



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

***Μεθοδολογία ανάπτυξης υβριδικού συστήματος ΑΠΕ για την κάλυψη
υδατικών και ενεργειακών αναγκών στη Βόρεια Κέρκυρα***

Δημήτριος Φορτώσης
Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2023

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας σηματοδοτείται και η ολοκλήρωση της φοίτησης μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στο κλείσιμο αυτού του σημαντικού κεφαλαίου, νιώθω την ανάγκη να αναφερθώ σε ορισμένους ανθρώπους που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια και έκαναν αυτό το ταξίδι ξεχωριστό.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ευάγγελο Μπαλτά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος, και τη συνεχή καθοδήγηση του όλο αυτό το διάστημα.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην υποψήφια διδάκτορα Σοφία Σκρουφούτα για την αμέριστη συνεισφορά της και την άμεση ανταπόκριση της για την επίλυση όλων των αποριών, που μου δημιουργήθηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά τους δικούς μου ανθρώπους, συμφοιτητές και φίλους, που έκαναν την εμπειρία μου όλα αυτά τα χρόνια μοναδική και ειδικότερα το συμφοιτητή μου Ιάσονα Νίκα-Νασιούλη, καθώς η κοινή μας πορεία στη σχολή όλα αυτά τα χρόνια αποτέλεσε την αφετηρία για μια δυνατή φιλία.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ στην οικογένεια μου και συγκεκριμένα στους γονείς μου Γιάννη και Ξένια και στα αδέρφια μου Αλεξάνδρα, Αλκιβιάδη και Φίλιππο για τη συνεχή υποστήριξη και ενθάρρυνση που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Δημήτριος Φορτώσης

Νοέμβριος 2023

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Extended Abstract

Introduction.....	6
Study Area.....	6
Methodology.....	9
Results.....	14
Conclusion - Future Research.....	17

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική αναφορά.....	19
1.2 Αντικείμενο μελέτης.....	20
1.3 Διάρθρωση εργασίας.....	20

2. Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας

2.1 Εισαγωγή.....	21
2.2 Γενικά στοιχεία υβριδικών συστημάτων.....	22
2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα υβριδικά συστήματα.....	22
2.3.1 Αιολική ενέργεια.....	22
2.3.2 Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	24
2.3.3 Ηλιακή ενέργεια.....	26
2.4 Αφαλάτωση.....	27
2.4.1 Γενικά στοιχεία Αφαλάτωσης.....	27
2.4.2 Αντίστροφη Ώσμωση (RO).....	29
2.5 Πράσινο Υδρογόνο.....	29

3. Περιοχή Μελέτης

3.1 Γενικά στοιχεία – Ιστορική ανασκόπηση.....	31
3.2 Μορφολογικά – Διοικητικά στοιχεία.....	32
3.3 Σεισμικότητα.....	33
3.4 Κλιματικά χαρακτηριστικά.....	33
3.5 Δημογραφικά στοιχεία.....	34
3.6 Υποδομές – Μεταφορές.....	35
3.6.1 Αερολιμένας.....	35
3.6.2 Ακτοπλοϊκή Σύνδεση.....	36
3.7 Χρήσεις γης.....	37
3.8 Ύδρευση – Άρδευση.....	38
3.9 Ενέργεια.....	38

4. Μεθοδολογία

4.1 Τεχνική περιγραφή έργου.....	40
4.2 Επεξεργασία ιστορικών χρονοσειρών μετεωρολογικών δεδομένων.....	41
4.2.1 Παραγωγή συνθετικής σειράς βροχόπτωσης.....	41

4.2.2	Παραγωγή συνθετικής σειράς θερμοκρασίας.....	43
4.2.3	Παραγωγή συνθετικής σειράς ανέμου.....	45
4.3	Εκτίμηση υδρευτικών, αρδευτικών και ενεργειακών αναγκών.....	48
4.3.1	Εισαγωγή.....	48
4.3.2	Υδρευτικές ανάγκες.....	51
4.3.3	Αρδευτικές ανάγκες.....	53
4.3.4	Ενεργειακές ανάγκες.....	58
4.4	Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας.....	61
4.4.1	Εκτίμηση παραγόμενης αιολικής ενέργειας.....	61
4.4.2	Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας από το υδροηλεκτρικό έργο.....	62
5.	Αποτελέσματα – Συζήτηση	
5.1	Προσομοίωση.....	64
5.2	Αποτελέσματα Ανάλυσης.....	65
5.3	Εναλλακτική λύση - Αποθήκευση ενέργειας με δεξαμενές υδρογόνου.....	73
6.	Συμπεράσματα – Μελλοντική έρευνα	
6.1	Συμπεράσματα.....	77
6.2	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	78
	Βιβλιογραφία.....	80

Extended Abstract

Introduction

The rapid development of certain activities, such as the burning of fossil fuels, deforestation and excessive farming, from the Industrial Revolution onwards, highly contributed to the greenhouse effect, which is the most important cause of the climate change. Already in the 1970s, the excessive increase in CO₂ concentration in the atmosphere, as indicated by multiple studies, led to the establishment of committees that aimed to convince the international community for the requirement of a treatment plan and the acquisition of a common policy of the states in response to climate change. On the 11th of December 1997, the Kyoto protocol was adopted, according to which industrialized countries and economies were committed to significantly reducing greenhouse gas emissions (GHG).

Greece, as a member state of the European Union, is called upon to implement the directive 2009/28/EK, according to which the contribution of Greece to the total energy consumption through renewable energy sources (RES), could rise up to 18%. Furthermore, Greece aims, through various constitutional/legal reforms and financial instruments such as the Recovery Fund, to implement a series of investments in order to carry out the green transition in the best possible way. These reforms mainly concern the standardization of licensing procedures for RES projects and the electrification of light transport.

RES technologies not only serve to address environmental problems such as the greenhouse gas emissions released by conventional production systems, but are also very useful for generating electricity in remote locations where other means of power are not available. The scientific community, taking advantage of the rapid development of these technologies, focuses on the utilization of specific renewable energy sources such as solar radiation, wind power, geothermal energy and biomass, which are reliable and cost-effective, and can be valuable alternatives to conventional energy sources. However, the availability of these energy sources fluctuates throughout the year, which makes the need for further research in the field of hybrid systems necessary. Hybrid systems can increase the exploitation of energy from RES and be a valuable solution to the problem of electrification of remote areas.

Study Area

Corfu is the capital of the Ionian Islands and the island with the highest population with the permanent residents rising 99,134. It is located in the northwestern part of Greece, on the Ionian Sea and at the entrance to the Adriatic Sea. Between the island and the mainland coast, there is a narrow strip of sea with the closest distance of

about 2 km between its northeastern shores and the shores of the city Agioi Saranda of Albania. In the southern part, this distance widens up to 10 km.

Corfu occupies a total area of 583.5 km² and has a coastline of 217 km. Its land is relatively flat, which urged the permanent residents to engage in agriculture in addition to tourism. However, there are three mountain ranges dispersed throughout the island. The first is located in the northern part and includes the tops of Pantokrator (917 m) and Stravoskiadi (849 m), the second occupies part of the central part, forming the tops of Agioi Dekka (529 m) and Stavros (450 m) and the third extends at the southern part of the island.

The climate of Corfu is Mediterranean with cool summers and mild winters. The coldest month of the year is January and the warmest is July. The winter is generally mild, but due to the winds arising from the north, and especially the Bora (coming from the Adriatic Sea), the cold sometimes becomes intense. In contrast, in summer the temperature does not reach high levels or exceed 39 °C. Corfu receives a lot of rainfall, of long duration with an average annual height of 1120.48 mm. This is due to the fact that the island is located west of the mountainous trunk of Greece, which presents a great recessional action and a high frequency of south-derived winds during the cold period of the year. Extreme weather events, such as snowfall and hail, occur with low frequency.

The objective of this study is the development of a hybrid system methodology to cover water and energy needs in northern Corfu. To this direction, the area of research that corresponds to the municipality of North Corfu, was demarcated through Corrine. It has an area of 205.3 km² and a maximum width of 28 km. A characteristic feature of this area is its mountainous nature, as well as the large number of streams and small rivers, the most famous of which is the Nymphs. North-west of the study area are the Diapontia Islands, which include Mathraki, Othonou and Erikousa.

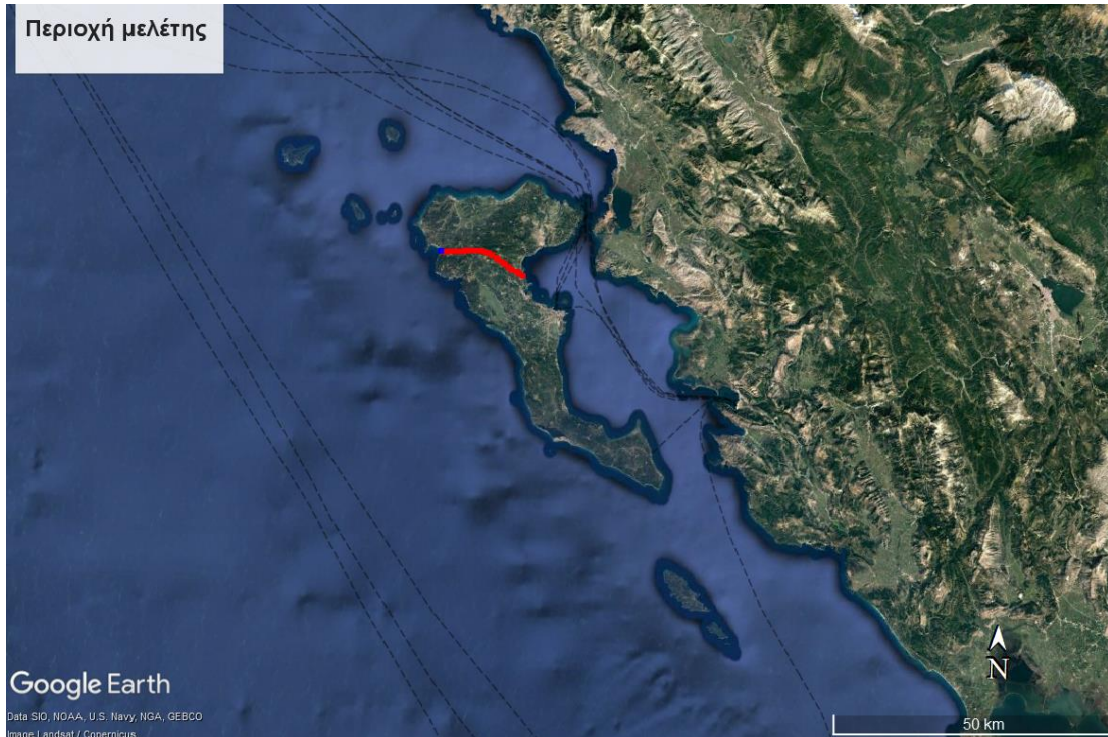


Figure 1: Study area (Source: Google Earth, 2023)

The population of the newly established municipality of North Corfu according to the last census of 2021 is 17,455 permanent residents. Diagram 1 shows the evolution of the resident population according to the censuses of 1991, 2001 and 2011.

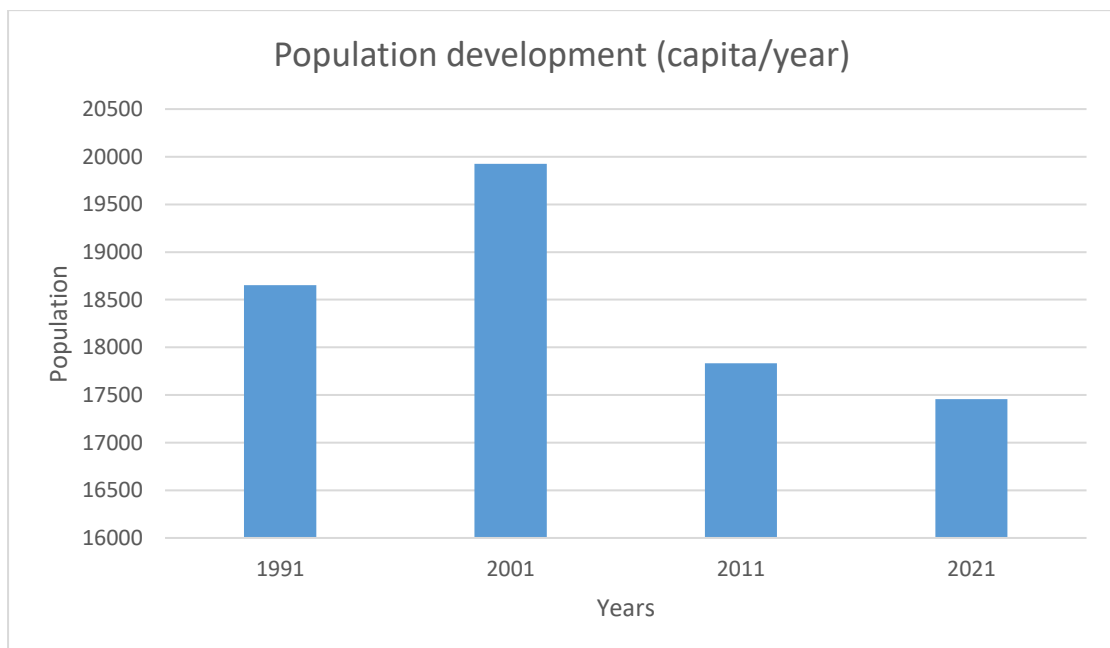


Figure 2: Population Development (Source: ELSTAT, 2023)

Methodology

This Hybrid System (HS) consists of a 12 Wind Turbine (W/T) wind farm with an installed capacity of 2,050 kW, a hydroelectric station with a seawater reservoir with a capacity of 3.8 hm³ nearby and a desalination unit with a capacity of 3 kW/m³. The hydroelectric station also has a pumping station with three 1,500 kW pumps to raise water in the reservoir, whose level varies between 107.5-150 m.

The forecasting of the meteorological data of a study area for the planning and proper operation of an HS is a typical example of long-term forecasting. Long-term forecasts are usually based on tracking and modeling historical data. In our case, the data used and processed to predict the meteorological data are the historical time series.

Historical data of the National Meteorological Service (NMS) from the Corfu station (16641) for rain, temperature and wind of the last years are used in this HS. These elements constitute the input data to the model and because they are governed by stochasticities, it is necessary to produce their synthetic time series. The synthetic time series were produced for 40 years, the same as the life of the project.

Thus, the production of the synthetic rainfall time series followed. The model used in this case is AR(1). This method represents a random process that supports that the precipitation in this case is linearly defined by its immediately preceding value, since the model is of first order, and by a stochastic term, the white noise, which measures the error. Finally, the conversion of the monthly synthetic time series into a daily one was carried out through the average daily variation, as it results from the historical data for each month. The same procedure was followed for the production of the daily synthetic time series of temperature.

For the production of the synthetic time series of the wind, which is one of the most important input data in the simulation, the historical data of the last 26 years (1997-2022) were used. However, The method applied in this case is based on Negra et al. (2007) and differs significantly from the method followed to produce the synthetic time series of temperature and precipitation. The steps followed for this method are:

- The classification of historic wind speed data based on their speed.
- The wind speed state probability.
- The state frequency.
- The average state duration.
- The transition rates, one for the transition up and one for the transition down.

Once 12 probability tables for each month are defined, it is possible to produce a synthetic wind speed time series. The step by step procedure is described as follows:

- The wind speed vector takes an initial value while the time variable receives the initial value of 0 hour. For the first simulation year, the initial wind speed vector takes the value that corresponds to the average historic wind speed.

- Two random numbers are created in the interval (0,1) one for the transition up and one for the transition down.
- Calculation of time to up (TTU) and time to down (TTD). h represents the simulation period which is one year.
- If $TTU < TTD$ the wind speed goes to the upper state after TTU hours
- If $TTD < TTU$ the wind speed goes to the lower state after TTD hours.
- Vector ws and variable t are updated
- The procedure is repeated until t is equal or exceeds h .
- Every time the initial wind speed vector takes the latest value of the previous synthetic wind speed times series.

The above methodology results in the production of the synthetic time series for one year. Therefore, this process is repeated 40 times for the lifetime of the project. The synthetic time series was produced using the Microsoft Excel 365 program.

The correct design of the HS requires, on the one hand, the collection of representative meteorological data of the study area, and on the other hand, the precise determination of the needs that the system will be asked to cover. Thus, the energy, water and irrigation needs are determined, taking into account the permanent population and its change over time. To determine the daily and monthly water needs of northern Corfu, it was assumed that the consumption for permanent residents is 150 L/day, while for tourists it is 200 L/day. In addition, due to the increased water demand in the summer months and in September, an additional 20% water consumption for the total population is calculated. Figure 3 shows the monthly variation of the daily consumption for the 1st year of operation of the system.

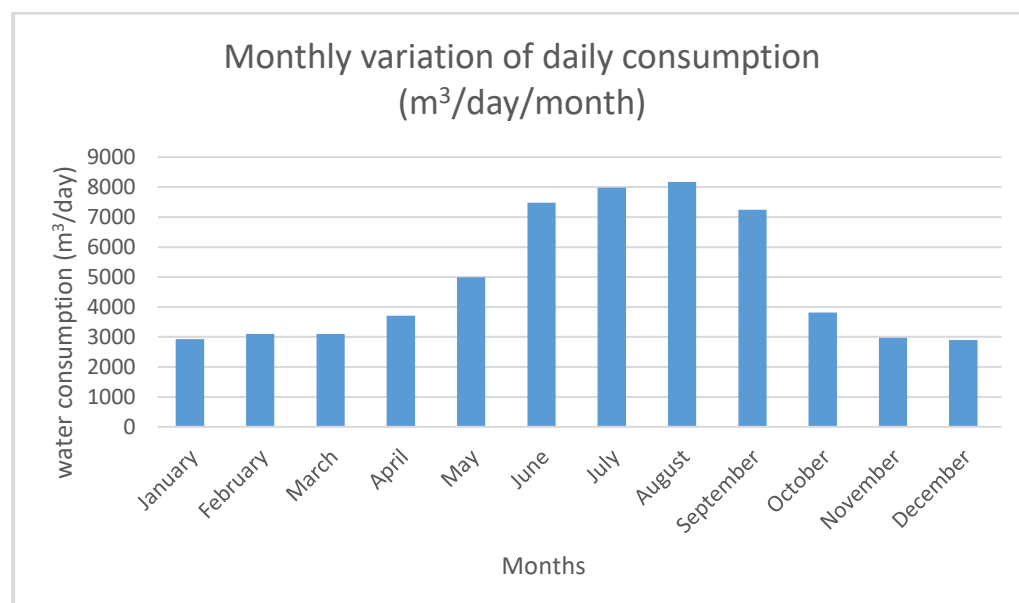


Figure 3: Monthly variation of daily consumption

To estimate irrigation needs, the Blaney-Criddle method is used (Zhan et al., 2018). According to this method, the potential evapotranspiration and consequently the irrigation needs of the crops are directly related to the average daily temperature and the average percentage of the hours of the day. Figure 4 shows the monthly variation of irrigation consumption for the 1st year of operation of the system.

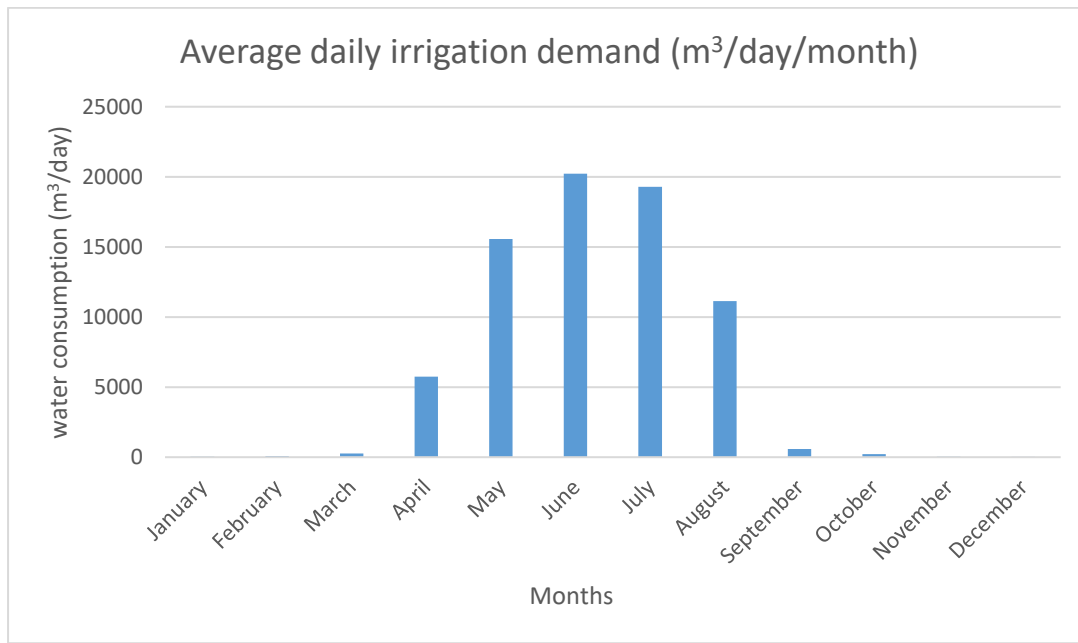


Figure 4: Average daily irrigation demand (m³/day)

Since it was not possible to find the data that determined the energy needs of the study area, their assessment was based on the energy needs of the neighboring island of Ithaca (Vourakis, 2022), as it was considered that the two islands show similarities both economically and in social characteristics. The data obtained are the average hourly, daily and monthly in demand which were then adjusted to the population of North Corfu. Table 1 shows the average monthly and daily electricity consumption for northern Corfu.

Table 1: Average monthly and daily electricity demand

Month	Population	Average monthly demand (MWh/month)	Average daily demand (MWh/day)
January	18983	6735.17	217.26
February	19856	5847.59	201.64
March	19856	4368.32	140.91
April	22911	4204.17	140.14
May	29338	6454.36	208,2

June	35521	10372.13	345.73
July	37607	14290.66	460.99
August	38431	14988.09	483.49
September	34551	10710.81	357.03
October	23421	5621	181.32
November	19225	5190.75	173.03
December	18862	6243.32	201.4

For the construction of the HS in the north of Corfu which is studied in this work, the construction of a wind farm in the north-eastern part of the island is considered important. The location of this arises with the aim of exploiting as much as possible the wind potential of the area. The wind park consists of 12 ENERCON E66/2000 type wind turbines. Figure 5 shows the power curve for an ENERCON E66/2000 wind turbine.

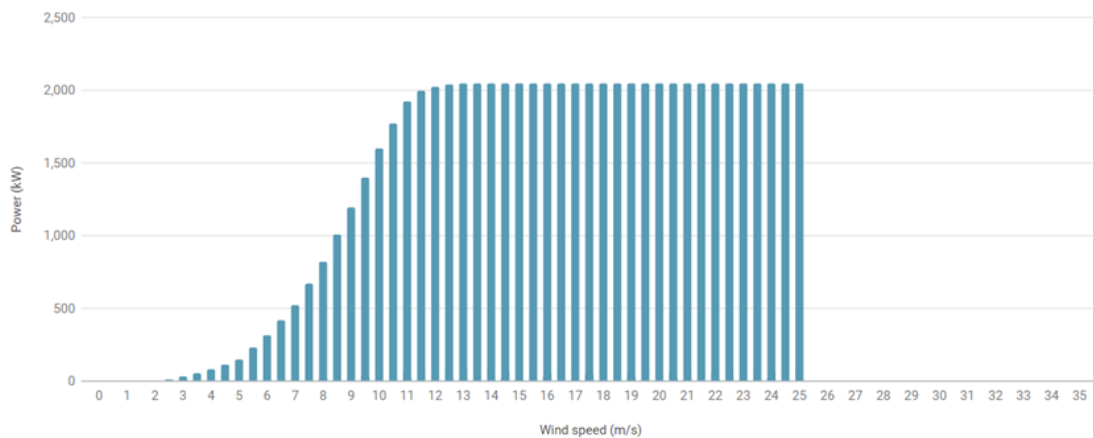


Figure 5: Power curve for ENERCON E66/2000 wind turbine

The hydroelectric project, which is part of the HS and was designed to cover as much as possible the energy demand peaks, consists of a seawater reservoir with a capacity of 3.8 hm³, a maximum water level $z_{max}=150$ m and a minimum level $z_{min}=100$ m. It also has three pumps of 1500 kW each, in order to pump and store the excess electricity coming from the wind farm. The hydro turbines located at the base of the HE/S convert the energy of water falling from a height of 100 m into rotating shaft power according to the equation (1):

$$E = \gamma * Q * H * n \quad (1)$$

Where:

- γ : The special weight of the water (9,81 kN/m³)
- Q: turbine flow rate (m³/s)
- H: The manometric height (m)
- n: The efficiency factor of the hydro turbine

The simulation of the model was carried out in a Microsoft Excel 365 environment, taking as input data:

- The hourly time series of energy demand
- Hourly water and irrigation demand time series
- The hourly time series of energy production from the wind farm
- The characteristics of the hydroelectric plant such as the elevation, the capacity, the maximum and minimum level of the reservoir as well as the number and power of the pumps used to raise the water
- The characteristics of the desalination plant, i.e. the power of the plant, the production of desalinated water and the capacity of the potable water tank

Based on the above, the following output data are again obtained in an hourly step:

- The time series of hydroelectric energy produced
- The time series of total energy from the renewable sources of the HS
- The time series of electricity deficit and its coverage by submarine cables
- The time series of produced quantity and deficit of hydrating water
- The time series of produced quantity and deficit of irrigation water
- The time series of the level fluctuation of the hydroelectric reservoir as well as the potable water tank
- The percentage of coverage of the energy demand from each form of energy production of the HS for each month

During the simulation of the HS, 30% of the energy produced by the W/T was chosen to be allocated directly to the network, while the remaining 70%, initially to the desalination unit for the production of drinking water and then, the excess to the pumping station for pumping of seawater to the HE/S reservoir. Thus, with the pumped storage method, the storage of the produced electricity and the supply of the network to cover the peaks of demand is achieved. Finally, the study area is supplied with electricity via submarine cables from mainland Greece only in the case of the inability to meet the energy demand from RES. The exact location of the units on the map is shown in figure 6.

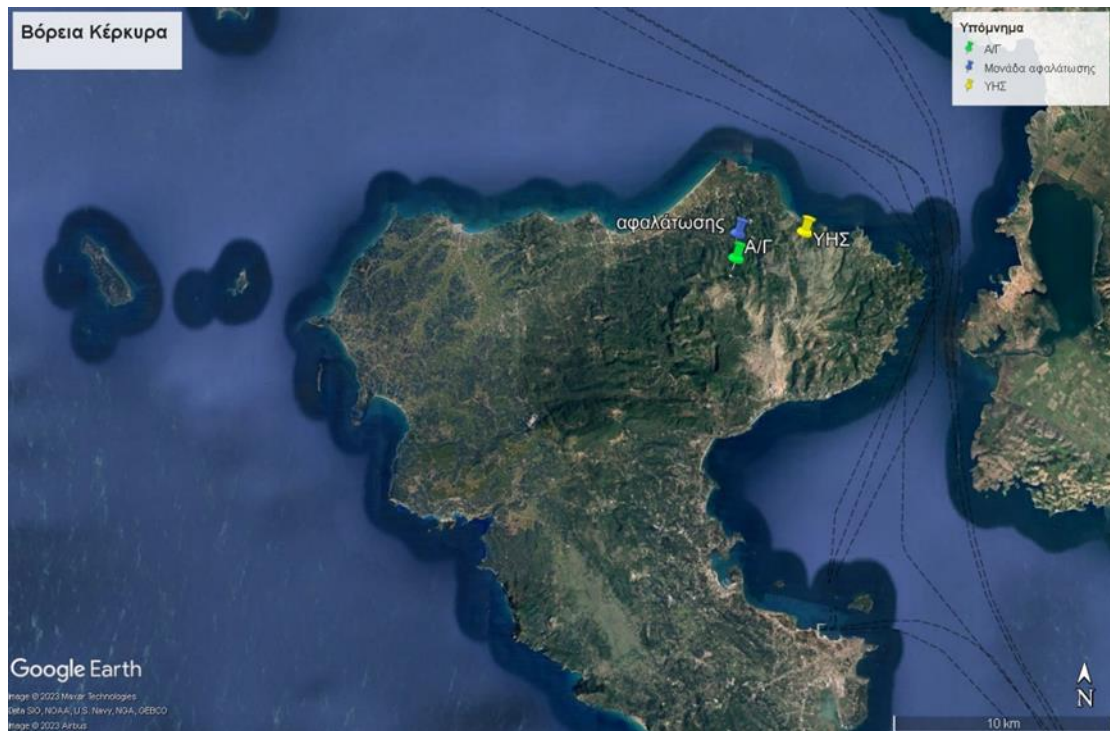


Figure 6: Positions of the hybrid system units on the map (Source: Google Earth, 2023)

Results

Taking into account that the coverage of water needs is of major importance for the study area, the design of the HS was carried out with the aim of fully covering them. Figures 7 and 8 show the average monthly demand and coverage of the water while also the irrigation needs of northern Corfu. Finally, figure 9 shows the total percentages of coverage.

