



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Διερεύνηση ηλεκτροκίνησης μέσω ανάπτυξης υβριδικού συστήματος
ενέργειας στη νήσο Κω**

Διπλωματική Εργασία

Ιάσοντας Νίκας-Νασιούλης

Επιβλέπων Καθηγητής:
Ευάγγελος Μπαλτάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στον τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος και σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των προπτυχιακών μου σπουδών. Οι πενταετείς σπουδές, ένα σημαντικό κεφάλαιο της ζωής μου, δεν θα μπορούσαν να κλείσουν χωρίς να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που με στήριξαν στην εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αξιότιμο κ. Ευάγγελο Μπαλτά, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την εξαιρετική συνεργασία μας, καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας μου. Τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, η οποία ήταν καθοριστική στην υλοποίηση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος. Η ιδέα της εργασίας γεννήθηκε στα προπτυχιακά μαθήματα που διδάσκει, τα οποία με βοήθησαν στο να διευρύνω περαιτέρω τους ορίζοντές μου και συνέβαλαν σημαντικά στην ενίσχυση της κριτικής μου ικανότητας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην υποψήφια διδάκτωρ, Μαρίτα Μπέρτσιου, για την πολύτιμη βοήθειά της, για τις παρατηρήσεις της και τις συμβουλές της καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Οφείλω να ευχαριστήσω την Δρ. Άννα Γεωργαντάκη, Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων του ΔΕΔΔΗΕ, για τα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, τον Δρ. Κώστα Λαγουβάρδο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, για τα λεπτομερή ανεμολογικά δεδομένα, τον κ. Κωνσταντίνο Μούρα, ΔΕΥΑ Κω, για τα δεδομένα υδρευτικής κατανάλωσης και την κα Ευαγγελία Γαλαίου, ΔΕΔΔΗΕ Κω, για επιπρόσθετα δεδομένα σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις της νήσου Κω.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συναδέλφους μου, ιδιαίτερα τον Θεμιστοκλή Μόρφα, τον Νίκο Μιχόπουλο, τον Δημήτρη Φορτώση, τον Μανόλη Προμπονά και την Τζένη Παπαπαναγοπούλου, που έκαναν την εμπειρία μου όλα αυτά τα χρόνια μοναδική και με βοήθησαν σε όλη τη φοιτητική μου σταδιοδρομία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Λεωνίδα και Σοφία και τον αδελφό μου Ορφέα, για την αμέριστη υποστήριξη και ενθάρρυνση που μου παρείχαν σε κάθε βήμα καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ιάσωνας Νίκας-Νασιούλης

Νοέμβριος 2021

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
Περίληψη	viii
Extended Abstract.....	x
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενική αναφορά	1
1.2 Αντικείμενο της εργασίας	4
1.3 Διάρθρωση της εργασίας.....	4
2 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	6
2.1 Γενικά στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων.....	6
2.2 Μέθοδος αντλησιοταμίευσης για αποθήκευση ενέργειας.....	8
2.3 Πλεονεκτήματα υβριδικών συστημάτων	11
2.4 Ιδιαιτερότητες λόγω χρήσης θαλασσινού νερού	12
2.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα υβριδικά συστήματα.....	13
2.5.1 Αιολική Ενέργεια	13
2.5.2 Ηλιακή ενέργεια – Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	17
2.5.4. Υδροηλεκτρική Ενέργεια	18
2.5.5 Στοιχεία παραγωγής ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος	21
2.6 Αφαλάτωση και ενέργεια	25
2.6.1 Γενικά στοιχεία	25
2.6.2 Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα	27
2.6.3 Μέθοδοι αφαλάτωσης	30
2.6.4 Αντίστροφη ώσμωση.....	30
2.6.5 Ενέργεια για την αφαλάτωση.....	34
2.7 Ηλεκτροκίνηση και ενέργεια.....	35
2.7.1 Γενικά στοιχεία ηλεκτροκίνησης	35
2.7.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα μεταφορών	35
2.7.3 Είδη ηλεκτρικών οχημάτων	36
2.7.4 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	38
2.7.5 Ηλεκτροκίνηση: Παρόν και μέλλον	41
2.7.6 Ηλεκτροκίνηση στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδας – Η περίπτωση της Αστυπάλαιας	44
3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	49
3.1 Κως	49
3.2 Ιστορικά στοιχεία	49
3.3 Γεωμορφολογικά Δεδομένα	50
3.4 Φυσικό περιβάλλον και χρήσεις Γης	51
3.5 Μετεωρολογικά δεδομένα	54
3.6 Δημογραφικά στοιχεία – Τουριστική κίνηση	55
3.7 Οδικό δίκτυο	57
3.8 Μεταφορές- Συγκοινωνία.....	57

3.9 Ενέργεια.....	58
3.10 Ύδρευση	59
3.11 Άρδευση.....	59
4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	62
4.1 Τεχνική περιγραφή έργου.....	62
4.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας	62
4.2.1 Μοντέλο ανεμογεννητριών και εκτίμηση παραγόμενης αιολικής ενέργειας	62
4.2.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας από υδροηλεκτρικό έργο.....	65
4.3 Εκτίμηση υδρευτικών αναγκών.....	66
4.4 Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών	67
4.5 Εκτίμηση επιπρόσθετων ενεργειακών αναγκών λόγω διεύθυνσης της ηλεκτροκίνησης.....	70
4.5.1 Πρόβλεψη για την διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης.....	70
4.5.2 Εκτίμηση του αριθμού του συνολικού στόλου επιβατικών οχημάτων στην Ελλάδα για το 2030	71
4.5.3 Εκτίμηση του αριθμού επιβατικών οχημάτων ανά 1000 κατοίκους στην Ελλάδα για το 2030	72
4.5.4 Εκτίμηση για την διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης στην Κω το 2030	74
4.5.5 Εκτίμηση της ημερήσιας κατανομής φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων	74
4.5.6 Υπολογισμός της ηλεκτρικής ενέργειας από την εισαγωγή στόλου επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων	75
4.6 Προσομοίωση	76
5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	79
5.1 Σενάριο 1: Ενεργειακή κάλυψη σε προτεραιότητα	79
5.2 Αποτελέσματα Σεναρίου 1	80
5.2 Σενάριο 2: Κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων ηλεκτροκίνησης και αφαλάτωσης σε προτεραιότητα.....	87
5.3 Σύγκριση εκπομπών CO ₂ πριν και μετά την ένταξη της ηλεκτροκίνησης.....	95
6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ.....	97
6.1 Οικονομικές έννοιες	97
6.2 Υπολογισμός συνολικού κόστους έργου.....	99
6.3 Υπολογισμός ετήσιων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης.....	100
6.4 Αξιολόγηση επένδυσης.....	101
6.5 Εκτίμηση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂ emissions)	104
6.5.1 Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System)	104
6.5.2 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον ΤΣΠ Κω.....	105
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	107
7.1 Συμπεράσματα και σύνοψη αποτελεσμάτων	107
7.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	109
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μία όλο και αυξανόμενη ανησυχία στο τομέα της ενέργειας, σε έναν από τους βασικότερους πυλώνες που συντέλεσαν στην ανάπτυξη των σύγχρονων κοινωνιών. Η ανησυχία αυτή είναι πρωτίστως για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που διέπουν τη χρήση ορυκτών καυσίμων, καθώς οι εκπομπές ρύπων κατά τη καύση φαίνεται να ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπρόσθετα, υπάρχει έντονη συζήτηση για τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων καθώς δεν είναι ανεξάντλητα. Με τους ρυθμούς που σήμερα καταναλώνονται σε μερικές δεκαετίες εκτιμάται ότι θα είναι εξαιρετικά ακριβή πηγή ενέργειας, λόγω της μειωμένης προσφοράς.

Στις μέρες μας το ενδιαφέρον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει στραφεί στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), με στόχο την βιώσιμη, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση της ενέργειας. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) για να επιταχυνθεί η στροφή προς τις μονάδες ΑΠΕ, είναι πλέον θεσμοθετημένο η εκπομπή ρύπων από σταθμούς παραγωγής ενέργειας, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, να κοστολογείται και οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας να καλούνται να πληρώσουν σημαντικά κόμιστρα.

Στην Ελλάδα ιδιαίτερο ενδιαφέρον για εκμετάλλευση των ΑΠΕ υπάρχει στον νησιωτικό της τομέα, όπου ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχουν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις λόγω της μεγάλης τουριστικής επισκεψιμότητας. Οι ηλεκτρικές ανάγκες των ελληνικών νησιών συνήθως καλύπτονται είτε από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ενέργειας με βάση ορυκτά καύσιμα, είτε μέσω της διασύνδεσης τους με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας, γεγονός που οδηγεί σε ενεργειακή εξάρτηση από άλλες περιοχές και χαμηλή ποιότητα ρεύματος. Με την ανάπτυξη μονάδων ΑΠΕ ένα νησί γίνεται πιο αυτόνομο και μειώνεται η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι. Έτσι, τα ακριβά κόμιστρα προς την Ε.Ε. μειώνονται αισθητά.

Προς την ίδια κατεύθυνση με τις μονάδες ΑΠΕ, ολοένα και προχωράει η αντικατάσταση των οχημάτων με συμβατικά καύσιμα με ηλεκτροκίνητα οχήματα. Τα επόμενα χρόνια, ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων θα αυξηθεί σημαντικά, τόσο σε διεθνή όσο και σε εθνική κλίμακα. Ο Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός στοχεύει για το 2030, ένα στα τρία νέα οχήματα να είναι ηλεκτροκίνητα, και για το έτος 2050, στοχεύει πάνω από το 34% της τελικής ζήτησης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών επιβατικών οχημάτων, να είναι ηλεκτρική. Ακόμη, με ορίζοντα την πράσινη ανάπτυξη, επιπλέον στόχος αποτελεί η τροφοδότηση των υποδομών επαναφόρτισης, να προέρχεται αποκλειστικά από ηλεκτροπαραγωγή μέσω ΑΠΕ. Ήδη, με την ανάπτυξη φορολογικών κινήτρων, καθίσταται ελκυστικότερη η εγκατάσταση υποδομών επαναφόρτισης που θα λειτουργούν με ενέργεια προερχόμενη από εναλλακτικές πηγές, καθιστώντας έτσι την φόρτιση 100% πράσινη.

Παράλληλα, ανησυχητική είναι η έλλειψη υδατικών πόρων, σε παγκόσμιο επίπεδο. Το πρόβλημα αυτό, επηρεάζει τόσο τον πλανήτη, όσο και την Ελλάδα, της οποίας τα περισσότερα νησιά έχουν ελάχιστα αποθέματα υδατικών πόρων. Η κάλυψη των υδατικών

αναγκών των νησιών λαμβάνει χώρα με δύο, κυρίως, μεθόδους: είτε με μεταφορά αφαλατωμένου νερού μέσω υδροφόρων πλοίων, μια διαδικασία αρκετά δαπανηρή, είτε μέσω φραγμάτων (όπου αυτό είναι εφικτό), είτε μέσω δαπανηρών ενεργοβόρων γεωτρήσεων που αντλούν από τα υπόγεια αποθέματα νερού.

Προκειμένου να μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των νοικοκυριών, των ηλεκτροκίνητων οχημάτων και της διεργασίας της αφαλάτωσης ανά πάσα στιγμή και ανάλογα με τη ζήτηση, είναι απαραίτητο σε αυτόνομα νησιωτικά συστήματα η εισαγωγή μονάδων αποθήκευσης ενέργειας. Η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός Υβριδικού Συστήματος (ΥΣ), το οποίο θα αξιοποιεί το πλούσιο αιολικό δυναμικό του νησιού της Κω και σε ώρες που υπάρχει περίσσεια ενέργειας θα γίνεται αποθήκευσή της με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης. Αντίστοιχα, όταν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας θα ενεργοποιείται το υδροηλεκτρικό έργο (ΥΗΕ) και θα παράγεται ενέργεια μέσω υδατόπτωσης νερού από υψομετρική διαφορά (υδροηλεκτρική ενέργεια).

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, προσομοίωση και αξιολόγηση ενός ΥΣ για την κάλυψη των υδατικών και των ενεργειακών αναγκών νοικοκυριών και ηλεκτροκίνητων οχημάτων στη νήσο Κω. Το έργο αυτό περιλαμβάνει 4 ανεμογεννήτριες (Α/Γ), ένα υδροηλεκτρικό έργο (ΥΗΕ), μια μονάδα αφαλάτωσης, ένα αντλιοστάσιο, έναν ταμιευτήρα θαλασσινού νερού και τέλος, έναν ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού. Οι παραπάνω διατάξεις συνδυάζονται με τον Τοπικό Σταθμό Παραγωγής (ΤΣΠ) της Κω, αποσκοπώντας στην, όσο το δυνατόν μεγαλύτερη, κάλυψη των υδρευτικών και ενεργειακών απαιτήσεων του νησιού από τις ΑΠΕ. Με βάση το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) γίνεται εκτίμηση της διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης στο νησί της Κω και εκτιμώνται οι ενεργειακές απαιτήσεις που θα προκύψουν από τη φόρτιση των οχημάτων με «πράσινη» ενέργεια. Το σύστημα αξιολογείται και οικονομικώς, μέσω ανάλυσης κόστους – οφέλους, ώστε να διαπιστωθεί πόσο οικονομικά βιώσιμο είναι η επένδυση και αν μπορεί να εφαρμοσθεί ρεαλιστικά. Τέλος, αναπτύσσεται μεθοδολογία για την εκτίμηση των δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα από τον ΤΣΠ Κω, σύμφωνα με το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System) και διερευνάται πώς μπορεί να συνεισφέρει το μελετώμενο ΥΣ στη μείωση των κομίστρων προς την Ε.Ε.

