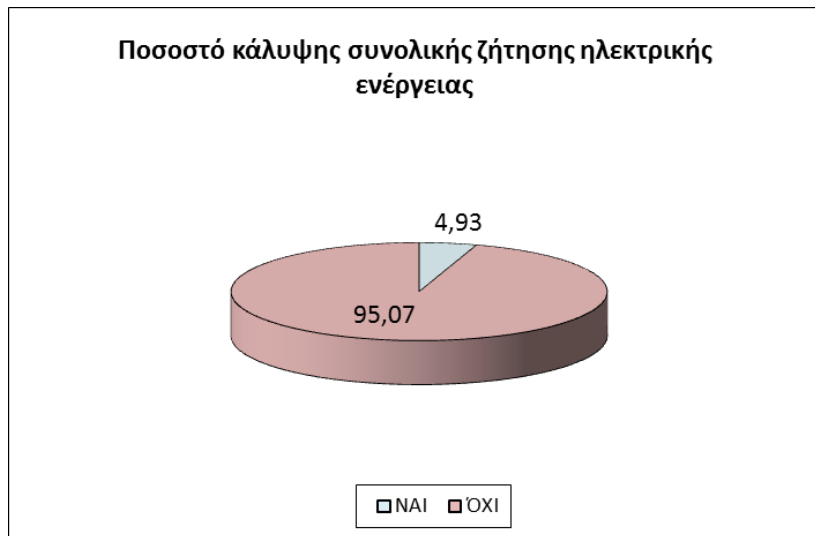


Σχήμα 6.34 – Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σεναρίο 2 – Δεκέμβριος)

Από το Σχήμα 6.35 φαίνεται ότι οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού κατά τη διάρκεια ενός έτους καλύπτονται κατά 35,85% από την απευθείας χρήση του 30% της αιολικής ενέργειας, κατά 32,47% από την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο 31,67% προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ. Στο Σχήμα 6.36, παρουσιάζεται η αξιοπιστία του έργου, δηλαδή το ποσοστό των ημερών κατά τη διάρκεια ενός έτους που το νησί καταφέρνει να είναι ενεργειακά αυτόνομο, λόγω του υβριδικού έργου, και αυτό πετυχαίνεται σε ένα ποσοστό του 4,93%.

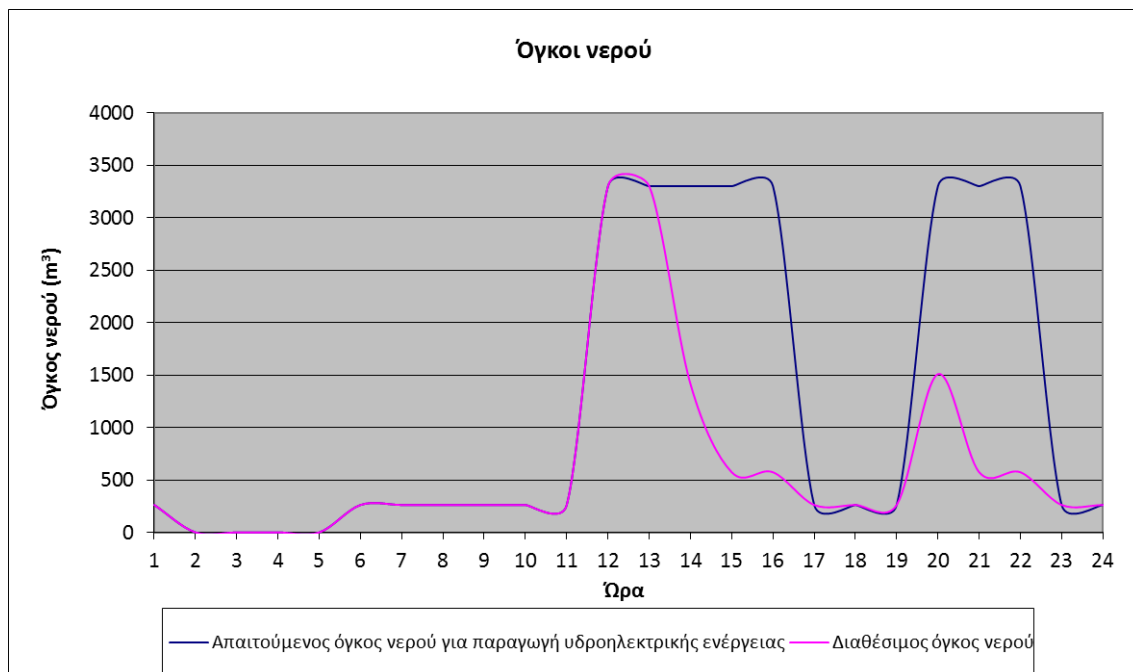


Σχήμα 6.35 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές ενέργειας (σεναρίο 2 – Δεκέμβριος)



Σχήμα 6.36 – Ποσοστό αξιοπιστίας της κάλυψης της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2 – Δεκέμβριος)

Παρακάτω, το Σχήμα 6.37, δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τον διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ώρες που ο διαθέσιμος όγκος είναι ίσος με τον απαιτούμενο, το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο.



Σχήμα 6.37 – Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 2 – Δεκέμβριος)

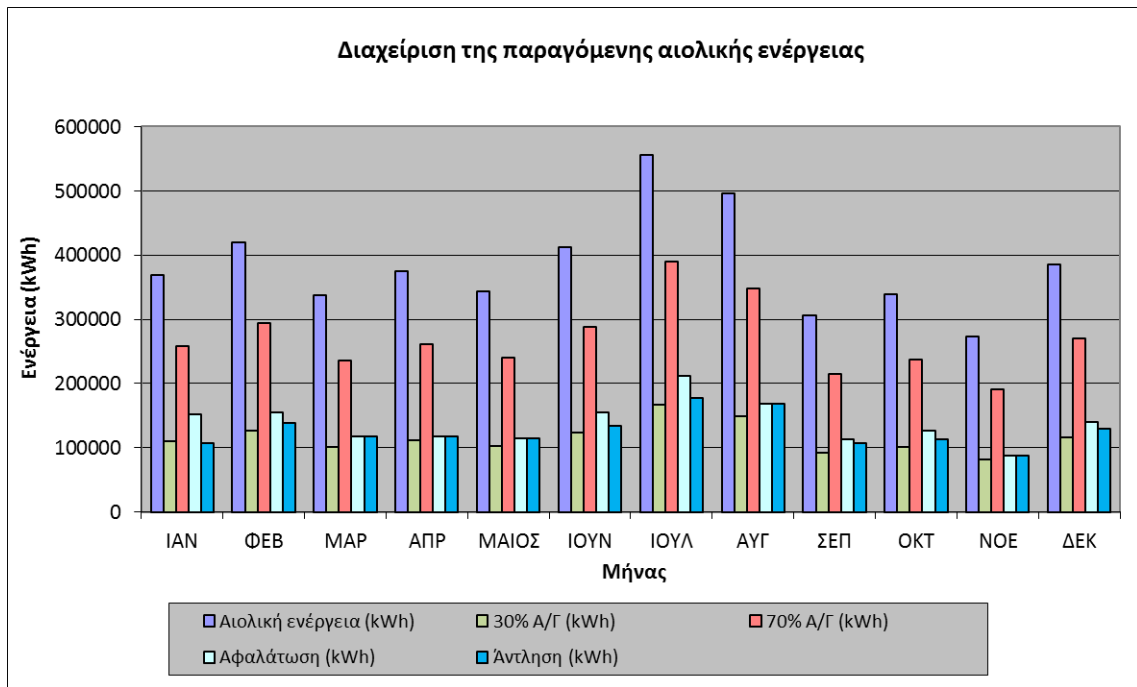
Τέλος, στο Σχήμα 6.38 παρουσιάζεται το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για ύδρευση. Είναι φανερό ότι καλύπτεται ολόκληρη η απαιτούμενη ποσότητα σε νερό ύδρευσης.