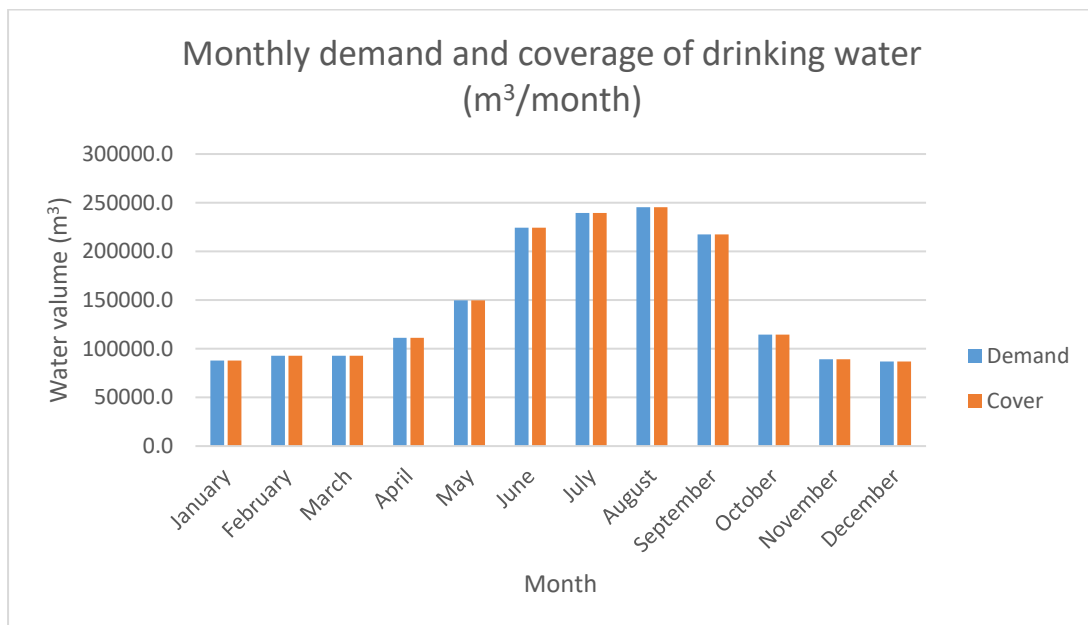


Figure 7: Monthly demand and coverage of drinking water

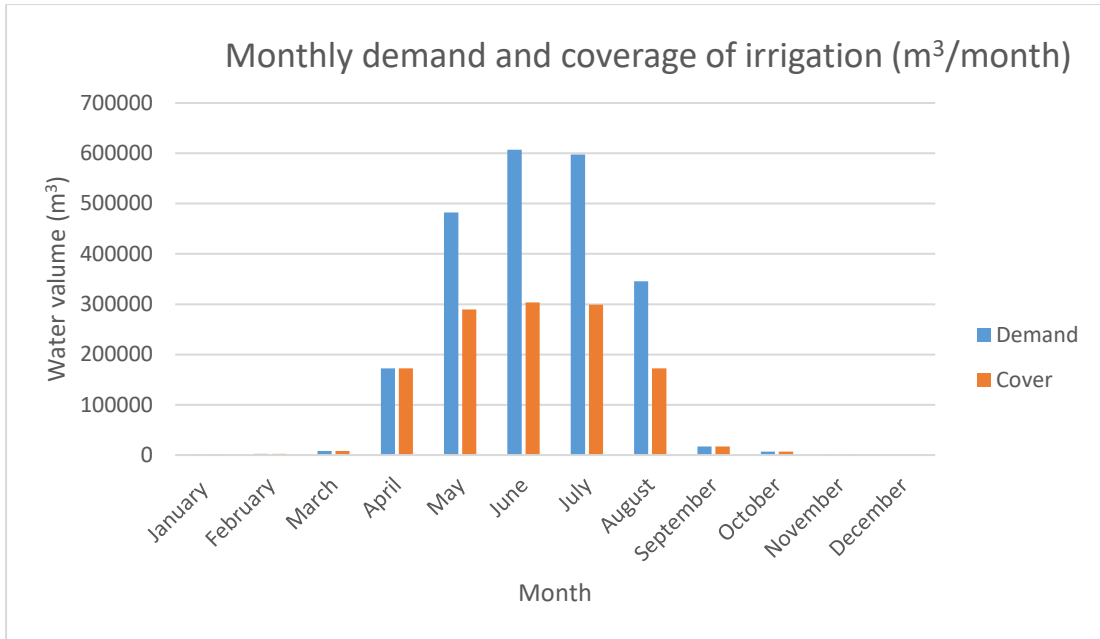


Figure 8: Monthly demand and coverage of irrigation

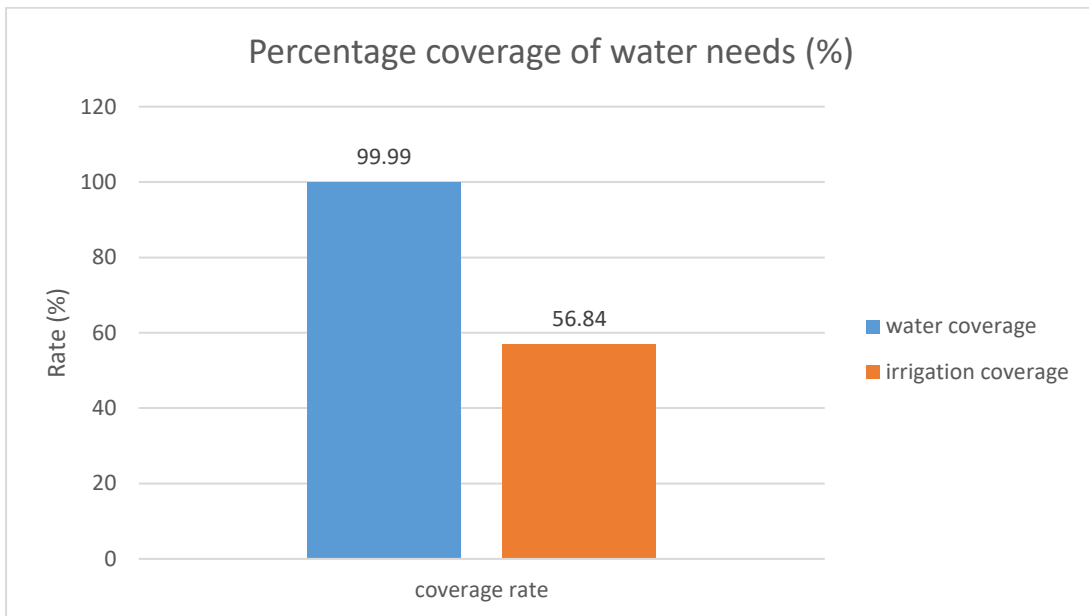


Figure 9: Percentage coverage of water needs

In addition, figure 10 shows the average monthly electricity produced by the W/T and how it is distributed to the HS.

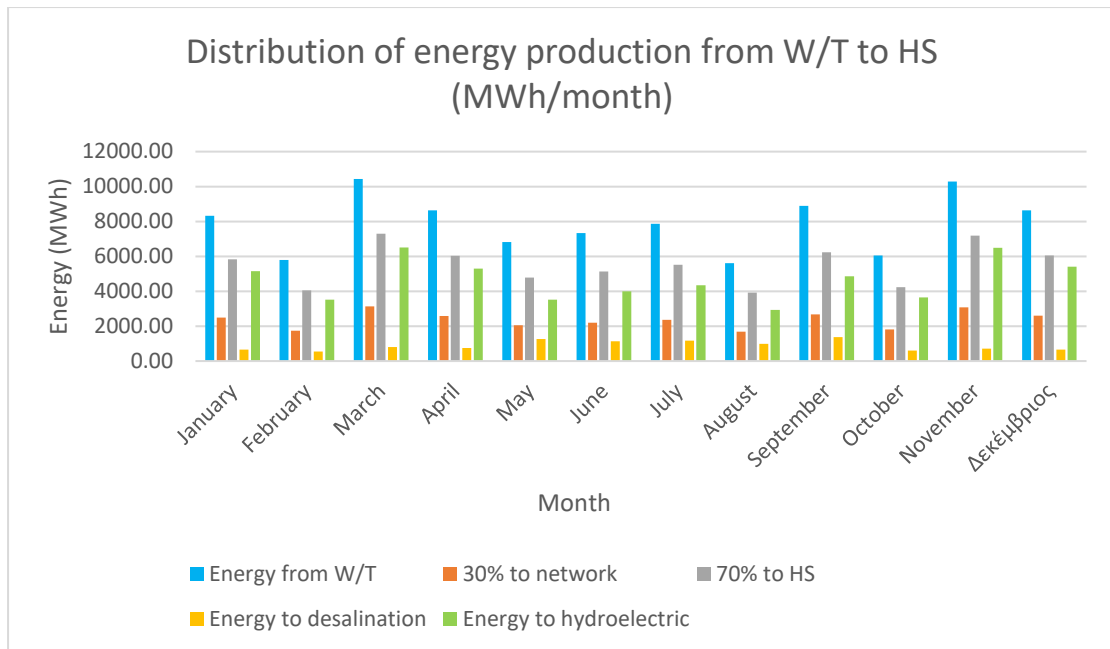


Figure 10: Distribution of energy production from W/T to HS

Apart from anything, however, the main goal of the HS is the highest possible coverage of energy needs. The HS contributes to the achievement of this goal in two ways. Initially by allocating 30% of the electricity produced by the W/T to the grid, and then through the HE/S. Figure 11 shows the percentage coverage of the energy needs of North Corfu.

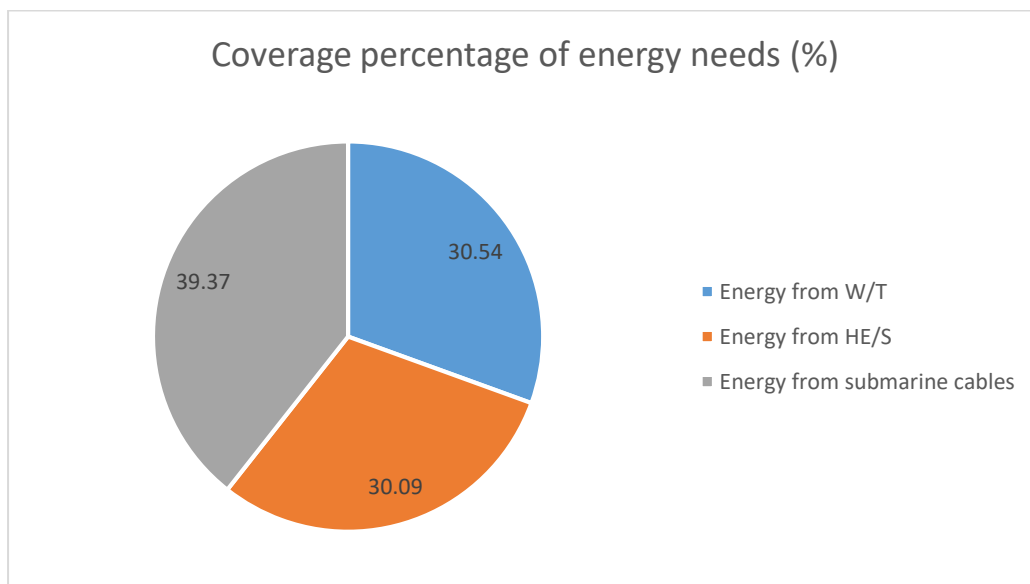


Figure 11: Coverage percentage of energy needs

In the context of this work, apart from the pumped storage method, the investigation of the energy storage scenario through a hydrogen tank was also carried out. Thus, keeping the other parameters of the HS constant (W/T park, desalination unit and potable water tank), it is investigated whether the energy needs of the study area can be met through hydrogen.

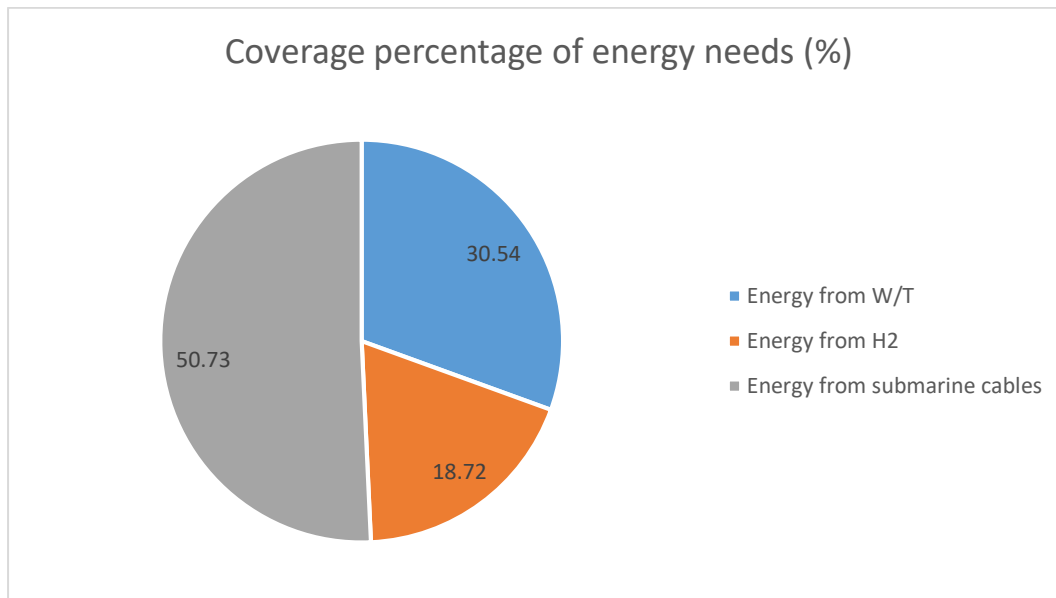


Figure 12: Coverage percentage of energy needs

So it is noticeable that with the existing data, the coverage rate of energy needs is quite low. In particular, of the total RES of the HS, the coverage reaches 49.27% (30.54% from W/T and 18.72% from hydrogen), in contrast to the case of energy storage with the pumped storage method where the total coverage amounts to 60.63% (30.54% from W/T and 30.09% from HE/S).

Conclusion-Future Research

The present thesis focuses on the development of the methodology followed for the correct design of an HS with RES. In the first phase, extensive reference is made to the basic characteristics that govern an HS, the RES that make it up and the desalination process and the conditions under which it can produce drinking water utilizing the excess energy of the system. At the same time, it is based on the 2 basic methods that are usually followed in HS for energy storage. In pumped storage and in the electrolysis methods.

From the HS simulation, some conclusions are drawn which are worthy of comment:

- The population of the study area shows a significant increase in the summer months, due to the tourist season and especially in August, when the population almost doubles. This results in a steep increase in needs during this period.
- During the dimensioning, a small but steady increase in the permanent population over time was also taken into account, with the consequence of the increase in water and energy needs year after year.
- The HS achieves its main goal, which is the coverage of water needs as it amounts to a percentage of 99.99%. In addition, it achieves significant coverage of irrigation needs at a rate of 56.84%.
- This HS uses the pumped storage method as a means of energy storage and thus achieves a significant coverage of energy needs, which reaches 60.63%. However, the alternative solution of energy storage with the method of hydrogen production is also being considered, which, however, seems to lag behind in terms of covering energy needs as in this case the coverage amounts to 49.27%.

Because the RES sector is a dynamically developing sector, it is important that this HS keeps pace with technological developments and utilizes them properly, thus optimizing its operation. Initially, the future investigation and utilization of new desalination technologies that will require less energy for the production of drinking water, can significantly contribute to energy savings, which then by supplying the electricity network, achieve greater coverage of energy needs.

In addition, in the future, the existing wind park can be expanded with new technology W/T's that can produce energy by taking advantage of the lower wind speeds that are often found in the study area and re-supply the electricity grid. This could contribute to meeting the energy needs of a larger part of the island.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική αναφορά

Ο κλάδος της ενέργειας, και ειδικότερα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποτελεί σήμερα έναν από τους πιο δυναμικά αναπτυσσόμενους κλάδους της επιστήμης, με αποτέλεσμα οι τεχνολογικές εξελίξεις να τρέχουν με φρενήρεις ρυθμούς. Αυτή η τάση οφείλεται στην παρουσία της κλιματικής κρίσης, της οποίας οι συνέπειες χρόνο με το χρόνο κάνουν όλο και πιο αισθητή την παρουσία της και δημιουργούν το εξής ερώτημα: Είναι εφικτή η κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών με τρόπο βιώσιμο;

Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι η παρουσία ΑΠΕ στις μέρες μας αποτελεί αναγκαιότητα και η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα που συμβάλλουν δυσμενώς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μονόδρομος. Στην Ελλάδα, η ανάγκη για εντονότερη παρουσία των ΑΠΕ στη σύνθεση του ενεργειακού μείγματος καθίσταται επιτακτική για ακόμη ένα λόγο. Τα ελληνικά νησιά, πολλά από τα οποία είναι μη διασυνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο, αδυνατούν να καλύψουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια και νερό. Το πρόβλημα εντείνεται ακόμη περισσότερο τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η μαζική άφιξη τουριστών οδηγεί σε αύξηση της ενεργειακής και υδρευτικής ζήτησης. Η παρουσία ΑΠΕ, και ειδικότερα ο συνδυασμός διαφορετικών μορφών ΑΠΕ, κρίνεται εξαιρετικά βιώσιμη καθώς τα περισσότερα νησιά έχουν υψηλό αιολικό δυναμικό και έντονη ηλιοφάνεια και συνεπώς η εγκατάσταση Α/Γ και φωτοβολταϊκών πάνελς θα συνέβαλλε στην αξιοποίησή τους.

Έτσι, τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και πιο έντονη η συζήτηση για την ανάγκη εγκατάστασης υβριδικών συστημάτων (ΥΣ) σε πολλά νησιά της ελληνικής επικράτειας. Τα ΥΣ αποτελούνται συνήθως από μια συμβατική μονάδα παραγωγής ενέργειας και μια ή περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Επιπλέον, τα ΥΣ μπορούν να δώσουν λύση και στο ζήτημα της αποθήκευσης ενέργειας μέσω της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης, όταν σε αυτά περιλαμβάνεται και υδροηλεκτρικός σταθμός με ταμιευτήρα. Με αυτό τον τρόπο, η περίσσεια ενέργειας τις ώρες χαμηλής ζήτησης μπορεί να αποθηκευτεί και να τροφοδοτήσει το δίκτυο τις ώρες υψηλής ζήτησης.

Τέλος, τα ΥΣ μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του φαινομένου της λειψυδρίας, που ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες ταλαιπωρεί πολύ τους κατοίκους των ελληνικών νησιών. Σε συνδυασμό με μονάδα αφαλάτωσης, η οποία αξιοποιεί μέρος της παραγόμενης ενέργειας από το ΥΣ για να μετατρέψει το θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό σε πόσιμο, αντιμετωπίζεται το ζήτημα της κάλυψης των υδατικών αναγκών.

1.2 Αντικείμενο μελέτης

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση για την ανάπτυξη ΥΣ, στο βόρειο τμήμα της νήσου Κέρκυρας. Συγκεκριμένα, αξιοποιώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και λαμβάνοντας υπόψιν μορφολογικά και πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του νησιού, επιλέγεται για το παρόν σύστημα ένα αιολικό πάρκο Α/Γ, μια μονάδα αφαλάτωσης και υδροηλεκτρικός σταθμός με αντλιοστάσιο, ώστε να είναι εφικτή η ανύψωση θαλασσινού νερού σε ταμειυτήρα, ενώ παράλληλα εξετάζεται και η εναλλακτική λύση της αποθήκευσης ενέργειας με τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης. Κατά την προσομοίωση του ΥΣ, δίνεται έμφαση στην κάλυψη κυρίως των υδρευτικών αναγκών και έπειτα στην κάλυψη των αρδευτικών και ενεργειακών αναγκών. Ζητούμενο της παρούσας εργασίας είναι η όσο το δυνατόν βέλτιστη προσομοίωση του συστήματος ώστε να καλύπτονται οι υδατικές κι ενεργειακές ανάγκες της περιοχής μελέτης, αλλά και ο προσδιορισμός της αξιοπιστίας του έργου.

1.3 Διάρθρωση εργασίας

Στο 2^ο Κεφάλαιο, γίνεται εκτενής αναφορά στα ΥΣ. Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων μορφών ΑΠΕ (αιολική, υδροηλεκτρική και ηλιακή) και ο ρόλος που έχουν στα πλαίσια ενός ΥΣ. Ακόμα, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά μίας μονάδας αφαλάτωσης και αναλύεται η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης.

Στο 3^ο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης. Αναφέρονται τα σημαντικότερα ιστορικά, μορφολογικά, πληθυσμιακά χαρακτηριστικά, παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τις χρήσεις γης και με τις βασικές δραστηριότητες των κατοίκων, καθώς και η υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά στην ύδρευση και την ενεργειακή κάλυψη του νησιού.

Στο 4^ο κεφάλαιο, αρχικά γίνεται η κατάλληλη επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας και του ανέμου. Έπειτα, προσδιορίζονται οι ενεργειακές, υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες της περιοχής μελέτης.

Στο 5^ο κεφάλαιο, περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθείται για το σχεδιασμό του ΥΣ και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

Στο 6^ο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά των σημαντικότερων συμπερασμάτων της παρούσας διπλωματική εργασίας, ενώ ακόμη καταγράφονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα ώστε το ΥΣ να βελτιστοποιήσει τη λειτουργία του.

2. Υβριδικά συστήματα ενέργειας

2.1 Εισαγωγή

Από τη μεταπολεμική περίοδο, κύρια τάση ήταν η οικονομική ανάπτυξη, με αποτέλεσμα τη διόγκωση των οικονομικών μεγεθών και τη συνεχή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Η περιβαλλοντική διάσταση ήταν ήσσονος σημασίας, όντας υποταγμένη στην ανάγκη να καλυφθεί με ταχείς ρυθμούς η αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι βιομηχανικές χώρες στο διάστημα 1950-1970 διπλασίασαν την κατανάλωση ενέργειας, καθώς αυτή λειτουργούσε ως ισχυρό αναπτυξιακό μέσο για την ανασυγκρότηση των χωρών μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο (Γελεγένης, Αξαόπουλος, 2005). Έκτοτε, η υπέρμετρη κατανάλωση ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή μείωση του αποθέματος των συμβατικών καυσίμων και των πρώτων υλών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η καύση των οποίων απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, γεγονός που οδηγεί σταδιακά στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Ήδη από τη δεκαετία του 1970, με αφορμή μελέτες που έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, συστάθηκαν οι πρώτες επιτροπές που είχαν ως στόχο να πείσουν τη διεθνή κοινότητα να ανταποκριθεί στο αίτημα για την εκπόνηση ολοκληρωμένου σχεδίου και τη χάραξη κοινής πολιτικής των κρατών για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση του φαινομένου της αλλαγής του κλίματος. Οι προσπάθειες αυτές απέδωσαν καρπούς, όταν στις 11 Δεκεμβρίου του 1997 υιοθετήθηκε το πρωτόκολλο του Κιότο, σύμφωνα με το οποίο οι βιομηχανικές χώρες υποχρεούνται να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά την πρώτη περίοδο εφαρμογής του πρωτοκόλλου. Έτσι γεννήθηκε η ανάγκη για περαιτέρω χρήση ΑΠΕ, που θα συμμετέχουν ουσιαστικότερα στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών χωρίς να απελευθερώνουν ρυπογόνες ουσίες κατά την παραγωγή ενέργειας. (Böhringer, 2003)

Η Ελλάδα σήμερα ως κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καλείται να εφαρμόσει την οδηγία 2009/28/ΕΚ, σύμφωνα με την οποία ο στόχος για τη χώρα μας ως προς την συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση, ανέρχεται στο 18%. Επίσης, φιλοδοξεί μέσω χρηματοδοτικών εργαλείων όπως το Ταμείο Ανάκαμψης να υλοποιήσει μια σειρά από επενδύσεις εφαρμόζοντας τις κατάλληλες μεταρρυθμίσεις, ώστε να πραγματοποιηθεί η πράσινη μετάβαση με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Οι μεταρρυθμίσεις αυτές αφορούν κατά κύριο λόγο την τυποποίηση των διαδικασιών αδειοδότησης για έργα ΑΠΕ και εξηλεκτρισμού των ελαφρών μεταφορών.

2.2 Γενικά στοιχεία υβριδικών συστημάτων

Οι τεχνολογίες ΑΠΕ δεν εξυπηρετούν μόνο στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως είναι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τα συμβατικά συστήματα παραγωγής, αλλά είναι πολύ χρήσιμες και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου δεν διατίθενται άλλα μέσα ισχύος. Η επιστημονική κοινότητα εκμεταλλευόμενη την αλματώδη ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών, εστιάζει στην αναζήτηση ΑΠΕ όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία και η βιομάζα οι οποίες να είναι αξιόπιστες, οικονομικά αποδοτικές, και να μπορέσουν να αποτελέσουν αξιόλογες εναλλακτικές λύσεις έναντι των συμβατικών πηγών ενέργειας. Εντούτοις, η μη διαθεσιμότητα αυτών των πηγών ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθιστά επιτακτική την ανάγκη περαιτέρω έρευνας στον τομέα των υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ. Τα ΥΣ μπορούν να αυξήσουν την εκμετάλλευση ενέργειας από ΑΠΕ και να αποτελέσουν μια αξιόλογη λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροδότησης απομακρυσμένων περιοχών. (Αγαπητίδου, 2021)

Ο όρος “Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας” αναφέρεται σε συστήματα όπου χρησιμοποιούνται πολλαπλές διατάξεις ενεργειακής μετατροπής, ή περισσότερα του ενός καύσιμα για την ίδια διάταξη, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Ένα ΥΣ συνήθως περιλαμβάνει μια συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με μια τουλάχιστον μορφή ΑΠΕ, διατάξεις αποθήκευσης, συστήματα εποπτείας και ελέγχου, καθώς και σύστημα διαχείρισης φορτίου. Με αυτήν την έννοια, τα ΥΣ αποτελούν μια εναλλακτική επιλογή αντί των συμβατικών συστημάτων, τα οποία τυπικά βασίζονται στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (Βρεττός, 2010).

2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα υβριδικά συστήματα

2.3.1 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνεται στις καθαρές μορφές ενέργειας καθώς δεν εκπέμπει ρύπους, με αποτέλεσμα το αντίκτυπο της στο περιβάλλον να είναι μικρότερο σε σύγκριση με την καύση ορυκτών καυσίμων. Το “καύσιμο” της είναι ανεξάντλητο και δωρεάν, γεγονός που την καθιστά μια από τις ελκυστικότερες λύσεις στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. (Πέττας, 2020)

Ο άνεμος είναι ένα φαινόμενο του οποίου πρωταρχική γενεσιουργός αιτία είναι η διαφορά της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης η οποία με τη σειρά της δημιουργεί διαφορές βαρομετρικής πίεσης σε παρακείμενους τόπους (Γκαγκανάτσιος, 2021). Αν δύο γειτονικές περιοχές δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία, τότε η ατμοσφαιρική πίεση της περισσότερο ψυχρής θα είναι μεγαλύτερη από της θερμότερης περιοχής, με αποτέλεσμα να μετακινείται αέρια μάζα από την ψυχρότερη προς τη θερμότερη περιοχή.

Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνεια της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ταχύτητας πάνω από 5.1 m/s σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος (ΚΑΠΕ, 1998). Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες. (Gurta, 2016)

Στην χώρα μας οι προσπάθειες κατασκευής αιολικών πάρκων λαμβάνουν χώρα κυρίως στην περιοχή του Αιγαίου, και συγκεκριμένα στις Κυκλάδες, στην Κρήτη, στην ανατολική και νοτιοανατολική Πελοπόννησο και στην Εύβοια (άνεμοι βόρειοι ως ΒΑ) καθώς αυτές οι περιοχές κρίνονται οι πιο ευνοημένες από πλευράς αιολικού δυναμικού. Από πλευράς οικονομικών συνθηκών όμως το πρόβλημα των νησιών είναι η μη ύπαρξη διασύνδεσης με το εθνικό δίκτυο, ώστε να υπάρχει απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας κατά την εποχή χαμηλής ζήτησης, εκτός τουριστικής περιόδου. Με τη θέσπιση του νόμου Ν2244/94, ο οποίος επιτρέπει την εγκατάσταση αιολικού πάρκου από ιδιώτες με την προϋπόθεση ότι η παραγόμενη ενέργεια θα πωλείται στην ΔΕΗ, η εγκατάσταση αιολικών πάρκων αυξήθηκε θεαματικά. (Μυρίδης, 2011)



Εικόνα 2.1: Χωρική κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα από Α/Γ (πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2023)

Οι ανεμογεννήτριες ανάλογα με τη διεύθυνση του άξονα, κατά τον οποίο περιστρέφονται, διακρίνονται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου και κάθετου άξονα. Κάθε μοντέλο ανεμογεννήτριας διαθέτει συγκεκριμένη καμπύλη ισχύος, από την οποία προκύπτουν η ελάχιστη ταχύτητα ανέμου που απαιτείται για να περιστραφεί ο έλικας, και η μέγιστη ταχύτητα ανέμου πέραν της οποίας η ανεμογεννήτρια παύει να λειτουργεί καθώς γεννάται ο κίνδυνος καταστροφής της. Επίσης, μέσω της καμπύλης ισχύος προκύπτει η παραγόμενη αιολική ενέργεια συναρτήσει της ταχύτητας ανέμου.

Ο ορθός σχεδιασμός ενός αιολικού πάρκου απαιτεί αφενός την σωστή ερμηνεία και αξιολόγηση των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής και αφετέρου την τήρηση ορισμένων προδιαγραφών και τεχνικών κριτηρίων αναφορικά με τη χωροθέτηση των Α/Γ. Συγκεκριμένα, η παρεμβολή εμποδίων στη ροή του ανέμου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού με αποτέλεσμα οι απώλειες ενέργειας να είναι σημαντικές. Έτσι στα αιολικά πάρκα εφαρμόζονται ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των Α/Γ, που ορίζονται με βάση τη διάμετρο της πτερωτής ως εξής (Σαρρή, 2008):

- 5 έως 9 διάμετροι κατά τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων
- 3 έως 5 διάμετροι κάθετα στην επικρατούσα διεύθυνση

2.3.2 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Από την αρχαιότητα, οι άνθρωποι αξιοποιούσαν την υδραυλική ενέργεια μέσω υδρόμυλων, για το άλεσμα των δημητριακών και άλλων δραστηριοτήτων (ελαιοτριβείο, πριονιστήρια κ.α). Οι πρώτες απόπειρες για την εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού έγιναν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Έκτοτε, η υδροηλεκτρική ενέργεια θεωρείται μέσο οικονομικής ανάπτυξης, ενώ έχει και πολύ μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον σε σύγκριση με την καύση ορυκτών καυσίμων.