Extended Abstract

Introduction

In recent years, there has been a growing concern in the energy sector, one of the key pillars that have contributed to the development of modern societies. This concern is primarily about the environmental impact of fossil fuel use, as emissions from combustion appear to be largely responsible for the greenhouse effect. In addition, there is a concern about the fact that fossil fuel reserves are limited and with the rate that they are currently consumed, in a few decades there will be an extremely expensive source of energy.

Nowadays the interest in the production of electricity has turned to Renewable Energy Sources (RES), aiming at sustainable, economically and environmentally friendly energy management. In the European Union (EU), in order to speed up the shift to RES, emissions from power plants, such as carbon dioxide, are now institutionalized, costing and power plants required to pay significant fares.

In Greece, there is a special interest in the exploitation of RES in its island sector. Especially during the summer months, there are high energy requirements due to the high tourist traffic. The electricity needs of the Greek islands are usually met either by autonomous power plants based on fossil fuels or through their interconnection with the mainland network of the country, which leads to energy dependence on other areas and low electric energy quality. With the development of RES units, an island becomes more autonomous and the dependence on fossil fuels is reduced, as a result, the fares to the EU are reduced.

In the same direction as RES units, the replacement of vehicles with conventional fuels with electric vehicles is progressing. In the coming years, the number of electric vehicles will increase significantly, both internationally and nationally. The National Energy Planning targets for 2030, one in three new vehicles to be electric, and for the year 2050, targets more than 34% of the final energy demand in the passenger transport sector, to be electric. Also, with the horizon of green growth, an additional goal is the supply of recharging infrastructure, to come exclusively from electricity production through RES. Already, with the development of tax incentives, it is becoming more attractive to install recharging infrastructures that will operate with energy from alternative sources, thus making charging 100% green.

At the same time, the lack of water resources worldwide is worrying. This problem affects both the planet and Greece, where most of the islands have minimal water resources. Meeting the water needs of the islands takes place in two main ways: either by transporting desalinated water by watercraft, a process that is quite expensive, or by dams (where possible), or by costly energy-intensive drilling from underground water supplies.

In order to be able to meet the needs of households, electric vehicles and the desalination process, at any time and depending on demand, it is necessary to introduce energy storage units in autonomous island systems. Energy storage can be achieved through a Hybrid System (HS), which will utilize the rich wind potential of the island of Kos and in hours when there is

excess energy will be stored through pumping. Respectively, when there is an energy shortage, the hydroelectric station will be activated and energy will be produced through water drop from an altitude difference (hydroelectric energy).

The object of the present thesis is the study, simulation and evaluation of a HS to meet the water and energy needs of households and electric vehicles on the island of Kos. This project includes 4 wind turbines, a hydroelectric station, a desalination plant, a pumping station, a seawater reservoir and finally, a desalinated water reservoir. The above provisions are combined with the Local Production Station (LPS) of Kos, aiming at, as much as possible, the coverage of the water and energy requirements of the island by the RES. Based on the National Plan for Energy and Climate (NPEC), the penetration of electricity on the island of Kos and the energy requirements that will result from the charging of vehicles with "green" energy are estimated. The system is also evaluated economically, through cost-benefit analysis, to determine how economically viable the investment is and whether it can be implemented realistically. Finally, a methodology is being developed for the assessment of carbon dioxide emission rights by the Kos LPS, according to the Emissions Trading System of the European Union. It is being examined how the HS can contribute to the reduction of tariffs to the EU.

Study Area

Kos is a Greek island, part of the Dodecanese island chain in the southeastern Aegean Sea. Kos is the third largest island of the Dodecanese by area, after Rhodes and Karpathos. The surface of the island is 295.3 sq.km. with a coastline of 112 km. The capital of the island is Kos, where it is the main port of the island. It is 200 nautical miles from the port of Piraeus. The island also has an airport which is located at a distance of 27 km, southwest of the city of Kos, near the village of Antimacheia.

The population of the island according to the 2011 census amounts to 33,388 permanent residents. However, the island also has strong tourist traffic, during the summer months and not only. The easy access by ferry or plane and the natural beauty of the island make Kos a very attractive destination. Thus, the population during the summer months is up to twice as large. The climate of Kos, in general, is Mediterranean, characterized by mild winters, with plenty of rain, strong winds, at times, and periods with relatively high sunshine. At the same time, it is estimated that the dry or hot season lasts from the end of April until mid-September. In terms of temperature, the lowest average minimum appears in February (8.32 °C) with an average absolute minimum temperature of 2.75 °C, while the highest average maximum temperature appears in July (30.67 °C) with an average absolute maximum their temperature 35.75 °C. As for the precipitation, it should be noted that the average rainfall is 559.54 mm with the month of December appearing with the highest average monthly rainfall of 121.96 mm. January is the month with the highest maximum daily rainfall (134.90 mm). In terms of winds, the prevailing winds are North with an average annual number of days that show an intensity above 8 Beaufort at 17.96, most of them appear from December to March (11.85 days).

The energy needs of the island are served by an Autonomous Power Station of 138.74 MW located in the area of Mastichari, west of the island. It supplies electricity to the island complex of the islands of Kos, Kalymnos, Tenedos, Leros, Lipsi, Gyali, Nisyros, Tilos and Pserimos. The fuels used are low sulfur fuel oil and diesel. The above fuels are in accordance with the applicable quality standards. Kos in March 2021 had an installed RES capacity of 24.38 MW, of which 15.20 MW is from wind farms and 8.78 MW from solar panels. The main source of energy, however, is the thermal power plant that is installed on the island.

The water needs of the island are covered mainly by drilling and natural springs. Kos is supplied with water from 23 boreholes with flows from 15 to 80 m³/h. The available water covers completely the water supply needs. The tourism sector consumes very high quantities, as a result of which it operates in competition with the agricultural sector. However, there are water supply projects aimed at meeting both irrigation needs and household water. Drilling is found in various parts of the island, especially in the lowland parts of the island where many landowners have private wells. Irrigation is enhanced by the reservoirs in the area of Plati and in the area of Messaria.

The monthly variation of water needs, as well as electricity needs is shown in Figure 1 and Figure 2. According to the national plan for energy and climate, in 2030 on the island of Kos will circulate 174 electric vehicles. Thus, based on the bibliography, the charge from the penetration of the electromotive is shown in Figure 3 below.

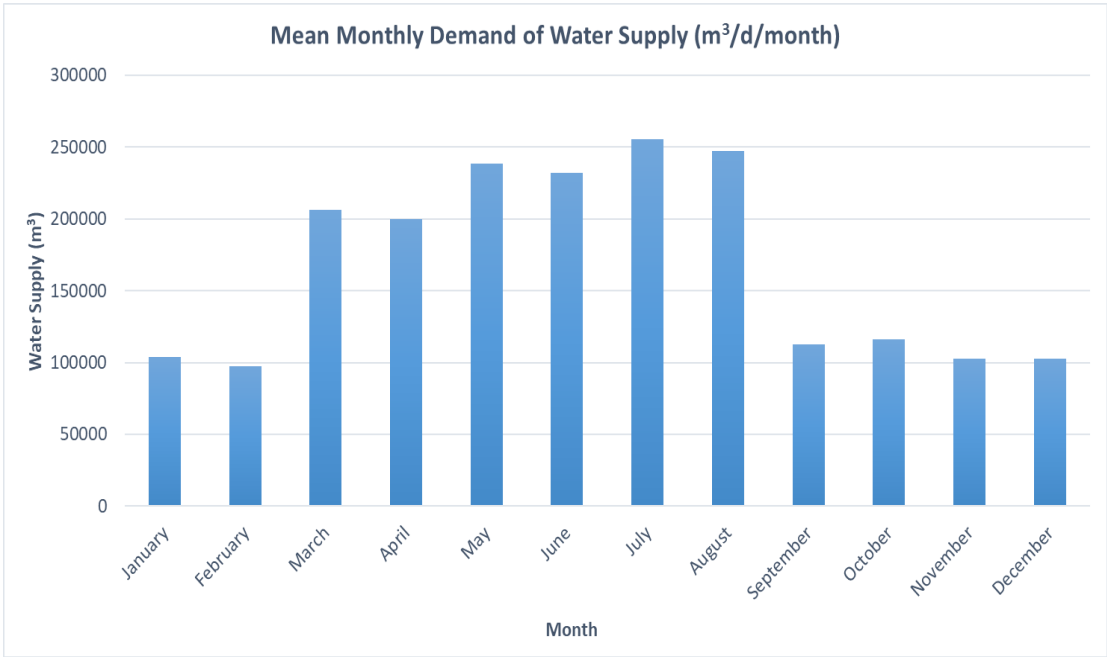


Figure 1 Mean Monthly Demand of Water Supply (m³/d/month)

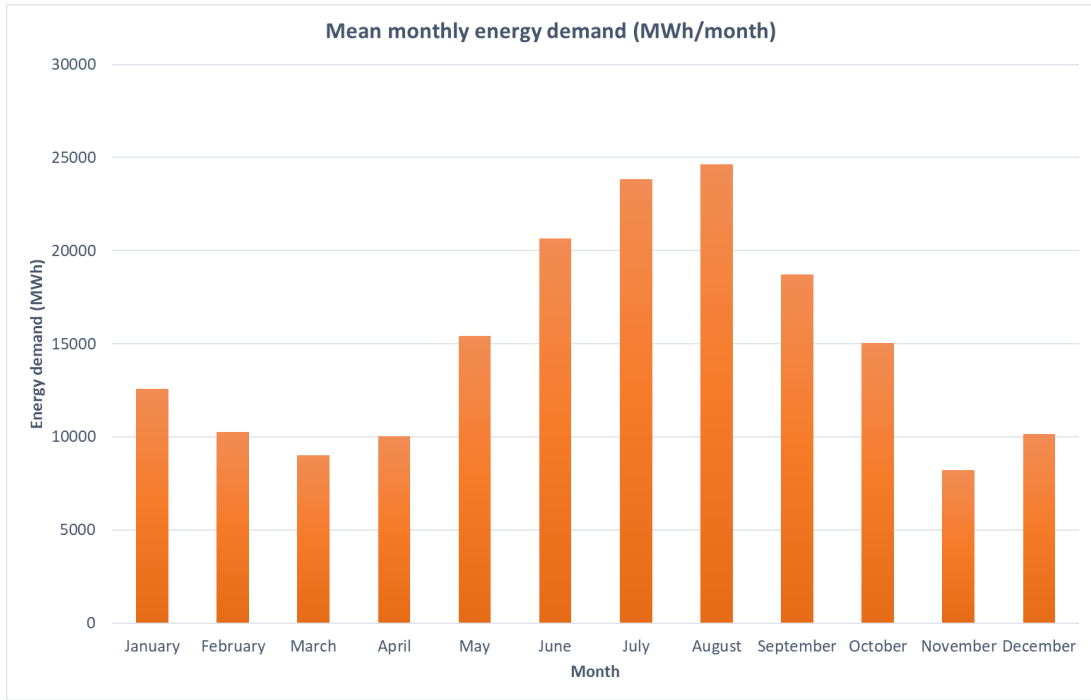


Figure 2 Mean Monthly Energy Demand (MWh/month)

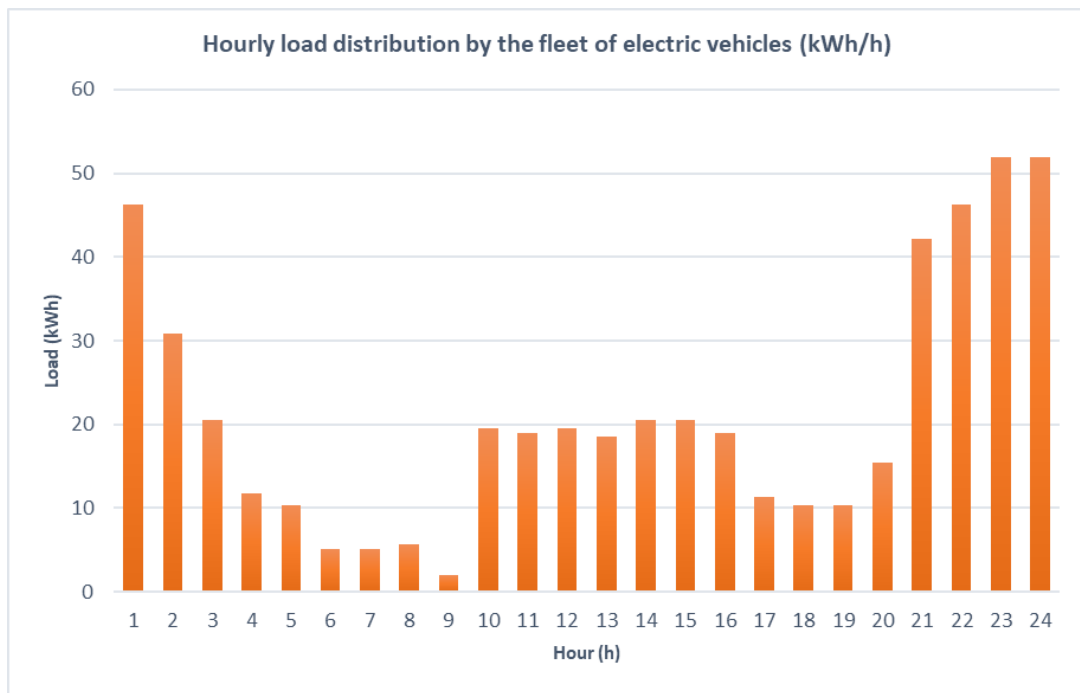


Figure 3 Hourly load distribution by the fleet of electric vehicles (kWh/h)

Technical Description and Methodology

The hybrid RES system under study consists of a wind farm with a total capacity of 9.4 MW, which is composed of 4 wind turbines of 2.35 MW. In addition, it consists of two desalination plants with a total capacity of 2275 m³/d and a capacity of 6.5 kW/m³. The desalination plant is accompanied by a 10 kW power pump in order to pump the desalinated water to the desalinated water reservoir with a capacity of 180000 m³. If the offered wind energy does not adequately cover the needs, the water of the upper tank will supply a small hydroelectric power station, which will cover the energy deficit. If the electricity demand cannot be met by the net produced energy, then the deficit will be covered by the local power station.