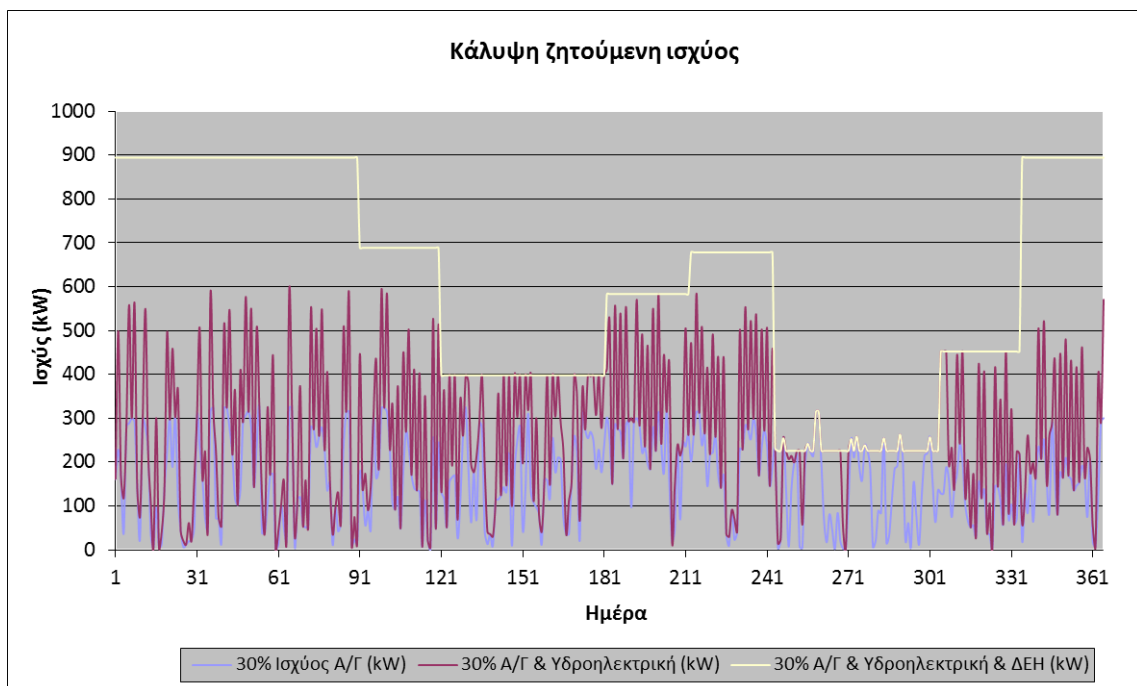
Σχήμα 6.38 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης σε ύδρευση (σενάριο 2 – Δεκέμβριος)

Το τρίτο και τελευταίο σενάριο που εξετάστηκε προϋποθέτει αφαλάτωση όλης της ποσότητας του νερού πριν οδηγηθεί στον υδροστρόβιλο, προκειμένου να αποφευχθεί η φθορά της αντλίας από τα άλατα. Όπως και στα προηγούμενα σενάρια, το 30% της ενέργειας από τις Α/Γ διατίθεται απευθείας στο δίκτυο και το υπόλοιπο 70% της ενέργειας διατίθεται πρώτα για την αφαλάτωση και η περίσσεια ενέργειας για την άντληση του αφαλατωμένου νερού, προκειμένου να απελευθερωθεί μέσω της υδροηλεκτρικής μονάδας και να παράγει υδροηλεκτρική ενέργεια για να καλύψει και άλλο ποσοστό της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στο Σχήμα 6.39 φαίνεται η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και στο Σχήμα 6.40 παρουσιάζεται η συνεισφορά ισχύος της κάθε πηγής ενέργειας στην κάλυψη της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού.

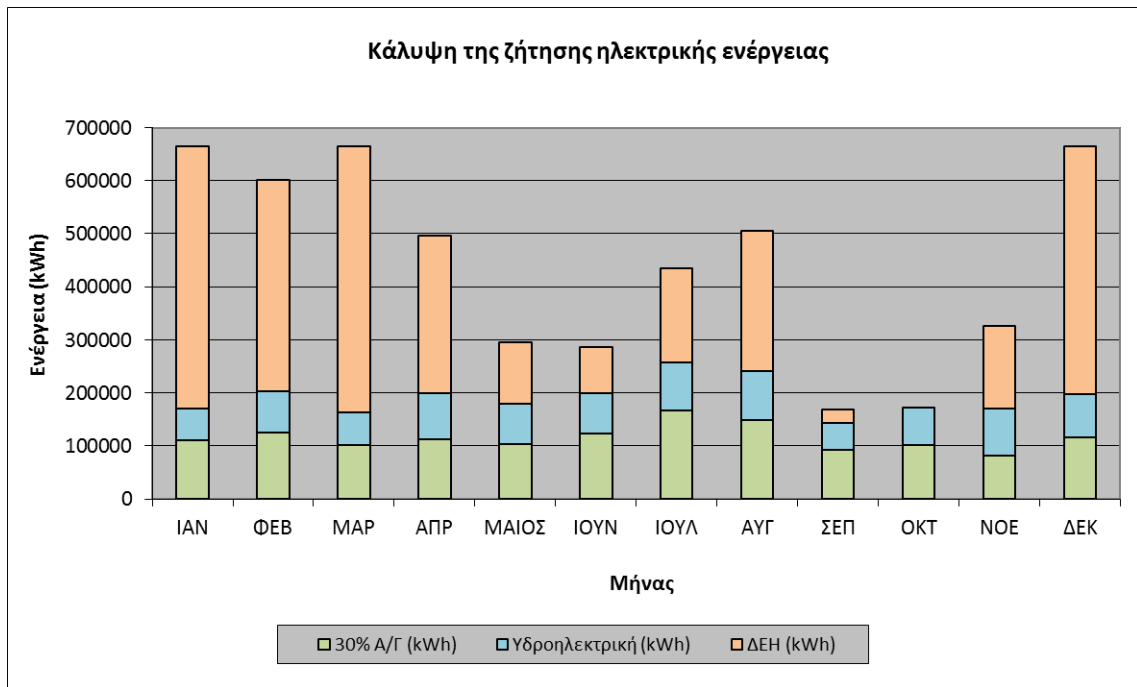


Σχήμα 6.39 – Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (σενάριο 3)



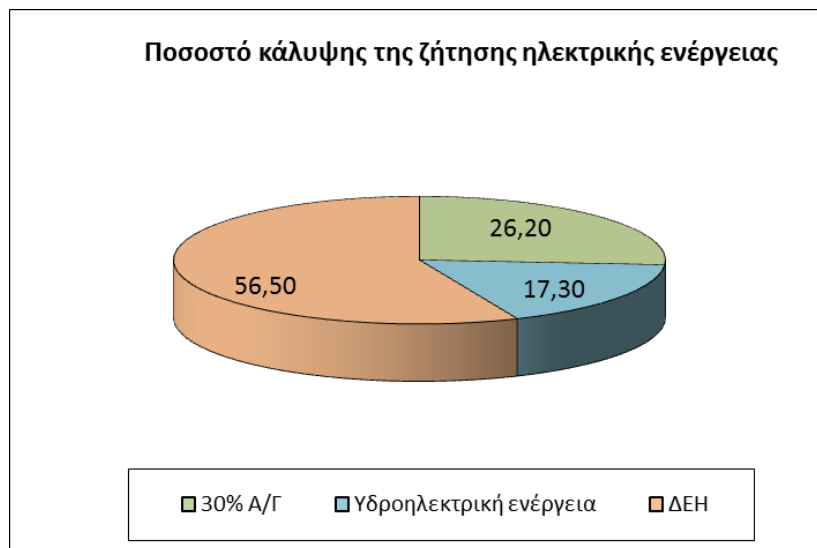
Σχήμα 6.40– Κάλυψη ετήσιας ζητούμενης ισχύος (σενάριο 3)

Αντίστοιχα με τα προηγούμενα σενάρια, στο Σχήμα 6.41 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο καλύπτεται η ζητούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο κατά το μήνα Οκτώβριο.



Σχήμα 6. 41 – Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 3)