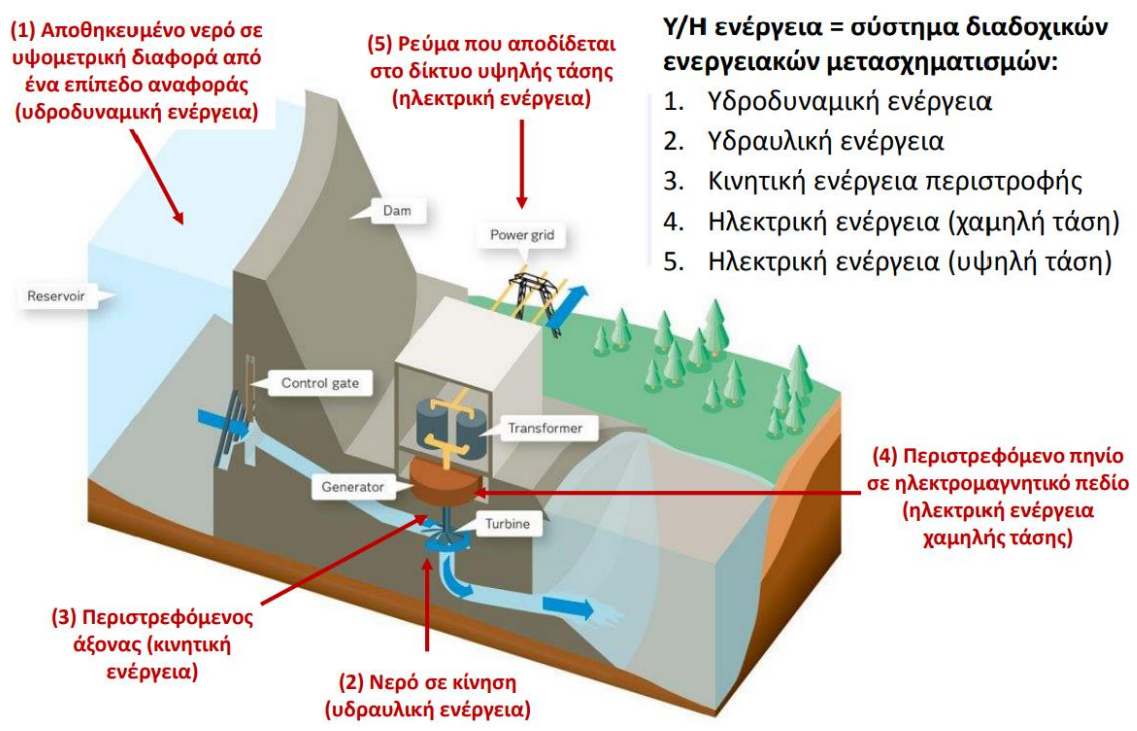
Στη χώρα μας πριν την ίδρυση της ΔΕΗ είχαν τεθεί σε λειτουργία πολύ μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 5.8 MW. Από την ίδρυση της ΔΕΗ έως και το 1975, κατασκευάστηκαν 7 μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ) (Άγρας, Λάδωνας Ν. Πλαστήρας, Κρεμαστά, Καστράκι, Εδεσσαίος και Πολύφυτο) και ένα μικρός ΥΗΣ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1411.4 MW. Έκτοτε, τέθηκαν σε λειτουργία επιπλέον 9 μεγάλοι και 5 μικροί ΥΗΣ ενώ σήμερα βρίσκονται υπό κατασκευή 2 μεγάλοι που αναμένονται να παραδοθούν τα επόμενα χρόνια. (ΔΕΗ, 2023)

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύ των ΥΗΣ της ΔΕΗ Α.Ε ανέρχεται σε 3217.4 MW ενώ η μέση ετήσια υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας είναι περίπου 4,020 GWh, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 8-10% της συνολικής παραγωγής ενέργειας της ΔΕΗ. (ΔΕΗ, 2023).

Οι ΥΗΣ ανάλογα με την ύπαρξη ή μη φράγματος και μεγάλων δεξαμενών διακρίνονται σε μικρής και μεγάλης κλίμακας. Βασικό πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών σταθμών μικρής κλίμακας είναι οι μικρότερες επιπτώσεις που ενδέχεται να έχουν στο περιβάλλον, καθώς είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε ποτάμι χωρίς να παρεμβαίνουν στη ροή του. Το γρήγορα τρεχούμενο νερό θέτει σε λειτουργία τις τουρμπίνες του σταθμού παράγοντας έτσι μηχανική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω γεννήτριας.

Αντίθετα, οι ΥΗΣ μεγάλης κλίμακας με φράγμα έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν νερό στον ανάντη ταμιευτήρα και να καλύπτουν έτσι την ενεργειακή ζήτηση σε ώρες αιχμής.

Οι βασικότερες παράμετροι που συνθέτουν έναν ΥΗΣ μεγάλης κλίμακας είναι το φράγμα ή ο ταμιευτήρας νερού που χρησιμοποιείται ως μέσο αποθήκευσης, το υψόμετρό του, από το οποίο εξαρτάται το ύψος πτώσης, ο αγωγός πτώσης, από τον οποίο το νερό καταλήγει στον υδροστρόβιλο, ο υδροστρόβιλος που μετατρέπει την υδραυλική ενέργεια σε ενέργεια περιστρεφόμενου άξονα, ο μετασχηματιστής που χρησιμεύει για τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε ρεύμα υψηλής ή υπερυψηλής τάσης, και ο αγωγός φυγής που οδηγεί το αξιοποιούμενο νερό από τους υδροστρόβιλους στο φυσικό περιβάλλον. (Λεμονής, 2020)



Εικόνα 2.2: Βασικά χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων (πηγή: Ευστρατιάδης κ.α, 2019)

Τα υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς τα ενεργειακά χαρακτηριστικά συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας αλλά και με άλλες ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, οι ΥΗΣ διαθέτουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης (ειδικά έναντι όλων των συμβατικών μεθόδων και ΑΠΕ) και παράγουν ενέργεια χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις (εν αντιθέσει με τις Α/Γ). Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και το κόστος συντήρησης είναι σχετικά χαμηλό. Επιπλέον τα υδροηλεκτρικά έργα πολλές φορές έχουν συμβολή και στην αντιπλημμυρική προστασία της εκάστοτε περιοχής ενώ παράλληλα το νερό του ταμιευτήρα χρησιμοποιείται συχνά για την εξυπηρέτηση και άλλων αναγκών πέρα των ενεργειακών όπως η ύδρευση και η άρδευση.

2.3.3 Ηλιακή ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια είναι η φωτεινή ακτινοβολία και θερμότητα που προέρχεται από τον ήλιο και η οποία αξιοποιείται με τη χρήση μιας σειράς συνεχώς εξελισσόμενων τεχνολογιών με πιο σημαντικές την ηλιακή θέρμανση και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας με στόχο την παραγωγή θερμότητας, ενώ στη δεύτερη εφαρμογή, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών (Polarpedia, 2023).

Τα φωτοβολταϊκά είναι ουσιαστικά τεχνητοί ημιαγωγοί (συνήθως από πυρίτιο), οι οποίοι ενώνονται με σκοπό να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί παράγουν ηλεκτρική τάση απορροφώντας φωτόνια από την ακτινοβολία του ήλιου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Συγκεκριμένα, όταν το φως του ήλιου, που αποτελείται από μικρές δέσμες ενέργειας, προσπίπτει σε ένα ηλιακό πάνελ, κάποιες από τις δέσμες ενέργειας ανακλώνται, άλλες το διαπερνούν, και άλλες απορροφώνται από αυτό. Αυτές του απορροφώνται είναι ουσιαστικά αυτές που παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω φωτοβολταϊκών πλαισίων κατατάσσεται στις ΑΠΕ και διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα, πρόκειται για καθαρή ενέργεια η οποία συμβάλλει σημαντικά στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μειώνοντας έτσι το αποτύπωμα άνθρακα. Παράλληλα, η ελάχιστη συντήρηση που χρειάζονται σε συνδυασμό με την αθόρυβη λειτουργία τους, καθιστά τα φωτοβολταϊκά πάνελ μια βιώσιμη λύση. (Ρίππη, 2013)

Ωστόσο, η τεχνολογία φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει και πολλά μειονεκτήματα. Βασικότερο είναι ο χαμηλός συντελεστής απόδοσης ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 12%-20%, με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγάλος χώρος εγκατάστασης για την παραγωγή επαρκούς ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, μπορεί η ηλιακή ενέργεια να θεωρείται πράσινη ενέργεια, ωστόσο η εγκατάσταση των ηλιακών πάνελ έχει συχνά ρυπογόνο οπτικό αντίκτυπο και επηρεάζει έτσι αρνητικά το φυσικό περιβάλλον. Τέλος, η διαδικασία αποθήκευσης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

είναι δυσλειτουργική, καθώς οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν υψηλό κόστος και είναι ογκώδεις. Παρόλα αυτά, με την τεχνολογική ανάπτυξη στο συγκεκριμένο κλάδο να είναι σημαντική, αναμένονται σύντομα εξελίξεις ώστε η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας να είναι λιγότερο προβληματική. (Stanislav Vezmar et al., 2014)

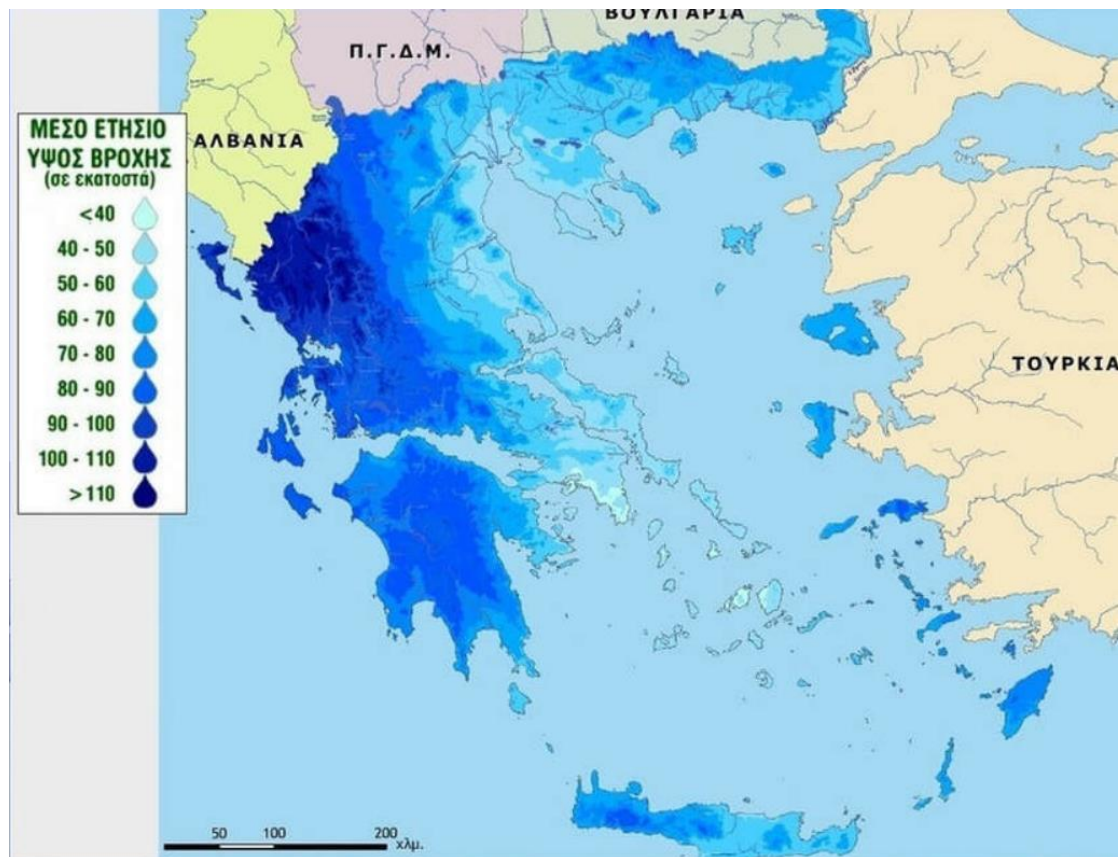
2.4 Αφαλάτωση

2.4.1 Γενικά στοιχεία

Με τον όρο αφαλάτωση χαρακτηρίζουμε οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης των αλάτων από μια αλατούχα ουσία και συνήθως από αλατούχα ύδατα. Επομένως, η αφαλάτωση αποτελεί μια μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες και βρίσκει εφαρμογή σε περιοχές δίπλα στη θάλασσα, οι οποίες είναι φτωχές σε πόσιμο νερό. (Καραχάλιου, 2010)

Η Ελλάδα, παρότι κρίνεται ως ευνοημένη, καθώς είναι πλούσια σε υδατικούς πόρους και σήμερα δεν αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα υδροδότησης, θεωρείται ευάλωτη τόσο στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όσο και σε ανθρωπογενείς παράγοντες που επηρεάζουν το διαθέσιμο νερό. Συγκεκριμένα, παρά την φαινομενική αφθονία σε πόσιμο νερό, τους θερινούς μήνες παρατηρούνται ελλείματα (υψηλότερη ζήτηση από προσφορά) που οφείλονται κυρίως στη (Green Agenda, 2019):

- Χρονική και γεωγραφική ανισοκατανομή βροχοπτώσεων. Ο μεγαλύτερος όγκος βροχής παρατηρείται στη δυτική Ελλάδα και τα Ιόνια νησιά και ο χαμηλότερος στην ανατολική Ελλάδα.
- Χρονική και γεωγραφική ανισοκατανομή ζήτησης. Κατά τους θερινούς μήνες καταγράφεται εκτίναξη της ζήτησης για πόσιμο νερό, λόγω του μαζικού τουριστικού κύματος που εισρέει στη χώρα.



Εικόνα 2.3: Μέσο ετήσιο ύψος βροχής στον ελλαδικό χώρο σε εκατοστά (πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2023)

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες αφαλάτωσης, οι οποίες διακρίνονται σε 2 βασικές κατηγορίες. Στις μεθόδους στις οποίες διενεργείται αλλαγή φάσης, και σε αυτές στις οποίες οι διεργασίες πραγματοποιούνται σε μια μόνο φάση, την υγρή. Στην πρώτη κατηγορία, ανήκουν η πολυβάθμια εκτόνωση, η πολυβάθμια εξάτμιση, η εξάτμιση με συμπίεση ατμών και η ηλιακή απόσταξη, ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν η αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis, RO) και η ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED).

Για να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος αφαλάτωσης πρέπει να ληφθεί υπόψιν ένα σύνολο κριτηρίων. Τα βασικότερα εξ αυτών είναι:

- Η προέλευση του νερού τροφοδοσίας. Διαφορετική μέθοδος χρησιμοποιείται για θαλασσινό και διαφορετική για υφάλμυρο νερό.
- Η προοριζόμενη χρήση του παραγόμενου νερού.
- Η διαθεσιμότητα ενέργειας. Η ενέργεια που καταναλώνεται ποικίλει ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.
- Η δυνατότητα εξασφάλισης εξειδικευμένου δυναμικού. Σε απομακρυσμένες περιοχές και νησιά όπου η εξασφάλιση κατάλληλου προσωπικού είναι δύσκολη, επιλέγεται η -όσο το δυνατόν- πιο απλή μέθοδος.

2.4.2 Αντίστροφη ώσμωση (RO)

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος αφαλάτωσης στη χώρα μας είναι αυτή της αντιστροφής ώσμωσης. Η μέθοδος αυτή ενώ βασίζεται στο φαινόμενο της ώσμωσης, ακολουθεί την αντίστροφη διαδικασία από την ορθή ώσμωση, η οποία συναντάται πολύ συχνά στη φύση και στους ζωντανούς οργανισμούς. Σύμφωνα με την ορθή ώσμωση, όταν δύο διαλύματα με διαφορετικές συγκεντρώσεις (πυκνότητες) χωρίζονται από μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε το διάλυμα με τη μικρότερη συγκέντρωση τείνει να διαχυθεί μέσω της μεμβράνης προς το πυκνό διάλυμα μέχρι να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις τους (Μουτάφης, 2008). Αντίθετα, κατά την αντίστροφη ώσμωση σε μια μονάδα αφαλάτωσης, το αλατούχο διάλυμα πιέζεται μέσω τεχνητής πίεσης να περάσει την ημιδιαπερατή μεμβράνη προς το θάλαμο του καθαρού νερού, παραμένοντας το αλάτι στο θάλαμο του αλατούχου διαλύματος. Η πίεση που απαιτείται ώστε να επιτευχθεί η αντίστροφη ώσμωση και να διοχετευθεί το θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό μέσα από την ημιδιαπερατή μεμβράνη, εξαρτάται από την συγκέντρωση αλάτων στο νερό τροφοδοσίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας, τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση που απαιτείται για να ξεπεραστεί η οσμωτική πίεση.

Για να παραχθεί νερό καλής ποιότητας που θα εξυπηρετεί τις υδρευτικές ανάγκες και θα πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές, η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού αποτελείται από τρία στάδια επεξεργασίας. Αρχικά, στο πρώτο στάδιο (στάδιο προεπεξεργασίας) γίνεται ο καθαρισμός των μεμβρανών από άλατα και μικροοργανισμούς. Έπειτα, πραγματοποιείται η αντίστροφη ώσμωση όπου επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του νερού από τα άλατα, ενώ τέλος, στο τρίτο στάδιο επεξεργασίας πραγματοποιούνται κάποιες χημικές διεργασίες, ώστε το παραγόμενο νερό να μπορεί να διανεμηθεί. Οι χημικές διεργασίες αφορούν κατά κύριο λόγο τη ρύθμιση της οξύτητας και την αύξηση της σκληρότητας του παραγόμενου νερού, ενώ πραγματοποιείται και η τελική χλωρίωση του. (Τζανάκη, Ιωάννου, 2010)

2.5 Πράσινο Υδρογόνο

Το υδρογόνο αποτελεί το πρώτο και ελαφρύτερο στοιχείο του περιοδικού πίνακα. Πρόκειται για ένα αμέταλλο χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο (H) του οποίου η πυκνότητα όταν βρίσκεται σε αέρια μορφή ισούται με 0,0899 g/L. Το (χημικά καθαρό) υδρογόνο είναι άγευστο, άχρωμο, άοσμο και πολύ εύφλεκτο, ενώ εξαιτίας της ελαφρότητάς του δεν συναντάται ελεύθερο, αλλά συνδέεται με άλλα άτομα συνθέτοντας έτσι χημικές ενώσεις. (Lubitz, Tumas, 2007)

Η ιδιότητά του υδρογόνου να παράγει μόνο νερό και θερμότητα κατά την καύση του, το κατατάσσει στις καθαρές πηγές ενέργειας και το καθιστά ως ελκυστική εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών καυσίμων, τα οποία κατά την καύση τους εκλύουν επιβλαβή αέρια που επιβαρύνουν το φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα τελευταία χρόνια, να χρησιμοποιείται εκτεταμένα ως μέσο παραγωγής αλλά και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. (Δημητρόπουλος, 2023)

Επειδή όμως, όπως έχει ήδη αναφερθεί, το υδρογόνο δεν συναντάται σε ελεύθερη μορφή αλλά σε χημικές ενώσεις, για τη διάσπαση και απομόνωσή του απαιτείται η εφαρμογή συγκεκριμένων μεθόδων καθώς και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι παραγωγής υδρογόνου είναι: (Παπαθανασίου, 2022)

- Η ηλεκτρόλυση, κατά την οποία επιτυγχάνεται η διάσπαση του νερού σε H_2 και O_2 . Κατά τη διεργασία αυτή, διοχετεύεται ηλεκτρικό ρεύμα στο νερό μέσω της συσκευής ηλεκτρόλυσης, η οποία αποτελείται από έναν θετικά και από έναν αρνητικά φορτισμένο πόλο. Η ηλεκτρόλυση με τη σειρά της διακρίνεται στην αλκαλική ηλεκτρόλυση, στην ηλεκτρόλυση πολυμερικής μεμβράνης και στην ηλεκτρόλυση στερεού οξειδίου
- Θερμοχημικές διεργασίες οι οποίες επιτυγχάνουν την απελευθέρωση υδρογόνου από οργανικά υλικά, όπως είναι τα ορυκτά καύσιμα και η βιομάζα, μέσω θερμικών και χημικών αντιδράσεων

Στα πλαίσια του σχεδιασμού ενός ΥΣ, η παραγωγή υδρογόνου χρησιμοποιείται συχνά για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Σε ένα τέτοιο σύστημα, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τις ΑΠΕ μεταβιβάζεται στη μονάδα ηλεκτρόλυσης για την παραγωγή υδρογόνου. Το υδρογόνο που παράγεται αποθηκεύεται καταλλήλως και σε στιγμές υψηλής ενεργειακής ζήτησης διοχετεύεται στη μονάδα μετατροπής που αποτελείται από κυψέλες καυσίμου. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διατίθεται στο δίκτυο καλύπτοντας έτσι τις αιχμές της ζήτησης.

Το υδρογόνο συνήθως αποθηκεύεται είτε ως αέριο είτε ως υγρό. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης είναι σε αέρια μορφή σε φιάλες υψηλής πίεσης που κυμαίνεται μεταξύ 35-70 MPa (350-700 bar). Οι φιάλες αποθήκευσης είναι συνήθως χαλύβδινοι κύλινδροι ή συνθετικοί κύλινδροι με εσωτερική μεταλλική επένδυση, μεγάλου μήκους και με χοντρά τοιχώματα ώστε να έχουν επαρκή μηχανική αντοχή. (Αναστασίου, Δογράνης, 2021)

3. Περιοχή Μελέτης

3.1 Γενικά στοιχεία - Ιστορική ανασκόπηση

Η Κέρκυρα είναι η πρωτεύουσα των Επτανήσων και το πολυπληθέστερο νησί της περιφέρειας Ιονίων Νήσων με τους μόνιμους κατοίκους να ανέρχονται στους 99,134 (ΕΛΣΤΑΤ, 2021). Βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο της Ελλάδας, στο Ιόνιο πέλαγος και στην είσοδο της Αδριατικής θάλασσας. Μεταξύ της νήσου και της ηπειρωτικής ακτής, εκτείνεται μια στενή λωρίδα θάλασσας με πιο κοντινή την απόσταση 2 km περίπου μεταξύ των βορειοανατολικών ακτών της και των ακτών των Αγίων Σαράντα της Αλβανίας. Στο νότιο τμήμα, η απόσταση αυτή διευρύνεται έως 10 km (Σκαρλάτου, 2011).

Τα αρχαία χρόνια, το νησί πήρε διάφορα ονόματα ανάμεσα στα οποία Μακρίς εξαιτίας του μήκους της, Δρέπανο για την ομοιότητα στο σχήμα της με το αγροτικό εργαλείο και Σχερία. Με το πέρασμα των αιώνων, το νησί απέκτησε το σημερινό του όνομα που οφείλεται στη νύμφη Κέρκυρα, κόρη του ποταμού Ασωπού, ωστόσο πολλοί μελετητές το συνδέουν ετυμολογικά με τη λέξη Κορυφώ από την ακρόπολη που βρίσκεται απέναντι από τη σημερινή πρωτεύουσα. Από τη λέξη Κορυφώ προήλθε στην συνέχεια η λατινογενής ονομασία Corfu με την οποία είναι γνωστό το νησί στο εξωτερικό.

Η στρατηγικής σημασίας θέση της, χάρισε στην Κέρκυρα ένα έντονο ιστορικό παρελθόν. Το 730 π.Χ., οι Κορίνθιοι στα πλαίσια μια εκτεταμένης αποικιστικής δραστηριότητας εγκαταστάθηκαν στην περιοχή Κανόνι, γεγονός που σηματοδότησε την έναρξη μιας περιόδου αρμονίας ανάμεσα στους Κερκυραίους και τους Κορίνθιους, κατά την οποία η Κέρκυρα αναπτύχθηκε σημαντικά έχοντας δικό της νόμισμα και ιδρύοντας την αποικία της Επιδάμνου. Οι σχέσεις μεταξύ των δύο διαταράχθηκαν όταν αργότερα οι Κερκυραίοι υποστήριξαν τους δημοκρατικούς και οι Κορίνθιοι τους ολιγαρχικούς. Η διαμάχη μεταξύ τους διήρκησε αρκετούς αιώνες και η εμπλοκή των Αθηναίων στο πλευρό των Κερκυραίων αποτέλεσε τη σημαντικότερη αιτία έναρξης του Πελοποννησιακού Πολέμου.

Στα χρόνια που ακολούθησαν, Βάνδαλοι, Οστρογότθοι, Μουσουλμάνοι και Νορμανδοί που λεηλατούσαν τις ιταλικές ακτές, πέρασαν και από την Κέρκυρα. Από την πτώση του Βυζαντίου και της Κωνσταντινούπολης, η Κέρκυρα περνά στην κατοχή των Ενετών. Η Ενετοκρατία σημαδεύει την Κέρκυρα τόσο σε πολιτιστικό όσο και σε αρχιτεκτονικό επίπεδο και αποτελεί την πιο σημαντική περίοδο της ιστορίας της αφού κράτησε περίπου έξι αιώνες. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, οι Τούρκοι έκαναν πολλές επιδρομές χωρίς ωστόσο να καταφέρουν ποτέ να καταλάβουν το νησί. Στις 21 Μαΐου του 1864 και έχοντας προηγηθεί μικρές περιόδους, όπου η Κέρκυρα υπήρξε υπό την προστασία των Άγγλων και των Γάλλων, τα Επτάνησα προσαρτήθηκαν με την υπόλοιπη Ελλάδα και έκτοτε αποτελούν τμήμα της ελληνικής επικράτειας.

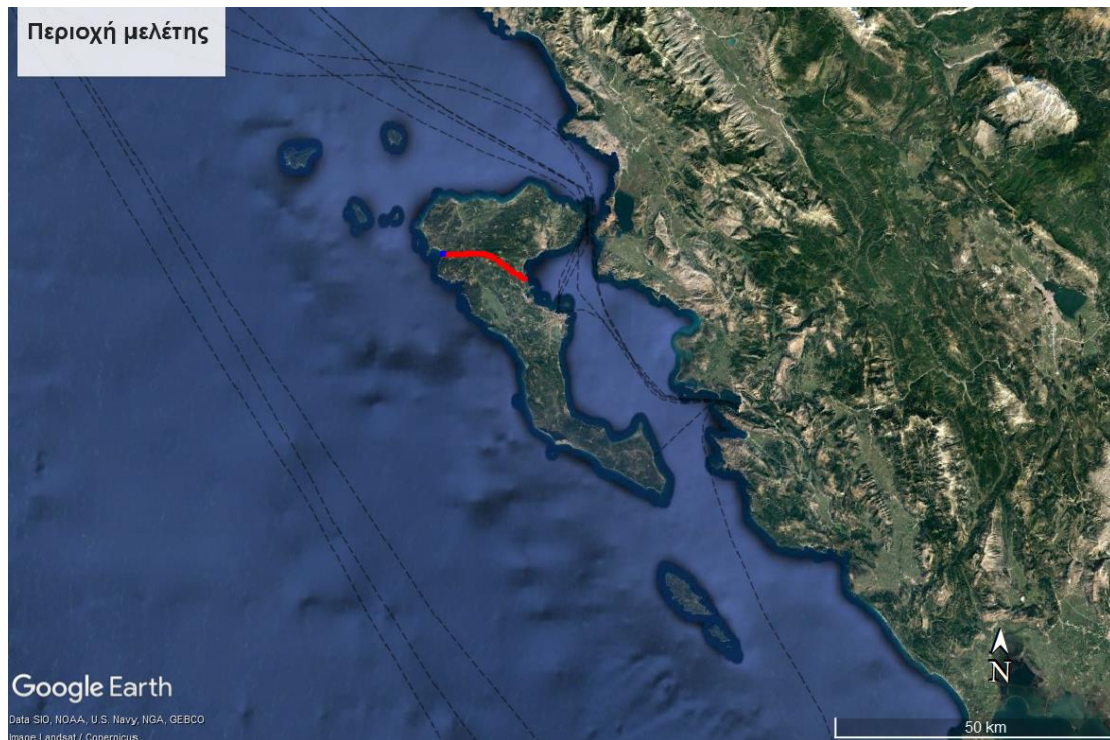
Η σημερινή παλιά πόλη απέκτησε υπό την επιρροή των Ενετών μια δυτική ιταλική αρχιτεκτονική, η οποία είναι μοναδική σε όλο τον Ελληνικό χώρο. Εκτός όμως από την ενετική της εικόνα, κατά τη διάρκεια της αγγλικής και γαλλικής κατοχής απέκτησε κτήρια με αντίστοιχες επιρροές. Το Λιστόν είναι ένα δείγμα γαλλικών αρχιτεκτονικών επιρροών, ενώ το ανάκτορο των Αγίων Μιχαήλ και Γεωργίου, όπως και ο ναός του Αγίου Γεωργίου στο κάστρο, είναι δείγματα Αγγλικών αρχιτεκτονικών επιρροών κατά την περίοδο του νεοκλασικισμού.

3.2 Μορφολογικά - Διοικητικά στοιχεία

Η Κέρκυρα έχει συνολική έκταση 583.5 km² και μήκος ακτών 217 km. Το έδαφός της είναι κατά βάση πεδινό, γεγονός που έχει ωθήσει τους μόνιμους κατοίκους του νησιού να ασχοληθούν εκτός από τον τουρισμό και με τη γεωργία. Εντούτοις, στο νησί σχηματίζονται τρεις κύριες λοφοσειρές. Η πρώτη εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα και περιλαμβάνει τις κορυφές του Παντοκράτορα (917 m) και Στραβοσκιαδίου (849 m), η δεύτερη καλύπτει το κεντρικό τμήμα, σχηματίζοντας τις κορυφές των Αγίων Δέκα (529 m) και Σταυρού (450 m) και η τρίτη καλύπτει το νότιο τμήμα του νησιού. Ανάμεσα από τις λοφοσειρές, σχηματίζονται εύπορες κοιλάδες με σημαντικότερες του Ρόπα και της Λευκίμμης. Τα παράλια του νησιού είναι στα περισσότερα σημεία απόκρημνα και σχηματίζουν πολλούς όρμους και ακρωτήρια γεγονός που καθιστά το φυσικό τοπίο εντυπωσιακό.

Διοικητικά, ο νομός Κερκύρας μέχρι το 2010 διακρινόταν, βάσει του νόμου Καποδίστρια, σε 12 δήμους και 3 κοινότητες. Σήμερα, ο νομός Κερκύρας διοικητικά διαιρείται σε 3 δήμους (Νόμος 4600/2019). Στο δήμο Βόρειας Κέρκυρας με έδρα την Αχαράβη, στο δήμο Κεντρικής Κέρκυρας και Διαποντίων Νήσων, με έδρα την Κέρκυρα και στο δήμο Νότιας Κέρκυρας με έδρα τη Λευκίμμη.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη μεθοδολογίας υβριδικού συστήματος για την κάλυψη υδατικών και ενεργειακών αναγκών στη βόρεια Κέρκυρα. Έτσι, οριοθετήθηκε μέσω Corrīne η περιοχή μελέτης η οποία αποτελεί ουσιαστικά και σύνορο του δήμου Βόρειας Κέρκυρας. Έχει έκταση 205.3 km² και μέγιστο πλάτος 28 km. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του βορείου τμήματος αποτελεί η ορεινότητα του, καθώς και το μεγάλο πλήθος χειμάρρων και μικρών ποταμών με πιο γνωστό αυτό των Νυμφών. Βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης εντοπίζονται τα Διαπόντια Νησιά, που περιλαμβάνουν το Μαθράκι, τους Οθωνούς και την Ερείκουσα.