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

$$I = \gamma \cdot Q \cdot H_{man} \cdot n \quad (1)$$

Where:

- γ : the specific weight of water, which is equal to the acceleration of gravity g and the density of water
- H : the total height
- n : the coefficient outpour of the turbine

To describe the vertical distribution of wind speed, the power law distribution is used, which is based on the theory of boundary layers

$$u_2 = u_1 \cdot \frac{\ln(\frac{z_2}{z_0})}{\ln(\frac{z_1}{z_0})} \quad (2)$$

Where: u_1 and u_2 are the velocities at altitudes z_1 and z_2 and z_0 the roughness parameter

Initially, after contacting the National Observatory of Athens, wind speed measurements were taken from the meteorological station located in the biological treatment plant of Kos. Specifically, the measurements are every 10 minutes and refer to the period from 1/1/2016 to 31/12/2020. The measurements were reduced from a 10-minute step to a 1-hour step through the "Hydrognomon" time series processing software.

Then, the altitude of the biological treatment of Kos was determined, which is 37 m. Knowing that the height of the anemometer is 5 m, the altitude of determining the wind is 42 m above sea level. With the known altitude at which the wind speed measurements were made and knowing the altitude of the rotor of the wind turbines, the altitude correction of the time series of the wind data is made with the relation of the exponential distribution (power law). For the study project, the Enercon E-92 wind turbine model was selected and based on the published power curves, a 6th degree polynomial equation is derived that calculates the actual wind turbine power as a function of wind speed. Using the corrected wind speeds and the

polynomial equation, the hourly time series of energy produced in kWh is obtained. Thus, the following Figure 4 shows the average daily wind energy produced per month.

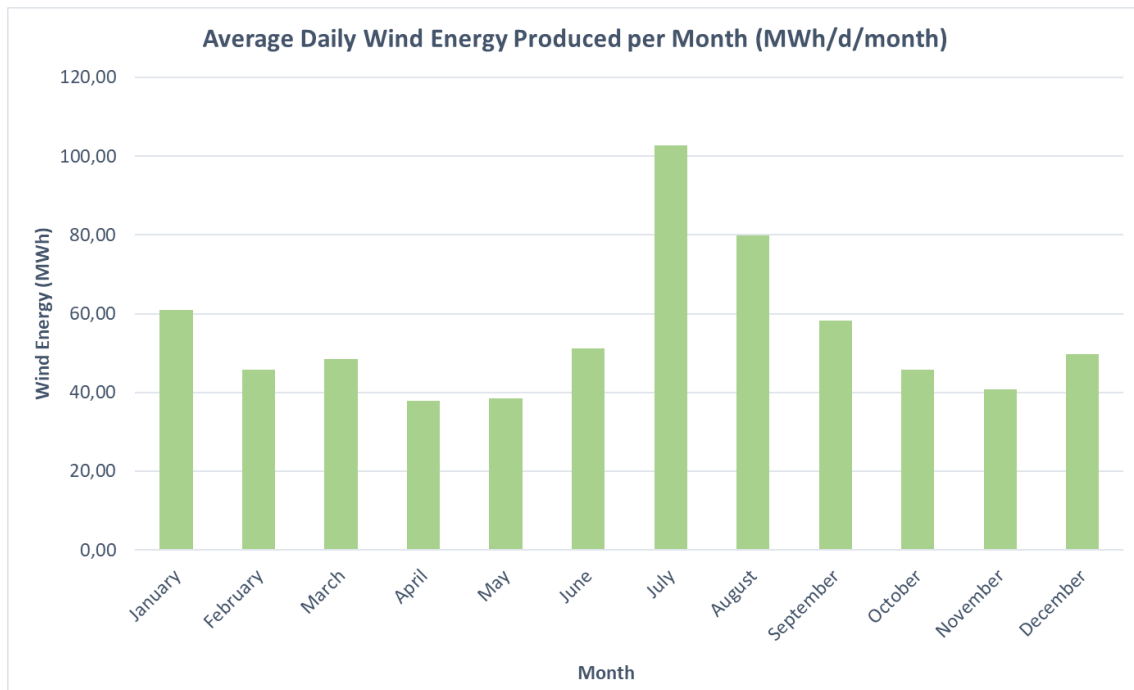


Figure 4 Average Daily Wind Energy Produced per Month (MWh/d/month)

In the present work, for the HS under study, two different operating scenarios are simulated and evaluated. The first scenario aims to meet the energy needs of 3500 inhabitants with a high degree of reliability on the island of Kos and the water needs for the same number of inhabitants. The second scenario aims to cover the energy needs that will arise from the penetration of electricity and to meet the water needs of 20,000 inhabitants, which is equivalent to the entire city of Kos. In all scenarios the wind turbines electrify the settlement, providing 30% of the energy directly to the electricity network, while the remaining 70% for the other uses.

- **Scenario 1 - Energy coverage as a priority**

When simulating the operation of the Hybrid System, in the first scenario the priority is to cover the energy needs and then meet the water needs for 3500 inhabitants of the island of Kos. Specifically, the principle of the simulation is the production of wind energy from the wind farm.

From the produced electric energy, 30% is distributed directly to the grid, while the remaining 70% goes to the pumping station for pumping seawater and then to the desalination plant for drinking water production. In particular, 70% of the wind energy is primarily allocated to the pumping station for pumping water to the upper tank, in order to be released through the hydroelectric project and to produce the necessary energy. If the pumping station capacity is depleted, then the excess energy is used to produce drinking water from the desalination plant. The pumping of seawater in the

upper tank in case of excess energy and the operation of the hydroelectric power station in case of deficit smooths out the sharp fluctuation of the produced energy. Thus, with the presence of the Hybrid System instead of an individual wind farm, much higher percentages of reliability in meeting the needs for energy and water supply are achieved and scenario 1 fulfills its purpose.

Results: (Figures 5,6,7,8)

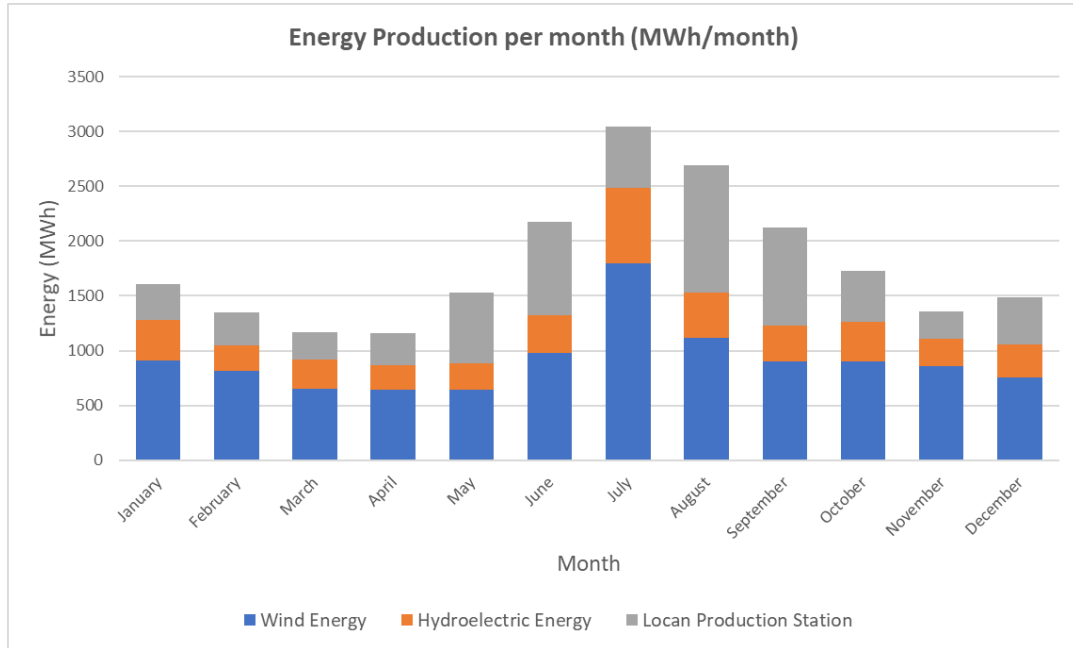


Figure 5 Energy production per month (MWh/month)

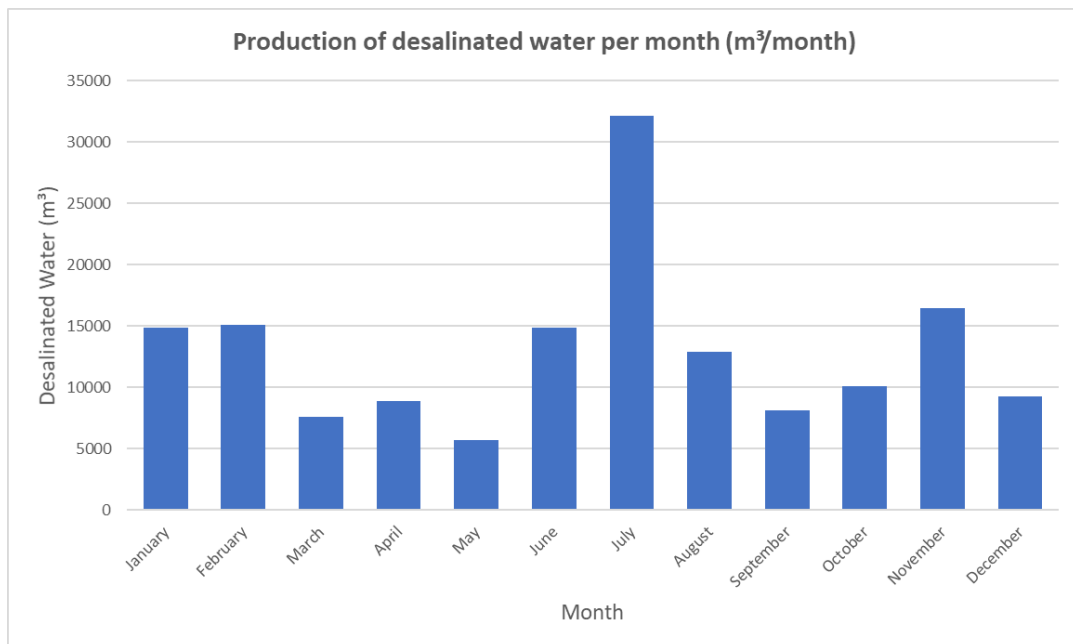


Figure 6 Production of desalinated water per month (m³/month)

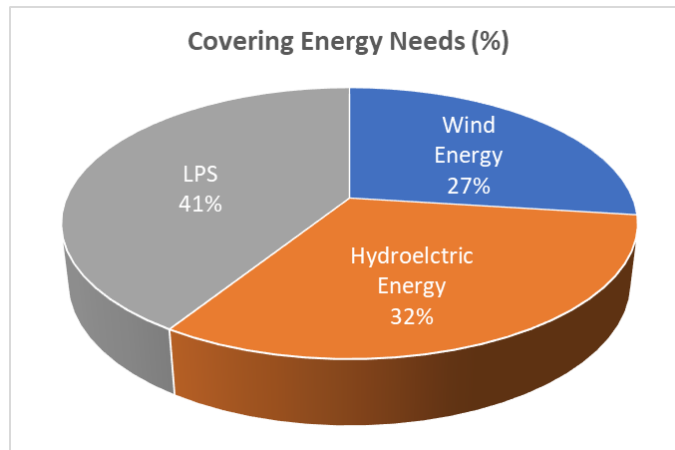


Figure 7 Covering Energy Needs (%)

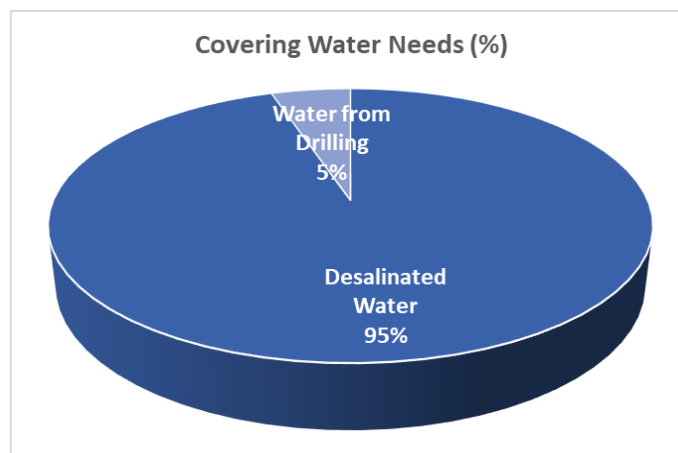


Figure 8 Covering Water Needs (%)

- **Scenario 2 – Coverage of energy requirements for electrification and desalination as a priority**

In Scenario 2, during the simulation of the HS, the priority is to cover the energy requirements of the electric vehicles and the desalination unit. Specifically, as in Scenario 1, 30% of the energy produced by the wind farm is given directly to the grid. The remaining 70% is distributed at a rate of 75% to cover the needs primarily of the electric vehicles, secondly to the desalination plant. The remaining 25% is used to pump water to the upper reservoir for energy storage. The goal in this scenario is to cover the water supply of the city of Kos (population 20000 inhabitants) with a large percentage of desalinated water and the energy coverage of electricity with RES. A secondary goal is the energy contribution of the HS.