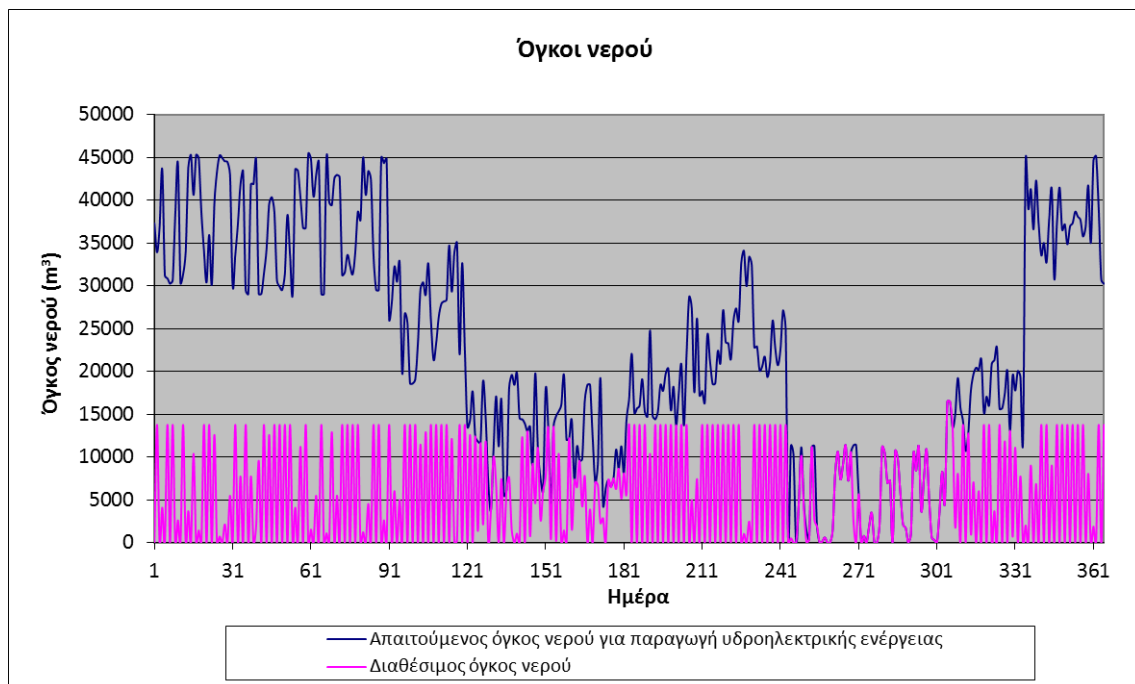
Στο Σχήμα 6.42 φαίνεται αναλυτικά ότι οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού κατά τη διάρκεια ενός έτους καλύπτονται κατά 26,20% από την απευθείας χρήση του 30% της αιολικής ενέργειας, κατά 17,30% από την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο 56,50% προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ.



Σχήμα 6.42 – Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές ενέργειας (σενάριο 3)



Σχήμα 6.43 – Ποσοστό αξιοπιστίας της κάλυψης της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 3)

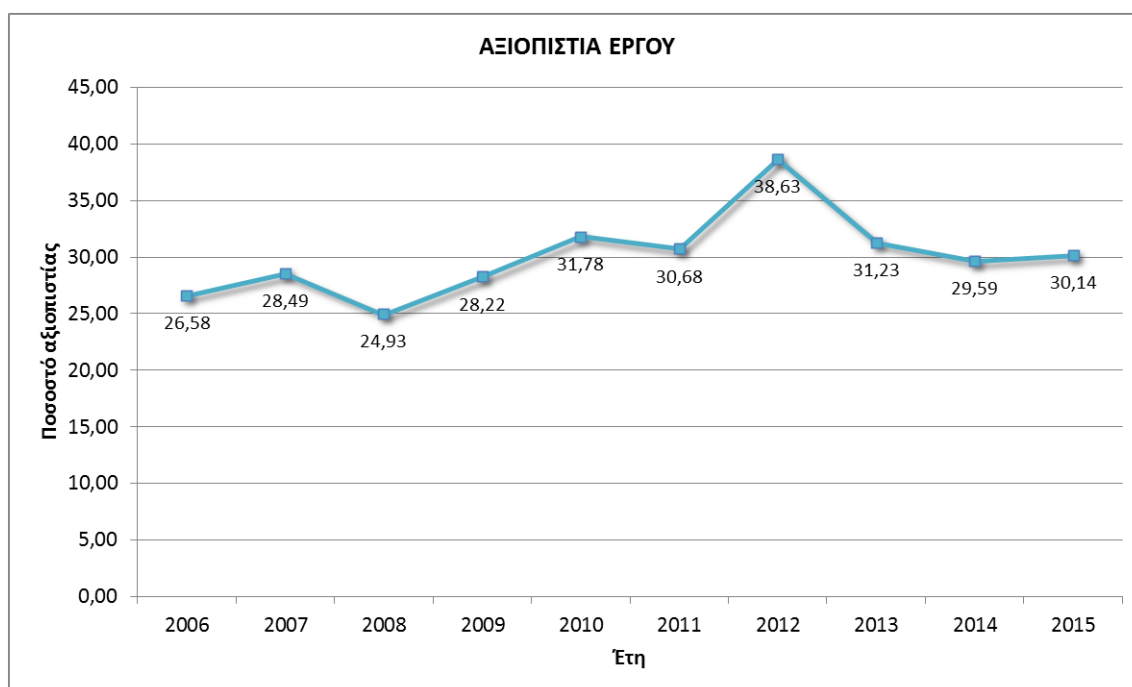


Σχήμα 6.44 – Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (σενάριο 3)

Στο Σχήμα 6.43, παρουσιάζεται η αξιοπιστία του έργου, δηλαδή το ποσοστό των ημερών, κατά τη διάρκεια ενός έτους, που το νησί καταφέρνει να είναι ενεργειακά αυτόνομο, λόγω του υβριδικού έργου. Αυτό επιτυγχάνεται σε ένα ποσοστό 21,10%, ενώ σε ένα ποσοστό 78,90% το νησί συνεχίζει να εξαρτάται από το δίκτυο της ΔΕΗ και το Σχήμα 6.44, δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τον

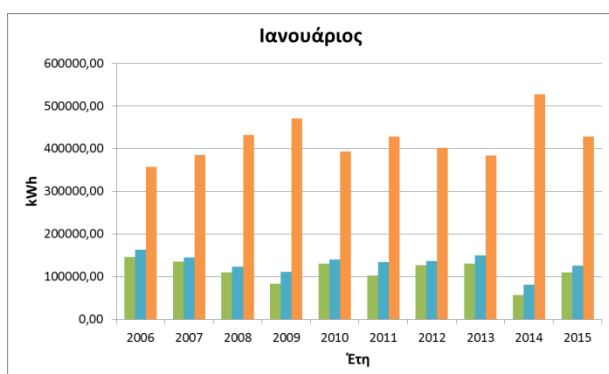
διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ημέρες που ο διαθέσιμος όγκος είναι ίσος με τον απαιτούμενο, το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο.

Η μελέτη της αξιοπιστίας του έργου για ανεμολογικά δεδομένα και δεδομένα θερμοκρασίας 10 ετών παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.45. Παρατηρείται μια διακύμανση της τάξης του 13,7% ανάλογα με τις τιμές ανέμου και θερμοκρασίας που επικρατούν στην περιοχή.

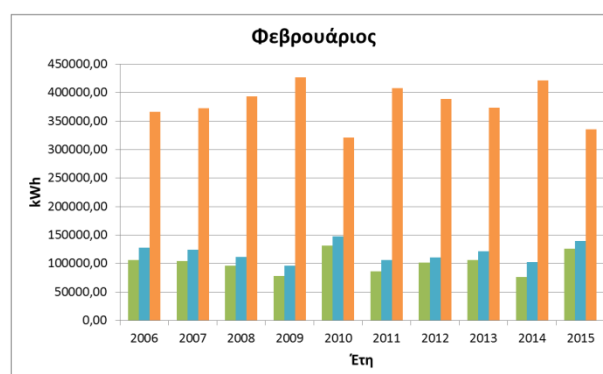


Σχήμα 6.45 – Ποσοστό ετήσιας αξιοπιστίας έργου για δεδομένα 10 ετών

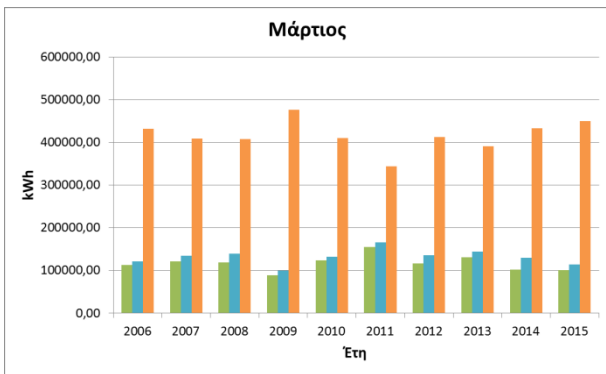
Στα Σχήματα 6.46 (α)-(ιβ) παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση του τρόπου κάλυψης της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το 30% των Α/Γ, την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και τη ΔΕΗ σε επίπεδο μήνα για περίοδο 10 ετών.