Εικόνα 3.1: Περιοχή μελέτης (πηγή: Google Earth, 2023)

3.3 Σεισμικότητα

Η περιοχή του Ιονίου πελάγους χαρακτηρίζεται ως η περιοχή της Ελλάδας με την σημαντικότερη σεισμική δραστηριότητα, η οποία εκφράζεται με πολυάριθμους ιστορικούς και πρόσφατους σεισμούς. Η συγκεκριμένη περιοχή διακρίνεται σε πέντε ανεξάρτητα τεκτονικά τεμάχια (blocks), με βάση τη χρήση της Ελληνικής Βάσης Δεδομένων Ενεργών Ρηγμάτων. Το τέμαχος που ανήκει η Κέρκυρα (Κέρκυρα block) είναι συγκριτικά το λιγότερο τεκτονικά ενεργό από τα υπόλοιπα τεκτονικά τεμάχια του Ιονίου πελάγους. Περιλαμβάνει πέντε Σύνθετα Ενεργά Ρήγματα (CSSs), ένα εκ των οποίων προεκτείνεται στην περιοχή της Αλβανίας. (Λάζος, 2021)

3.4 Κλιματικά χαρακτηριστικά

Το κλίμα της Κέρκυρας είναι θαλάσσιο μεσογειακό με δροσερά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Ο ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Ιανουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος. Ο χειμώνας είναι γενικά ήπιος, όμως εξαιτίας των ανέμων του βορείου τομέα, και ιδιαίτερα του Μπόρα (που προέρχεται από την Αδριατική), το κρύο γίνεται μερικές φορές έντονο. Αντίθετα, το καλοκαίρι η θερμοκρασία δεν αγγίζει υψηλά επίπεδα και δεν υπερβαίνει τους 39 °C. Η Κέρκυρα δέχεται πολλές βροχοπτώσεις, μεγάλης διάρκειας με μέσο ετήσιο ύψος 1120.48 mm. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το νησί βρίσκεται δυτικά του ορεινού κορμού της Ελλάδας, που παρουσιάζει μεγάλη υφειακή δράση και μεγάλη συχνότητα νότιων ανέμων κατά την ψυχρή περίοδο του έτους. Ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι χιονοπτώσεις και το χαλάζι, συναντώνται σε χαμηλή συχνότητα.

Στον Πίνακα 3.1, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των κύριων κλιματικών παραμέτρων της νήσου Κέρκυρας, όπως αυτές ελήφθησαν από το μετεωρολογικό σταθμό Κέρκυρας 641 για την περίοδο 1955-1997.

Πίνακας 3.1: Μέσες τιμές βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων (Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία ΕΜΥ, 2023)

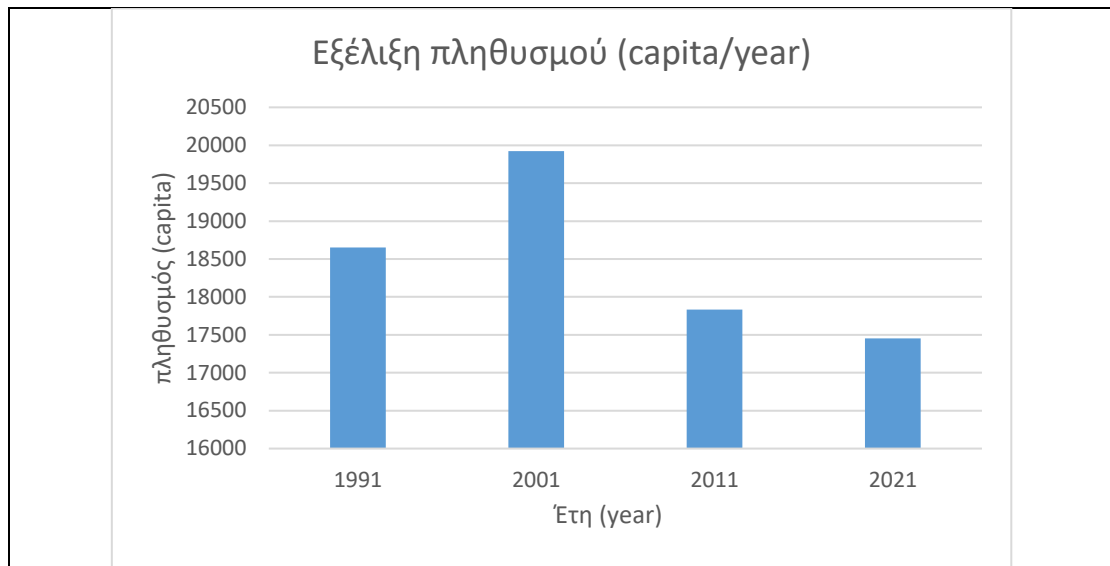
Μέση ετήσια βροχόπτωση	1120.48 mm
Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα	17.5 °C
Θερμότερος μήνας	Ιούλιος
Ψυχρότερος μήνας	Ιανουάριος
Μέση υψηλότερη θερμοκρασία αέρος	31.3 °C
Μέση χαμηλότερη θερμοκρασία αέρος	5.1 °C
Ετήσιο θερμομετρικό εύρος	16.7 °C
Μέση ετήσια υγρασία αέρος	71%
Μήνας με την υψηλότερη υγρασία	Νοέμβριος
Μήνας με τη χαμηλότερη υγρασία	Ιούλιος

3.5 Δημογραφικά στοιχεία

Ο πληθυσμός του νεοσύστατου δήμου Βόρειας Κέρκυρας σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2021 είναι 17,455 μόνιμοι κάτοικοι. Στον Πίνακα 3.2 φαίνεται η εξέλιξη του μόνιμου πληθυσμού σύμφωνα με τις απογραφές του 1991, 2001 και 2011.

Πίνακας 3.2: Εξέλιξη μόνιμου πληθυσμού Βόρειας Κέρκυρας (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2023)

Δήμος	Απογραφή 1991	Απογραφή 2001	Απογραφή 2011
Αγίου Γεωργίου	4224	4463	3431
Εσπερίων	6968	7441	6990
Θιναλίων	5179	5316	5226
Κασσωπαίων	2282	2704	2185
Σύνολο	18653	19924	17832



Διάγραμμα 3.1: Εξέλιξη πληθυσμού περιοχής μελέτης (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2023)

3.6 Υποδομές - Μεταφορές

3.6.1 Αερολιμένας

Ο κρατικός αερολιμένας Κερκύρας “Ι. Καποδίστριας” απέχει 3 km από το κέντρο της πόλης. Κατασκευάστηκε το 1937 και κατά τη διάρκεια του Β Παγκοσμίου Πολέμου χρησιμοποιήθηκε από τις ιταλικές και γερμανικές δυνάμεις του Άξονα ως βάση μεταφορικών και μαχητικών αεροσκαφών. Ο διάδρομος του έχει δεχθεί 2 επεκτάσεις. Η πρώτη έγινε το 1949, όταν ο διάδρομος έφτασε τα 800 m (από 600 m που ήταν πριν) και η δεύτερη το 1959, όταν το μήκος του έφτασε τα 2,375 m. Ο πρώτος επιβατικός σταθμός κατασκευάστηκε το 1962 και έκτοτε ακολούθησαν άλλες δύο επεκτάσεις.

Σήμερα, οι στεγασμένοι χώροι του αεροδρομίου που προορίζονται για την εξυπηρέτηση των επιβατών έχουν επιφάνεια 16,000 m². Εκεί μπορεί κανείς να βρει διάφορα καταστήματα, γραφεία εταιρειών ενοικίασης αυτοκινήτων, ταξιδιωτικά γραφεία, εστιατόρια, καφετέριες και ΑΤΜ. Σύμφωνα με στοιχεία του 2021, ο αερολιμένας Κερκύρας εξυπηρέτησε 2,044,704 επιβάτες. (Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, 2021)



Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση αερολιμένα "Ι. Καποδιστριας" (Πηγή: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, 2023)

3.6.2 Ακτοπλοϊκή σύνδεση

Το λιμάνι της πόλης της Κέρκυρας είναι το κύριο λιμάνι του νησιού και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των βορείων παραλιών της πόλης. Αποτελεί την κύρια πύλη ανεφοδιασμού του νησιού σε αγαθά, καθώς επίσης και διακίνησης μόνιμων κατοίκων και τουριστών. Σε μικρή απόσταση έξω από το λιμάνι, συναντά κανείς δυο μικρά νησάκια, το Βίδο και το Λαζαρέτο. Στο λιμάνι της Κέρκυρας, συγκεντρώνονται όλες σχεδόν οι δραστηριότητες που χαρακτηρίζουν ένα λιμάνι κυρίως επιβατικό και τουριστικό. Συγκεκριμένα, οι κύριες δραστηριότητες του λιμένα διακρίνονται σε:

- Εξυπηρέτηση πλοίων Ε/Γ-Ο/Γ γραμμών Ελλάδας-Ιταλίας, για διακίνηση επιβατών και οχημάτων όλων των κατηγοριών
- Εξυπηρέτηση πλοίων Ε/Γ-Ο/Γ γραμμών εξωτερικού τρίτων χωρών (π.χ Αλβανία) για διακίνηση επιβατών και οχημάτων
- Εξυπηρέτηση κρουαζιερόπλοιων
- Εξυπηρέτηση ημερόπλοιων και λοιπών τουριστικών σκαφών
- Εξυπηρέτηση Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων ακτοπλοΐας ανοικτού ή κλειστού τύπου, που εκτελούν τη θαλάσσια επικοινωνία της Κέρκυρας με την ηπειρωτική Ελλάδα (Ηγουμενίτσα) και τα παρακείμενα μικρότερα νησιά (Παξούς, Διαπόντια Νησιά), για τη μεταφορά επιβατών και οχημάτων.

Στις δευτερογενείς δραστηριότητες του λιμανιού, κατατάσσονται οι εμπορικές δραστηριότητες (ενοικίαση λιμενικών χώρων και κτηρίων για εμπορικές δραστηριότητες). (Οργανισμός Λιμένα Κέρκυρας, 2023)



Εικόνα 3.3: Σχηματική απεικόνιση Λιμένα Κέρκυρα (Οργανισμός Λιμένα Κέρκυρας, 2023)

3.7 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3 με τα αντίστοιχα στρέμματα που καταλαμβάνουν, όπως προέκυψαν μέσω Corrine. Αξιοσημείωτο είναι το μεγάλο ποσοστό που καλύπτουν οι κερκυραϊκοί ελαιώνες. Τα ελαιόδεντρα συμμετέχουν με ποικίλους τρόπους στη διαμόρφωση και διατήρηση του κερκυραϊκού τοπίου παραγωγικά και αισθητικά και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της κερκυραϊκής παράδοσης.

Πίνακας 3.3: Χρήσεις γης Βόρειας Κέρκυρας (Πηγή: Corrine, 2023)

Κατανομή έκτασης κατά κατηγορίες έκτασης/κάλυψης	Έκταση (σε στρέμματα)
Αλυκές	765.7
Υδάτινες εκτάσεις	66.73
Παραλίες/Αμμόλοφοι/Άμμος	154.58
Αμπελώνες	769.75
Θαμνώδεις/Ποώδεις εκτάσεις	3343.92
Εκτάσεις κωνοφόρων δέντρων	247.96
Λιβάδια	26917.78
Βιομηχανικές εκτάσεις	108.47
Σκληρόφυλλες εκτάσεις	39499.7
Οπωροφόρα/Εσπεριδοειδή	1797.5

Εκτάσεις εξόρυξης ορυκτών	91.9
Καλλιεργήσιμη γη	19182.86
Μικροί οικισμοί/Βοσκότοποι/Μικρά αγροτεμάχια	48985.52
Αστικές εκτάσεις	493.23
Μη αρδευόμενη καλλιεργήσιμη γη	1409.5
Ελαιώνες	157783.73

3.8 Ύδρευση-Αρδευση

Το ζήτημα της υδροδότησης του νησιού αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα τελευταία χρόνια οι μόνιμοι κάτοικοι και οι επισκέπτες. Η υδροδότηση σήμερα γίνεται μέσω 149 γεωτρήσεων, πολλές εκ των οποίων με νερό μέτριας ποιότητας (σύμφωνα με την Δ.Ε.Υ.Α.Κ η Κέρκυρα υδροδοτείται με νερό αυξημένης σκληρότητας και επίπεδο θεικών 1,200 mg/L). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα το νερό να μην είναι πόσιμο και οι κάτοικοι να καταφεύγουν στην αγορά εμφιαλωμένου νερού. (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Κέρκυρας, 2023)

Για την αντιμετώπιση των οξύτατων αυτών προβλημάτων, έχει εγκριθεί και ενταχθεί σε γραμμή εκκίνησης το έργο με τίτλο “Ύδρευση νήσου Κέρκυρας μέσω ΣΔΙΤ” προϋπολογισμού 181,226,000 ευρώ. Με την κατασκευή των προβλεπόμενων έργων, θα επιτευχθεί η κατάλληλη αποθήκευση, επεξεργασία και διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων γεγονός που θα εξασφαλίσει στο νησί εγγυημένη ποιότητα και επαρκή ποσότητα νερού. Συγκεκριμένα, αναμένεται η απόδοση 16.3 εκ. m³ καλής ποιότητας πόσιμου νερού ετησίως, ποσότητα που υπερκαλύπτει τις ανάγκες για το έτος αναφοράς 2040, οι οποίες προσδιορίζονται σε 15.4 εκ. m³. Το έργο περιλαμβάνει την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των φραγμάτων Μελισσουδίου και εκτροπής Κυπριανάδων και Καλαμιώτισσας. Επιπλέον, θα κατασκευαστούν εξωτερικά δίκτυα συνολικού μήκους 220 km, τέσσερις δεξαμενές, τέσσερα αντλιοστάσια και τέσσερα προωθητικά αντλιοστάσια (boosters) μαζί με τη λειτουργία και συντήρηση του. Εκτός των άλλων, το έργο θα βελτιώσει τις δυνατότητες του νησιού για παραγωγή καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλοντας θετικά στο ισοζύγιο των ΑΠΕ της χώρας. (Οικονομικός Ταχυδρόμος, 2023)

3.9 Ενέργεια

Έως τη δεκαετία του 1960, η Κέρκυρα κάλυπτε τις ανάγκες της σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των τοπικών πετρελαϊκών σταθμών παραγωγής που βρίσκονταν στις περιοχές της Λευκίμμης και Αχαράβης. Ωστόσο, από το 1964 και έπειτα, όταν και πραγματοποιήθηκε η ηλεκτρική διασύνδεση του νησιού με την ηπειρωτική Ελλάδα, η Κέρκυρα τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια μέσω υποβρύχιων καλωδίων

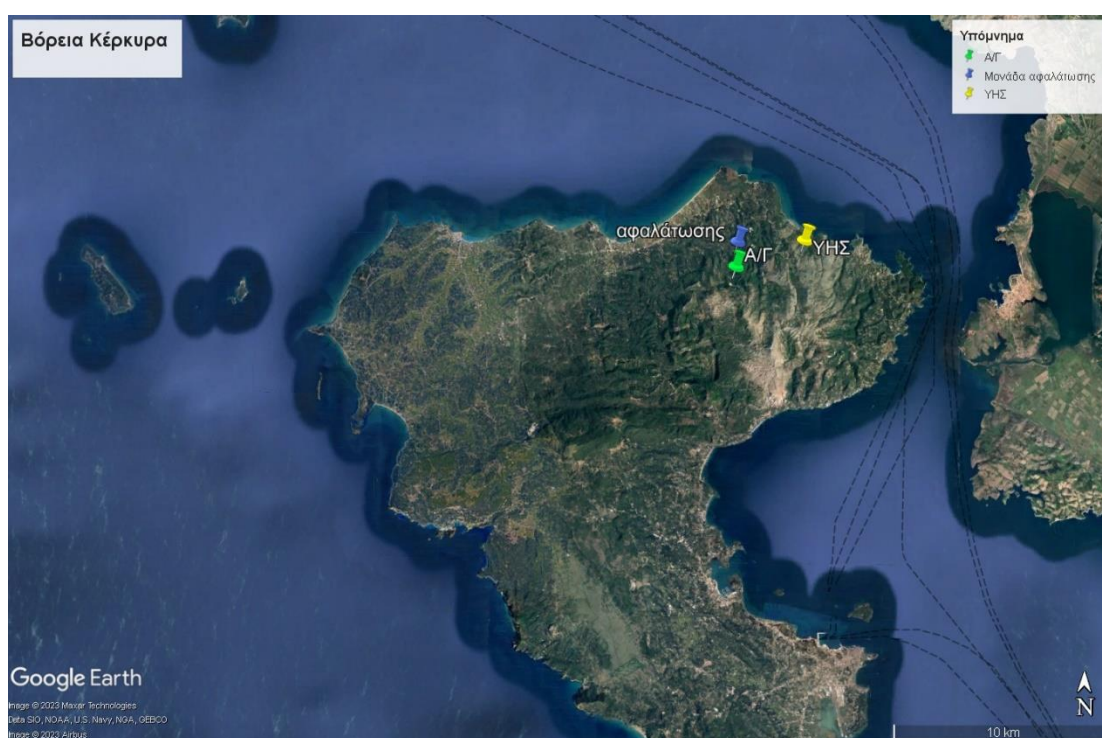
υψηλής τάσης (66 kV). Τα καλώδια αυτά όντας καταλλήλως μονωμένα, ώστε να αντέξουν τη διάβρωση του θαλασσινού νερού, ξεκινούν από την περιοχή της Ηγουμενίτσας και διασχίζοντας μια απόσταση περίπου 15 km συνδέονται με το δίκτυο διανομής του νησιού. (Παπαδόπουλος, 2018)

Οι προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει το νησί εξαιτίας της υπέρογκα αυξημένης ενεργειακής ζήτησης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε συνδυασμό με μια γενικότερη κατεύθυνση των δημοτικών αρχών για αειφόρο ανάπτυξη είναι πολλές. Χαρακτηριστικά τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για αύξηση της δυναμικότητας των ΑΠΕ στο δίκτυο ώστε να επιτευχθεί ο εξηλεκτρισμός του νησιού με καθαρότερες και πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας.

4. Μεθοδολογία

4.1 Τεχνική περιγραφή έργου

Το παρόν ΥΣ αποτελείται από αιολικό πάρκο 12 Α/Γ εγκατεστημένης ισχύος 2,050 kW έκαστη, υδροηλεκτρικό σταθμό με ταμιευτήρα θαλασσινού νερού χωρητικότητας 3.8 hm³ σε κοντινή απόσταση και μονάδα αφαλάτωσης ισχύος 3 kW/m³. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός διαθέτει επίσης αντλιοστάσιο τριών αντλιών ισχύος 1,500 kW για την ανύψωση νερού στον ταμιευτήρα, του οποίου η στάθμη κυμαίνεται μεταξύ 107.5-150 m. Στην Εικόνα 4.1 απεικονίζονται οι θέσεις των μονάδων του ΥΣ στο χάρτη, ενώ στην Εικόνα 4.2, η μεθοδολογία που ακολουθείται για την προσομοίωση του ΥΣ.



Εικόνα 4.1: Θέσεις μονάδων ΥΣ στο χάρτη (Πηγή: Google Earth, 2023)



Εικόνα 4.2: Ανάλυση μεθοδολογίας για την προσομοίωση του ΥΣ (πηγή: Βουράκης, 2022)

4.2 Επεξεργασία ιστορικών χρονοσειρών μετεωρολογικών δεδομένων

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν συχνά πολλοί τομείς όπως των επιχειρήσεων, της οικονομίας, των περιβαλλοντικών επιστημών και της ιατρικής είναι αυτό της πρόβλεψης. Ανάλογα με τη χρονική περίοδο του μέλλοντος που καλούνται να προβλέψουν, τα προβλήματα αυτά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Τα βραχυπρόθεσμα, τα μεσοπρόθεσμα και τα μακροπρόθεσμα. Οι βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες προβλέψεις αφορούν συνήθως προβλήματα προβλέψεων γεγονότων για μικρές περιόδους στο μέλλον (ημέρες, εβδομάδες, μήνες), ενώ οι μακροπρόθεσμες αφορούν προβλήματα που μπορούν να επεκταθούν σε πολλά χρόνια. (Θεοδωσόπουλος, 2017)

Η πρόβλεψη των μετεωρολογικών δεδομένων μιας περιοχής μελέτης για το σχεδιασμό και τη σωστή λειτουργία ενός ΥΣ, είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα μακροπρόθεσμης πρόβλεψης. Οι μακροπρόθεσμες προβλέψεις βασίζονται συνήθως στον εντοπισμό και τη μοντελοποίηση ιστορικών δεδομένων. Στην περίπτωση μας, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και επεξεργάζονται για την πρόβλεψη των μετεωρολογικών δεδομένων είναι οι ιστορικές χρονοσειρές.

Στο παρόν ΥΣ αξιοποιούνται ιστορικά δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) από το σταθμό Κέρκυρας (16641) για τη βροχή, τη θερμοκρασία και τον άνεμο των τελευταίων ετών. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν τα δεδομένα εισόδου στο μοντέλο και επειδή διέπονται από στοχαστικότητα, είναι αναγκαίο να παραχθούν οι συνθετικές χρονοσειρές τους. Η παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών έγινε για 40 έτη, όση και η διάρκεια ζωής του έργου.

4.2.1 Παραγωγή συνθετικής χρονοσειράς βροχόπτωσης

Για τη βροχόπτωση ελήφθη ως δεδομένο η ιστορική χρονοσειρά των τελευταίων 28 χρόνων (1995-2022) με ημερήσιο βήμα. Αφού οι ημερήσιες τιμές μετατράπηκαν σε

μηνιαίες, ακολούθησε η μονιμοποίηση της μηνιαίας ιστορικής χρονοσειράς και ο υπολογισμός των στατιστικών χαρακτηριστικών της (μέση τιμή και τυπική απόκλιση), από τα οποία παράχθηκε η συνθετική χρονοσειρά.

Πίνακας 4.1: Στατιστικά χαρακτηριστικά ιστορικής χρονοσειράς βροχόπτωσης

Μήνας	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)
Ιανουάριος	142.84	80.6
Φεβρουάριος	123.11	86.06
Μάρτιος	82.32	46.29
Απρίλιος	56.26	36.67
Μάιος	32.51	25.45
Ιούνιος	18.67	20.3
Ιούλιος	10.95	18.34
Αύγουστος	23.45	37.17
Σεπτέμβριος	93.85	71.68
Οκτώβριος	154.19	120.72
Νοέμβριος	188.45	113.32
Δεκέμβριος	180.74	95.78

Έτσι, αξιοποιώντας τα στοιχεία του Πίνακα 1 ακολούθησε η παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς της βροχόπτωσης. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην προκειμένη περίπτωση είναι το AR(1) γνωστό και ως μοντέλο αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης. Η μέθοδος αυτή αναπαριστά μια τυχαία διαδικασία που στηρίζει ότι η βροχόπτωση εν προκειμένω ορίζεται γραμμικά από την αμέσως προηγούμενη τιμή της, αφού το μοντέλο είναι πρώτης τάξης, και από έναν στοχαστικό όρο, το λευκό θόρυβο, ο οποίος μετράει το σφάλμα. Ως λευκός θόρυβος ορίζεται, σε διακριτό χρόνο, ένα διακριτό σήμα του οποίου τα δείγματα θεωρούνται ως ακολουθία ασυσχέτιστων τυχαίων μεταβλητών, με μηδενική μέση τιμή και πεπερασμένη διακύμανση, η αλλιώς μια στιγμιαία και διακριτή διακύμανση στο δείγμα. (Μαντζουράνης, 2021)

Σύμφωνα με το μοντέλο AR1, μια τιμή της στοχαστικής ανέλιξης y_t εξαρτάται γραμμικά από την αμέσως προηγούμενη τιμή y_{t-1} και περιγράφεται από την εξίσωση 4.1:

$$y_t = \rho_1 * y_{(t-1)} + w_t \quad 4.1$$

Όπου ρ_1 ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης και w_t ο λευκός θόρυβος. Παράλληλα, κατά την εφαρμογή του μοντέλου υπολογίστηκαν και τα στατιστικά χαρακτηριστικά του λευκού θορύβου, δηλαδή η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση μέσω των εξισώσεων 4.2 και 4.3:

$$\mu_w = \mu_y * (1 - \rho_1) \quad 4.2$$

$$\sigma_w^2 = \sigma_y^2 * (1 - \rho_1^2) \quad 4.3$$

Όπου μ_y και σ_w^2 η μέση τιμή και τυπική απόκλιση του δείγματος.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η μετατροπή της μηνιαίας συνθετικής χρονοσειράς σε ημερήσια μέσω της μέσης ημερήσιας διακύμανσης, όπως αυτή προκύπτει από τα ιστορικά δεδομένα για κάθε μήνα. Στον Πίνακα 4.2, παρουσιάζεται η μέση ποσοστιαία ημερήσια βροχόπτωση ανά μήνα.

Πίνακας 4.2: Μέση ποσοστιαία ημερήσια βροχόπτωση ανά μήνα (%)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
1	3.88	5.05	5.04	2.18	1.44	0.12	0.08	7.10	0.02	0.08	6.15	8.25
2	2.23	3.25	4.41	1.63	3.29	2.44	0.00	1.65	5.16	0.51	0.69	5.65
3	4.32	3.18	6.42	5.13	4.85	6.92	0.20	0.00	0.60	3.84	3.37	3.08
4	4.17	5.32	3.78	3.34	1.79	1.61	0.00	0.00	3.31	1.05	1.38	7.32
5	3.28	1.43	5.77	5.24	1.15	4.56	0.32	7.64	0.62	1.46	2.38	2.10
6	4.14	4.49	3.77	1.64	5.46	15.95	0.00	1.76	11.65	3.46	1.31	3.20
7	1.96	4.40	6.52	2.15	3.06	0.09	0.00	0.59	1.59	11.07	4.92	2.54
8	1.49	1.96	4.32	3.38	0.05	3.17	2.78	0.07	3.64	4.08	5.04	2.37
9	1.65	2.77	3.59	3.08	0.29	0.40	0.00	0.00	3.98	0.83	1.84	2.38
10	3.56	4.07	5.40	2.96	5.90	4.45	0.00	3.91	4.95	3.58	2.01	3.66
11	2.76	3.47	3.10	1.68	2.46	4.59	1.15	0.00	5.16	7.10	2.54	6.58
12	2.77	5.75	3.27	6.49	2.98	1.77	0.00	2.65	1.07	5.74	2.59	1.95
13	0.62	7.43	0.60	5.17	7.93	4.82	6.51	1.97	1.34	4.90	3.47	5.39
14	1.61	3.77	1.77	3.39	3.90	5.19	0.48	0.06	4.32	9.39	5.68	2.08
15	3.38	3.84	2.52	7.29	9.70	3.31	5.76	10.20	1.27	3.65	2.86	2.62
16	4.11	2.77	2.64	7.03	2.59	5.82	2.50	0.00	2.21	6.02	2.01	2.15
17	1.72	2.00	1.87	1.77	2.75	1.79	0.00	0.00	0.08	2.94	4.16	1.33
18	3.54	2.94	3.63	4.81	1.46	6.50	0.00	1.33	4.29	1.00	3.40	3.51
19	2.72	2.15	2.11	3.93	2.53	2.68	1.95	0.32	2.01	4.69	4.05	1.25
20	3.14	1.91	0.68	2.00	10.74	9.94	0.00	0.04	4.35	0.76	4.74	1.17
21	4.19	3.58	2.50	2.13	6.82	2.33	0.00	3.99	2.41	1.12	2.27	1.95
22	3.33	2.38	0.45	2.36	0.36	1.12	0.87	0.00	0.60	3.56	4.06	3.36
23	3.53	6.30	5.03	2.50	0.75	0.65	8.62	6.36	4.29	4.11	3.57	0.89
24	6.37	2.28	4.17	3.18	4.64	0.00	0.00	0.11	2.31	2.92	1.40	1.30
25	4.81	4.83	1.09	1.24	2.77	5.12	7.47	2.76	7.26	1.10	3.69	1.18
26	1.15	3.59	3.40	1.54	1.48	4.49	6.47	7.60	7.17	0.66	4.73	2.94
27	1.79	2.61	2.69	1.02	3.26	0.19	16.00	4.67	3.07	2.78	5.15	4.75
28	4.82	2.51	3.53	4.07	0.39	0.00	0.75	0.50	6.64	1.16	2.95	3.64
29	2.88	0.00	0.91	5.99	2.25	0.00	0.00	23.53	4.47	1.59	4.28	4.89
30	3.39	0.00	2.11	1.68	1.22	0.00	0.00	1.13	0.14	2.85	3.32	3.39
31	6.69	0.00	2.91	0.00	1.73	0.00	38.09	10.07	0.00	2.02	0.00	3.13

4.2.2 Παραγωγή συνθετικής χρονοσειράς θερμοκρασίας

Το ίδιο μοντέλο (AR(1)) εφαρμόστηκε και κατά την παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς της θερμοκρασίας. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η μετατροπή της ημερήσιας ιστορικής χρονοσειράς σε μηνιαία και έπειτα η μονιμοποίηση της από

όπου προέκυψαν και τα στατιστικά χαρακτηριστικά της. Η ιστορική χρονοσειρά στην προκειμένη περίπτωση αφορά τα τελευταία 25 έτη (1998-2022). Στους Πίνακες 4.3 και 4.4, παρουσιάζονται η μέση τιμή και τυπική απόκλιση της ιστορικής χρονοσειράς, καθώς και η μέση ημερήσια θερμοκρασία ανά μήνα.