Results: (Figures 9,10,11,12)

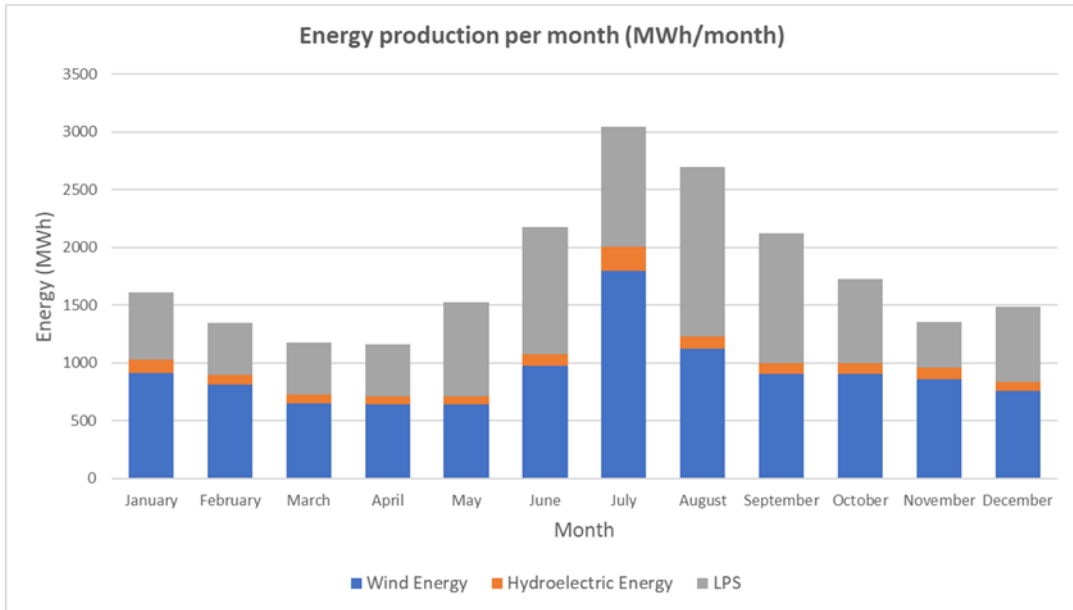


Figure 9 Energy production per month (MWh/month)

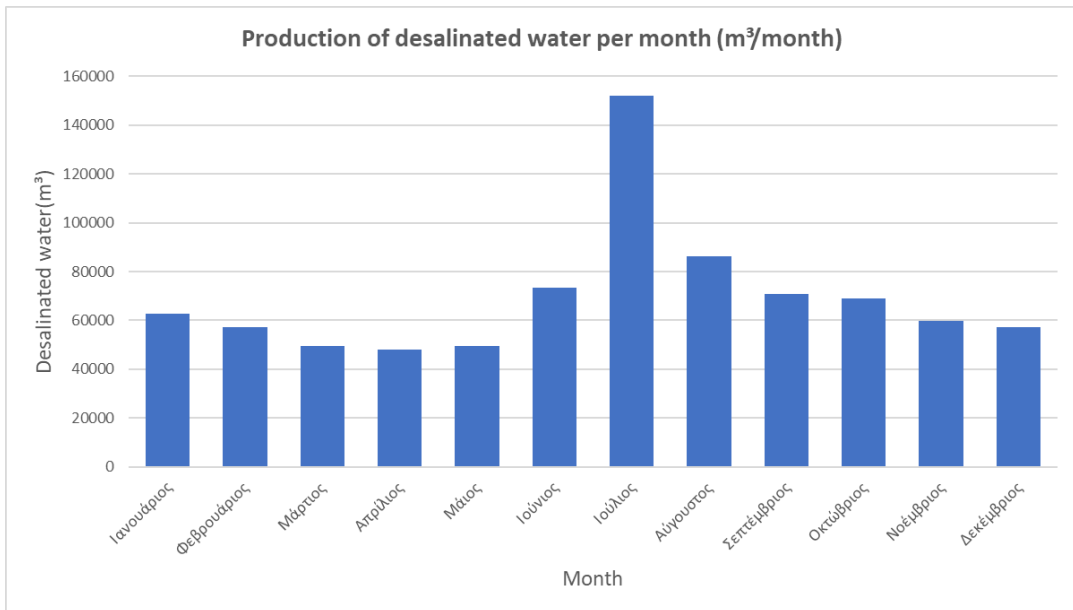


Figure 10 Production of desalinated water per month (m³/month)

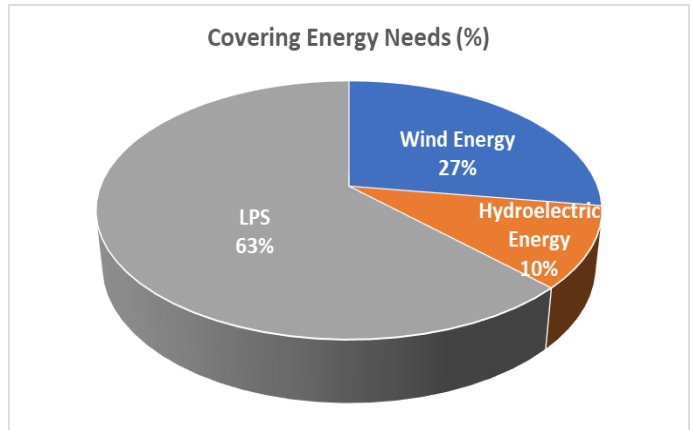


Figure 11 Covering Energy Needs (%)

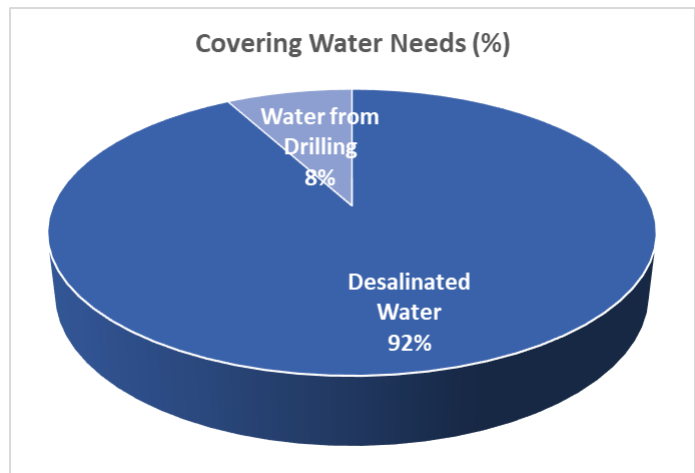


Figure 12 Covering Water Needs (%)

Cost benefit analysis

In the end, the financial viability of the investment is examined by a cost-benefit analysis. Net Present Value (NPV) is the value obtained by discounting to present, all of the annual net cash provided throughout the term life of an investment.

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

Where:

n: the life of the project

t: the discount period

K: the initial investment

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

$$NPV = 0 = \left[\sum_{t=1}^n \frac{NPV_t}{(1+IRR)^t} \right] - K \quad (4)$$

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

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

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

(Kaliampakos & Damigos, 2008)

Results of cost-benefit analysis:

The total amount of the investment amounts to 11333600 €. The following financing scheme is provided for this investment: grant, bank loan and own participation. The grant is given by an operational program for the promotion of RES in the islands and is set at 40% of the total cost, which is 4533440 €. The bank loan is taken for 40% of the investment, namely 4533440 € and finally, the same participation amounts to 20%, which corresponds to 2266720 €.

Scenario 1 was used for cost-benefit analysis and the Net Present Value (NPV) of the investment is zeroing for a sale price of desalinated water 2.18 €/m³ and a fixed sale price of energy 0.0875 €/kWh. For this price, the Internal Rate of Return (IRR) is equal to the discount rate and the investment is marginally profitable. Figure 13 shows the efficiency of the project depending on the selling price of water through the NPV and IRR diagram for different water prices. Likewise, Figure 14 shows the efficiency of the project depending on the selling price of energy through the NPV and IRR diagram for different energy prices.

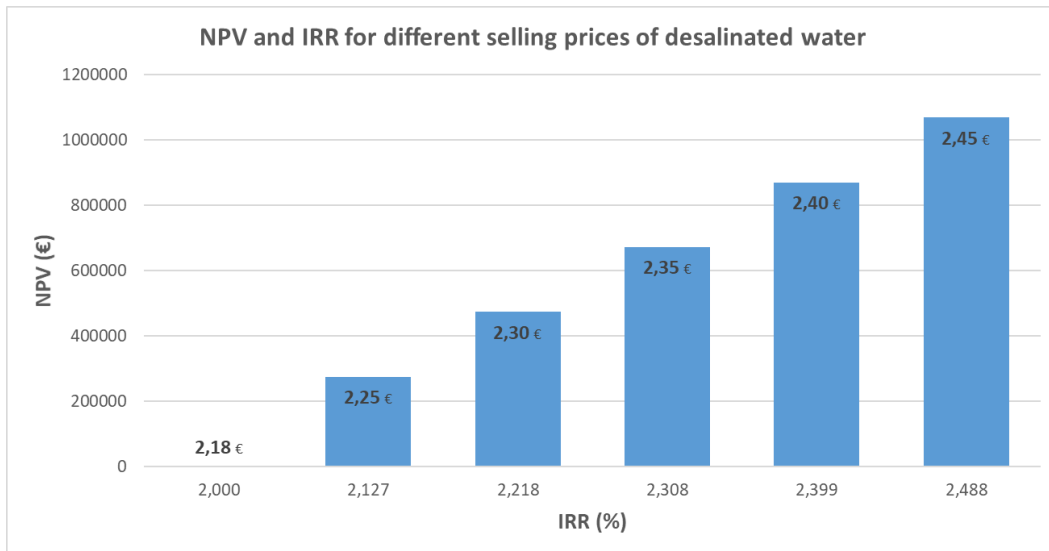


Figure 13 NPV and IRR for different selling prices of desalinated water

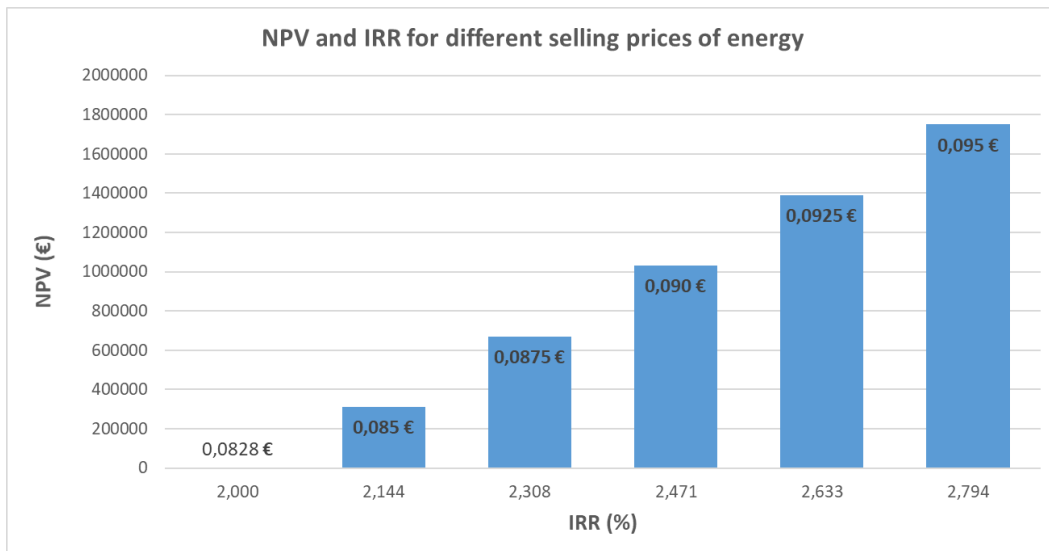


Figure 14 NPV and IRR for different selling prices of energy

The CO₂ emissions from the LPS of Kos are 82537 tn. With the studied inclusion of HS in scenario 1 the emissions are reduced by 48598 tn and in scenario 2 by 30878 tn. Namely by 59% in scenario 1 and by 38% in scenario 2.