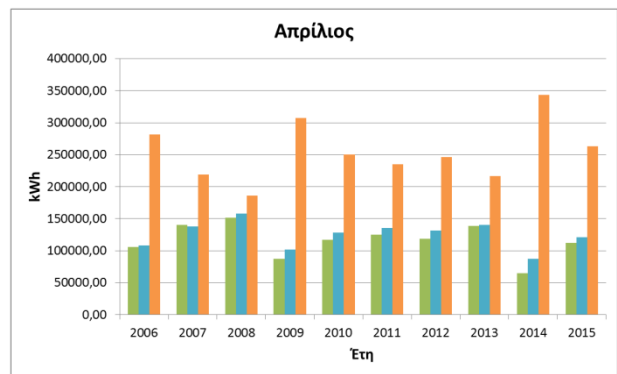
(α)



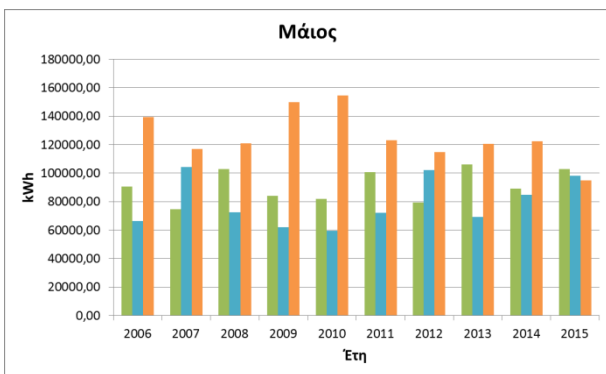
(β)



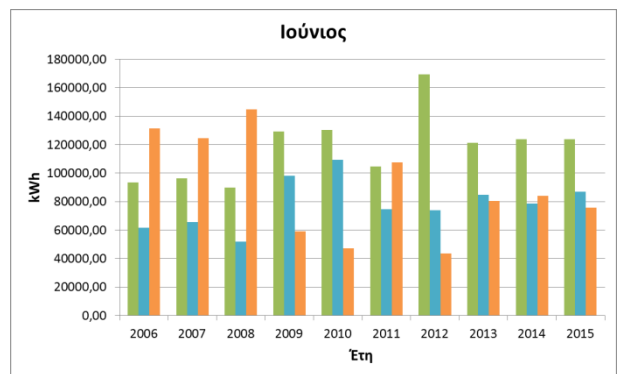
(γ)



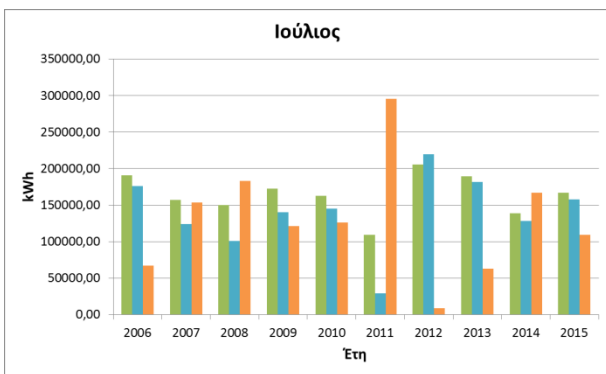
(δ)



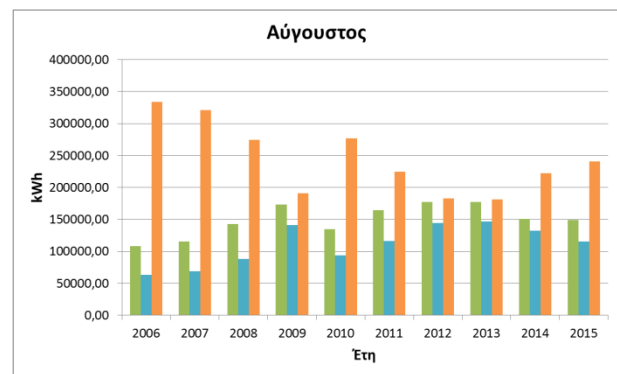
(ε)



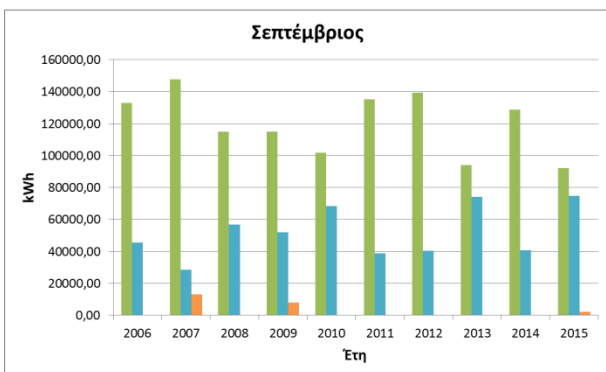
(στ)



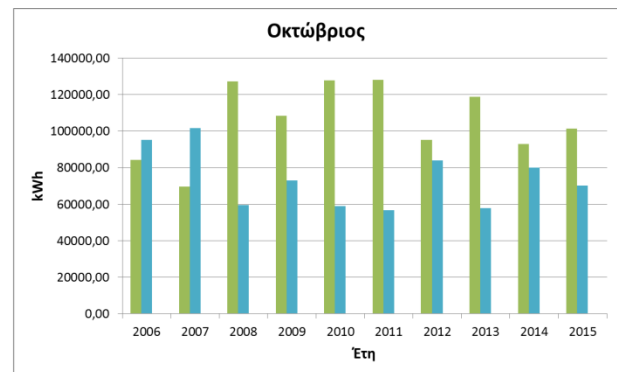
(ζ)



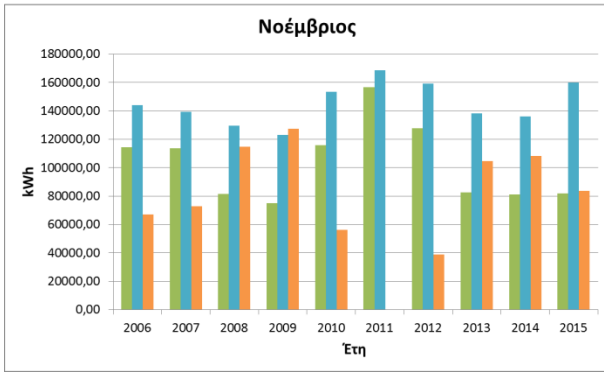
(η)



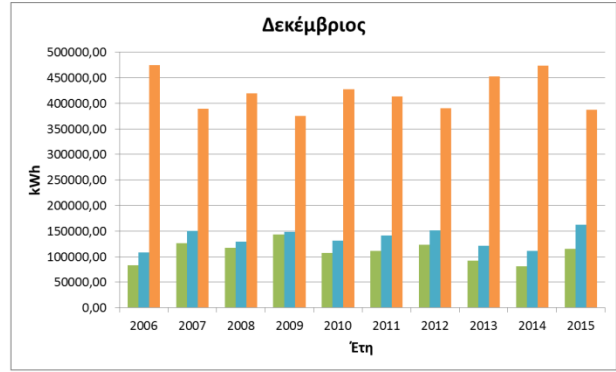
(θ)



(ι)



(ια)



(ιβ)

- 30% Α/Γ (kWh)
- Υδροηλεκτρική (kWh)
- ΔΕΗ (kWh)

Σχήμα 6.46 – Ετήσια διακύμανση τρόπου κάλυψης ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο μήνα για 10 έτη

7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΟΦΕΛΟΥΣ

7.1 Οικονομικές Έννοιες

Το κεφάλαιο αποτελεί το οικονομικό αγαθό, εκφρασμένο σε χρηματικές μονάδες, το οποίο έχει την ικανότητα να παράγει άλλα αγαθά.

Ο τόκος είναι η απόδοση (αύξηση) του κεφαλαίου για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Το επιτόκιο είναι ο τόκος του κεφαλαίου για μια νομισματική μονάδα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Χρηματοροή (cash flow) είναι το χρηματικό ποσό που εισέρχεται ή εξέρχεται από μία οικονομική μονάδα (επιχείρηση, νοικοκυριό) μία χρονική στιγμή. Οι θετικές χρηματοροές αποτελούν τα έσοδα, οι αρνητικές τα έξοδα και οι καθαρές χρηματοροές είναι η διαφορά θετικών και αρνητικών χρηματοροών.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) ή Net Present Value (NPV) εκφράζει την αξία που προκύπτει από την προεξόφληση στο παρόν όλων των ετήσιων καθαρών χρηματοροών που προβλέπονται σε ολόκληρο το χρονικό ορίζοντα ζωής μίας επένδυσης.

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{\tau=1}^n \frac{\text{ΚΤΡ}_{\tau}}{(1+\varepsilon)^{\tau}} \right] - E_0 \quad (7.1)$$

όπου,

ΚΤΡ: η καθαρή ταμειακή ροή, δηλαδή η διαφορά εσόδων – εξόδων σε κάθε περίοδο

ε : το επιτόκιο προεξόφλησης

n : η διάρκεια ζωής του έργου

τ : η περίοδος προεξόφλησης

E_0 : η αρχική επένδυση

Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return - IRR) εκφράζει το επιτόκιο προεξόφλησης στο οποίο η Καθαρή Παρούσα Αξία μηδενίζεται. Το επιτόκιο αυτό (ε) αποδίδει την εσωτερική αποδοτικότητα της επένδυσης (IRR) και υπολογίζεται από την επίλυση της εξίσωσης:

$$\text{ΚΠΑ} = 0 = \left[\sum_{\tau=1}^n \frac{\text{ΚΤΡ}_{\tau}}{(1+IRR)^{\tau}} \right] - E_0 \quad (7.2)$$

Στην ουσία το επιτόκιο προεξόφλησης ενσωματώνει το ρίσκο που αναλαμβάνει ένας επενδυτής προκειμένου να πραγματοποιήσει ένα έργο.