Πίνακας 4.3: Στατιστικά χαρακτηριστικά ημερήσιας χρονοσειράς θερμοκρασίας

Μήνας	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)
Ιανουάριος	9.98	1.54
Φεβρουάριος	10.81	1.48
Μάρτιος	12.77	1.19
Απρίλιος	16.19	0.94
Μάιος	20.86	1.05
Ιούνιος	25.58	1.13
Ιούλιος	28.23	0.93
Αύγουστος	28.09	1.04
Σεπτέμβριος	23.50	1.12
Οκτώβριος	19.14	0.99
Νοέμβριος	15.24	1.44
Δεκέμβριος	11.52	1.46

Πίνακας 4.4: μέση ημερήσια θερμοκρασία ανά μήνα

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
1	10.04	10.57	11.41	14.87	19.11	22.63	27.89	28.75	26.24	21.19	17.26	13.92
2	9.79	10.86	12.35	14.61	19.23	22.91	27.58	29.26	25.54	21.56	17.22	13.62
3	10.12	11.29	12.48	14.24	19.18	23.05	27.78	29.18	25.47	20.99	16.81	13.81
4	9.79	11.25	12.61	14.90	19.38	23.20	28.07	29.09	25.17	21.12	17.24	13.16
5	10.07	11.09	12.61	14.86	19.42	23.27	27.71	28.64	24.92	20.81	16.99	13.46
6	10.32	10.81	12.53	15.25	19.19	23.87	28.23	28.49	24.42	20.35	17.28	13.13
7	9.92	10.68	11.89	15.18	19.33	24.26	28.95	28.44	24.47	19.62	16.86	12.36
8	9.57	10.10	11.78	14.79	19.67	24.50	28.00	28.37	24.53	19.60	16.56	11.99
9	10.32	10.37	11.49	15.54	19.84	24.80	28.27	28.69	24.45	19.73	16.06	12.35
10	10.21	10.72	11.87	15.69	20.34	24.67	27.93	28.84	24.72	20.24	15.90	11.98
11	10.50	10.53	11.70	15.95	20.71	24.95	27.95	28.39	24.13	19.95	16.03	11.81
12	9.95	9.94	11.71	15.95	20.79	25.07	27.97	28.04	24.16	20.01	16.06	11.10
13	9.92	9.50	12.72	15.70	20.72	25.63	27.91	27.67	23.99	19.18	15.73	11.16
14	10.31	10.08	12.40	15.90	20.79	25.79	27.93	27.88	23.80	19.02	15.28	10.94
15	10.41	10.11	12.23	15.99	20.47	25.66	27.58	27.91	23.64	19.08	15.36	11.62
16	9.36	10.09	12.62	16.22	20.67	26.11	27.66	28.32	23.65	18.74	15.39	11.71
17	10.05	10.57	12.58	16.04	20.56	26.39	27.82	28.06	23.81	18.71	15.03	11.76
18	9.90	10.59	12.63	16.05	21.19	26.44	27.91	28.26	23.40	18.59	14.55	10.48
19	10.16	10.62	12.73	16.36	21.60	25.89	28.08	28.19	23.46	18.54	14.86	9.88

20	10.86	11.09	12.74	16.51	21.18	26.36	28.73	28.33	22.75	18.35	13.95	9.82
21	10.65	11.26	12.71	16.95	21.43	26.63	28.87	28.31	22.58	18.78	13.74	10.51
22	10.58	11.17	13.01	16.52	21.62	26.60	28.62	28.20	22.54	19.09	14.09	10.17
23	9.64	11.69	12.94	16.92	21.50	27.01	28.61	27.88	21.79	18.48	13.62	10.33
24	9.60	11.55	12.58	17.43	21.72	27.31	28.76	28.05	21.99	17.98	13.77	10.11
25	9.22	11.56	13.44	17.35	21.91	27.52	28.56	27.69	22.08	18.09	13.32	11.04
26	9.22	11.73	13.56	17.61	22.39	27.49	27.93	27.55	21.74	17.76	13.65	11.90
27	9.20	11.29	13.96	17.87	22.74	27.37	28.16	27.33	21.64	18.16	13.31	11.13
28	9.93	11.28	13.78	17.99	22.64	27.22	28.88	27.27	21.48	17.64	14.12	11.04
29	9.77	0.00	14.57	18.49	22.22	27.28	28.96	26.83	21.17	17.24	13.39	10.58
30	9.90	0.00	14.91	18.85	22.45	27.60	28.99	26.52	21.12	17.38	13.69	10.14
31	10.26	0.00	15.26	0.00	22.55	0.00	28.89	26.28	0.00	17.31	0.00	10.20

4.2.3 Παραγωγή συνθετικής χρονοσειράς ανέμου

Για την παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς του ανέμου που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα δεδομένα εισόδου στο προσομοίωμα, αξιοποιήθηκαν τα ιστορικά δεδομένα των τελευταίων 26 ετών (1997-2022). Ωστόσο, λόγω πολλών ελλείψεων στα έτη 2006-08 αποφασίστηκε αυτά να μην ληφθούν καθόλου υπόψιν στους υπολογισμούς. Σημειώνεται ότι στα ιστορικά δεδομένα του ανέμου, το χρονικό βήμα είναι τρίωρο.

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε σε αυτή την περίπτωση βασίζεται στους Negra et al. (2007) και διαφέρει σημαντικά από τη μέθοδο που ακολουθήθηκε στην περίπτωση της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης. Κατά τη μεθοδολογία αυτή, η ιστορική χρονοσειρά αποτελεί δεδομένο εισόδου, ενώ το αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι μια συνθετική χρονοσειρά διάρκειας ενός έτους και τρίωρου χρονικού βήματος η οποία επαναλαμβάνεται 40 φορές, όσες και η διάρκεια ζωής του έργου.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής:

- Δημιουργήθηκε πίνακας που περιλαμβάνει κλάσεις ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου
- Υπολογίστηκε η πιθανότητα εμφάνισης κάθε κλάσης, State Probability $p_{ws,i}$ από την εξίσωση 4.4:

$$p_{ws,i} = \frac{\sum_{j=1}^{M_{ws}} D_{ws,ij}}{\sum_{k=1}^{M_{ws}} \sum_{j=1}^{M_{ws}} D_{ws,kj}} \quad 4.4$$

Όπου $p_{ws,i}$ η πιθανότητα εμφάνισης της εκάστοτε κλάσης και $D_{ws,ij}$ ο χρόνος παραμονής στην κάθε κλάση πριν μεταβεί στην επόμενη ή προηγούμενη

- Έπειτα για κάθε κλάση, υπολογίστηκε η συχνότητα εμφάνισής της, Freq, δηλαδή πόσο συχνά ο άνεμος μετακινείται σε μια συγκεκριμένη κλάση από μια προηγούμενη ή μια επόμενη, με τη εξίσωση 4.5:

$$f_{ws,i} = N_{ws,i+1} + N_{ws,i-1} \quad 4.5$$

- Για κάθε κλάση υπολογίστηκε η συχνότητα που ο άνεμος μετακινείται σε αυτήν από προηγούμενη κλάση, Up
- Για κάθε κλάση υπολογίστηκε η συχνότητα που ο άνεμος μετακινήθηκε σε αυτήν από επόμενη κλάση, Down
- Τέλος υπολογίστηκαν οι συντελεστές $\lambda_{ws,i+}$ και $\lambda_{ws,i-}$ οι οποίοι σχετίζονται με την πιθανότητα να υπάρξει μετάβαση στην αμέσως προηγούμενη ή αμέσως επόμενη κλάση, σύμφωνα με τη εξίσωση 4.6:

$$\lambda_{ws,i\pm 1} = \frac{N_{ws,i\pm 1}}{p_{ws,i}} \quad 4.6$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά τα παραπάνω στοιχεία για το μήνα Ιανουάριο:

Πίνακας 4.5: Πιθανοτικός πίνακας ανεμολογικών στοιχείων Ιανουαρίου

A/A	κλάσεις	N	πιθανότητα	N _{i,i+1}	N _{i,i-1}	συχνότητα	Up	Down
1	(0-1]	2527	0.4173	223	0	14.56	554.54	0.00
2	(1-2]	619	0.0729	84	268	22.98	1195.98	3815.73
3	(2-3]	809	0.1349	111	99	13.71	853.78	761.48
4	(3-4]	634	0.1020	94	115	13.64	955.97	1169.53
5	(4-5]	501	0.0706	68	87	10.12	1000.09	1279.53
6	(5-6]	385	0.0606	50	67	7.64	855.72	1146.67
7	(6-7]	325	0.0510	54	50	6.79	1098.35	1016.99
8	(7-8]	271	0.0395	20	51	4.63	524.84	1338.35
9	(8-9]	138	0.0236	12	28	2.61	528.30	1232.69
10	(9-10]	85	0.0115	10	12	1.44	904.29	1085.15
11	(10-11]	82	0.0084	5	11	1.04	619.61	1363.14
12	(11-12]	37	0.0034	4	9	0.85	1216.69	2737.54
13	(12-13]	17	0.0023	0	0	0.00	0.00	0.00
14	(13-14]	8	0.0009	0	0	0.00	0.00	0.00
15	(14-15]	5	0.0005	0	0	0.00	0.00	0.00
16	(15-16]	1	0.0003	0	0	0.00	0.00	0.00
17	(16-17]	3	0.0002	0	0	0.00	0.00	0.00
18	(17-18]	0	0.0000	0	0	0.00	0.00	0.00
19	(18-19]	0	0.0000	0	0	0.00	0.00	0.00
20	(19-20]	1	0.0000	0	0	0.00	0.00	0.00
21	(20-21]	0	0.0000	0	0	0.00	0.00	0.00
22	(21-22]	0	0.0000	0	0	0.00	0.00	0.00
23	(22+]	0	0.0000	0	0	0.00	0.00	0.00

Πίνακας 4.6: Συχνότητα κάθε κλάσης ανά μήνα

κλάσεις	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
(0-1]	12.69	12.35	12.62	10.69	10.40	11.49	11.05	13.70	14.20	17.78	15.21	14.56
(1-2]	19.14	18.53	18.36	20.04	22.19	23.17	25.32	26.95	24.13	26.96	21.58	22.98
(2-3]	14.05	14.78	17.83	20.24	23.66	24.62	23.14	23.27	22.55	20.51	13.94	13.71
(3-4]	15.48	17.50	17.90	22.24	23.09	21.78	20.37	19.47	19.53	16.08	13.81	13.64
(4-5]	11.54	11.40	11.76	10.62	9.57	9.09	8.23	6.98	8.28	7.47	8.90	10.12
(5-6]	8.32	7.94	7.93	6.41	5.42	4.86	4.37	4.12	4.87	3.99	7.10	7.64
(6-7]	7.17	6.99	5.22	4.94	3.00	2.71	3.02	2.60	3.02	2.85	7.04	6.79
(7-8]	5.52	5.00	3.63	2.20	1.72	1.26	2.38	1.78	1.84	2.53	6.04	4.63
(8-9]	3.08	2.94	2.77	1.74	0.70	0.57	1.35	0.70	1.18	0.95	3.19	2.61
(9-10]	1.58	1.25	0.92	0.40	0.26	0.19	0.19	0.25	0.26	0.57	1.33	1.44
(10-11]	0.86	0.96	0.53	0.27	0.00	0.06	0.39	0.19	0.13	0.25	0.73	1.04
(11-12]	0.36	0.15	0.26	0.13	0.00	0.06	0.19	0.00	0.00	0.06	0.66	0.85
(12-13]	0.14	0.07	0.26	0.07	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
(13-14]	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
(14-15]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
(15-16]	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(16-17]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
(17-18]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
(18-19]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(19-20]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(20-21]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(21-22]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(22+]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Έπειτα, ακολούθησε το δεύτερο σκέλος της μεθόδου, όπου παρήχθησαν οι χρονοσειρές ανέμου στο αντίστοιχο χρονικό βήμα της ιστορικής χρονοσειράς ακολουθώντας την εξής μεθοδολογία:

- Για κάθε χρονικό βήμα δημιουργήθηκαν δύο τυχαίοι αριθμοί οι οποίοι ανήκουν στο διάστημα [0,1] και εκφράζουν την πιθανότητα το διάνυσμα της ταχύτητας να μετατοπιστεί στην επόμενη ή αμέσως προηγούμενη κλάση
- Έπειτα υπολογίστηκε ο χρόνος μετάβασης στην επόμενη και στην προηγούμενη κλάση αντίστοιχα από τις εξισώσεις 4.7 και 4.8:

$$TTU^i = \frac{h}{\lambda_{up}} \ln(U_1^i) \quad 4.7$$

$$TTD^i = \frac{h}{\lambda_{down}} \ln(U_2^i) \quad 4.8$$

Όπου h η περίοδος προσομοίωσης σε 3ωρα. Η μικρότερη τιμή εκ των δυο σχέσεων καθορίζει σε ποια κατάσταση θα βρεθεί το νέο διάνυσμα της ταχύτητας.

- Στην περίπτωση όπου $TTU^i=0$, θεωρήθηκε ότι ο άνεμος δεν μπορεί να μετατοπιστεί σε μεγαλύτερη κλάση και έτσι, μετατοπίζεται στην αμέσως μικρότερη σε χρονικό βήμα TTD^i , ενώ στην περίπτωση που $TTD^i=0$, θεωρήθηκε ότι ο άνεμος δεν μπορεί να μετατοπιστεί σε μικρότερη κλάση και τελικά μετατοπίζεται στην αμέσως μεγαλύτερη σε χρονικό διάστημα TTU^i .
- Όταν η τιμή της ταχύτητας είναι μηδενική, τότε αναγκαστικά μετατοπίζεται σε μεγαλύτερη κλάση ενώ, αντίστοιχα, ο άνεμος δεν μπορεί να λάβει τιμές μεγαλύτερες από εκείνες που δεν έχουν παρατηρηθεί στην ιστορική χρονοσειρά
- Σε περίπτωση που $TTU^i < TTD^i$, το διάνυσμα της ταχύτητας μεγαλώνει μια μονάδα ενώ στην αντίθετη περίπτωση το διάνυσμα μειώνεται κατά μια μονάδα. Μετά από κάθε βήμα, το χρονικό διάστημα αυξάνεται κατά $t^i = t^{i-1} + TTU^i$ για την πρώτη περίπτωση και $t^i = t^{i-1} - TTD^i$ για τη δεύτερη
- Τα βήματα 2 έως 4 επαναλήφθηκαν μέχρις ότου το t να ισούται ή να ξεπερνάει το h .

Η παραπάνω μεθοδολογία έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς για ένα έτος. Επομένως η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 40 φορές όση είναι και η διάρκεια ζωής του έργου. Η παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς έγινε με χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 365.

4.3 Εκτίμηση υδρευτικών, αρδευτικών και ενεργειακών αναγκών

4.3.1 Εισαγωγή

Ο ορθός σχεδιασμός του ΥΣ απαιτεί αφενός τη συλλογή αντιπροσωπευτικών μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής μελέτης, και αφετέρου τον ακριβή προσδιορισμό των αναγκών που θα κληθεί να καλύψει το σύστημα. Έτσι, προσδιορίζονται οι ενεργειακές, υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες λαμβάνοντας υπόψιν το μόνιμο πληθυσμό και τη μεταβολή του μέσα στο χρόνο, εξαιτίας της τουριστικής περιόδου αλλά και των δραστηριοτήτων (π.χ καλλιέργειες, κτηνοτροφία) που αναπτύσσονται στην περιοχή μελέτης.

Για την εκτίμηση των πληθυσμιακών χαρακτηριστικών αντλήθηκαν στοιχεία από την ΕΛΣΤΑΤ για τις 4 τελευταίες απογραφές. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης κυμαίνεται τα τελευταία χρόνια κοντά στους 17.500 κατοίκους (17.455 με βάση την απογραφή του 2021).

Η τουριστική περίοδος, που έχει καθοριστική συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη του νησιού, διαρκεί περίπου 5 μήνες (Μάιος-Σεπτέμβριος) με πιο έντονη την κίνηση τους μήνες Ιούλιος-Αύγουστος. Η πρόσβαση στο νησί γίνεται ακτοπλοϊκώς και αεροπορικώς και ο τουριστικός πληθυσμός εξαπλώνεται σε όλη την έκταση του νησιού. Με βάση στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ για το έτος 2019 και μετά από επικοινωνία με την ένωση ξενοδόχων Κέρκυρας, προκύπτει το ποσοστό πληρότητας των

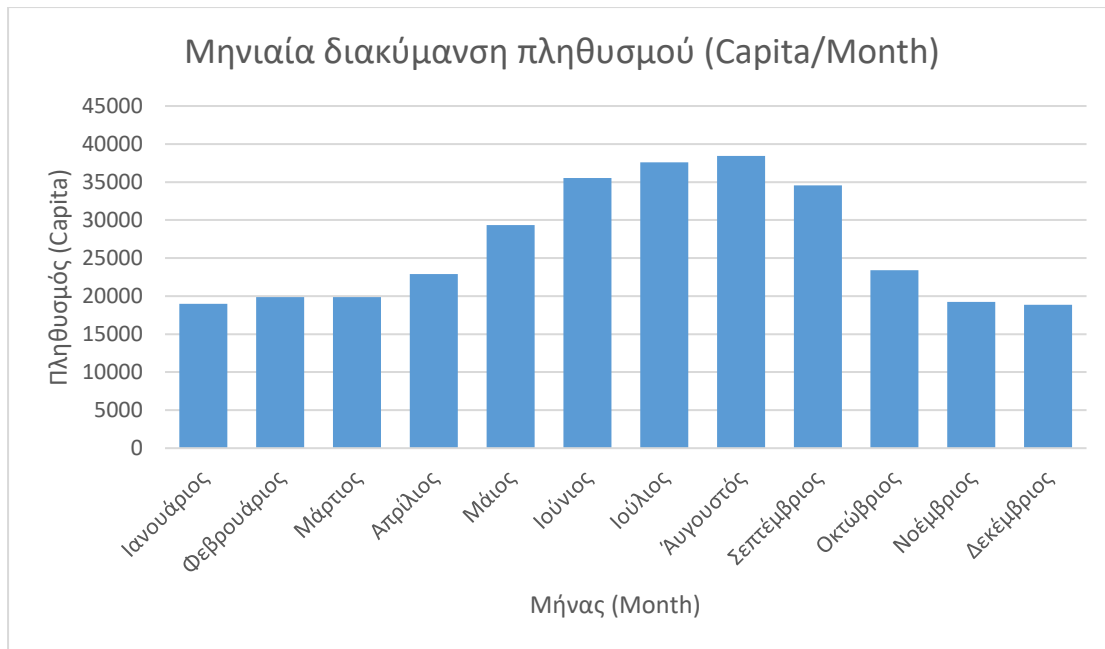
ξενοδοχειακών μονάδων της περιοχής (πίνακας 4.7) και η αύξηση του πληθυσμού τους θερινούς μήνες (πίνακας 4.8). Ακόμα, στο διάγραμμα 4.1 απεικονίζεται η μηνιαία διακύμανση του πληθυσμού.

Πίνακας 4.7: Ποσοστό πληρότητας ξενοδοχειακών μονάδων

Μήνας	ποσοστό πληρότητας
Ιανουάριος	0.063
Φεβρουάριος	0.099
Μάρτιος	0.099
Απρίλιος	0.225
Μάιος	0.49
Ιούνιος	0.745
Ιούλιος	0.831
Αύγουστος	0.865
Σεπτέμβριος	0.705
Οκτώβριος	0.246
Νοέμβριος	0.073
Δεκέμβριος	0.058

Πίνακας 4.8: Μεταβολή πληθυσμού περιοχής μελέτης ανά μήνα

Μήνας	μόνιμοι κάτοικοι	τουρίστες	Σύνολο
Ιανουάριος	17455	1528	18983
Φεβρουάριος	17455	2401	19856
Μάρτιος	17455	2401	19856
Απρίλιος	17455	5456	22911
Μάιος	17455	11883	29338
Ιούνιος	17455	18066	35521
Ιούλιος	17455	20152	37607
Αύγουστος	17455	20976	38431
Σεπτέμβριος	17455	17096	34551
Οκτώβριος	17455	5966	23421
Νοέμβριος	17455	1770	19225
Δεκέμβριος	17455	1407	18862



Διάγραμμα 4.1: Μηνιαία διακύμανση πληθυσμού περιοχής μελέτης

Επιπρόσθετα επειδή τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις υδρευτικές και ενεργειακές ανάγκες, γίνεται μια εκτίμηση του πληθυσμού για τα επόμενα 40 έτη, όση είναι δηλαδή και η διάρκεια ζωής του έργου. Η εκτίμηση γίνεται μέσω την εξίσωση 4.6 (Τσακίρης, 2010) λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο πληθυσμός ακολουθεί σταθερή γεωμετρική αύξηση ανά έτος.

$$P_i = \alpha * P_{i-1} \quad 4.9$$

Όπου: $\alpha = 1 + \gamma$ (4.7) και $\gamma = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_{i-1}}$ (4.8) και i το εκάστοτε έτος.

Στους πίνακες 4.9 και 4.10 παρουσιάζονται τα δεδομένα με τα οποία πραγματοποιήθηκε η πληθυσμιακή αναγωγή, καθώς και η πορεία αύξησης του πληθυσμού τα επόμενα 40 έτη.

Πίνακας 4.9: Στοιχεία πληθυσμιακής αναγωγής

αναγωγή πληθυσμού	
P1	17455
P40	21203
α	1.005
γ	0.005
συνολική αύξηση (%)	22.1

Πίνακας 4.10: Πορεία αύξησης του πληθυσμού

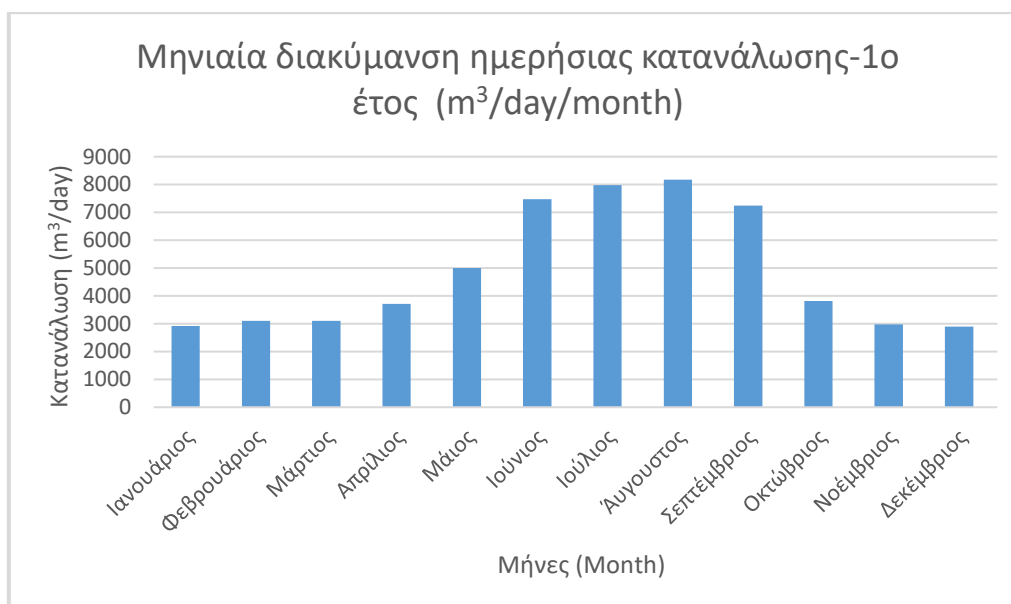
Έτος	πληθυσμός	συντελεστής αναγωγής	Έτος	πληθυσμός	συντελεστής αναγωγής
1	17455	1.005	21	19286	1.110
2	17542	1.010	22	19382	1.116
3	17630	1.015	23	19479	1.122
4	17718	1.020	24	19577	1.127
5	17807	1.025	25	19675	1.133
6	17896	1.030	26	19773	1.138
7	17985	1.036	27	19872	1.144
8	18075	1.041	28	19971	1.150
9	18166	1.046	29	20071	1.156
10	18256	1.051	30	20171	1.161
11	18348	1,056	31	20272	1.167
12	18439	1.062	32	20374	1.173
13	18532	1.067	33	20475	1.179
14	18624	1.072	34	20578	1.185
15	18717	1.078	35	20681	1.191
16	18811	1.083	36	20784	1.197
17	18905	1.088	37	20888	1.203
18	19000	1.094	38	20992	1.209
19	19095	1.099	39	21097	1.215
20	19190	1.105	40	21203	1.221

4.3.2 Υδρευτικές ανάγκες

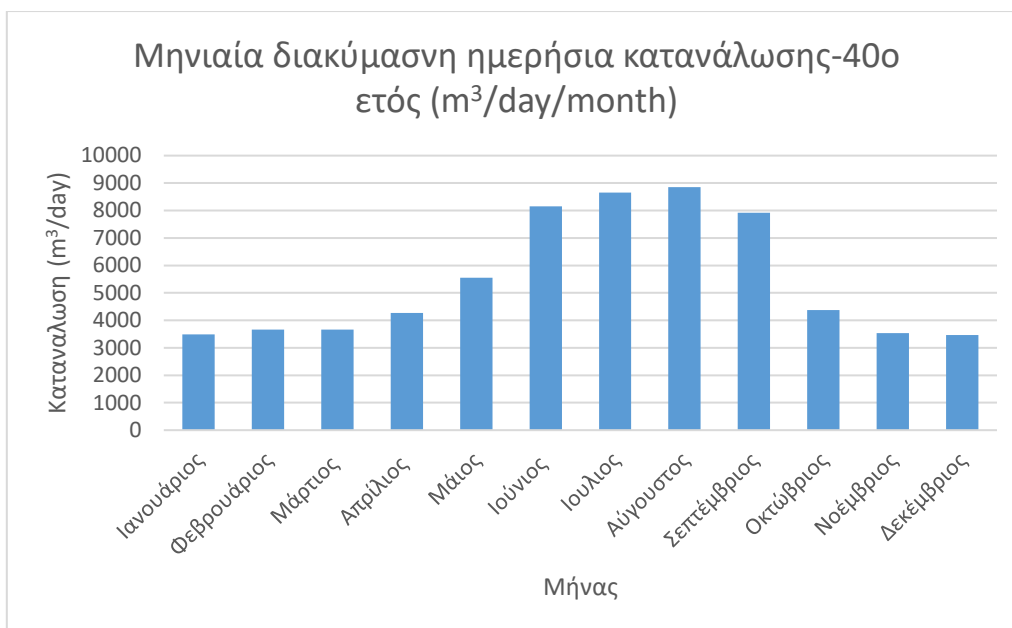
Για τον προσδιορισμό των υδρευτικών αναγκών σε ημερήσια και μηνιαία βάση της βόρειας Κέρκυρας, θα πρέπει αρχικά να εκτιμηθεί η ημερήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο. Συγκεκριμένα για τους μόνιμους κατοίκους η μέση ημερήσια κατανάλωση λαμβάνεται ίση με 150 L/day, ενώ για τους τουρίστες ίση με 200 L/day (Κουτσογιάννης, Ευστρατιάδης, 2015). Επιπλέον, εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης νερού τους καλοκαιρινούς μήνες και το Σεπτέμβριο συνυπολογίζεται επιπλέον 20% κατανάλωση νερού για το συνολικό πληθυσμό (Αγαπητίδου, 2021). Στον πίνακα 4.11, παρουσιάζεται η μέση κατανάλωση των μόνιμων κατοίκων και των τουριστών, ενώ στα διαγράμματα 4.2 και 4.3 απεικονίζεται η μηνιαία διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για το 1^ο και 40^ο έτος λειτουργίας του συστήματος.

Πίνακας 4.11: Μέση κατανάλωση μόνιμων κατοίκων και τουριστών ανά ημέρα και μήνα

Μήνας	Ημερήσια Ζήτηση κατοίκων (m ³ /d)	Ημερήσια Ζήτηση τουριστών (m ³ /d)	Σύνολο (m ³ /d)	Σύνολο (m ³ /month)
Ιανουάριος	2618,25	305,55	2923,8	87714,0
Φεβρουάριος	2618,25	480,15	3098,4	92952,0
Μάρτιος	2618,25	480,15	3098,4	92952,0
Απρίλιος	2618,25	1091,25	3709,5	111285,0
Μάιος	2618,25	2376,5	4994,8	149842,5
Ιούνιος	3141,9	4335,9	7477,8	224334,0
Ιούλιος	3141,9	4836,42	7978,3	239349,6
Αύγουστος	3141,9	5034,3	8176,2	245286,0
Σεπτέμβριος	3141,9	4103,1	7245,0	217350,0
Οκτώβριος	2618,25	1193,1	3811,4	114340,5
Νοέμβριος	2618,25	354,05	2972,3	89169,0
Δεκέμβριος	2618,25	281,3	2899,6	86986,5



Διάγραμμα 4.2: Μηνιαία διακύμανση ημερήσιας κατανάλωσης-1^ο έτος λειτουργίας (m³/day/month)



Διάγραμμα 4.3: Μηνιαία διακύμανση ημερήσια κατανάλωσης-40^ο έτος λειτουργίας (m³/day/month)

4.3.3 Αρδευτικές ανάγκες

Για τον υπολογισμό των αρδευτικών αναγκών, πρέπει να υπολογιστεί το άθροισμα των αναγκών σε νερό για τις καλλιέργειες και για την κτηνοτροφία. Η αρδευτική ζήτηση της ζωικής παραγωγής προκύπτει γνωρίζοντας το είδος των ζώων που εκτρέφονται, το πλήθος τους, καθώς και την κατά κεφαλήν κατανάλωση κάθε είδους σε νερό ανά ημέρα. Η κατανάλωση σε νερό της ζωικής παραγωγής φαίνεται στον Πίνακα 4.12.