It is considered that the price is 60 € per ton for the first 10 years of operation, which is approximately the current one (September 2021). Thus, the following Figure 15 is obtained, which shows the annual operating cost of the LPS before and after the inclusion of HS for each operating scenario.

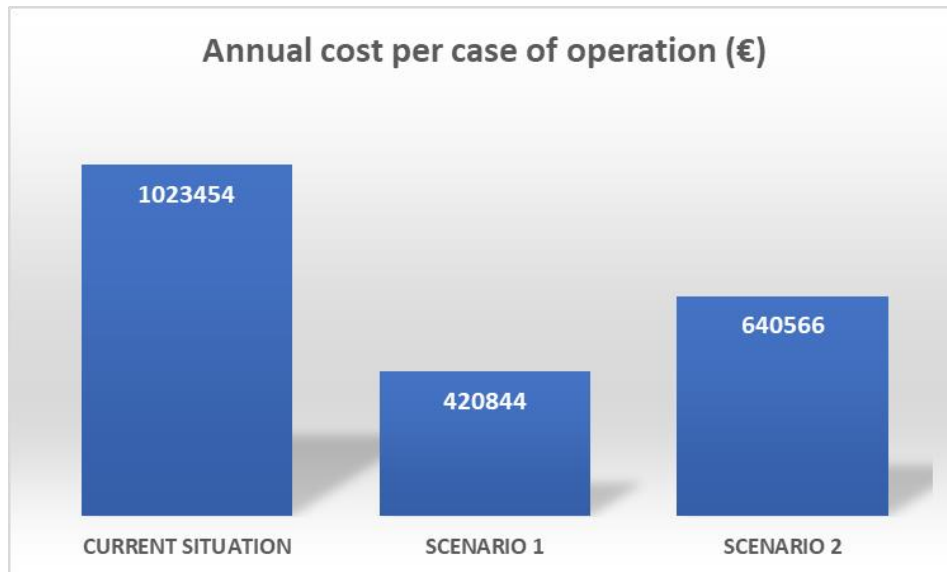


Figure 15 Annual cost per case of operation (€)

Conclusion – Further Research

The main goal of this thesis is the development of a comprehensive methodology for the implementation of a Hybrid System with the participation of Renewable Energy Sources on the island of Kos.

Firstly, the Hybrid Systems and Renewable Energy Sources are briefly presented. Then, the desalination process for the production of drinking water, provided in this technical project, is analyzed. In addition, the penetration of electric propulsion in the transport sector is analyzed and its connection with the studied hybrid system is examined.

Next, the process of forming the project simulation model is presented step by step. The study of the HS is done to cover part of the water and energy needs of the island. The modeling of the technical project includes the collection and then analysis of wind and hydrological data. Finally, the needs for water and energy are assessed and based on these, desalination and electricity generation are performed respectively.

The general conclusions from the study of HS are the following:

- The strong variation, in terms of time and quantity, the energy supply of RES, in combination with the environmental consequences caused by conventional power plants, has led to the research and development of HS. The latter shows the advantage for extensive energy storage using RES, ensuring a continuous and stable supply of energy depending on demand.
- Hybrid projects have the ability to be installed as independent systems as well as to be integrated into existing power plants with conventional forms of energy, with the appropriate interventions.

- Kos (and greek islands in general), is suitable for the installation and operation of wind farms, due to its very high wind potential. Of course, special care is needed for their smooth integration into the unique natural beauty of the Greek islands and avoidance of installations on small virgin islands.
- Desalination is a serious solution to address the lack of sufficient water resources in the Greek islands, which intensifies during the summer tourist season. The method chosen exclusively in the Greek islands is the method of reverse osmosis due to its low energy consumption and its compatibility with solar panels or wind turbines.
- The advantages, at the local level, of the HS installation, are summarized in the significant supply of required electricity throughout the year, by avoiding power outages. In addition, it is very important to reduce the CO₂ emissions that the integration of the HS can offer, with a great positive impact on the local environment.

Through the simulation model of this work, the following specific conclusions emerged:

- The population of the island increases during the summer months due to tourism, while increasing the demand for electricity and water.
- The demand for electricity on a daily basis is increased more in the afternoon-evening hours.
- Peaks in the water supply on a daily basis are observed in the morning and evening hours.
- Monthly energy production is maximized during the tourist months of July and August and minimized during the months of March and April.
- In Scenario 1, in which energy coverage is a priority, the way of meeting the energy needs of 3500 inhabitants of the island of Kos is done by 60% of the RES of the studied HS. Specifically, by 28% from the wind turbines and by 32% from the hydroelectric station. This participation significantly reduces the emitted pollutants, as a result it spares from the Greek state an estimated 600000 € per year. The monthly coverage of energy requirements by the HS ranges from 58% in August to 82% in July.
- In Scenario 1, in addition to energy coverage, the water needs of 3500 inhabitants are achieved at a rate of 96%. Thus, almost complete detachment from the underground reserves is made and the required pumps are minimized.
- In Scenario 2, in which the priority is to cover the energy needs of desalination and electrification, the way of meeting the energy needs of 3500 inhabitants of the island of Kos is done by 37% of the RES of the studied HS. Specifically, by 27% from the wind turbines and by 10% from the hydroelectric station. This participation, although reduced compared to Scenario 1, also significantly reduces the pollutants emitted, thus saving the Greek government an estimated 380000 € per year. The monthly coverage of energy requirements by the HS ranges from 46% in August to 71% in November.
- In Scenario 2, in addition to the energy coverage, coverage of the water needs of the entire city of Kos is achieved, namely 20000 inhabitants at a rate of 92%. Thus, to a much greater extent compared to Scenario 1, a more drastic reduction of the required groundwater pumps is achieved, thus strengthening the groundwater aquifers.
- In addition, Scenario 2 covers 100% of the projected penetration of electricity on the island of Kos until 2030 from the RES of the HS. In particular, the needs of 174 electric

cars, which are part of the national target, are adequately met. Even if the progress of the electric vehicles is made at a faster pace, the HS will be able to meet with 100% adequacy the needs of all vehicles, due to the energy storage that takes place during the pumped storage.

Based on the analysis of the results of the present thesis and according to the conclusions that have emerged, issues have arisen that need further study and analysis. First, the application of this methodology is proposed in other islands of Greece, interconnected and not, as well as in settlements and communities, thus contributing to the local independence from the electrical network but also to the overall balance of the country, increasing the contribution of RES and reducing pollutants. In addition, the sizing of seawater and desalinated water reservoirs as well as the detailed location of the individual installations would be of interest, with the ultimate goal of minimizing the environmental impact. For a future study, the application of larger capacity desalination units could also be analyzed in order to fully cover the water supply needs. Finally, the production of time series to predict future response prices of the project would provide an overall picture to meet the needs of the island and the reliability of the system.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική αναφορά

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό που μπορεί να προσφέρει μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών, στο πλαίσιο της προσπάθειας περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Προς αυτή την κατεύθυνση, κρίνεται απαραίτητη η σταδιακή απαλλαγή από τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, λιγνίτης), τα οποία είναι μεγάλες πηγές ρύπων για τον άνθρωπο και τη φύση. Επιπρόσθετα, θεωρείται ότι είναι ο κύριος λόγος για την σταδιακή υπερθέρμανση του πλανήτη, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού της Γης και ο σύγχρονος τρόπος ζωής που συνεπάγεται ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες για ενέργεια οδηγούν προσθετικά στην ανάγκη απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, καθώς τα αποθέματα τους δεν είναι ανεξάντλητα. Επιπρόσθετα, τροποποιείται το υπάρχον σύστημα ενεργειακού εφοδιασμού και μειώνεται η εξάρτηση από τις αναξιόπιστες και ασταθείς αγορές ορυκτών καυσίμων, ειδικότερα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.

Η νομοθεσία της ΕΕ για την προώθηση των ΑΠΕ έχει εξελιχθεί σημαντικά κατά τα τελευταία έτη. Το 2009, οι ηγέτες της ΕΕ όρισαν ως στόχο έως το 2020 ένα μερίδιο 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το 2018, συμφωνήθηκε ο στόχος έως το 2030 ένα μερίδιο 32% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2030 βρίσκεται υπό συζήτηση.

Στην Ελλάδα, για το έτος 2017 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καταλάμβαναν το 33% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος. Την Κυριακή 9 Μαΐου 2021 επετεύχθη νέο ρεκόρ καθαρής ενέργειας με τις ΑΠΕ να καλύπτουν το 63% της συνολικής ζήτησης (65,9 GWh/104,1GWh). Από την ενέργεια που καταναλώθηκε εκείνη την ημέρα, η αιολική ενέργεια κυριάρχησε με 43%, η ηλιακή ενέργεια συνεισέφερε 17% και οι λοιπές ΑΠΕ (υδροηλεκτρικά, βιοαέριο-βιομάζα, κ.ά.) το υπολειπόμενο 3%. (Πηγή: ΑΔΜΗΕ, 2021)

Η εγκατάσταση και λειτουργία συνδυασμού ΑΠΕ θεωρείται αναγκαία, ιδιαίτερα για τη νησιωτική Ελλάδα. Κυρίως τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, στα οποία η ενεργειακή ζήτηση καλύπτεται είτε μέσω της σύνδεσης τους με το δίκτυο κάποιας απομακρυσμένης περιοχής, την ηπειρωτική χώρα ή άλλο γειτονικό νησί, είτε από αυτόνομους πετρελαϊκούς σταθμούς. Στην περίπτωση της Κω, είναι εγκατεστημένος τοπικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ ισχύος 138,74 MW που εξυπηρετεί τις ενεργειακές ανάγκες κυρίως της Κω και της Καλύμνου.

Σύμφωνα με την ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα και οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεν αναμένεται να συνεισφέρουν πέραν του 10%. Τις μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης και συνεισφοράς στην επίτευξη των εθνικών στόχων παρουσιάζει η αιολική ενέργεια, ειδικά στα ελληνικά νησιά, λόγω του πλούσιου αιολικού δυναμικού και του χαμηλού κόστους αξιοποίησης συγκριτικά με άλλες μορφές ΑΠΕ. Βάσει αυτών των επιστημονικών δεδομένων και ελληνικού νομικού πλαισίου, ξεκίνησε η ιδέα ένταξης των Υβριδικών Ενεργειακών Έργων στο ενεργειακό μίγμα της Ελλάδος. Τα έργα αυτά βασίζονται στον συνδυασμό ΑΠΕ μεταξύ τους και στην δυνατότητα αποθήκευσης της περίσσιας ενέργειας.

Η καθιερωμένη τεχνική της αντλησοταμίευσης (άντληση νερού σε μια ανάντη θέση, με κατανάλωση της διαθέσιμης ενέργειας, η οποία ανακτάται αργότερα ως υδροηλεκτρική ενέργεια), αντιπροσωπεύει την καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία από άποψη κόστους και εφαρμογής, καθώς δεν εκπέμπει κανένα παραπροϊόν στο περιβάλλον, ενώ είναι οικονομικά αποδοτική, με ποσοστά απωλειών μικρότερα του 10% (για έργα μεγάλης κλίμακας). Επιπλέον, η παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια δεν καταναλώνει νερό (απλά μετατρέπει τη δυναμική του ενέργεια), ενώ μπορεί ακόμα να συνδυαστεί με άλλες χρήσεις νερού (αστική, γεωργική, βιομηχανική). Τα υβριδικά συστήματα, που συνδυάζουν πολλαπλές πηγές ανανεώσιμης ενέργειας με έργα αντλησοταμίευσης, θεωρούνται γενικά μια καθιερωμένη τεχνολογία για την αύξηση του επιπέδου διεύθυνσης των ανανεώσιμων πηγών σε ενεργειακά συστήματα καθώς εξομαλύνεται η έντονη μεταβλητότητα των φυσικών φαινομένων και αυξάνεται η αξιοπιστία για την κάλυψη πάγιων ενεργειακών αναγκών.

Γνωρίζοντας, επίσης, ότι ο γιγάντιος αριθμός οχημάτων που κυκλοφορούν και γενικότερα ότι όλα τα μέσα μεταφοράς λειτουργούν με θερμικούς κινητήρες γίνεται εύκολα αντιληπτό τι μερίδιο ευθύνης έχουν οι μεταφορές στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτή η συνεχής μόλυνση του περιβάλλοντος οδηγεί σε διεθνές επίπεδο τη θέσπιση και εφαρμογή στόχων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την οικολογική προστασία. Στο πλαίσιο αυτό, η ΕΕ έχει θέσει συγκεκριμένους στόχους και έχει ανακοινώσει πολιτικές στην κατεύθυνση αύξησης της ασφάλειας εφοδιασμού και μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Σε μακροπρόθεσμα σχέδια στον οδικό χάρτη της ενέργειας για το 2050, η ΕΕ θέτει ως κεντρικό στόχο να μειώσει έως το 2050 τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 80%-95% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990, μέσω της απανθρακοποίησης του ενεργειακού τομέα.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι 273 εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα θα κυκλοφορούν στην Ευρώπη και 2,5 δισεκατομμύρια σε ολόκληρο τον κόσμο κατά το έτος 2050, θα είναι ανέφικτη η επίτευξη του επιδιωκόμενου στόχου εάν δεν μειωθούν οι εκπομπές του τομέα των οδικών μεταφορών σε ποσοστό ίσο με 95%. Πρακτικά, απαιτείται η σχεδόν πλήρης αποσύνδεση των οδικών μεταφορών από την οικονομία των ορυκτών καυσίμων.