Αν $IRR > \epsilon$, αυτό σημαίνει ότι η απόδοση της επένδυσης είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση εγκρίνεται, καθώς είναι οικονομικά βιώσιμη.

Αν $IRR < \epsilon$, αυτό σημαίνει ότι η απόδοση της επένδυσης είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση απορρίπτεται, γιατί είναι ασύμφορη.

Αν $IRR = \epsilon$, η επένδυση είναι οριακή και ενδεχομένως η επένδυση να μην αποφέρει κέρδη.

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των πάγιων περιουσιακών στοιχείων μιας επένδυσης, όπως είναι ένα κτίριο ή ένα μηχάνημα, λόγω φθοράς ή τεχνολογικής απαξίωσης αντίστοιχα και θεωρητικά επιτρέπουν τη σταδιακή ανάκτηση του κόστους αγοράς των παγίων και την αντικατάστασή του μετά το τέλος της ζωής τους. Η επιβάρυνση αυτή δεν αποτελεί πραγματική ταμειακή εκροή, καθώς αυτή πραγματοποιήθηκε στον χρόνο της αγοράς τους, αλλά νόμιμη δυνατότητα μείωσης του φορολογητέου εισοδήματος. Οι συντελεστές απόσβεσης διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του πάγιου περιουσιακού στοιχείου και για στοιχεία με μικρό χρόνο ζωής οι συντελεστές είναι υψηλότεροι. Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων του κάθε στοιχείου πρέπει να είναι γνωστά το αρχικό κόστος επένδυσης, ο χρήσιμος χρόνος ζωής και υπολειμματική του αξία. Στην πράξη χρησιμοποιείται ένας σταθερός συντελεστής απόσβεσης στη θέση του χρήσιμου χρόνου ζωής. Όταν μια επιχείρηση δικαιούται να αποσβέσει ένα ποσό σε κάποιο οικονομικό έτος (καθορίζεται νομοθετικά), τότε το ουσιαστικό της κέρδος δεν είναι το ποσό αυτό αλλά το γινόμενο αυτού με το φορολογικό συντελεστή που χρησιμοποιείται για την φορολόγηση των κερδών της. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τον ισολογισμό, το ποσό της απόσβεσης αφαιρείται από τα καθαρά κέρδη, και αφού αυτά φορολογηθούν, προστίθεται ξανά στο ενεργητικό της.

Ως περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου ορίζεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί η δαπάνη της αρχικής επένδυσης από τις ετήσιες ταμειακές ροές μετά των φόρων. Όσο μικρότερη είναι η περίοδος ανάκτησης του κεφαλαίου τόσο ασφαλέστερη θεωρείται η επένδυση. Γενικά, επενδυτικά σχέδια με περίοδο ανάκτησης μεγαλύτερη των 7 έως 8 ετών θεωρούνται από τους επενδυτές ριψοκίνδυνα ή χαμηλής απόδοσης.

Το συνολικό κόστος μια επένδυσης σπάνια, αν όχι ποτέ, καλύπτεται από κεφάλαια του επενδυτή (ίδια κεφάλαια). Στην πράξη, ο επενδυτής θα αναζητήσει και άλλες πηγές χρηματοδότησης, όπως επιχορηγήσεις, στην περίπτωση που υπάρχει για τη συγκεκριμένη επένδυση και για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή τέτοια δυνατότητα, ή δάνεια από

πιστωτικά ιδρύματα (ξένα ή δανειακά κεφάλαια). Το κεφάλαιο που δανείζεται κάποιος επιστρέφεται σταδιακά με την αμοιβή του δανειστή. Δύο έννοιες που σχετίζονται με αυτή τη διαδικασία είναι το χρεωλύσιο, που είναι η επιστροφή του κεφαλαίου και ο τόκος που υπολογίζεται βάσει του επιτοκίου δανεισμού και του προς αποπληρωμή κεφαλαίου και αποτελεί στην ουσία την αμοιβή του κεφαλαίου. Η μέθοδος αποπληρωμής ενός δανείου γίνεται είτε με σταθερό χρεωλύσιο ή με σταθερό τοκοχρεωλύσιο, που αποτελεί τον πλέον συνηθισμένο. Ο υπολογισμός του τοκοχρεωλυσίου γίνεται με τη βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης:

$$T.A. = \frac{\varepsilon \cdot (1 + \varepsilon)^v}{(1 + \varepsilon)^v - 1} \cdot K \quad (7.3)$$

όπου,

T.Δ.: η τοκοχρεωλυτική δόση

ε: επιτόκιο δανεισμού

v: περίοδοι αποπληρωμής του δανείου (αριθμός δόσεων)

K: κεφάλαιο δανεισμού

7.2 Υπολογισμός Συνολικού Κόστους Κατασκευής Έργου

Τα κόστη των επιμέρους τμημάτων του έργου, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1, βασίζονται σε εκτιμήσεις, έπειτα από έρευνα κόστους εξοπλισμού και εγκατάστασης αντίστοιχων έργων.

Πίνακας 7.1 – Πίνακας εκτιμώμενων δαπανών προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού έργου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΟΥΣ ΦΟΥΡΝΟΥΣ ΚΟΡΣΕΩΝ		
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ (€)
1	Δαπάνες Μελετών-Επιβλέψεων-Αδειοδοτήσεων	
	Αρχιτεκτονική, Η/Μ μελέτες, Αδειοδότηση, Επιβλέψεις	100.000
2	Μονάδα αφαλάτωσης	
	Διαμόρφωση γηπέδου εγκατάστασης ΜΑ, δρόμος προσπέλασης, κατασκευή βάσεων για τον εξοπλισμό και υποδομές, περίφραξη, φωτισμός και μέτρα ασφαλείας	70.000
	Φρεάτιο άντλησης θαλασσινού νερού, φίλτρο, σωλήνες προσαγωγής -επιστροφής, εργασίες στη θάλασσα, σωλήνες	60.000

	τροφοδότησης	
	Εξοπλισμός: προεπεξεργασίας, φίλτρα, αντλιοστάσια θαλ/νού νερού, δεξαμενή, containers, μονάδες αφαλάτωσης RO	700.000
	Μεταφορά-εγκατάσταση εξοπλισμού	100.000
	Προμήθεια περνοφόρου ανυψωτικού μηχανήματος (fork-lift)	12.000
	Δοκιμές, θέση σε λειτουργία (commissioning)	25.000
	Αποκατάσταση και βελτίωση περιβάλλοντος χώρου	10.000
	Εκπαίδευση	10.000
3	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	
	Αντλιοστάσιο, αντλίες, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	150.000
4	Δεξαμενές	
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	100.000
5	Υδροστρόβιλος	
	Πλήρης εξοπλισμός υδροστρόβιλου (Υδροστρόβιλος, μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης)	600.000
	Αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	80.000
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	20.000
6	Ανεμογεννήτριες	
	Πλήρης εξοπλισμός ανεμογεννητριών Enercon 4 x E44 (μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης, γερανοί ανέγερσης)	3.000.000
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	30.000
	Εκπαίδευση προσωπικού	10.000
	ΣΥΝΟΛΟ	5.077.000
	ΦΠΑ (24%)	1.218.480
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ	6.295.480

7.3 Υπολογισμός Ετήσιων Δαπανών Λειτουργίας και Συντήρησης της Εγκατάστασης

Στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, τα οποία βασίζονται σε εκτιμήσεις, έπειτα από έρευνα κόστους λειτουργίας και συντήρησης αντίστοιχων έργων.