Πίνακας 4.12: ημερήσια και μηνιαία κατανάλωση σε νερό ζωικής παραγωγής

Ζώα	πλήθος	κατά κεφαλήν κατ. (L/day)	συνολική κατ. (L/day)	συνολική κατ. (m³/day)	μηνιαία κατ. (m³/month)
Αίγες	3077	5	15385	15.385	461.55
Χοίροι	76	40	3040	3.04	91.2
Προβατοειδή	6606	12	79272	79.272	2378.16
Βοοειδή	305	140	42700	42.7	1281
Πουλερικά	32510	5	162550	162.55	4876.5
Κουνέλια	1469	5	7345	7.345	220.35

Για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών, χρησιμοποιείται η μέθοδος των Blaney-Cridley (Zhan et al., 2018). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή και κατά συνέπεια οι αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών σχετίζονται άμεσα με τη μέση ημερήσια θερμοκρασία και το μέσο ποσοστό διάρκεια

των ωρών της ημέρα. Η μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται από την εξίσωση 4.10:

$$ET = k_c * F = \frac{k_c * (1,8 * T + 32) * p}{3,94} \quad 4.10$$

Όπου

- ET η ημερήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm
- k_c ο εμπειρικός συντελεστής καλλιέργειας
- T η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα σε °C
- p μέσο ημερήσιο ποσοστό διάρκεια ωρών της ημέρας

Η μέση ημερήσια θερμοκρασία υπολογίζεται από την ημερήσια συνθετική χρονοσειρά που παράχθηκε στο κεφάλαιο 4.1, ενώ το μέσο ποσοστό διάρκειας ημέρας λαμβάνοντας υπόψιν το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής μελέτης (για τη βόρεια Κέρκυρα το γεωγραφικό πλάτος είναι 39,45°) και τη μέση αστρονομική διάρκεια της ημέρας σε ώρες. Στον Πίνακα 4.13, καταγράφεται η μέση αστρονομική διάρκεια ημέρας καθώς και το ποσοστό της ανά μήνα:

Πίνακας 4.13: Μέση αστρονομική διάρκεια ημέρας και ποσοστό ανά μήνα

A/A	Μήνας (month)	Ημέρες/Μήνα (days/month)	Αστρον. Διάρκεια ημέρας (η)	ποσοστό p (%)
1	Ιανουάριος	31	9.55	0.398
2	Φεβρουάριος	28	10.42	0.434
3	Μάρτιος	31	11.7	0.488
4	Απρίλιος	30	13	0.542
5	Μάιος	31	14.15	0.590
6	Ιούνιος	30	14.75	0.615
7	Ιούλιος	31	14.47	0.603
8	Αύγουστος	31	13.57	0.565
9	Σεπτέμβριος	30	12.27	0.511
10	Οκτώβριος	31	10.92	0.455
11	Νοέμβριος	30	9.82	0.409
12	Δεκέμβριος	31	9.25	0.385

Για τον προσδιορισμό του φυτικού συντελεστή k_c , πρέπει αρχικά να εκτιμηθεί η διάρκεια κάθε σταδίου βλάστησης για την κάθε καλλιέργεια, δηλαδή του αρχικού, του κύριου του μέσου και του τελικού, καθώς επίσης και οι αντίστοιχοι συντελεστές κάθε σταδίου και η ημερομηνία φύτευσης. Τα στοιχεία αυτά αντλήθηκαν από το FAO irrigation and drainage paper no. 56 crop evapotranspiration (Allen et al., 2012). Εξαίρεση αποτελούν οι καλλιέργειες των αμπελιών και λεμονιών των οποίων τα στοιχεία ελήφθησαν από τους Παναγούλια και Δήμου (2000), ενώ όσον αφορά στα

ελαιόδεντρα ο φυτικός συντελεστής είναι μηδενικός σε όλη τη διάρκεια του έτους καθώς δεν αποτελούν αρδευόμενο είδος καλλιέργειας. Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει μια έκταση 301.618 στρεμμάτων, εκ των οποίων μόλις τα 22.964 αποτελούν αρδευόμενες εκτάσεις. Στον Πίνακα 4.14, παρουσιάζονται οι εκτάσεις ανά καλλιέργεια για τη βόρεια Κέρκυρα, ενώ στους πίνακες 4.15 και 4.16 η διάρκεια και οι φυτικοί συντελεστές κάθε σταδίου βλάστησης αντίστοιχα:

Πίνακας 4.14: είδη και εκτάσεις αρδευόμενων καλλιεργειών

Είδος καλλιέργειας	Έκταση (σε στρέμματα)	ποσοστό(%)
αραβόσιτος	2785	12.13
κριθάρι	25	0.11
βρώμη	137	0.60
φασόλια	3011	13.11
κουκιά	511	2.23
αγγούρια	403	1.75
ρεβύθια	449	1.96
μπιζέλια	162	0.71
καρπούζια	386	1.68
πεπόνια	237	1.03
πατάτες	8231	35.84
ντομάτες	1141	4.97
κολοκυθάκια	361	1.57
λάχανα	585	2.55
κρεμμύδια	639	2.78
μελιτζάνες	217	0.94
αμυγδαλιές	331	1.44
πορτοκαλιές	1577	6.87
λεμονιές	901	3.92
μηλιές	105	0.46
αμπέλια	770	3.35
Σύνολο	22964	100

Πίνακας 4.15: Διάρκεια σταδίου βλάστησης σε ημέρες

Είδος καλλιέργειας	ονομασία στο FAO	Init. (Lini)	Dev. (Ldev)	Mid (Lmid)	Late (Llate)	Total	Plant Date
αραβόσιτος	maize	20	25	25	10	80	Μάιος/ Ιούνιος
κριθάρι	barley	40	60	60	40	200	Νοέμβριος
βρώμη	Winter Wheat	30	140	40	30	240	Νοέμβριος
φασόλια	Faba bean	20	30	35	15	100	Μάρτιος/ Απρίλιος
κουκιά	beems (green)	20	30	30	10	90	Μάρτιος
αγγούρια	cucumbers	20	30	40	15	105	Απρίλιος
ρεβύθια	Chickpeas	20	30	35	15	100	Μάρτιος
μπιζέλια	peas	20	30	35	15	100	Ιούλιος/Αύγουστος
καρπούζι	water melons	20	30	30	30	110	Απρίλιος
πεπόνια	sweet melon	25	35	40	20	120	Μάιος
πατάτες	patatoes	30	35	50	30	145	Απρίλιος
ντομάτες	tomatoes	30	40	45	30	145	Απρίλιος/Μάιος
κολοκυθάκια	Zucchini	20	30	25	15	90	Μάιος
λάχανα	vegetables	20	30	15	10	75	Απρίλιος
κρεμμύδια	onions	15	25	70	40	150	Απρίλιος
μελιτζάνες	egg plants	30	45	40	25	140	Μάιος/ Ιούνιος
αμυγδαλιές	Almonds	20	60	30	40	150	Φεβρουάριος
πορτοκαλιές	Citrus	60	90	120	95	365	Ιανουάριος
μυλιές	Apples	120	90	90	60	390	Μάρτιος
λεμονιές		60	90	120	95	365	Ιανουάριος

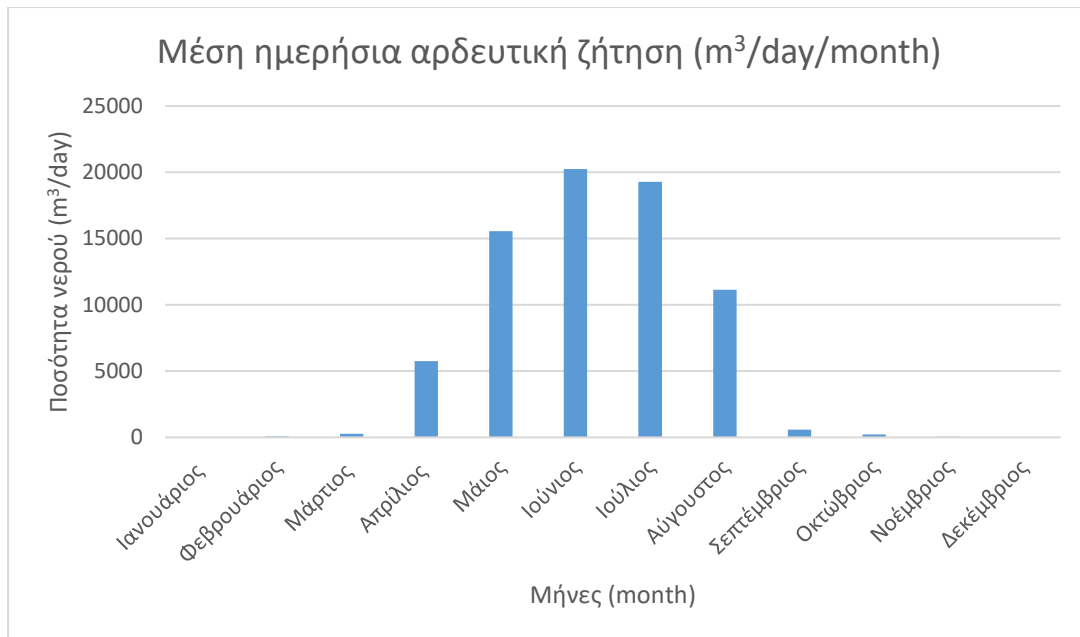
Πίνακας 4.16: φυτικοί συντελεστές κάθε σταδίου βλάστησης

Καλλιέργεια	Όνομασία FAO	Kc ini	Kc dev	Kc mid	Kc end	Maximum Crop Height (m)
αραβόσιτος	maize	0.3	0.7	1.15	1.05	1.5
κριθάρι	barley	0	0	1.1	0.15	1
βρώμη	Winter Wheat	0.3	0.73	1.15	0.25	1
φασόλια	Faba bean	0.5	0.78	1.15	0.9	0.8
κουκιά	beems (green)	0.5	0.78	1.05	0.9	0.4
αγγούρια	cucumbers	0.5	0.75	1	0.9	0.3
ρεβύθια	Chickpeas	0.4	0.7	1	0.35	0.4
μπιζέλια	peas	0.5	0.85	1.15	1.1	0.5
καρπούζι	water melons	0.4	0.75	1	0.75	0.4
πεπόνια	sweet melon	0.5	0.75	1.05	0.75	0.4
πατάτες	patatoes	0.5	0.78	1.05	0.95	0.6
ντομάτες	tomatoes	0.6	0.88	1.15	0.9	0.6
κολοκυθάκια	Zucchini	0.5	0.73	0.95	0.75	0.3
λάχανα	vegetables	0.7	0.85	1	0.95	0.3
κρεμμύδια	onions	0.7	0.88	1.05	0.75	0.4
μελιτζάνες	egg plants	0.6	0.83	1.05	0.9	0.8
αμυγδαλιές	Almonds	0.4	0.65	0.9	0.65	
πορτοκαλιές	Citrus	0.65	0.625	0.6	0.65	
μυλιές	Apples	0.6	0.775	0.95	0.75	

Αφού προσδιοριστεί ο σταθμευμένος ημερήσιος φυτικός συντελεστής k_c ανά μήνα, στη συνέχεια υπολογίζεται η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή σύμφωνα με τη σχέση των Blanney-Cridley (εξίσωση 4.8). Έπειτα αφού αφαιρέσουμε την ημερήσια βροχόπτωση από την εξατμισοδιαπνοή προκύπτει η τελική ποσότητα αρδευόμενου νερού. Στον Πίνακα 4.17 και Διάγραμμα 4.4, απεικονίζονται η μέση ημερήσια και μηνιαία ζήτηση για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών.

Πίνακας 4.17: Μέση ημερήσια και μηνιαία αρδευτική ζήτηση

A/A	Μήνας	μέση ημερήσια ζήτηση (m^3/day)	μέση μηνιαία ζήτηση ($m^3/month$)
1	Ιανουάριος	32.5	1007.5
2	Φεβρουάριος	78.06	2263.74
3	Μάρτιος	271.17	8406.27
4	Απρίλιος	5756.07	172682.1
5	Μάιος	15558.59	482316.29
6	Ιούνιος	20233.71	607011.3
7	Ιούλιος	19278.41	597630.71
8	Αύγουστος	11138.87	345304.97
9	Σεπτέμβριος	577.87	17336.1
10	Οκτώβριος	227.06	7038.86
11	Νοέμβριος	46.52	1395.6
12	Δεκέμβριος	16.22	502.82



Διάγραμμα 4.4: Μέση ημερήσια ενεργειακή ζήτηση (m³/days/month)

4.3.4 Ενεργειακές ανάγκες

Όπως ειπώθηκε στο Κεφάλαιο 3, οι ενεργειακές ανάγκες της Κέρκυρας καλύπτονται μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων που συνδέουν το νησί με την ηπειρωτική Ελλάδα. Επειδή η εύρεση των στοιχείων που προσδιορίζουν τις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής μελέτης δεν κατέστη εφικτή, η εκτίμηση αυτών έγινε βάση των ενεργειακών αναγκών της γειτονικής νήσου Ιθάκης (Βουράκης, 2022), καθώς θεωρήθηκε ότι τα δυο νησιά παρουσιάζουν ομοιότητες τόσο σε οικονομικά όσο και σε κοινωνικά χαρακτηριστικά. Τα στοιχεία που ελήφθησαν είναι η μέση ωριαία, ημερήσια και μηνιαία ζήτηση οι οποίες στη συνέχεια προσαρμόστηκαν στον πληθυσμό της Βόρειας Κέρκυρας. Στους πίνακες 4.18 και 4.19 παρουσιάζονται η μέση ημερήσια και μηνιαία ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια για το 1ο και 40ο έτος αντίστοιχα.

Πίνακας 4.18: Εκτιμώμενη ημερήσια και μηνιαία ενεργειακή ζήτηση Βόρειας Κέρκυρας-1^ο έτος λειτουργίας

Μήνας	Πληθυσμός	Ενεργειακή Ζήτηση (MWh/month)	Ενεργειακή Ζήτηση (MWh/day)
Ιανουάριος	18983	6735.17	217.26
Φεβρουάριος	19856	5847.59	201.64
Μάρτιος	19856	4368.32	140.91
Απρίλιος	22911	4204.17	140.14
Μάιος	29338	6454.36	208.2
Ιούνιος	35521	10372.13	345.73
Ιούλιος	37607	14290.66	460.99
Αύγουστος	38431	14988.09	483.49
Σεπτέμβριος	34551	10710.81	357.03
Οκτώβριος	23421	5621	181.32
Νοέμβριος	19225	5190.75	173.03
Δεκέμβριος	18862	6243.32	201.4

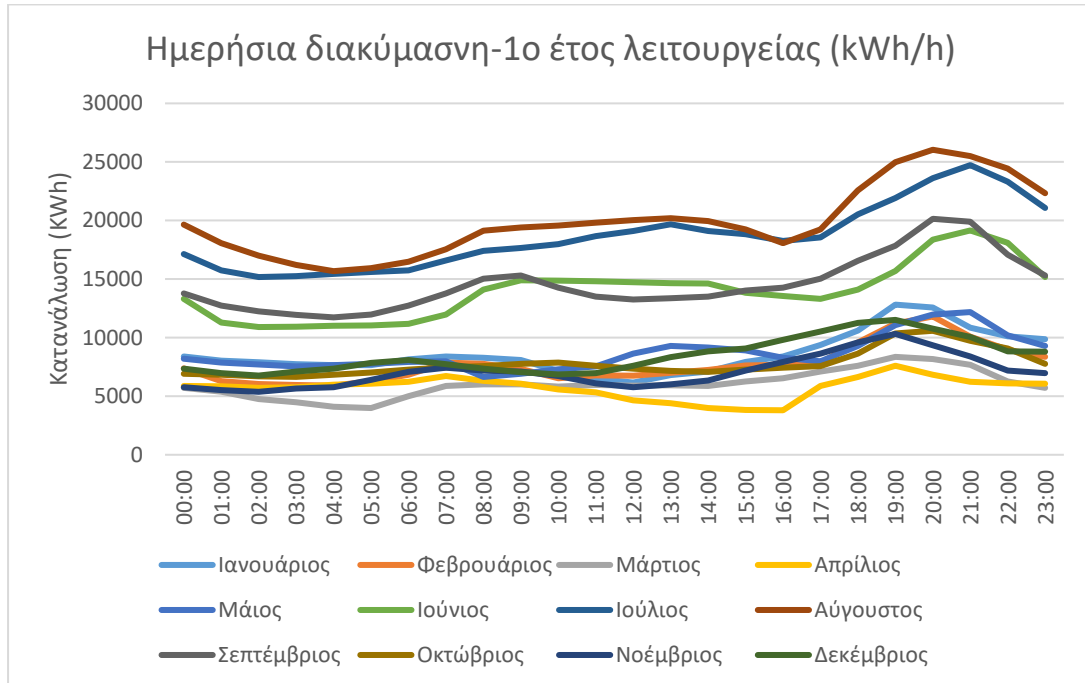
Πίνακας 4.19: Εκτιμώμενη ημερήσια και μηνιαία ενεργειακή ζήτηση Βόρειας Κέρκυρας-4^ο έτος λειτουργίας

Μήνας	Πληθυσμός	Ενεργειακή Ζήτηση (MWh/month)	Ενεργειακή Ζήτηση (MWh/day)
Ιανουάριος	22731	8064.87	268.83
Φεβρουάριος	23604	6951.30	231.71
Μάρτιος	23604	5192.83	173.09
Απρίλιος	26659	4891.97	163.07
Μάιος	33086	7278.81	242.63
Ιούνιος	39269	11466.62	382.22
Ιούλιος	41355	15714.81	523.83
Αύγουστος	42179	16449.91	548.33
Σεπτέμβριος	38299	11872.77	395.76
Οκτώβριος	27169	6520.39	217.35
Νοέμβριος	22973	6202.78	206.76
Δεκέμβριος	22610	7483.74	249.46

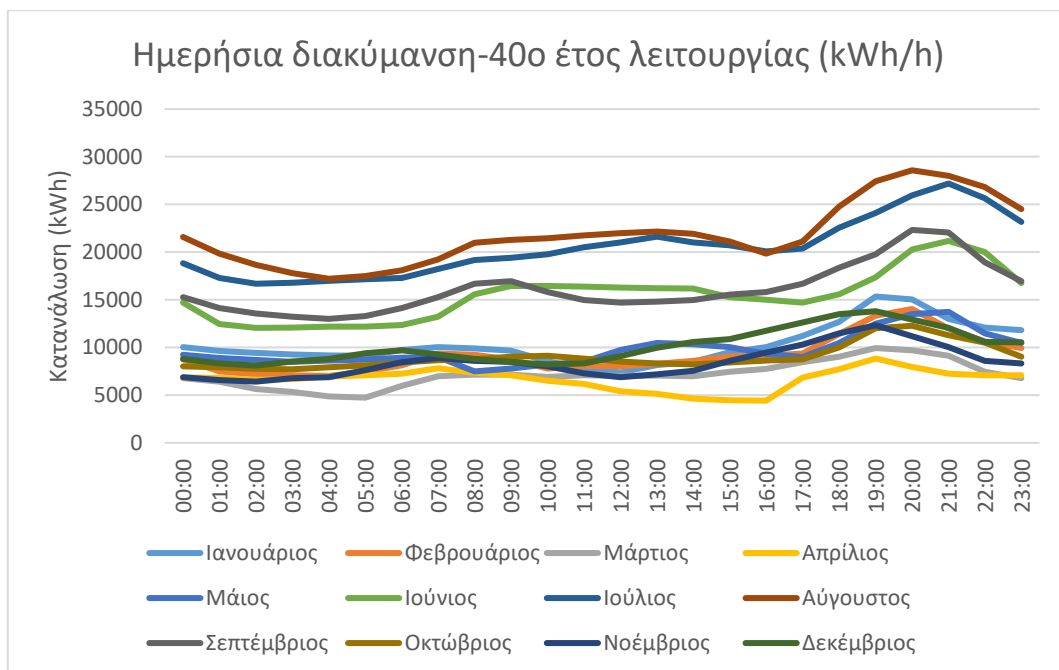
Για τον προσδιορισμό της ωριαίας διακύμανσης, υπολογίστηκε το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κάθε ώρα ως προς τη μέση τιμή της καταναλισκόμενης ενέργειας της αντίστοιχης ημέρας. Σύμφωνα με τα ποσοστά αυτά

και την εφαρμογή τους στις μέσες ημερήσιες καταναλώσεις, προκύπτουν οι μέσες ωριαίες καταναλώσεις. (Λεμονής, 2020)

Στα διαγράμματα 4.4 και 4.5 καταγράφονται οι ημερήσιες διακυμάνσεις για το 1ο και 4ο έτος.



Διάγραμμα 4.5: Ημερήσια διακύμανση κατανάλωσης ανά μήνα-1^ο έτος λειτουργίας



Διάγραμμα 4.6: Ημερήσια διακύμανση κατανάλωσης ανά μήνα-40^ο έτος λειτουργίας

4.4 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας

4.4.1 Εκτίμηση παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Για την κατασκευή του ΥΣ στη βόρεια Κέρκυρα που μελετάται στην παρούσα εργασία κρίνεται σημαντική η κατασκευή αιολικού πάρκου στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού. Η χωροθέτηση αυτού προκύπτει με σκοπό την εκμετάλλευση όσο το δυνατόν περισσότερο του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Το αιολικό πάρκο αποτελείται από 12 Α/Γ τύπου ENERCON E66/2000. Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μοντέλου φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 4.20.

Πίνακας 4.20: χαρακτηριστικά μεγέθη μοντέλου Α/Γ ENERCON E66/2000

μοντέλο	ENERCON E66/2000
εγκατεστημένη ισχύς (kW)	2050
ελ. απαιτ. ταχ. ανέμου (m/s)	2.5
μεγ. επιτρ. ταχ. ανέμου (m/s)	28
διάμετρος ρότορα (m)	66
ύψος ρότορα (m)	98
αριθμός πτερυγίων	3

Γνωρίζοντας το υψόμετρο του ρότορα των Α/Γ, αλλά και το υψόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού από τον οποίο ελήφθησαν τα μετεωρολογικά δεδομένα για την παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς του ανέμου, ανάγονται οι τιμές των μετρήσεων του ανέμου στο ύψος του ρότορα των Α/Γ. Η διόρθωση γίνεται μέσω της εξίσωσης 4.11:

$$u_1 = u_2 * \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} \quad 4.11$$

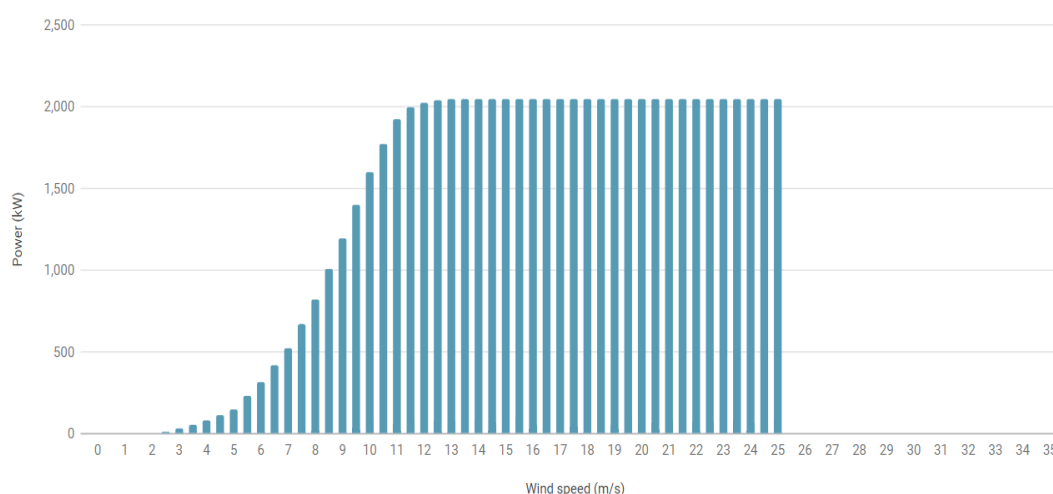
Όπου:

- u_1 η διορθωμένη ταχύτητα ανέμου στο ύψος του ρότορα των Α/Γ
- u_2 η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του μετεωρολογικού σταθμού
- z_2 το υψόμετρο του ρότορα των Α/Γ
- z_1 το υψόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού
- z_0 παράμετρος τραχύτητας του εδάφους. Οι τιμές του συντελεστή z_0 παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε συντελεστής $z_0=0.2$

Πίνακας 4.21: συντελεστής τραχύτητας εδάφους z_0

συντελεστής τραχύτητας εδάφους	
πάγος	0.001
άσφαλτος	0.002
υδάτινη	0.01 έως 0.02
χλόη έως 1 cm	0.1
χλόη 1-10 cm	0.1 έως 0.2
χλόη-σιτηρά 10-50 cm	2 έως 5
Φυτοκάλυψη 1-2 cm	20
Δένδρα 1-2 m	40 έως 70

Έπειτα, για να προσδιοριστεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των Α/Γ γίνεται χρήση της καμπύλης ισχύος, όπως αυτή προκύπτει από τον κατασκευαστή για το συγκεκριμένο μοντέλο. Εκτός των άλλων, από την καμπύλη ισχύος της Α/Γ ENERCON 66/2000 προκύπτει ότι το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελεί βέλτιστη λύση καθώς μπορεί να εκμεταλλευτεί ικανοποιητικά και τις χαμηλές ταχύτητες ανέμου που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης. Στην Εικόνα 4.3 απεικονίζεται η καμπύλη ισχύος Α/Γ ENERCON E66/2000.



Εικόνα 4.3: καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας ENERCON E66/2000 (πηγή: *The Wind Power*, 2023)

4.4.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας από το υδροηλεκτρικό έργο

Το υδροηλεκτρικό έργο, το οποίο αποτελεί τμήμα του ΥΣ και σχεδιάστηκε ώστε να καλύπτει όσο το δυνατόν τις αιχμές της ενεργειακής ζήτησης, αποτελείται από ταμιευτήρα θαλασσινού νερού χωρητικότητας 3.8 hm^3 , μέγιστης στάθμης ύδατος $z_{\max}=150 \text{ m}$ και ελάχιστης στάθμης $z_{\min}=100 \text{ m}$. Διαθέτει επίσης τρεις αντλίες 1500 kW

η κάθε μια, με σκοπό την άντληση και την αποθήκευση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από το αιολικό πάρκο. Οι υδροστρόβιλοι που βρίσκονται στη βάση του ΥΗΣ μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει από ύψος 100 m σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα σύμφωνα με τη εξίσωση 4.12:

$$E = \gamma * Q * H * n \quad 4.12$$

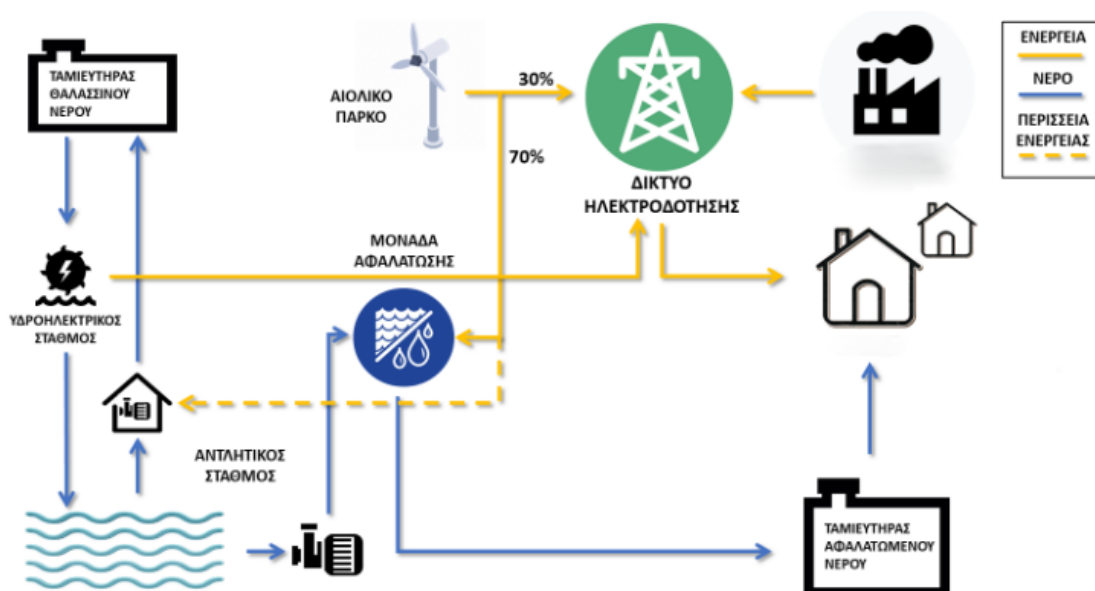
Όπου

- γ : το ειδικό βάρος νερού (9,81 kN/m³)
- Q : παροχή του αγωγού πτώσης (m³/s)
- H : το μανομετρικό ύψος (m)
- n : ο συντελεστής απόδοσης του υδροστροβίλου

5. Αποτελέσματα-Συζήτηση

5.1 Προσομοίωση

Κατά την προσομοίωση του ΥΣ, επιλέγεται το 30% της παραγόμενης ενέργειας από τις Α/Γ να διατίθεται κατευθείαν στο δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο 70%, αρχικά στη μονάδα αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού και έπειτα, η περίσσεια αυτής στον αντλητικό σταθμό για την άντληση θαλασσινού νερού προς τον ταμιευτήρα του ΥΗΣ. Έτσι, με τη μέθοδο της αντλιοσταμείωσης επιτυγχάνεται η αποθήκευση της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας και η τροφοδοσία του δικτύου για την κάλυψη των αιχμών της ζήτησης. Τέλος, η περιοχή μελέτης τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια μέσω υποβρυχίων καλωδίων από την ηπειρωτική Ελλάδα, μόνο στην περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από ΑΠΕ. Στην εικόνα 5.1 απεικονίζεται η λειτουργία του ΥΣ.



Εικόνα 5.1: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας ΥΣ (πηγή: Λεμονής, 2020)

Για την προσομοίωση του μοντέλου λαμβάνονται ως δεδομένα εισόδου:

- Οι ωριαίες χρονοσειρές της ενεργειακής ζήτησης
- Οι ωριαίες χρονοσειρές υδρευτικής και αρδευτικής ζήτησης
- Οι ωριαίες χρονοσειρές παραγωγής ενέργειας από το αιολικό πάρκο
- Τα χαρακτηριστικά του υδροηλεκτρικού σταθμού όπως το υψόμετρο, η χωρητικότητα, η μέγιστη και ελάχιστη στάθμη του ταμιευτήρα καθώς και ο αριθμός και η ισχύς των αντλιών που χρησιμοποιούνται για την ανύψωση του νερού

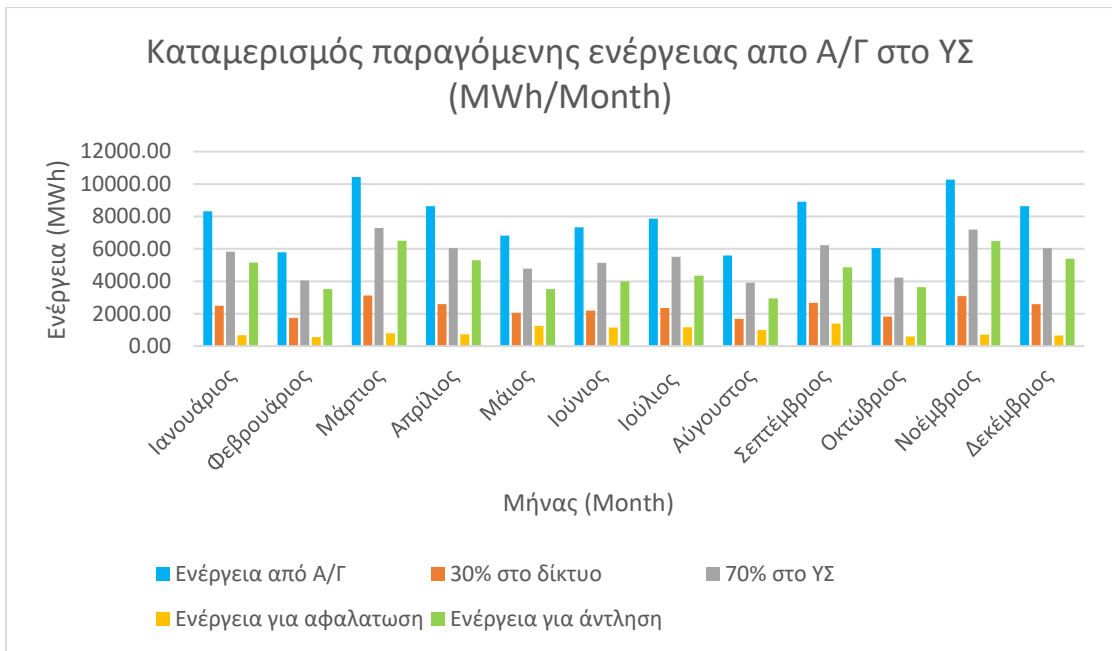
- Τα χαρακτηριστικά της μονάδας αφαλάτωσης, δηλαδή την ισχύ της μονάδας, τη παραγωγή αφαλατωμένου νερού και τη χωρητικότητα της δεξαμενής πόσιμου νερού.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν και πάλι σε ωριαίο βήμα τα εξής δεδομένα εξόδου:

- Η χρονοσειρά παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Η χρονοσειρά συνολικής ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές του ΥΣ
- Η χρονοσειρά ελλείματος ηλεκτρικής ενέργειας και κάλυψης αυτής από τα υποβρύχια καλώδια
- Η χρονοσειρά παραγόμενης ποσότητας και ελλείματος του υδρευτικού νερού
- Η χρονοσειρά παραγόμενης ποσότητας και ελλείματος του αρδευτικού νερού
- Η χρονοσειρά της διακύμανσης στάθμης του ταμιευτήρα του υδροηλεκτρικού καθώς και της δεξαμενής πόσιμου νερού
- Το ποσοστό κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από κάθε μορφή παραγωγής ενέργειας του ΥΣ για κάθε μήνα.