Γίνεται αντιληπτό ότι δεν είναι αποδεκτό να προωθούνται τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και να μην υπάρχει δέσμευση για σύνδεση τους με πηγές ενέργειας απαλλαγμένες από εκπομπές ρύπων. Για αυτό Ηλεκτροκίνηση και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι δυο απόλυτα συνδεδεμένες πολιτικές. Έτσι, θα πρέπει να μελετηθεί και να αξιολογηθεί η σύνδεση αυτών των δύο πολιτικών. Ο συνδυαστικός κρίκος σε αυτές τις δύο κατευθύνσεις μπορούν να είναι τα υβριδικά συστήματα ενέργειας, τα οποία εξομαλύνουν την έντονη διακύμανση προσφοράς

ενέργειας των ΑΠΕ και εγγυούνται με αξιοπιστία την κάλυψη ενεργειακών αναγκών με άμεση ανταπόκριση.

Παράλληλα φυσικά με την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, εξίσου σημαντική είναι η κάλυψη των υδατικών αναγκών, ιδιαίτερα της ύδρευσης. Τα ελληνικά νησιά λόγω των περιορισμένων βροχοπτώσεων και της έντονης γεωμορφολογίας, αδυνατούν να συγκρατήσουν ικανοποιητικά επιφανειακά αποθέματα νερού. Επίσης, ειδικά το καλοκαίρι, λόγω του κλίματος και των υψηλών θερμοκρασιών το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο έντονο. Επιπρόσθετα, η τουριστική κίνηση τους θερινούς μήνες απαιτεί μεγάλα αποθέματα υδατικών πόρων, που τα νησιά σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να καλύψουν αυτόνομα.

Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα της υδροδότησης των νησιών έχει επιδεινωθεί σημαντικά και οφείλεται σε συγκεκριμένους παράγοντες. Η αλλαγή των οικονομικών των νησιών από αγροτικές/κτηνοτροφικές σε οικονομίες παροχής υπηρεσιών (ξενοδοχεία, κλπ.) αύξησαν την ζήτηση των υδατικών πόρων. Ακόμη, η ολοένα αυξανόμενη παρουσία τουριστών – επισκεπτών στα νησιά αύξησε περαιτέρω την ζήτηση των υδατικών πόρων. Τέλος, η μεγάλη απώλεια του μεταφερόμενου νερού στα δίκτυα ύδρευσης, απώλεια που οφείλεται στην παλαιότητα του δικτύου και κατά κάποιες εκτιμήσεις ξεπερνά το 30% του μεταφερόμενου νερού.

Απαιτούνται λοιπόν βιώσιμες λύσεις που θα εξασφαλίζουν τις ανάγκες σε νερό και θα επιτρέπουν την ανάπτυξη των περιοχών αυτών. Η ζήτηση σε νερό στα νησιά του Αιγαίου καλύπτεται κυρίως από γεωτρήσεις εκμετάλλευσης του υπόγειου δυναμικού, που έχουν κατασκευαστεί τόσο από φορείς του δημοσίου (περιφέρειες, δήμοι, κοινότητες) όσο και από ιδιώτες. Το νερό των γεωτρήσεων χρησιμοποιείται για κάλυψη αναγκών ύδρευσης, άρδευσης ή μικρών βιομηχανιών και κτηνοτροφίας. Σε νησιά με μικρό αριθμό κατοίκων, γίνεται μεταφορά νερού με πλωτά μέσα με υδροφόρες από την Αττική. Ακόμη, εφαρμόζεται εκτεταμένη εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης για κάλυψη υδρευτικών αναγκών καθώς επίσης γίνεται χρήση λιμνοδεξαμενών και φραγμάτων.

Όλες οι λύσεις φυσικά έχουν και μειονεκτήματα. Οι γεωτρήσεις και η άντληση νερού από το έδαφος μπορεί να προκαλέσει την διείσδυση αλμυρού νερού στους υπόγειους υδροφορείς. Ειδικά στα νησιά του Αιγαίου, λόγω της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών και της πολύ συνηθισμένης υδραυλικής επικοινωνίας των υπόγειων υδροφορέων με τη θάλασσα, η υφαλμύρωση είναι πολύ συχνό φαινόμενο. Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης στην παράκτια ζώνη είναι ένα φυσικό φαινόμενο, που οφείλεται στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού. Η διαφορά αυτή έχει ως αποτέλεσμα το αλμυρό νερό να εισέρχεται από κάτω ως βαρύτερο, σχηματίζοντας μια ενδιάμεση υφάλμυρη ζώνη (ζώνη ανάμιξης). Τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές, εκτός του ότι είναι λύσεις με μεγάλο κόστος και έντονες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, δεν μπορούν να παρέχουν ικανοποιητικές ποσότητες νερού στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου. Η μεταφορά νερού με πλωτά μέσα είναι μια διαδεδομένη και απλοϊκή λύση, ταυτόχρονα όμως είναι και πολύ δαπανηρή, αφού το κόστος ανά κυβικό μέτρο του παρεχόμενου νερού μπορεί να φτάσει και τα 12 €/m³. Η αφαλάτωση είναι η διεργασία αφαίρεσης των αλάτων από αλατούχα ύδατα τα οποία μπορεί να είναι είτε το αλμυρό νερό της θάλασσας είτε υφάλμυρο νερό από κάποια πηγή. Έχει σχετικά υψηλές ενεργειακές

απαιτήσεις, ωστόσο, οι αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να καλυφθούν από την ενέργεια που αποθηκεύεται κατά τη λειτουργία του υβριδικού συστήματος.

1.2 Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση της λειτουργίας και της αποδοτικότητας ενός υβριδικού συστήματος ΑΠΕ, το οποίο είναι σε θέση να ικανοποιήσει τις υπάρχουσες ενεργειακές και υδρευτικές ανάγκες του νησιού και τις προστιθέμενες ενεργειακές ανάγκες από τη διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης, με αυξημένη αξιοπιστία. Η περιοχή όπου μελετάται η ένταξη του συστήματος είναι το νησί της Κω, ένα νησί στα Δωδεκάνησα, με περιορισμένους υδατικούς πόρους και με έντονη διακύμανση των ζητήσεων σε νερό και ενέργεια λόγω της μεγάλης τουριστικής κίνησης. Το υβριδικό σύστημα που μελετάται περιλαμβάνει ανεμογεννήτριες, δεξαμενές, υδροστρόβιλο, αντλιοστάσιο και μία μονάδα αφαλάτωσης. Σκοπός της εργασίας είναι η πλήρης κατανόηση της διαστασιολόγησης, χωροθέτησης και του τρόπου λειτουργίας ενός υβριδικού ενεργειακού συστήματος. Επιπρόσθετα, στόχος είναι η αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της αποδοτικότητας στην κάλυψη των αναγκών. Τέλος, το υβριδικό σύστημα θα αξιολογηθεί και ως προς την συμβολή στην αντικατάσταση σημαντικού μέρους της παραγωγής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Η διπλωματική εργασία ξεκινάει με το 2^ο Κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζονται τα Υβριδικά Συστήματα, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας από τις οποίες απαρτίζονται, η μέθοδος της αφαλάτωσης και η ηλεκτροκίνηση. Συγκεκριμένα, αναλύεται η λειτουργία των ΥΣ και παρουσιάζονται οι ΑΠΕ και η παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή. Επιπλέον, αναλύεται η διαδικασία της αφαλάτωσης για τη παραγωγή πόσιμου νερού και συγκεκριμένα η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης. Η μέθοδος αυτή συνδυάζεται με ΑΠΕ και εντάσσεται στο εξεταζόμενο σύστημα της εργασίας, στο νησί της Κω. Τέλος, γίνεται παρουσίαση της ηλεκτροκίνησης, του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μεταφορών και αναλύονται τα είδη ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται οι διάφοροι τρόποι φόρτισης, το παρόν και το μέλλον της ηλεκτροκίνησης. Τέλος, αναλύεται η περίπτωση της Αστυπάλαιας, στην οποία υπεγράφη μνημόνιο συνεργασίας με τη Volkswagen για μετακίνηση κατά 100% με ηλεκτροκίνητα οχήματα που θα φορτίζονται με ενέργεια προερχόμενη από ΑΠΕ.

Κατόπιν, στο 3^ο Κεφάλαιο, περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση στην Κω. Συγκεκριμένα, αναπτύσσονται τα ιστορικά, γεωμορφολογικά, περιβαλλοντικά και μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται δημογραφικά στοιχεία του νησιού και στοιχεία για το οδικό δίκτυο, τις μεταφορές, την ενέργεια, την ύδρευση και την άρδευση στο νησί.

Στη συνέχεια, στο 4^ο Κεφάλαιο, αναπτύσσεται η τεχνική περιγραφή του μελετώμενου ΥΣ και γίνεται εκτενής παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθείται για την προσομοίωση του. Αρχικά, αναφέρονται τα βασικά τεχνικά στοιχεία και οι υποδομές που αποτελούν το υπό

μελέτη σύστημα. Περιγράφεται η διαδικασία που προηγείται της προσομοίωσης, δηλαδή η επεξεργασία των ανεμολογικών δεδομένων που λαμβάνονται για την περιοχή μελέτης. Επίσης, εκτιμώνται οι ανάγκες σε ύδρευση και ενέργειας, η παραγόμενη ενέργεια από τις Α/Γ του ΥΣ και εκτιμάται η διείσδυση της ηλεκτροκίνησης και η ωριαία κατανομή της απαιτούμενης ενέργειας φόρτισης των οχημάτων. Τέλος, παρουσιάζονται τα υπό μελέτη σενάρια λειτουργίας, τα παραπάνω δεδομένα εισόδου, η διαδικασία προσομοίωσης και τα δεδομένα εξόδου.

Στο 5^ο Κεφάλαιο, λαμβάνει χώρα η αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του Υβριδικού Συστήματος που μελετάται στην Κω. Όλα τα πλεονεκτήματα καθώς και οι παθογένειες του συστήματος φαίνονται συγκεκριμένο Κεφάλαιο.

Στο 6^ο Κεφάλαιο, γίνεται η Ανάλυση Κόστους – Οφέλους για το πρώτο σενάριο λειτουργίας του έργου, με σκοπό την αξιολόγηση του από οικονομικής άποψης. Επιπρόσθετα, αναλύονται οι οικονομικές, κυρίως, επιπτώσεις για τον ΤΣΠ της ΔΕΗ στη Κω από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία και το σύστημα εμπορίας εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο 7^ο και τελευταίο Κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξάγονται τα κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν μέσα από κάθε Κεφάλαιο. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω ανάλυση και έρευνα, αναφορικά με την λειτουργία των Υβριδικών Συστημάτων.

2 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Γενικά στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική, ηλιακή, υδροηλεκτρική), συνδυαστικά με ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, συνθέτουν ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Προαιρετικά, για αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος και αδιάκοπη τροφοδοσία ενέργειας, προτείνεται ο συνδυασμός συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όταν οι τελευταίες δεν υπερκαλύπτουν τις ανάγκες.

Ο βασικός λόγος εφαρμογής υβριδικών συστημάτων είναι η έντονη διακύμανση στην προσφορά ενέργειας των ΑΠΕ σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος των συστημάτων αποθήκευσης με συσσωρευτές (μπαταρίες). Η διακύμανση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, λόγω της στοχαστικότητας του ανέμου, καθώς και η απρόβλεπτη παραγωγή ηλιακής ενέργειας, αποτελούν εμπόδια στην εκτεταμένη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα, ιδιαίτερα στις μη διασυνδεδεμένες περιοχές όπως είναι τα περισσότερα ελληνικά νησιά. Επιπλέον η ζήτηση ενέργειας τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όσο και κατά τη διάρκεια του χρόνου δεν είναι σταθερή. Το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο σε μικρά αυτόνομα συστήματα. Οι διακυμάνσεις στην ενεργειακή ζήτηση σε συνδυασμό με τη διακύμανση των ΑΠΕ, δεν εξασφαλίζει ότι η ζήτηση και η προσφορά ενέργειας θα βρίσκονται σε ισορροπία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα είτε να μην μπορούν να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την προσφορά, είτε το δίκτυο τροφοδοσίας να μην μπορεί να ανταποκριθεί όταν η προσφορά είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, με αποτέλεσμα ο διαχειριστής του δικτύου να αναγκάζεται να απορρίψει τη παραγόμενη ενέργεια. Λύση σε αυτό το πρόβλημα προσφέρει ως ένα βαθμό ο κατάλληλος συνδυασμός των ΑΠΕ μαζί με κάποιο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Τα συστήματα αποθήκευσης μπορούν να βελτιώσουν την αξιοπιστία της παραγωγής ενέργειας και τη διείσδυση της ανανεώσιμης παραγωγής στο αυτόνομο σύστημα.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες αποθήκευσης, οι οποίες βασίζονται σε διάφορες μορφές ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρονται η αποθήκευση:

- Σε χημική μορφή (μπαταρίες)
- Σε υδραυλική μορφή (συστήματα αντλησιοταμίευσης)
- Σε μηχανική μορφή υπό την μορφή κινητικής ενέργειας σε σφόνδυλο.
- Υπό μορφή ηλεκτροστατικού πεδίου (υπερπυκνωτές).
- Υπό μορφή μαγνητικού πεδίου (υπεραγώγιμοι μαγνήτες)
- Σε δυναμική ενέργεια υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα
- Υπό μορφή υδρογόνου (κυψέλες καυσίμου)

Παράλληλα, σύμφωνα με το νόμο 3468/2006 για τις ΑΠΕ, ως ΥΣ ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που (Ρίππη, 2013):

1. Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.