Πίνακας 7.2 – Πίνακας εκτιμώμενων δαπανών ετήσιας λειτουργίας και συντήρησης έργου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΕΤΗΣΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΟΥΣ ΦΟΥΡΝΟΥΣ ΚΟΡΣΕΩΝ		
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ (€)
1	Δαπάνες Διοίκησης – Διαχείρισης Έργου	
	Αμοιβή προσωπικού διαχείρισης	50.000
2	Μονάδα αφαλάτωσης	
	Συντήρηση μονάδας, χημική λειτουργίας και καθαρισμού, αντικατάσταση μεμβρανών	15.000

	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	30.000
3	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	
	Συντήρηση του εξοπλισμού, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	2.000
4	Δεξαμενές	
	Συντήρηση, αναλώσιμα	1.000
5	Υδροστροβίλος	
	Συντήρηση μονάδας, αναλώσιμα	4.000
6	Ανεμογεννήτριες	
	Συντήρηση μονάδας, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	8.000
	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	30.000
	ΣΥΝΟΛΟ	110.000
	ΦΠΑ (24%)	26.400
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ ΦΠΑ	136.400

Προκειμένου να επιτευχθεί η ομαλή λειτουργία του έργου, θα υπάρχει τμήμα διεύθυνσης και διαχείρισης αυτού, που θα είναι υπεύθυνο για τη συνεχή παρακολούθηση της λειτουργίας, την ανάλυση των στοιχείων, την προμήθεια των απαραίτητων αναλώσιμων, τον συντονισμό του υπόλοιπου προσωπικού, τις πληρωμές, την πραγματοποίηση των προγραμματισμένων συντηρήσεων, αλλά και την αντιμετώπιση τυχόν έκτακτων προβλημάτων στη λειτουργία του έργου. Για το σκοπό αυτό απαιτείται ένα άτομο για τη διεύθυνση του έργου και ένα άτομο για το λογιστήριο.

Η λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης και του υδροστροβίλου, καθώς και οι συντηρήσεις επί τόπου θα γίνονται από ειδικά εκπαιδευμένους τεχνικούς, με δυνατότητα εναλλαγής αυτών σε περιπτώσεις αδειών ή ασθένειας, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες που η ζήτηση αφαλατωμένου νερού είναι αυξημένη λόγω των τουριστών. Ταυτόχρονα για τις προβλέπεται η χρήση ενός περνοφόρου οχήματος (fork-lift) για την μεταφορά αναλώσιμων και για την πλήρωση της μονάδας αφαλάτωσης με χημικά. Για το σκοπό αυτό απαιτούνται τρεις τεχνικοί, πλήρους απασχόλησης.

Για τις Α/Γ προβλέπονται 2 τεχνικοί με ειδική εκπαίδευση για τις ανάγκες των ανεμογεννητριών και του συστήματος ελέγχου.

7.4 Αξιολόγηση Επένδυσης

Για να προχωρήσουμε στην ανάλυση του κόστους παραγωγής πρέπει να ορίσουμε το χρονικό ορίζοντα του έργου, δηλαδή ουσιαστικά την διάρκεια ζωής του τεχνικού εξοπλισμού. Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα έχουν συνήθως διάρκεια ζωής 25 ετών.

Το ύψος της επένδυσης ανέρχεται στα 6.295.480 €. Για το ποσό αυτό θα δοθεί επιχορήγηση κατά 75%, ήτοι 4.721.610 €, από επιχειρησιακό πρόγραμμα για την προώθηση των ΑΠΕ στα νησιά, θα ληφθεί τραπεζικό δάνειο για το 15% της επένδυσης, ήτοι 944.322 € και η ίδια συμμετοχή θα ανέρχεται στο 10%, ήτοι 629.548 €.

Η περίοδος αποπληρωμής του δανείου θα γίνει σε $n = 10$ έτη με τη μέθοδο των ισοτοκοχρεωλύσιων. Οπότε σύμφωνα με την εξίσωση 7.3 το τοκοχρεωλύσιο υπολογίζεται στα 134.450,21 € και η αποπληρωμή του δανείου θα γίνει όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.3

Πίνακας 7.3 – Αποπληρωμή δανείου

ΕΤΟΣ	ΤΟΚΟΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΤΟΚΟΙ	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΧΡΕΩΛΥΣΙΟΥ
0				944.322,00
1	134.450,21	68.347,67	66.102,54	875.974,33
2	134.450,21	73.132,00	61.318,20	802.842,33
3	134.450,21	78.251,25	56.198,96	724.591,08
4	134.450,21	83.728,83	50.721,38	640.862,25
5	134.450,21	89.589,85	44.860,36	551.272,40
6	134.450,21	95.861,14	38.589,07	455.411,26
7	134.450,21	102.571,42	31.878,79	352.839,84
8	134.450,21	109.751,42	24.698,79	243.088,42
9	134.450,21	117.434,02	17.016,19	125.654,40
10	134.450,21	125.654,40	8.795,81	0,00
	1.344.502,00	944.322,00	400.180,08	

Ο συντελεστής φορολογίας των καθαρών κερδών λαμβάνεται ίσος με 35%.

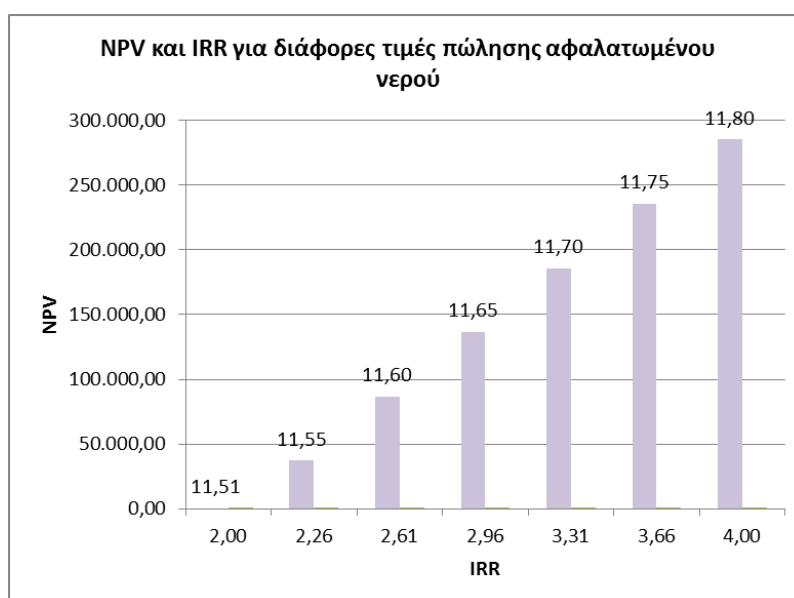
Το επιτόκιο προεξόλησης είναι 2%.

Ο συντελεστής απόσβεσης είναι 10% και η απόσβεση θα γίνει στα 10 πρώτα χρόνια.

Η υπολειμματική αξία του έργου θεωρείται μηδενική, με τη λογική ότι το κράτος παραχωρεί το δικαίωμα εκμετάλλευσης σε μια ιδιωτική εταιρεία για ορισμένο χρόνο (η οποία αναλαμβάνει την περάτωση και την αποπληρωμή του, αλλά αποκομίζει και τα όποια κέρδη απ' τη λειτουργία του) και μετά την παρέλευση του χρόνου αυτού το έργο μεταβιβάζεται πάλι στο κράτος, το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί το ίδιο το έργο ή να το παραχωρήσει πάλι σε άλλη εταιρεία.

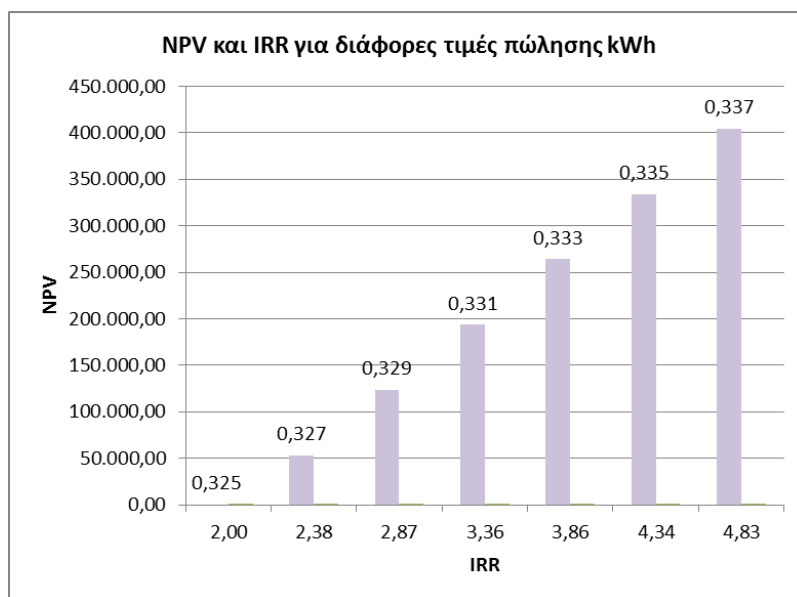
Τα έσοδα της επένδυσης προκύπτουν από την πώληση της ενέργειας και του νερού. Κατά τη διάρκεια ενός έτους το έργο καλύπτει το 54,26% της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, το 87,60% του νερού ύδρευσης και το 87,17% του νερού άρδευσης. Συνεπώς καλύπτει 2.824.135 KWh και 78.866 m³ νερού.