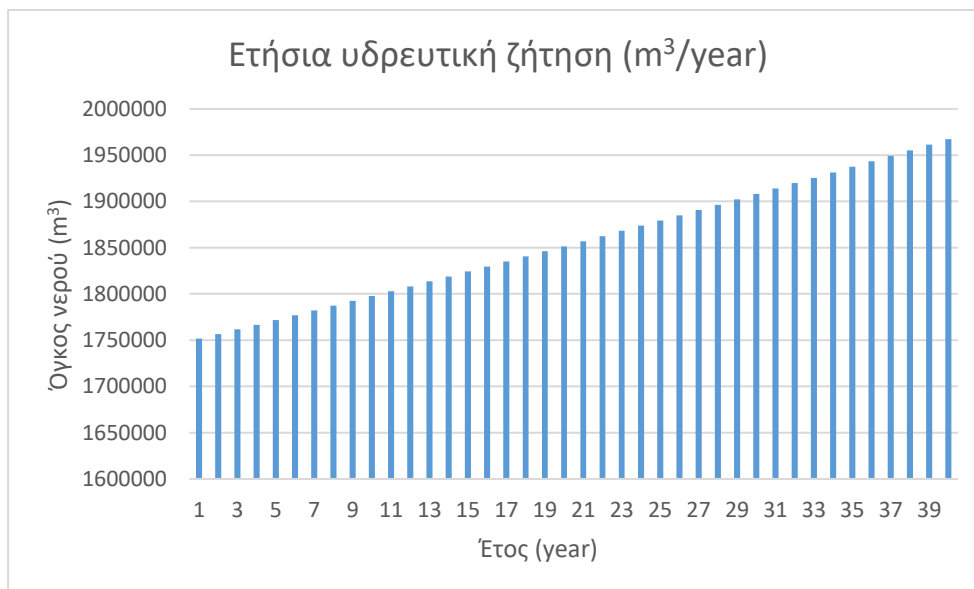
5.2 Αποτελέσματα ανάλυσης

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών είναι μείζονος σημασίας για την περιοχή μελέτης, ο σχεδιασμός του ΥΣ πραγματοποιείται με σκοπό την πλήρη κάλυψη αυτών. Βάσει αυτού, επιλέγονται τα εξής μεγέθη σχεδιασμού. Το αιολικό πάρκο αποτελείται από 12 Α/Γ ENERCON E66/2000 εγκατεστημένης ισχύς 2050 kW. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των Α/Γ μεταβιβάζεται σε ποσοστό 30% στο δίκτυο για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών ενώ το υπόλοιπο 70% οδηγείται στη μονάδα αφαλάτωσης. Αυτή διαθέτει δυναμικότητα 792 m³/h και καταναλώνει 3 kW/m³, ενώ η δεξαμενή πόσιμου νερού έχει χωρητικότητα 710,000 m³. Επειδή η ζήτηση σε πόσιμο νερό παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους, επιλέγεται η μονάδα αφαλάτωσης κατά τους χειμερινούς μήνες (Οκτώβριο με Απρίλιο) να λειτουργεί σε ποσοστό 60% της δυναμικότητας της και τους καλοκαιρινούς μήνες στο 99.99%. Αυτό μας βοηθάει να εξοικονομούμαι πολύτιμη ενέργεια που στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την ανύψωση νερού στο ταμιευτήρα του υδροηλεκτρικού. Έτσι λοιπόν, η περίσσεια ενέργεια οδηγείται στον ΥΗΣ, όπου και αποθηκεύεται μέσω της μεθόδου της αντλιοσταμείωσης. Ο αντλητικός σταθμός ανεβάζει το θαλασσινό νερό στον ταμιευτήρα τις βραδινές ώρες, όταν δηλαδή η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι χαμηλή, και κατεβάζει νερό διοχετεύοντάς το μέσα από τον ΥΗΣ κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες, όταν δηλαδή η ζήτηση είναι υψηλή. Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η μέση μηνιαία ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις Α/Γ και πως αυτή κατανέμεται στο ΥΣ.

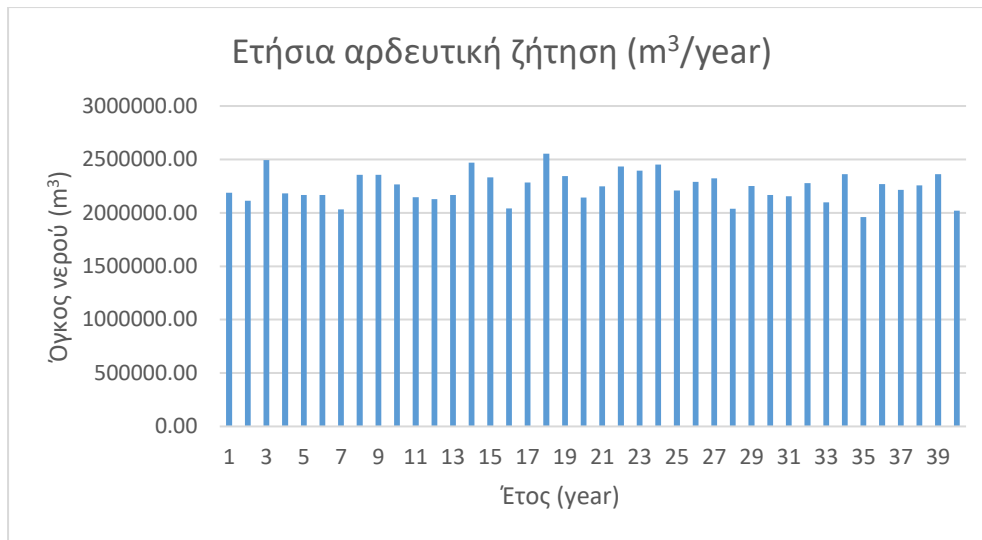


Διάγραμμα 5.1: Καταμερισμός παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ στο ΥΣ

Όπως προαναφέρεται, πρωταρχικός στόχος του ΥΣ είναι να καταστεί η περιοχή μελέτης αυτόνομη όσο αφορά στις υδρευτικές ανάγκες. Για αυτό το λόγο δίνεται έμφαση στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας αφαλάτωσης. Στα διαγράμματα 5.2 και 5.3, παρουσιάζεται η συνολική ζήτηση πόσιμου νερού για ύδρευση και άρδευση ανά έτος.

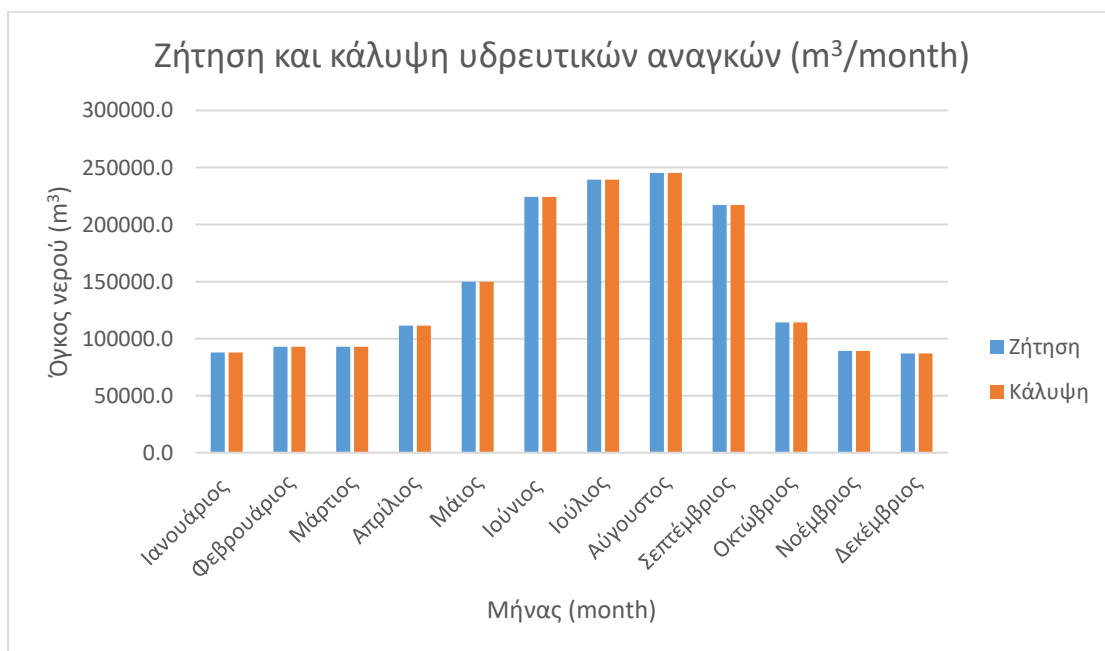


Διάγραμμα 5.2: Ετήσια υδρευτική ζήτηση (m³/year)

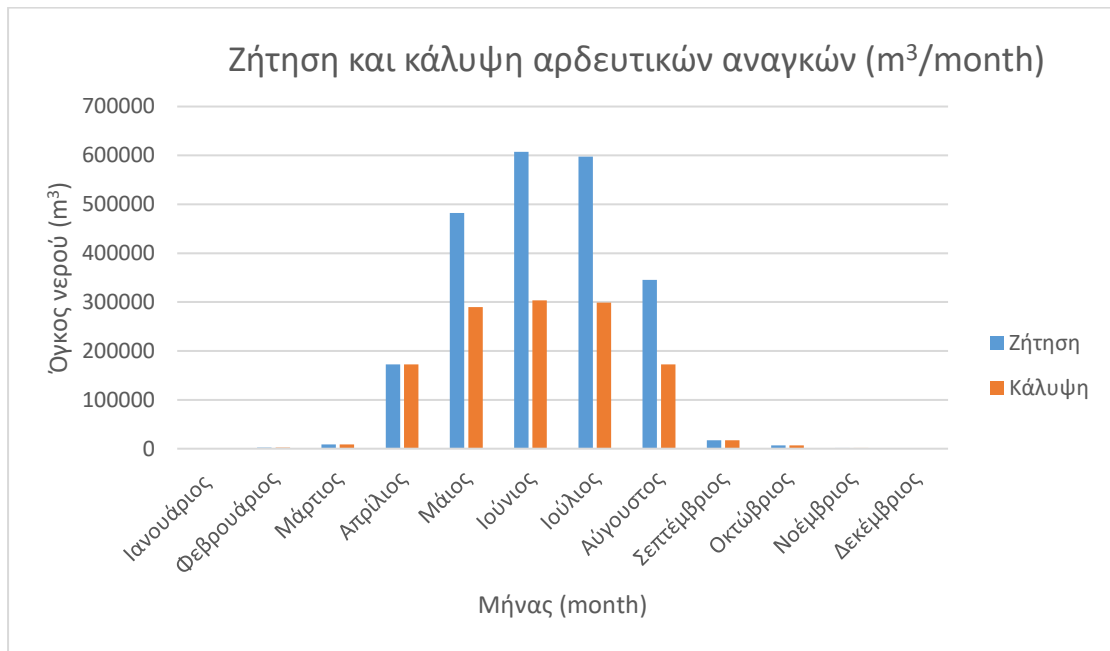


Διάγραμμα 5.3: Ετήσια αρδευτική ζήτηση (m³/year)

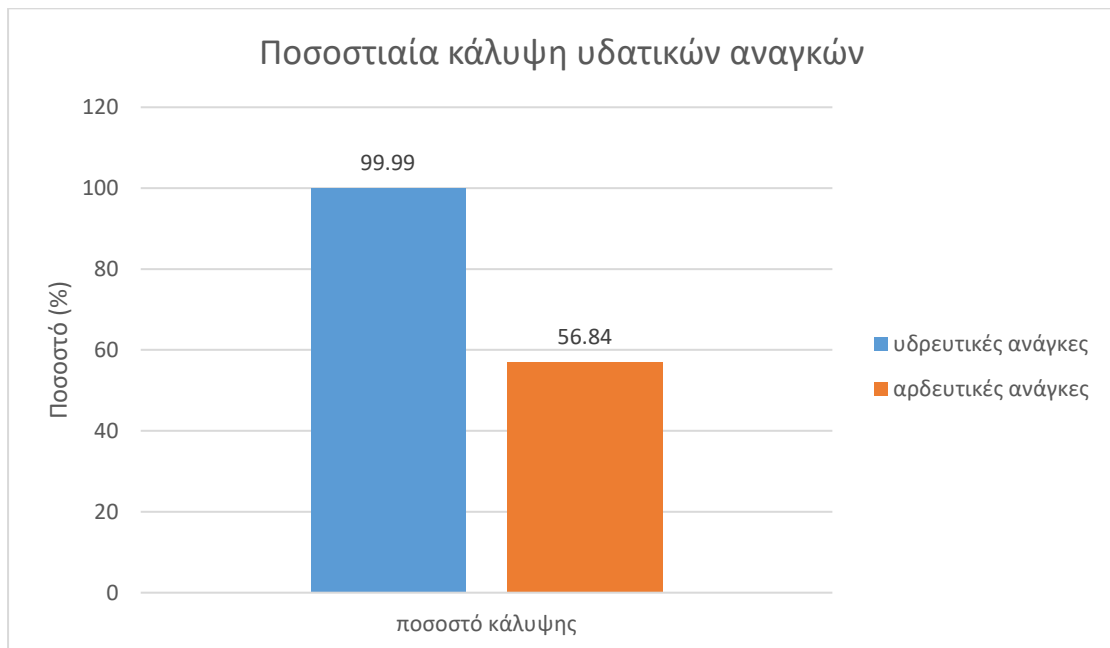
Η σταθερή αύξηση της ζήτησης υδρευτικού νερού οφείλεται στη σταθερή γεωμετρική αύξηση του πληθυσμού (Σκρουφούτα, 2020), ενώ η ζήτηση του αρδευτικού νερού οφείλεται στη ετήσια εξατμισοδιαπνοή η οποία διέπτεται από στοχαστικότητα. Επιπλέον, στα διαγράμματα 5.4 και 5.5 απεικονίζονται η μέση μηνιαία ζήτηση και κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών της βόρειας Κέρκυρας, ενώ τέλος, στο διάγραμμα 5.6 τα συνολικά ποσοστά κάλυψης.



Διάγραμμα 5.4: Μέση μηνιαία ζήτηση και κάλυψη υδρευτικών αναγκών



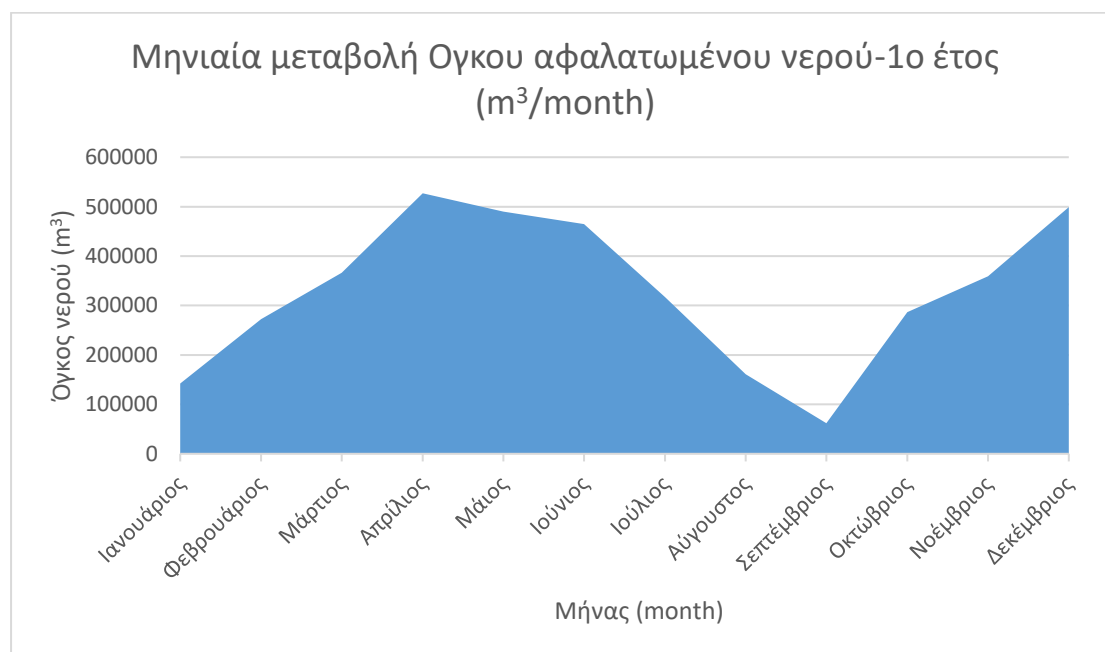
Διάγραμμα 5.5: Μέση μηνιαία ζήτηση και κάλυψη αρδευτικών αναγκών



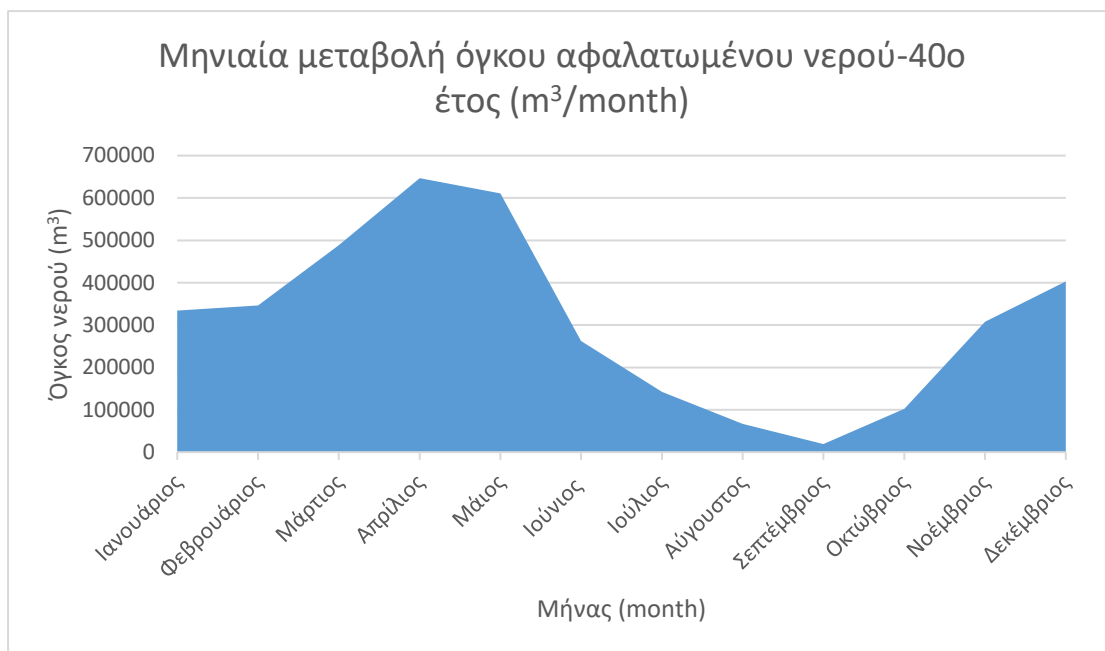
Διάγραμμα 5.6: Ποσοστιαία κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών

Με βάση τα στοιχεία του διαγράμματος 5.6, φαίνεται ότι το ΥΣ επιτυγχάνει το βασικό του στόχο καθώς η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών φτάνει σε ποσοστό 99.99%. Ακόμα, το ΥΣ πετυχαίνει και σημαντική κάλυψη των αρδευτικών αναγκών η οποία ανέρχεται σε ποσοστό 56.84%. Για την κάλυψη του υπολοίπου ποσοστού των αρδευτικών αναγκών, χρησιμοποιούνται οι υφιστάμενες γεωτρήσεις.

Επιπρόσθετα, καταλυτικό ρόλο στη σωστή προσομοίωση του ΥΣ έχει ο ορθός σχεδιασμός της δεξαμενής πόσιμου νερού. Η δεξαμενή αυτή στην προκειμένη περίπτωση έχει χωρητικότητα 710,000 m³ και αποθηκεύει το νερό που παράγεται από την μονάδα αφαλάτωσης, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύετε στο δίκτυο για την κάλυψη των υδρευτικών και μέρους των αρδευτικών αναγκών. Σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού της είναι επίσης ότι γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η δεξαμενή να διαθέτει πάντα μια ελάχιστη ποσότητα νερού ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει τις υδρευτικές ανάγκες της περιοχής μελέτης σε περιόδους ξηρασίας. Η ελάχιστη αυτή ποσότητα επιλέγεται να είναι 16,353 m³, ποσότητα που αντιστοιχεί στις υδρευτικές ανάγκες της βόρειας Κέρκυρας τον Αύγουστο για δύο 24ωρα. Στα διαγράμματα 5.7 και 5.8 απεικονίζεται η μέση μηνιαία μεταβολή του όγκου πόσιμου νερού στη δεξαμενή αφαλάτωσης για το 1^ο και 40^ο έτος λειτουργίας του συστήματος αντίστοιχα.

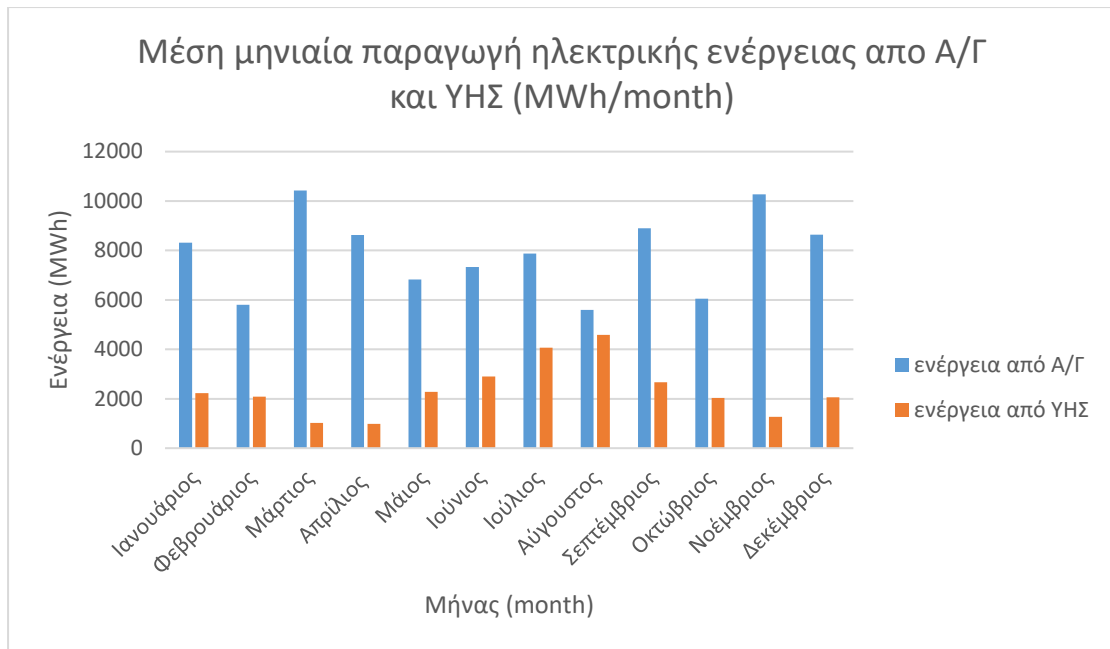


Διάγραμμα 5.7: Μηνιαία μεταβολή όγκου αφαλατωμένου νερού-1^ο έτος λειτουργίας (m³/month)

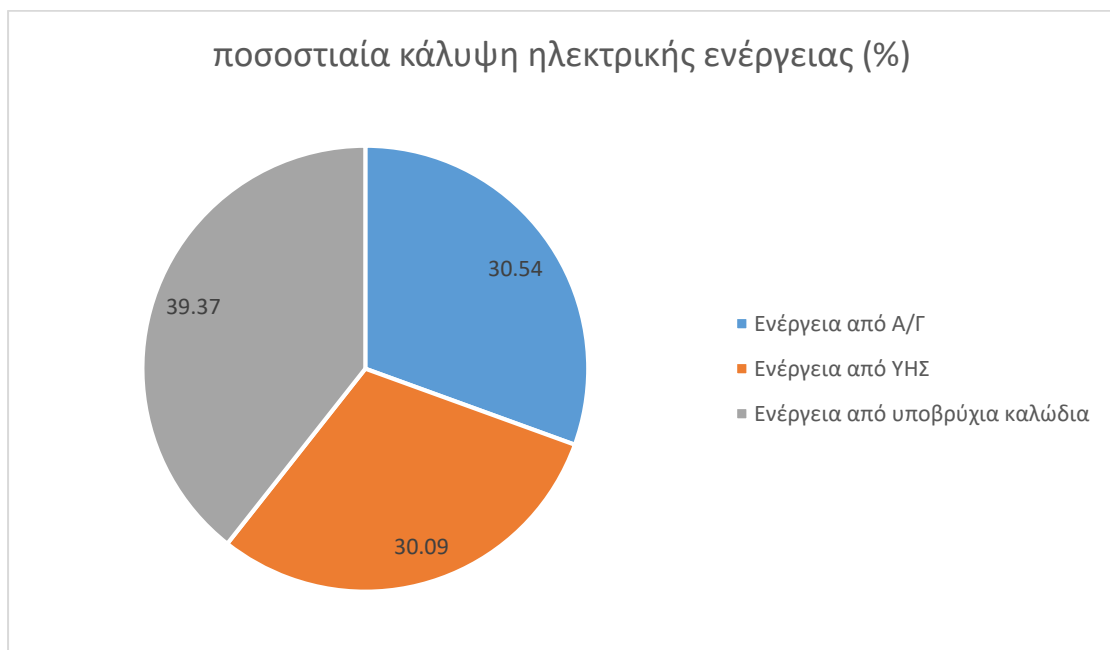


Διάγραμμα 5.8: Μηνιαία μεταβολή όγκου αφαλατωμένου νερού-40^ο έτος λειτουργίας (m³/month)

Εκτός των άλλων όμως, βασικός στόχος του ΥΣ αποτελεί και η όσο το δυνατόν υψηλότερη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Το ΥΣ συμβάλλει στην επίτευξη του σκοπού αυτού με δύο τρόπους. Αρχικά διαθέτοντας το 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α/Γ στο δίκτυο, και έπειτα μέσω του ΥΗΣ. Αφού η μονάδα αφαλάτωσης χρησιμοποιήσει την απαραίτητη ενέργεια για την παραγωγή επαρκούς ποσότητας πόσιμου νερού από το υπόλοιπο 70% της ηλεκτρικής ενέργειας των Α/Γ, η περίσσεια αυτής οδηγείται στον ΥΗΣ. Εκεί, αξιοποιείται από το αντλιοστάσιο κυρίως τις νυχτερινές ώρες, όταν και η ζήτηση είναι χαμηλή, ανυψώνοντας θαλασσινό νερό στον ταμιευτήρα. Έτσι, επιτυγχάνεται η αποθήκευση της αιολικής ενέργειας υπό τη μορφή υδροδυναμικής ενέργειας. Στη συνέχεια, όποτε παρουσιάζεται αιχμή ζήτησης, το νερό απελευθερώνεται από τον ταμιευτήρα και περνώντας μέσα από τους υδροστροβίλους παράγει ηλεκτρική ενέργεια, η οποία ακολούθως διοχετεύεται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις που η απαιτούμενη ενέργεια δεν καλύπτεται πλήρως από τις ΑΠΕ του ΥΣ, τότε η ενέργεια αυτή καλύπτεται από τα υφιστάμενα υποβρύχια καλώδια που ενώνουν το νησί με την ηπειρωτική Ελλάδα. Στο διάγραμμα 5.9 παρουσιάζεται η μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις ΑΠΕ του ΥΣ (Α/Γ και ΥΗΣ), ενώ στο διάγραμμα 5.10 η ποσοστιαία κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Βόρειας Κέρκυρας.