2. Η συνολική ενέργεια που κατευθύνεται προς το δίκτυο ετησίως δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας, που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια, που απορροφά ο υβριδικός σταθμός, ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδο της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού και υπολογίζεται για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά σε ωριαία βάση. Αν για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζεται διαφορετική τεχνολογία από αυτή των φωτοβολταϊκών (Φ/Β), μπορεί να χρησιμοποιείται και συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο δίκτυο, εφόσον η χρήση της ενέργειας αυτής κρίνεται αναγκαία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται ετησίως από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

3. Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι και 20%.

Επιπρόσθετα, για να υπάρχει αξιοπιστία στην διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι ευρύτατα εφαρμοσμένη τεχνολογία η παράλληλη χρήση αιολικών συστημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσεως diesel. Έτσι, υπάρχει εφεδρεία στο σύστημα και παράλληλα γίνεται μεγάλη εξοικονόμηση καυσίμου, αφού περιορίζεται η λειτουργία του τοπικού σταθμού παραγωγής.

Επιπλέον, υπάρχουν διαφορετικοί συνδυασμοί μονάδων ΑΠΕ που μπορούν να εφαρμοστούν στο πλαίσιο ενός υβριδικού συστήματος. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι ο συνδυασμός αιολικών με φωτοβολταϊκά, αιολικά ή/και φωτοβολταϊκά με αφαλάτωση και παράλληλη χρήση μικρών υδροηλεκτρικών κ.ά.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει ο συνδυασμός δύο διαφορετικών μορφών ΑΠΕ:

- Της αιολικής ενέργειας (ως μονάδας ΑΠΕ του ΥΣ) και
- Της υδροηλεκτρικής ενέργειας (ως μονάδας παραγωγής και αποθήκευσης του ΥΣ).

Ο αποδοτικός αυτός συνδυασμός των δύο παραπάνω φυσικών πόρων, ο οποίος κερδίζει συνεχώς έδαφος σε παγκόσμιο αλλά και σε εθνικό επίπεδο, είναι μια αξιόπιστη λύση στο πολύ σημαντικό ζήτημα της αποθήκευσης και ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Τέλος, σημαντική είναι η δυνατότητα ενός ΥΣ να συνδυαστεί με μονάδες αφαλάτωσης, οι οποίες θα αξιοποιούν μέρος της αιολικής ενέργειας για παραγωγή πόσιμου νερού. Ο συνδυασμός αυτός είναι ιδιαίτερα θεμιτός για τα νησιά του Αιγαίου, όπου τα αποθέματα των υδατικών πόρων είναι ιδιαίτερα περιορισμένα.

2.2 Μέθοδος αντλησιοταμίευσης για αποθήκευση ενέργειας

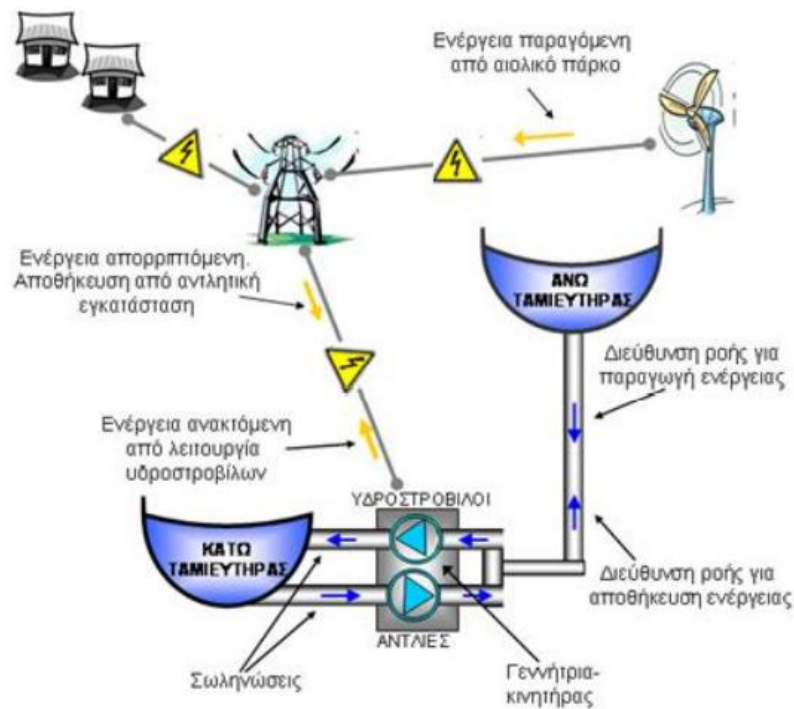
Ανάλογα με την εφαρμογή και ειδικότερα το μέγεθος της μονάδας επιλέγεται το αποθηκευτικό σύστημα με την κατάλληλη χωρητικότητα αποθήκευσης. Γενικά, τα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα δίκτυα πρέπει να είναι υψηλού βαθμού απόδοσης, ταχείας απόκρισης, ευέλικτα στη λειτουργία τους με μεγάλη διάρκεια ζωής, χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης αλλά και με χαμηλό κόστος επένδυσης.

Μια τέτοια περίπτωση συστήματος αποθήκευσης που ικανοποιεί τα παραπάνω κριτήρια είναι η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης (Σχήμα 2.1). Πρόκειται για μια ώριμη τεχνολογία για την αποθήκευση ενέργειας. Το σύστημα αυτό μπορεί να αποθηκεύσει τη παραγόμενη σε δεδομένη χρονική στιγμή ενέργεια, για παράδειγμα από Φ/Β ή Α/Γ, όταν αυτή δεν δύναται να απορροφηθεί και να αποδοθεί κάποια άλλη χρονική στιγμή, όταν προκύψει ανάγκη για παροχή ενέργειας.

Ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης ουσιαστικά είναι, ο συνδυασμός αντλητικής εγκατάστασης (αποταμίευση ενέργειας) και υδροηλεκτρικού έργου (παραγωγή ενέργειας) και αποτελείται από τα παρακάτω μέρη (Κάραλης, 2008)

- Δύο δεξαμενές νερού οι οποίες βρίσκονται σε ικανή υψομετρική διαφορά μεταξύ τους.
- Μια αντλία ή ένα σύστημα αντλιών.
- Έναν υδροστρόβιλο ή ένα σύστημα υδροστροβίλων.
- Ένα σύνολο σωληνώσεων για την άντληση του νερού από την κάτω δεξαμενή στην άνω.
- Ένα σύνολο σωληνώσεων για τη προσαγωγή του νερού από την άνω δεξαμενή στην κάτω μέσω τον υδροστροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μια ηλεκτρική μηχανή που λειτουργεί είτε ως κινητήρας είτε ως γεννήτρια σε κοινή άτρακτο με την αντλία και τον υδροστροβίλο.

Η φιλοσοφία ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης είναι απλή. Όταν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες η οποία δεν μπορεί να απορροφηθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο, τότε αυτή αξιοποιείται για άντληση νερού από τη χαμηλότερη προς την υψηλότερη δεξαμενή, με αποτέλεσμα η ηλεκτρική ενέργεια να αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας. Έτσι, όταν η αιολική ενέργεια που παράγεται δεν είναι ικανή να εξυπηρετήσει την απαιτούμενη ζήτηση, το νερό από την άνω δεξαμενή αφήνεται να οδεύσει στην κάτω και διερχόμενο από τους υδροστροβίλους παράγει την επιθυμητή ηλεκτρική ενέργεια.

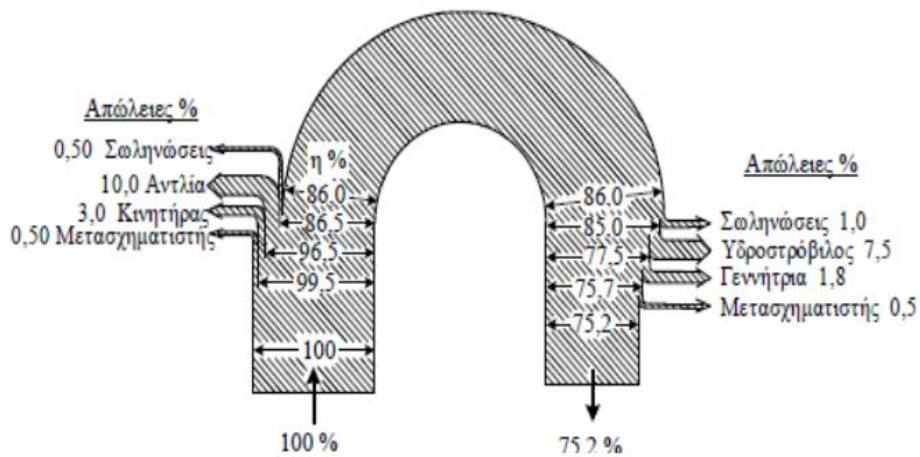


Σχήμα 2.1 Σύστημα αντλησιοταμίευσης διπλού αγωγού (Πηγή: Δ. Παπαντώνης, 2007)

Φυσικά επισημαίνεται ότι στη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης κατά τη διαδικασία της άντλησης και κατά τη λειτουργία υδροστροβίλων το σύστημα εμφανίζει απώλειες. Οι συνολικές απώλειες σε ένα κύκλο άντλησης-παραγωγής ενέργειας είναι της τάξης του 20-35%, ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, την επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και των αγωγών (Σχήμα 2.2). Σε ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης διακρίνονται δυο βασικές σχεδιαστικές εκδοχές, αυτή του μονού αγωγού ή του διπλού:

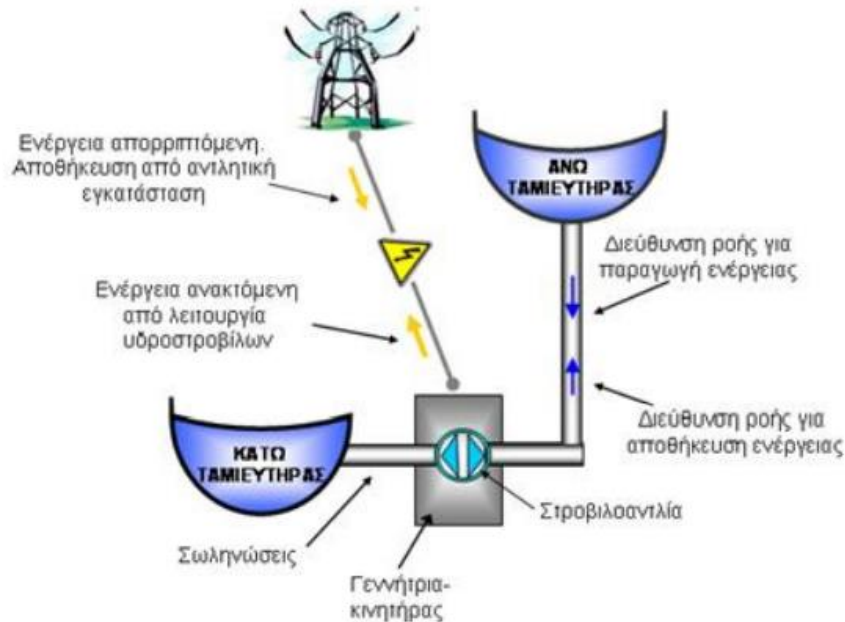
- Στα συστήματα μονού αγωγού η άντληση και η υδροηλεκτρική παραγωγή γίνονται από τον ίδιο αγωγό.
- Στα συστήματα διπλού αγωγού η υδροηλεκτρική παραγωγή γίνεται από δύο ξεχωριστούς και ανεξάρτητους αγωγούς.

Η εκδοχή του διπλού αγωγού εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία τον στροβίλου με τις αντλίες, ενώ στο σύστημα του απλού αγωγού απαιτείται να καθοριστεί αν έχει προτεραιότητα λειτουργίας ο στρόβιλος ή οι αντλίες, με αποτέλεσμα να χάνονται ποσά ενέργειας.