Η τιμή του κυβικού σήμερα στους Φούρνους Κορσεών ανέρχεται στα 10,00 € περίπου. Η Καθαρή Παρούσα Αξία στην επένδυση μηδενίζεται για τιμή 11,51 €/m³, οπότε για την τιμή αυτή ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης ισούται με το επιτόκιο και η επένδυση είναι οριακά συμφέρουσα. Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα της NPV και του IRR για διάφορες τιμές του νερού, με σκοπό να φανεί η αποδοτικότητα του έργου ανάλογα με την τιμή πώλησης του νερού.



Σχήμα 7.1 – NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού

Σύμφωνα με τη ΔΕΗ η τιμή της κίλοβατώρας ανέρχεται περίπου στα 0,1 €. Κάνοντας την ίδια διαδικασία αλλά με μεταβλητή τώρα την τιμή της ενέργειας και σταθερή την τιμή του αφαλατωμένου νερού, παρατηρούμε ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία μηδενίζεται για τιμή 0,325 €/kWh, οπότε για την τιμή αυτή ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης ισούται με το επιτόκιο και η επένδυση είναι οριακά συμφέρουσα. Στο Σχήμα 7.2 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα της NPV και του IRR για διάφορες τιμές της ενέργειας, με σκοπό να φανεί η αποδοτικότητα του έργου ανάλογα με την τιμή πώλησης της κίλοβατώρας.



Σχήμα 7.2 – NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης kWh

Παρατηρούμε ότι η NPV ανεβαίνει κατακόρυφα με μικρή αύξηση είτε της τιμής του αφαλατωμένου νερού είτε της τιμής της kWh.

Την διαφορά στην τελική τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού και της κιλοβατώρας από την σημερινή τιμή, που το νερό μεταφέρεται με υδροφόρες και η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται μέσω του δικτύου της ΔΕΗ της Σάμου, μπορεί να την καλύψει ο δήμος του νησιού, ο οποίος, με τα σημερινά δεδομένα, διαθέτει ένα σημαντικό ποσό στη μεταφορά πόσιμου νερού. Οπότε αυτό το ποσό μπορεί να διατεθεί για να καλύψει τη διαφορά αυτή προκειμένου οι κάτοικοι να μην δουν αυξήσεις στα πάγια έξοδά τους.

Ταυτόχρονα δεν πρέπει να παραληφθούν τα οφέλη από την ενεργειακή αυτονομία του νησιού στο ποσοστό που αυτό μπορεί να επιτευχθεί.

Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη από ένα τέτοιο έργο, όπως η αποφυγή χρήσης λιγνίτη ή η εξοικονόμηση καυσίμων από την μεταφορά νερού μέσω υδροφόρων που έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση του εκπεμπόμενου CO₂.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας επιχειρήθηκε μια παρουσίαση των διάφορων μορφών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και το θεσμικό πλαίσιο ενεργειακής πολιτικής στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς επίσης και μια βιβλιογραφική επισκόπηση των υβριδικών έργων με ΑΠΕ και της διαδικασίας της αφαλάτωσης. Τέλος, πραγματοποιήθηκε η μελέτη ενός υβριδικού συστήματος ως προς την κάλυψη ηλεκτρικών, υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών με τέσσερις Α/Γ, μία μονάδα αφαλάτωσης και έναν υδροστρόβιλο, σε ένα νησί. Για το σκοπό αυτό έγινε συλλογή και ανάλυση ανεμολογικών, υδρολογικών δεδομένων και αναγκών ύδρευσης, άρδευσης και ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα κύρια συμπεράσματα του πρώτου βιβλιογραφικού μέρους της παρούσας εργασίας, συνοψίζονται στα εξής:

- Οι περιβαλλοντικές συνέπειες από την καύση συμβατικών καυσίμων, καθώς και το ενδεχόμενο εξάντλησής τους, οδήγησε στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην ανάπτυξη υβριδικών συστημάτων με χρήση ΑΠΕ.
- Η Ελλάδα ενδείκνυται για την εγκατάσταση υβριδικών έργων με βάση την αιολική ενέργεια, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού αιολικού δυναμικού που διαθέτει.
- Η εγκατάσταση υβριδικών έργων συνεπάγεται κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες όμως αντισταθμίζονται από τα οφέλη αυτών και πολλές φορές μπορούν να ενταχθούν ομαλά στο υπάρχον περιβάλλον και να το αναδείξουν.
- Τα υβριδικά έργα είτε μπορούν να εγκατασταθούν ως ανεξάρτητα συστήματα ή να ενταχθούν σε υπάρχοντες σταθμούς παραγωγής βασιζόμενες σε συμβατικές μορφές ενέργειας, έπειτα από τις κατάλληλες παρεμβάσεις.
- Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα, σε τοπικό επίπεδο, της εγκατάστασης ΥΕ συνοψίζονται στη σημαντική προσφορά απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας όλη τη διάρκεια του χρόνου, με αποφυγή διακοπών ρεύματος και μείωση εκπεμπόμενων ρύπων.
- Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως σε σχέση με τους υδροστροβίλους δράσεως ενδείκνυται συνήθως για μικρά υδραυλικά ύψη και μεγάλες παροχές.
- Η σημασία της αφαλάτωσης στο πρόβλημα της έλλειψης νερού, γίνεται κατανοητή από τη ραγδαία αύξηση της παγκόσμιας εγκατεστημένης δυναμικότητας των μονάδων αφαλάτωσης τα τελευταία πενήντα χρόνια.

- Η αντίστροφη ώσμωση βρίσκει τη μεγαλύτερη εφαρμογή λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, της καταλληλότητας αυτών των συστημάτων για σύνδεση με Φ/Β ή ανεμογεννήτριες και της υψηλής παραγωγικότητας ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού σε σύγκριση με άλλες διαδικασίες αφαλάτωσης.
- Στις μεθόδους αφαλάτωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε συμβατικές ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ωστόσο όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης δεν μπορούν να συνδυαστούν με με όλες τις ΑΠΕ.

Τα κύρια συμπεράσματα του δεύτερου μέρους της παρούσας εργασίας, μετά τη συλλογή των δεδομένων και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, συνοψίζονται στα εξής:

- Ο πληθυσμός του νησιού αυξάνει κατά του θερινούς μήνες και την ανοδική αυτή πορεία, όπως είναι αναμενόμενο ακολουθεί και η ζήτηση του νερού ύδρευσης, κάτι που δεν συμβαίνει και με την ηλεκτρική ενέργεια, της οποίας οι ανάγκες είναι αυξημένες κατά τους χειμερινούς μήνες.
- Όταν το έργο αξιοποιείται μόνο για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών, το νησί πετυχαίνει περισσότερες μέρες αυτονομίας σε ηλεκτρική ενέργεια (σενάριο 1) σε σύγκριση με την περίπτωση που κάποια ποσότητα νερού αφαλατώνεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης (σενάριο 2).
- Στην μελέτη του έργου ένα 24ωρο του Αυγούστου παρατηρούνται κάποιες βραδυνές ώρες που οι ανεμογεννήτριες δεν λειτουργούν καθόλου, λόγω μειωμένου αιολικού δυναμικού.
- Στη μελέτη του τυπικού 24ωρου του Αυγούστου και του Δεκεμβρίου, μήνες με τις μεγαλύτερες ανάγκες σε αφαλατωμένο νερό και ηλεκτρική ενέργεια αντίστοιχα, το νησί εξαρτάται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό από το δίκτυο της ΔΕΗ και δεν καταφέρνει να αυτονομηθεί σε καμία χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του 24ωρου.
- Κατά τη μελέτη του τυπικού 24ωρου του Δεκεμβρίου επιτυγχάνεται απόλυτη αυτονομία σε νερό ύδρευσης και άρδευσης. Κατά τη μελέτη του τυπικού 24ωρου του Αυγούστου δεν ισχύει το ίδιο, ωστόσο η αξιοπιστία του συστήματος βρίσκεται σε πολύ υψηλά ποσοστά.
- Όταν αφαλατώνεται ολόκληρη η ποσότητα του νερού, πριν αντληθεί και οδηγηθεί στον υδροστρόβιλο (σενάριο 3) παρατηρείται αύξηση του ποσοστού συνεισφοράς της ΔΕΗ στις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση του ποσοστού των ημερών που το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο.