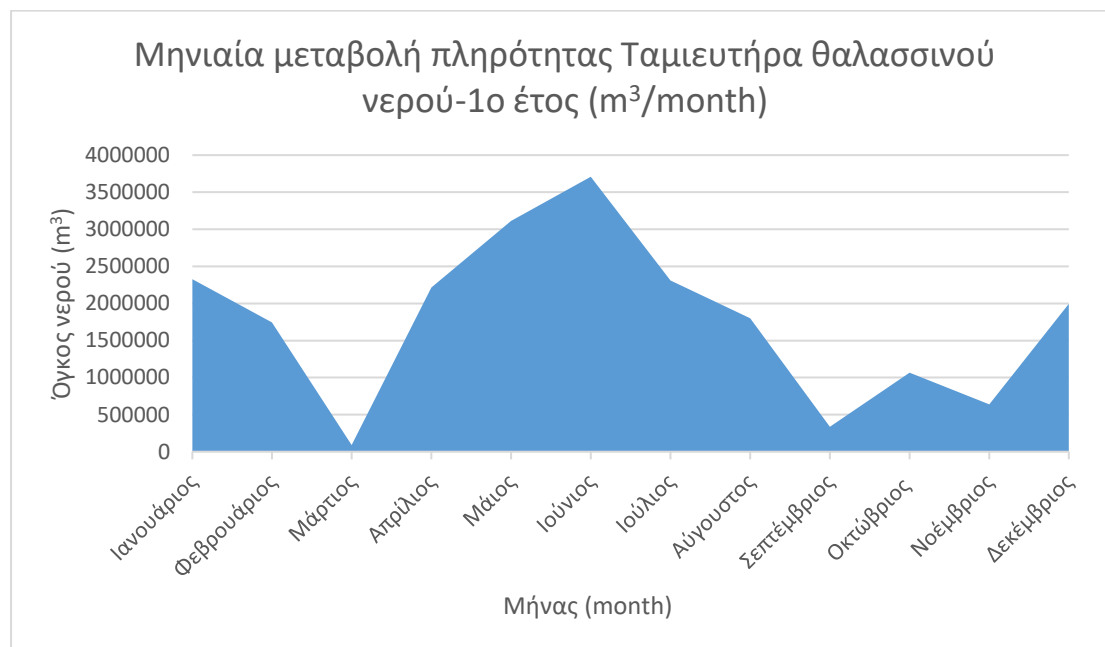
Διάγραμμα 5.9: Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ και ΥΗΣ



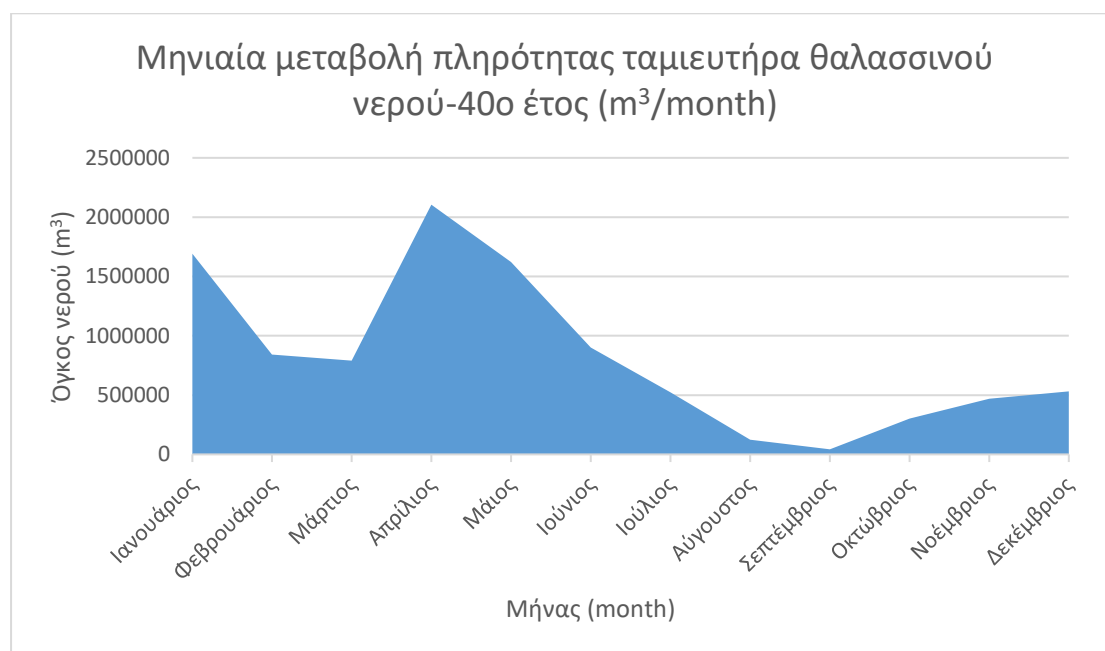
Διάγραμμα 5.10: Ποσοστιαία κάλυψη ενεργειακών αναγκών

Η βελτιστοποίηση του υδροηλεκτρικού έργου επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο με την επιλογή κατάλληλων παραμέτρων του ταμιευτήρα θαλασσινού νερού. Αυτός βρίσκεται σε υψόμετρο 100 m και η στάθμη του κυμαίνεται μεταξύ 107.5 m και 150

μ. Η χωρητικότητα του ανέρχεται στα 3.8 hm³ και είναι ικανή να καλύψει το μεγαλύτερο μέρος των αιχμών της ζήτησης. Στα διαγράμματα 5.11 και 5.12 απεικονίζεται η μηνιαία μεταβολή του όγκου νερού στο θαλάσσιο ταμιευτήρα για το 1ο και 40ο έτος αντίστοιχα



Διάγραμμα 5.11: Μηνιαία μεταβολή όγκου νερού στον ταμιευτήρα θαλασσινού νερού στο 1^ο έτος λειτουργίας



Διάγραμμα 5.12: Μηνιαία μεταβολή όγκου νερού στον ταμιευτήρα θαλασσινού νερού στο 40^ο έτος λειτουργίας

Από τα διαγράμματα 5.11 και 5.12, γίνεται αντιληπτό ότι η απόκριση του ταμιευτήρα θαλασσινού νερού είναι αποδεκτή, καθώς σε αυτή υπάρχει πάντα ένας ελάχιστος όγκος νερού ο οποίος αποτελεί το νεκρό όγκο. Ακόμα, η έντονη μείωση του όγκου νερού τους καλοκαιρινούς μήνες κρίνεται αναμενόμενη αφού τότε εξαιτίας της τουριστικής περιόδου η ηλεκτρική ενέργεια που καλείται να παράγει το υδροηλεκτρικό έργο για να καλύψει τις ώρες αιχμής είναι αυξημένη και συνεπώς η ποσότητα νερού που κατεβαίνει από τον ταμιευτήρα μεγαλύτερη. Τέλος, χαρακτηριστική είναι η μείωση του νερού του ταμιευτήρα κατά το 40^ο έτος λειτουργίας σε σχέση με το 1^ο έτος λειτουργίας του έργου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο πληθυσμός της βόρειας Κέρκυρας στο διάστημα αυτό έχει αυξηθεί σημαντικά και επομένως οι ενεργειακές ανάγκες που καλείται να διαχειριστεί το σύστημα είναι μεγαλύτερες. Στον Πίνακα 5.1, παρουσιάζεται η μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του ΥΣ συνολικά, καθώς και το μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών.

πίνακας 5.1: Μέση μηνιαία παραγωγή ενέργεια του ΥΣ και μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών

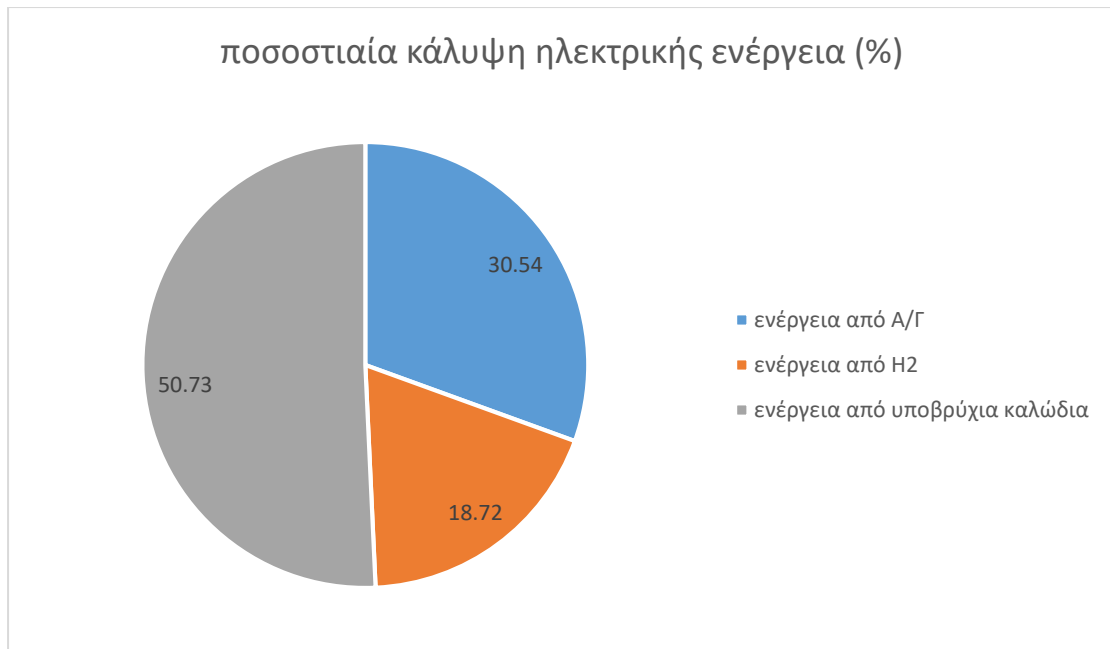
Μήνας	Σύνολο ΑΠΕ του ΥΣ (MWh)	Ενεργ. Ζήτηση (MWh)	ποσοστό κάλυψης από ΑΠΕ του ΥΣ (%)
Ιανουάριος	4721.02	6399.70	73.77
Φεβρουάριος	3822.91	5185.94	73.72
Μάρτιος	4148.32	4480.52	92.59
Απρίλιος	3575.71	4127.37	86.63
Μάιος	4326.36	6427.08	67.31
Ιούνιος	5093.74	10066.71	50.60
Ιούλιος	6421.76	13859.20	46.34
Αύγουστος	6257.80	14789.70	42.31
Σεπτέμβριος	5335.51	10482.03	50.90
Οκτώβριος	3853.16	5780.60	66.66
Νοέμβριος	4355.74	5094.00	85.51
Δεκέμβριος	4652.86	6286.52	74.01

5.3 Εναλλακτική λύση- Αποθήκευση ενέργειας με δεξαμενές υδρογόνου

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, εκτός της μεθόδου της αντλιοσταμείωσης, πραγματοποιείται και η διερεύνηση του σεναρίου αποθήκευσης ενέργειας μέσω δεξαμενής υδρογόνου. Έτσι, διατηρώντας τις υπόλοιπες παραμέτρους του ΥΣ

σταθερές (πάρκο Α/Γ, μονάδα αφαλάτωσης και δεξαμενή πόσιμου νερού), διερευνάται κατά πόσο δύναται να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες της περιοχής μελέτης μέσω μονάδας παραγωγής υδρογόνου.

Όπως αναφέρεται εκτεταμένα και στο υποκεφάλαιο 5.2, το αιολικό πάρκο μεταβιβάζει το 70% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη μονάδα αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού, και το υπόλοιπο 30% κατευθείαν στο δίκτυο ηλεκτροδότησης για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών. Σε περίπτωση που υπάρξει περίσσεια ενέργειας μετά τη διαδικασία της αφαλάτωσης, αυτή διοχετεύεται στη μονάδα παραγωγής υδρογόνου. Εκεί με τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης παράγεται υδρογόνο. Για την παραγωγή 1 kg υδρογόνου απαιτούνται 50 kWh ηλεκτρικής ενέργειας και 9 kg νερού. Επειδή το νερό που χρησιμοποιείται στην ηλεκτρόλυση απαιτείται να είναι υψηλής καθαρότητας, επιλέγεται αυτό να προέρχεται από την δεξαμενή πόσιμου νερού και όχι από τη θάλασσα καθώς, σε αυτή την περίπτωση τα άλατα του θαλασσινού νερού θα προκαλούσαν βλάβες και θα μείωναν τη διάρκεια ζωής του συστήματος. Το γεγονός αυτό ωστόσο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού κάλυψης των αρδευτικών αναγκών καθώς μέρος της ποσότητας νερού που προορίζονταν για την κάλυψη των αναγκών αυτών θα διατίθεται πλέον για την παραγωγή υδρογόνου. Στη συνέχεια, η ποσότητα υδρογόνου που παράγεται κατά την ηλεκτρόλυση αποθηκεύεται σε συμπιεσμένη αέρια μορφή στις δεξαμενές αποθήκευσης. Οι δεξαμενές αποθήκευσης στο παρόν σενάριο έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης έως και 240,000 kg υδρογόνου και για τη συμπίεση του απαιτούν 4.05 kWh/kg υδρογόνου. Τέλος, σε περιόδους υψηλής ενεργειακής ζήτησης, το υδρογόνο προσφέρει ενέργεια στο δίκτυο μέσω κυψελών καυσίμου, καλύπτοντας έτσι σημαντικό μέρος των αιχμών της ζήτησης. Κάθε kg υδρογόνου υπολογίζεται ότι προσφέρει 15.9 kWh ηλεκτρικής ενέργειας (Δημητρόπουλος, 2023). Στο διάγραμμα 5.14 απεικονίζεται το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της περιοχής μελέτης, ενώ στον Πίνακα 5.2 η μέση μηνιαία παραγωγή συνολικά του ΥΣ και το μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών.



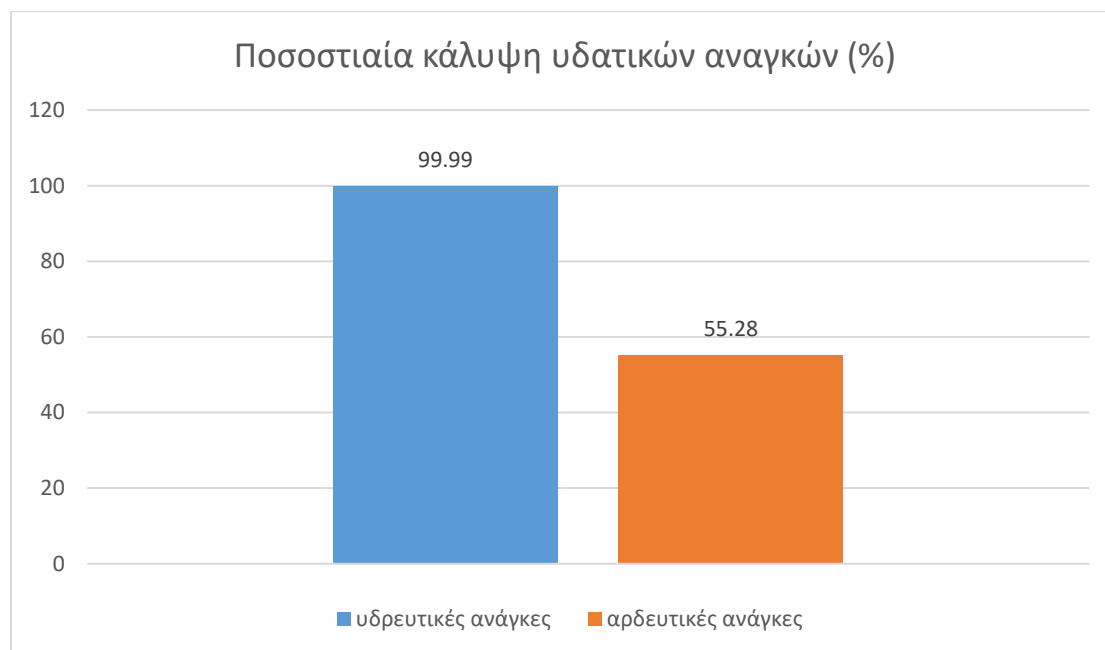
Διάγραμμα 5.13: Ποσοστιαία κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας (%)

πίνακας 5.2: Μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας του ΥΣ και μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών

Μήνας	σύνολο ΑΠΕ του ΥΣ (MWh)	ενεργ. Ζήτηση	ποσοστό κάλυψης από ΑΠΕ του ΥΣ
Ιανουάριος	3942,21	6399,70	61,60
Φεβρουάριος	3093,68	5185,94	59,66
Μάρτιος	3790,85	4480,52	84,61
Απρίλιος	3230,07	4127,37	78,26
Μάιος	3110,74	6427,08	48,40
Ιούνιος	3887,56	10066,71	38,62
Ιούλιος	4729,83	13859,20	34,13
Αύγουστος	4350,40	14789,70	29,42
Σεπτέμβριος	4535,87	10482,03	43,27
Οκτώβριος	3291,34	5780,60	56,94
Νοέμβριος	3910,31	5094,00	76,76
Δεκέμβριος	3931,58	6286,52	62,54

Παρατηρείται λοιπόν ότι με τα υπάρχοντα δεδομένα, το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών είναι αρκετά χαμηλό. Συγκεκριμένα, από τις ΑΠΕ συνολικά του ΥΣ η κάλυψη αγγίζει το 49.27% (30.54% από Α/Γ και 18.72% από υδρογόνο), εν αντιθέσει με την περίπτωση αποθήκευσης ενέργειας με τη μέθοδο της αντλιοσταμείωσης όπου η συνολική κάλυψη ανέρχεται στο 60.63% (30.54% από Α/Γ και 30.09% από τον ΥΗΣ). Επιπλέον, η εφαρμογή της μεθόδου αποθήκευσης με υδρογόνο επηρεάζει και το ποσοστό κάλυψης των αρδευτικών αναγκών. Όπως έχει

ήδη αναφερθεί, κατά την ηλεκτρόλυση απαιτείται ποσότητα νερού από τη δεξαμενή αφαλάτωσης, η οποία υπό άλλες συνθήκες θα χρησιμοποιούνταν για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Στο διάγραμμα 5.15, παρουσιάζεται η συνολική κάλυψη των υδατικών αναγκών. Καθώς η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών αποτελεί βασική προτεραιότητα του ΥΣ, αυτή δεν επηρεάζεται και το νερό που χρησιμοποιείται για την ηλεκτρόλυση, είναι νερό που προορίζονταν αποκλειστικά και μόνο για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών.



Διάγραμμα 5.14: ποσοστιαία κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών

Γίνεται αντιληπτό ότι η κατανάλωση νερού στη μονάδα ηλεκτρόλυσης δεν επηρεάζει αισθητά το σύστημα όσο αφορά στις αρδευτικές ανάγκες (η κάλυψή τους μειώθηκε μόλις κατά 1.23%). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ποσότητα νερού που καταναλώνεται κατά την παραγωγή υδρογόνου στη μονάδα ηλεκτρόλυσης είναι σημαντικά μικρότερη από τις υδατικές ανάγκες της περιοχής μελέτης και έτσι κρίνεται πρακτικά αμελητέα.

6. Συμπεράσματα-Μελλοντική έρευνα

6.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας που ακολουθείται για τον ορθό σχεδιασμό ενός ΥΣ με ΑΠΕ. Σε πρώτη φάση γίνεται εκτενής αναφορά στα βασικά χαρακτηριστικά που διέπουν ένα ΥΣ, στις ΑΠΕ που το απαρτίζουν και στη διαδικασία της αφαλάτωσης και στις προϋποθέσεις υπό τις οποίες αυτή μπορεί να παράγει πόσιμο νερό αξιοποιώντας την πλεονάζουσα ενέργεια του συστήματος. Παράλληλα, δίνεται βάση στις 2 βασικές μεθόδους που ακολουθούνται συνήθως στα ΥΣ για την αποθήκευση ενέργειας. Στην αντλησιοταμίευση και στη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης. Το παρόν ΥΣ αποτελείται από αιολικό πάρκο 12 Α/Γ, μονάδα αφαλάτωσης, δεξαμενή αποθήκευσης πόσιμου νερού, και ΥΗΣ για την αποθήκευση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ως εναλλακτική λύση εξετάζεται και η παρουσία μονάδας ηλεκτρόλυσης. Βασικός άξονας της προσομοίωσης είναι η κάλυψη των υδατικών και ενεργειακών αναγκών της βόρειας Κέρκυρας και για το σκοπό αυτό συλλέχθηκαν και αξιοποιήθηκαν υδρολογικά και ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής.

Η κλιματική αλλαγή και οι συνέπειες της οποίας τα τελευταία χρόνια κάνουν όλο και πιο αισθητή την παρουσία της, ωθούν την ανθρωπότητα να στραφεί σε καθαρές μορφές ενέργειας και να περιορίσει τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η χώρα μας οφείλει να ακολουθήσει αυτή την προσπάθεια και να εκμεταλλευτεί την προνομιακή της θέση αξιοποιώντας το πλούσιο αιολικό δυναμικό της και την έντονη ηλιοφάνεια μέσω της χρήση ΑΠΕ. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των ΑΠΕ τείνουν να εξαλείψουν τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν με πιο σημαντικό αυτό της στοχαστικότητας. Τα ΥΣ δίνουν λύση στο πρόβλημα αυτό καθώς με το συνδυασμό διαφορετικών μορφών καθαρής ενέργειας και με τη δυνατότητα αποθήκευσης της περίσσειας, πετυχαίνουν να τροφοδοτήσουν το δίκτυο ηλεκτροδότησης με συνεχή και σταθερό ρυθμό. Η εφαρμογή των ΥΣ σε απομακρυσμένες περιοχές κρίνεται ακόμα πιο επωφελής καθώς η διασύνδεση των περιοχών αυτών με το δίκτυο συχνά δεν είναι εφικτή ή παρουσιάζει προβλήματα με αποτέλεσμα η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών να είναι ελλιπής.

Από την προσομοίωση του ΥΣ, εξάγονται μερικά συμπεράσματα τα οποία είναι άξια σχολιασμού:

- Η Κέρκυρα αποτελεί το μεγαλύτερο νησί του Ιονίου και ένα από τα μεγαλύτερα νησιά της Ελλάδας με μόνιμο πληθυσμό που ξεπερνά τους 100,000 κατοίκους. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μια πιθανή προσπάθεια κάλυψης των ενεργειακών και υδατικών αναγκών ολόκληρου του νησιού με τη λειτουργία ενός ΥΣ κρίνεται παράλογη. Έτσι οριοθετήθηκε η περιοχή μελέτης, η οποία καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα του νησιού και αποτελεί ουσιαστικά και σύνορο του δήμου βόρειας Κέρκυρας.

- Ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης παρουσιάζει σημαντική αύξηση τους καλοκαιρινούς μήνες, εξαιτίας της τουριστικής περιόδου και ειδικά τον Αύγουστο, όταν και ο πληθυσμός σχεδόν διπλασιάζεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κατακόρυφη αύξηση των αναγκών την περίοδο αυτή. Το ΥΣ σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταπεξέλθει σε αυτές τις συνθήκες και να πετύχει την εξ ολοκλήρου κάλυψη των υδρευτικών αναγκών και σημαντικό μέρος των αρδευτικών και ενεργειακών αναγκών.
- Κατά τη διαστασιολόγηση επίσης, ελήφθη υπόψιν και μια μικρή αλλά σταθερή γεωμετρική αύξηση του μόνιμου πληθυσμού σε βάθος χρόνου, με συνέπεια την αύξηση των υδατικών και ενεργειακών αναγκών χρόνο με το χρόνο.
- Κάποια από τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη μοντελοποίηση, όπως ο άνεμος, η βροχή και η θερμοκρασία, διέπονται από στοχαστικότητα. Έτσι κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή στοχαστικών μεθόδων για την όσο το δυνατόν ασφαλέστερη πρόβλεψη και εκτίμηση των φαινομένων αυτών.
- Το ΥΣ πετυχαίνει το βασικό του στόχο που είναι η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών καθώς αυτή ανέρχεται σε ποσοστό 99.99 %. Επιπρόσθετα, καταφέρει και σημαντική κάλυψη των αρδευτικών αναγκών σε ποσοστό 56.84 %. Έτσι, επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της χρήσης των υφιστάμενων γεωτρήσεων, των οποίων το νερό παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα υφαλμύρωσης εξαιτίας της διείσδυσης του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρα.
- Το παρόν ΥΣ χρησιμοποιεί ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας τη μέθοδο της αντλιοσταμείωσης και έτσι επιτυγχάνει σημαντική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, η οποία φτάνει στο 60.63 %. Εντούτοις, εξετάζεται και η εναλλακτική λύση της αποθήκευσης ενέργειας με τη μέθοδο της παραγωγής υδρογόνου, η οποία ωστόσο φαίνεται να υστερεί όσο αφορά την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών καθώς σε αυτή την περίπτωση η κάλυψη ανέρχεται στο 49.27 %.

6.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Καθώς ο κλάδος των ΑΠΕ είναι ένας δυναμικά εξελισσόμενος κλάδος, είναι σημαντικό το παρόν ΥΣ να συμβαδίζει με τις τεχνολογικές εξελίξεις και να τις αξιοποιεί καταλλήλως, βελτιστοποιώντας έτσι τη λειτουργία του. Αρχικά, η μελλοντική διερεύνηση και αξιοποίηση νέων τεχνολογιών αφαλάτωσης που θα απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή πόσιμου νερού, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας η οποία στη συνέχεια τροφοδοτώντας το δίκτυο ηλεκτροδότησης, να πετυχαίνει μεγαλύτερη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

Επιπλέον μελλοντικά μπορεί να πραγματοποιηθεί επέκταση του υφιστάμενου αιολικού πάρκου με Α/Γ νέας τεχνολογίας οι οποίες να μπορούν να παράξουν ενέργεια εκμεταλλευόμενες τις χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου που συναντώνται συχνά στην περιοχή μελέτης και να τροφοδοτούν εκ νέου το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να συμβάλλει στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μεγαλύτερου μέρους του νησιού.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αγαπητίδου Α., Ανάπτυξη μεθοδολογίας υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ με αντλιοσταμείωση και δεξαμενή υδρογόνου στο νησί της Λήμνου, Αθήνα 2021.

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

Πέττας Α.-Γ., Ανάπτυξη μεθοδολογίας αξιολόγησης προγνωστικών μοντέλων στην αιολική ενέργεια, Αθήνα 2020.

Γκαγκανάτσιος Ι., Αιολική ενέργεια και τεχνικές πρόβλεψης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, Λάρισα 2021.

Μυρίδης Χ., Αιολική ενέργεια: Τεχνολογία, δυναμικό και προοπτικές. Λογισμικό διαστασιολόγησης Αιολικού πάρκου. Μελέτη περίπτωσης περιοχής «Καλόγηρος Ηρακλείου Κρήτης», Θεσσαλονίκη 2011.

Σαρρη Ε.-Π., Χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο νομό Λακωνίας με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, Αθήνα 2008.

Λεμονής Α., Ανάπτυξη μεθοδολογίας εφαρμογής υβριδικού συστήματος για την κάλυψη υδατικών και ενεργειακών αναγκών στη νήσο Λέρο, Αθήνα 2020.

Ρίπτη Α., Μαθηματική προσομοίωση υβριδικών συστημάτων. Το σύστημα της Ικάριας, Αθήνα 2013.

Καραχάλιου Π., Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον ελληνικό χώρο, Αθήνα 2010.

Μουτάφης Π., Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Αθήνα 2008.

Τζανάκη Σ.-Ιωάννου Α., Μονάδες αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση-τεχνική περιγραφή και κριτήρια χωροθέτησης, Θεσσαλονίκη 2010.

Δημητρόπουλος Δ., Τεχνοοικονομική ανάλυση συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ μέσω παραγωγής πράσινου υδρογόνου και αξιοποίησης σε μονάδα συμπαραγωγής με μεταβλητό φορτίο λειτουργίας, Αθήνα 2023.

Παπαθανασίου Α.-Φ., Ανάπτυξη υβριδικού συστήματος ΑΠΕ με αντλιοσταμείωση και αποθήκευση υδρογόνου για την κάλυψη υδατικών και ενεργειακών αναγκών στη Σκύρο, Αθήνα 2022.

Αναστασίου Ν.-Δογράνης Κ., Προοπτική για ένα ουδέτερο ενεργειακά μέλλον, Θεσσαλονίκη 2021.

Σκαρλάτου Α., Η διαχρονική εξέλιξη του πολιτισμικού τοπίου της Κέρκυρας και η σχέση της με την ιστορία της νήσου, Θεσσαλονίκη 2011.

Λαζός Η., Συμβολή στην μελέτη ενεργών ρηγμάτων του ελληνικού χώρου με χρήση γεωδαιτικών μεθόδων, Θεσσαλονίκη 2021.

Θεοδοσόπουλος Κ., Μοντέλα παλινδρόμησης χρονοσειρών με απαρίθμητα δεδομένα, Αθήνα 2017.

Μαντζουράνης Ε., Ολοκληρωμένη Αξιολόγηση ενός Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Νήσο Σκύρο στο πλαίσιο Απολιγνιτοποίησης, Αθήνα 2021.

Παναγούλια Δ.-Δήμου Γ., Εισαγωγή στα Εγγειοβελτιωτικά Έργα, Αθήνα 2000.

Βουράκης Θ., Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Εφαρμογής Υβριδικού Συστήματος για την Κάλυψη Υδατικών και Ενεργειακών Αναγκών στη Νήσο Ιθάκη, Αθήνα 2022.

Σκρουφούτα Σ., Διερεύνηση Διαστασιολόγησης Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ για τη Διασφάλιση των Ενεργειακών και Υδατικών Αναγκών στο Νησί της Καρπάθου, Αθήνα 2020.

Γελεγένης Ι.-Αξαόπουλος Π., Πηγές ενέργειας, Συμβατικές και Ανανεώσιμες, ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ, Δεκέμβριος 2005.

Ευστρατιάδης Α., Μαμάσης Ν. & Κουτσογιάννης Δ., Μάθημα «Ανανεώσιμη ενέργεια & υδροηλεκτρικά έργα», Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Ακαδημαϊκό έτος 2018-19.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Christoph Böhringer, "The Kyoto protocol: a review and perspectives", September 2003

Neeraj Gupta, "A review on the inclusion of wind generation in power system studies", June 2016

Stanislav Vezmar, Anton Spajić, Danijel Topić, Damir Šljivac, Lajos Jozsa, "Positive and Negative Impacts of Renewable Energy Sources", 2014

Wolfgang Lubitz William Tumas, “Hydrogen: An Overview”, October 2007

Negra, N.B., Birgitte, B.J., Sorensen, P., “Model of a Synthetic Wind Speed Time Series Generator”, 2007

Richard G. Allen, Martin Smith, Luis S. Pereira, Dirk Raes, and J. L. Wright, “Revised FAO Procedures for Calculating Evapotranspiration: Irrigation and Drainage Paper No. 56 with Testing in Idaho”, April 2012

Zhan, G & Lin Shelp, M 2009, “Modified Blaney-Criddle method - an empirical approach to estimate potential evaporation using air temperature”, 2009

Ιστοσελίδες

Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ): <https://eletaen.gr/>

Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ)- ΔΕΗ Ανανεώσιμες: <https://ppcr.gr/el/>

Polarpedia: <https://polarpedia.eu/el/>

Green Agenda: <https://greenagenda.gr/>

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ): <http://www.emy.gr/emyl/el/>

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ): <https://www.statistics.gr/>

Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών: <https://www.yme.gr/>

Οργανισμός Λιμένα Κέρκυρας (ΟΛΚΕ): <https://www.corfuport.gr/>

Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Κέρκυρας (ΔΕΥΑΚ): <https://www.deya-ker.gr/>

Οικονομικός Ταχυδρόμος ” Κέρκυρα: Στην τελική ευθεία το ΣΔΙΤ για την ύδρευση”, Ιανουάριος 2023: <https://www.ot.gr/2023/01/26/kataskeyastikes/kerkyra-stin-teliki-eytheia-to-sdit-gia-tin-ydreysi/>

Στοιχεία Α/Γ ENERCON Ε66/2000 “The Wind Power”: https://www.thewindpower.net/turbine_en_171_enercon_e66-2000.php

“Η Ηλεκτροδότηση των Νησιών”, άρθρο Μιχάλη Π. Παπαδόπουλου στο Energia.gr: <https://www.energia.gr/article/158818/h-hlektrodothsh-ton-nhsion->

Ένωση Ξενοδόχων Κέρκυρας: <https://www.corfuhotelsassociation.gr/el/>