- Ταυτόχρονα, στο σενάριο 3, όπου το νερό αφαλατώνεται πριν αντληθεί, παρατηρούνται και μικρότερες ποσότητες διαθέσιμου νερού, γεγονός που σημαίνει ότι απαιτείται διαστασιολόγηση μικρότερης δεξαμενής αποθήκευσης.
- Από την μελέτη της ετήσιας αξιοπιστίας για δεδομένα 10 ετών παρατηρείται μια σχετική απόκλιση λόγω των διαφορετικών ανεμολογικών δεδομένων και δεδομένων θερμοκρασίας.
- Από την ανάλυση κόστους – οφέλους παρατηρείται ότι η τιμή πώλησης της kWh και του κυβικού μέτρου του νερού, πρέπει να αυξηθεί προκειμένου το έργο να είναι οικονομικά αποδοτικότερο για τον επενδυτή. Ωστόσο, εφόσον πλέον δεν θα απαιτούνται μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων νερού με τις υδροφόρες, το κέρδος από τη διακοπή αυτής της μεταφοράς μπορεί να διοχετευθεί στη διαφορά αυτή, προκειμένου να εξασφαλιστεί η σταθερή τιμή για τους κατοίκους.

8.2 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα μετά την περάτωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, έχουν προκύψει κάποια θέματα τα οποία χρήζουν μελλοντικής έρευνας. Καταρχάς προτείνεται η εφαρμογή της παρούσας μεθοδολογίας και σε άλλα νησιά της Ελλάδας που είτε είναι διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο της ΔΕΗ, είτε αποτελούν τα «Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά» τα οποία καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες από αυτόνομους ενεργειακούς σταθμούς, οι οποίοι παράγουν ενέργεια με την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων.

Επίσης, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η χρήση ακριβέστερων δεδομένων, όσον αφορά τόσο τις ανάγκες ύδρευσης, άρδευσης και ηλεκτρικής ενέργειας όσο και δεδομένων θερμοκρασίας και ανέμου, τα οποία έχουν ληφθεί από τον μετεωρολογικό σταθμό της γειτονικής Ικαρίας. Η δυνατότητα καταγραφής δεδομένων από το ίδιο το νησί μελέτης θα έδινε και τη δυνατότητα εξαγωγής ακριβέστερων αποτελεσμάτων. Ταυτόχρονα θα μπορούσε να γίνει ανάλυση αβεβαιότητας για όλα τα δεδομένα εισόδου.

Τέλος, η παραγωγή χρονοσειρών για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών απόκρισης του έργου θα παρείχε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την κάλυψη των αναγκών του νησιού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγελίδης Π., Σημειώσεις μαθήματος Υδροδυναμικά έργα, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, Ξάνθη, 2015.

Βρεττός Ε., Ενεργειακή Προσομοίωση και Βέλτιστη Διαστασιολόγηση Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ - Συσσωρευτών - Υδρογόνου, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2010.

Γεωργαντέας Ν., Σχεδιασμός, Περιβαλλοντική και Οικονομική Ανάλυση Υβριδικού Συστήματος Αιολικής, Ηλιακής Ενέργειας και Diesel για την Ενεργειακή Αυτονομία των Νησιών. Η Περίπτωση της Αστυπάλαιας, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2011.

Γκιάλα-Φήκαρη Σ., Μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή μικρού υδροηλεκτρικού συστήματος με υδρογεννήτρια 350W για αγροτικές εφαρμογές χαμηλού κόστους, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012.

Δαμίγος Δ., Καλιαμπάκος Δ., Σημειώσεις μαθήματος Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων στα πλαίσια του ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα, 2015.

Δήμας Π., Πλαίσιο στοχαστικής προσομοίωσης για το βέλτιστο σχεδιασμό υβριδικού συστήματος υδροηλεκτρικής – αιολικής ενέργειας: Διερεύνηση με βάση το υδροσύστημα Αλιάκμονα, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013.

Καλδέλλης Ι., Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας, Εκδόσεις Σταμούλης, Β' Έκδοση, 2005.

Καραγιάννης Ι., Οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση συστημάτων αφαλάτωσης νερού με χρήση ανανεώσιμων και μη πηγών ενέργειας . Εναλλακτικές στρατηγικές στον ελληνικό νησιωτικό χώρο., Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, Δεκέμβριος 2010.

Κατερινόπουλος Φ., Μικροϋδροηλεκτρικά έργα: Τεχνολογία, διαδικασία μελέτης και εφαρμογές, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα, Οκτώβριος 2007.

Κουτσογιάννης Δ., και Ξανθόπουλος Θ., Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, ΕΜΠ, Αθήνα, 1999.

Κορωναίος Χ., Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Σημειώσεις Μαθήματος ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», ΕΜΠ, Αθήνα, 2006.

Λιάτσου Χ., Συστήματα αφαλάτωσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2010.

Μεμάκη Α., Συγκριτική Αξιολόγηση Καλλιέργειας Ηλίανθου σε Τρεις Νομούς (Αιτωλοακαρνανία, Καρδίτσα και Κιλκίς), Διπλωματική Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας και Ανάπτυξης, Αθήνα, 2009.

Μουτάφης Παναγιώτης, Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα, 2008.

Μπαλάρας, Κ., Αργυρίου Α. και Καραγιάννης Φ., Συμβατικές & ήπιες μορφές ενέργειας, Εκδόσεις ΤεκΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα, 2006.

Μπαρτζώκας Χ., Ενεργειακά Βιώσιμες Κοινότητες. Η Περίπτωση της Πρώην Επαρχίας Αποκορώνου Χανίων. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα, Οκτώβριος 2009.

Μυσίρης Π., Αξιολόγηση ενός Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Νήσο Δονούσα, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, Ιούλιος 2015.

Νικητάκος Ν., Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Θαλάσσιο Περιβάλλον, Εκδόσεις Σιδέρη, 2008.

Παπαευθυμίου Σ., Συμβολή στην Ανάλυση Υβριδικών Αιολικών - Αντλησιοταμιευτικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012.

Παπαντώνης, Δ., Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 2008.

Παπαντώνης Δ., Υδροδυναμικές μηχανές: Αντλίες – Υδροστρόβιλοι, ΕΜΠ, Αθήνα, 2002.

Ράπτης Δ., Μελέτη αφαλάτωσης με μικρές μονάδες. Ειδικά με αυτόνομη μονάδα αντίστροφης ώσμωσης και χρήση ΑΠΕ, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 2012.

Ρίππη Α., Μαθηματική προσομοίωση υβριδικών συστημάτων. Το σύστημα της Ικάριας, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013.

Σαραφιανός Δ. και Σειραγάκης Μ., Τεχνοοικονομική μελέτη και σύγκριση υβριδικών συστημάτων. Εφαρμογή σε αυτόνομη κατοικία, Διπλωματική εργασία, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 2009.

Mohamed E., Papadakis G., Mathioulakis E., Belessiotis V., The effect of hydraulic energy recovery in a small sea water reverse osmosis desalination system; experimental and economical evaluation, *Desalination*, p. 241 – 246, Volume 184, November 2005.

Papaefthimiou S., Karamanou E., Papathanassiou S., Papadopoulos M., Operating policies for wind-pumped storage hybrid power stations in island grids, *IET Renewable Power Generation*, vol. 3, no. 3, Sept. 2009.

Tamburini M., A feasibility study for a Micro-hydro installation for the Strangford Lough Wildflowers & Conservation Association, Thesis, Energy Systems Research Unit, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, UK, September 2004.

Γεωπληροφοριακός χάρτης Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας: <http://www.rae.gr/geo/> (προσπέλαση 20/03/2016)

Εθνικό Τυπογραφείο, <http://www.et.gr/> (προσπέλαση 05/05/2016)

Ελληνική Στατιστική Αρχή, <http://www.statistics.gr/> (προσπέλαση 20/3/2016)

Ελληνικός Σύνδεσμος Ηλεκτροπαραγωγών από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, <http://www.hellasres.gr/> (προσπέλαση 05/05/2016)

Ενημερωτική Πύλη Κατασκευών Κεραίων, <http://keraies.eett.gr/> (προσπέλαση 28/04/2016)

Θεματικοί Χάρτες Εκτίμησης του Τεχνικά και Οικονομικά Εκμεταλλεύσιμου Δυναμικού της Αιολικής Ενέργειας στον Ελληνικό Χώρο από το ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/datainfo/maps.htm> (προσπέλαση 20/03/2016)

Ιστοσελίδα Φούρνων Κορσεών, <http://www.fournikorseon.gr/> (προσπέλαση 20/3/2016)

Κλιματολογία Σάμου από την ΕΜΥ, http://www.emy.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams.html?dr_city=Samos (προσπέλαση 20/3/2016)

Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, <http://www.pnvaigaiou.gov.gr/> (προσπέλαση 20/3/2016)

Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, <http://www.helarco.gr> (προσπέλαση 29/05/2016)

Υπουργείο Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού, Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού, <http://www.gnto.gov.gr/> (προσπέλαση 20/03/2016)

Φιλότης, Βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση, <http://filotis.itia.ntua.gr/> (προσπέλαση 28/04/2016)