Σχήμα 2.2 Διάγραμμα απωλειών συστήματος αντλησιοταμίευσης (Πηγή: Παπαντώνης, 2007)

Ωστόσο η περίπτωση του μονού αγωγού (Σχήμα 2.3) αποτελεί πιο οικονομική λύση διότι φυσικά έχει μικρότερο κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, ο εξοπλισμός αποτελείται από μία αναστρέψιμη υδροδυναμική μηχανή, την ονομαζόμενη στροβιλοαντλία, η οποία έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί είτε ως αντλία είτε ως στρόβιλος, με μονό αγωγό. Αυτή η εκδοχή εμφανίζει ασφαλώς το πλεονέκτημα της πιο οικονομικής λύσης αφού περιλαμβάνει μόνο μία υδροδυναμική μηχανή, αλλά γίνεται ένας συμβιβασμός στα λειτουργικά χαρακτηριστικά της στροβιλοαντλίας.



Σχήμα 2.3 Διάταξη αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού συστήματος (Πηγή: Παπαντώνης, 2007)

2.3 Πλεονεκτήματα υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα που χρησιμοποιούν ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης μπορούν να λειτουργήσουν εξαιρετικά συνδυαζόμενα με ΑΠΕ αποθηκεύοντας πάντα περίσσεια παραγόμενης ενέργειας ή ενέργειας που δεν μπορεί να απορροφηθεί απευθείας από το ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι, εξασφαλίζεται η αξιοπιστία του συστήματος για τη κάλυψη των μεγάλων αναγκών σε ενέργεια σε ένα μη διασυνδεδεμένο νησί του Αιγαίου.

Το ΥΣ που αναλύεται στην παρούσα εργασία έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχει γρήγορη απόκριση και εύκολη διαχείριση. Οι αιχμές του δικτύου καλύπτονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο από τον διαχειριστή του δικτύου, διότι υπάρχει η δυνατότητα γρήγορης παραλαβής και γρήγορης απόρριψης φορτίου πολύ μεγάλης ισχύος.
- Είναι αναστρέψιμη μέθοδος (αποθήκευση και τροφοδοσία του ηλεκτρικού δικτύου).
- Έχει σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης σε ένα πλήρη κύκλο ως μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας.
- Είναι τεχνολογικά ώριμη ιδέα.
- Συμβάλλει στην περαιτέρω διεύθυνση των ΑΠΕ. Η έντονη διακύμανση προσφοράς ενέργειας από ΑΠΕ που προκαλεί αστάθεια στο δίκτυο εξισορροπείται από ένα ΥΣ. Επιπρόσθετα, αυξάνεται η αξιοπιστία στην κάλυψη πάγιων ενεργειακών αναγκών.
- Συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και του ενεργειακού εφοδιασμού απομακρυσμένων νησιών που δεν είναι διασυνδεδεμένα.

Φυσικά ένα υβριδικό σύστημα είναι εξοπλισμένο και από μονάδες εφεδρείας, που σκοπό έχουν την κάλυψη ζήτησης ισχύος σε περιόδους που είναι αδύνατον να καλυφθεί από τις μονάδες βάσης ή τις μονάδες αποθήκευσης. Μονάδα εφεδρείας στα νησιά του Αιγαίου μπορεί να αποτελέσει ο τοπικός σταθμός παραγωγής της ΔΕΗ. Συνεπώς, σε περιπτώσεις υψηλών ενεργειακών ζητήσεων, οι οποίες είναι αδύνατον να καλυφθούν εξ ολοκλήρου από ΑΠΕ, ή σε στιγμές χαμηλής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ο θερμικός σταθμός καλύπτει το υπόλοιπο της ενεργειακής ζήτησης. Γίνεται αντιληπτό ότι σε ένα βαθμό γίνεται μερική απεξάρτηση από τον τοπικό σταθμό παραγωγής που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα και μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές ρύπων σε ένα σύστημα.

Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα φυσικά απαιτούν κατάλληλη χωροθέτηση και κατασκευή των τεχνικών έργων και μετέπειτα σωστό τρόπο λειτουργίας. Το ΥΣ που εξετάζεται στην παρούσα μελέτη για το νησί της Κω, αναμένεται να έχει τα εξής οφέλη:

- Σημαντική και σταθερή προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- Περιορισμός της λειτουργίας του θερμικού σταθμού της ΔΕΗ με αποτέλεσμα τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και των αντίστοιχων κομίστρων προς την ΕΕ.

- Αναβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδατικών πόρων αφού θα γίνει περιορισμός της υπεράντλησης, που είχε ως συνέπεια την υφαλμύρωση του υπόγειου νερού.
- Προσφορά σημαντικών ποσοτήτων πόσιμου αφαλατωμένου νερού σε σταθερή βάση.
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στο νησί, κατά την κατασκευή και λειτουργία του έργου.

2.4 Ιδιαιτερότητες λόγω χρήσης θαλασσινού νερού

Στα νησιά του Αιγαίου ως γνωστόν, λόγω περιβαλλοντικών και κλιματικών χαρακτηριστικών, τα υδατικά αποθέματα νερού είναι περιορισμένα. Έτσι, για ένα υβριδικό σύστημα, εκτός από ειδικές περιπτώσεις, είναι απαραίτητη η χρήση θαλασσινού νερού κατά την εφαρμογή της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης. Φυσικά, η χρήση θαλασσινού νερού έχει ιδιαιτερότητες. Κάποια από τα πιθανά προβλήματα, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό, είναι τα εξής:

- Περιβαλλοντικής φύσεως
 1. Θα πρέπει να γίνει ορθός σχεδιασμός για την πρόληψη της διήθησης θαλασσινού νερού από τον ταμιευτήρα στα υπόγεια υδατικά αποθέματα νερού. Ανάλογα με της τοπογραφικές, γεωλογικές και μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, η διήθηση του νερού στο υπέδαφος μπορεί να προκαλέσει έντονες επιπτώσεις λόγω του άλατος στην περιβάλλουσα χλωρίδα.
 2. Οι επιπτώσεις στη πανίδα γύρω από την περιοχή λόγω της ύπαρξης θαλασσινού νερού. Το νερό στον άνω ταμιευτήρα μπορεί να διαχέεται στο γειτονικό περιβάλλον λόγω ανέμων ή λόγω της γεωμορφολογίας, συνεπώς επιβάλλεται να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα ώστε η πανίδα της περιοχής να μην έρχεται σε επαφή με το θαλασσινό νερό.
 3. Οι επιπτώσεις σε κοράλλια και άλλους θαλάσσιους οργανισμούς που ζουν κοντά στην έξοδο του νερού στη θάλασσα. Η απόρριψη και η άντληση νερού από τη θάλασσα κατά τη λειτουργία του ΥΣ μπορεί να επηρεάσει τα τοπικά ρεύματα και να αλλάξει τις παράκτιες συνθήκες, με αποτέλεσμα την όχληση των θαλάσσιων οργανισμών.
- Τεχνικής φύσεως
 1. Η προσκόλληση θαλάσσιων οργανισμών στους αγωγούς και το στρόβιλο ενδέχεται να προκαλέσει μείωση της απόδοσης παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την αντλησιοταμίευση. Στην εκτιθέμενη στο νερό επιφάνεια της υδροληψίας, του αγωγού προσαγωγής, του κελύφους της μηχανής και του αγωγού φυγής ενδέχεται να προσκολληθούν θαλάσσιοι

οργανισμοί, όπως φύκια και οστρακοειδή. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί μείωση της διατομής των αγωγών και αύξηση της τραχύτητας. Έτσι, αυξάνονται οι υδραυλικές απώλειες, μειώνεται το καθαρό ύψος πτώσης και ελαττώνεται η αποδοτικότητα του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου.

2. Η διάβρωση των μεταλλικών υλικών που έρχονται σε επαφή με το θαλασσινό νερό υπό την υψηλή πίεση και υψηλή ταχύτητα ροής που δημιουργείται από το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό έργο. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, ο εξοπλισμός που έρχεται σε επαφή με το νερό (αναστρέψιμη μηχανή και αγωγοί), θα πρέπει να σχεδιαστεί με αντιδιαβρωτικά υλικά. Η αποτελεσματικότητα των αντιδιαβρωτικών ιδιοτήτων πρέπει να εξασφαλίζεται, όχι μόνο όσον αφορά στην αντίσταση σε διάβρωση αλλά επιπλέον στην αντοχή, την εύκολη συντήρηση καθώς και την οικονομική απόδοση.

2.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα υβριδικά συστήματα

2.5.1 Αιολική Ενέργεια

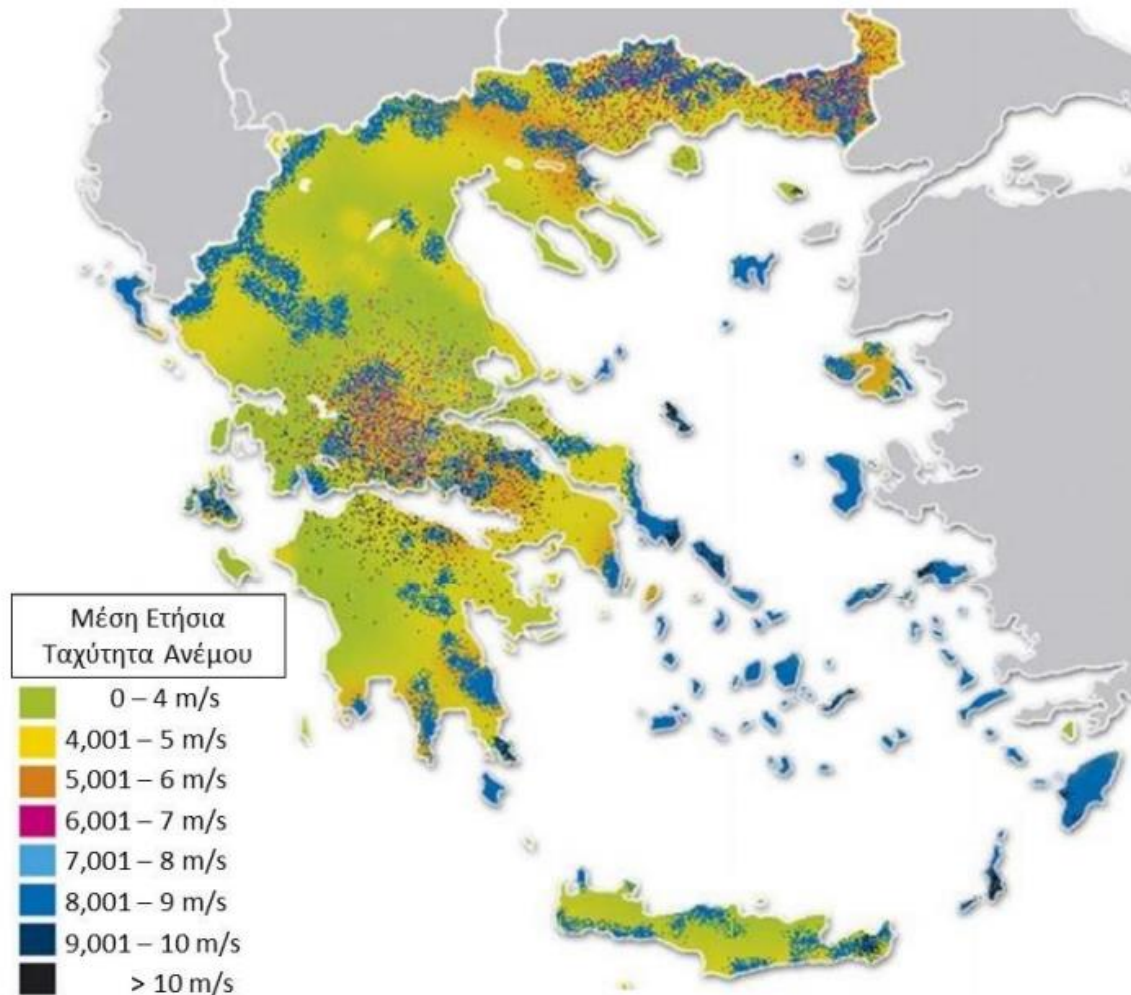
Αιολική ενέργεια ορίζεται ως η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Παρατηρείται λοιπόν ότι η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Ο άνεμος αποτελεί ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς κατά τη λειτουργία οι εκπομπές ρύπων είναι μηδενικές.

Η κύρια παράμετρος για την αποτελεσματική ενεργειακή προσφορά του ανέμου είναι η ταχύτητά του. Οι Α/Γ αξιοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου, μετατρέποντας την αρχικά σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική, με απώτερο σκοπό την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Για να αξιολογηθεί μία ενδεχόμενη αιολική εγκατάσταση ως επαρκώς αποτελεσματική, θα πρέπει να υπάρχει ισχυρό αιολικό δυναμικό, το οποίο καθορίζεται από τη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε μία περιοχή. Πηγές πληροφόρησης για το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής προέρχονται κυρίως από τους χάρτες αιολικού δυναμικού-ΚΑΠΕ, από την ΕΜΜΥ, από μετρήσεις αιολικού δυναμικού και από μακροσκοπικά μοντέλα μετεωρολογικών προβλέψεων.

Για το αιολικό δυναμικό, έχει καθιερωθεί η παρακάτω κατηγοριοποίηση:

- Ανεπαρκές: < 4 m/s
- Χαμηλό: 4-5.5 m/s
- Μέσο: 5.5-7 m/s
- Υψηλό: 7-9 m/s
- Πολύ υψηλό: >9 m/s

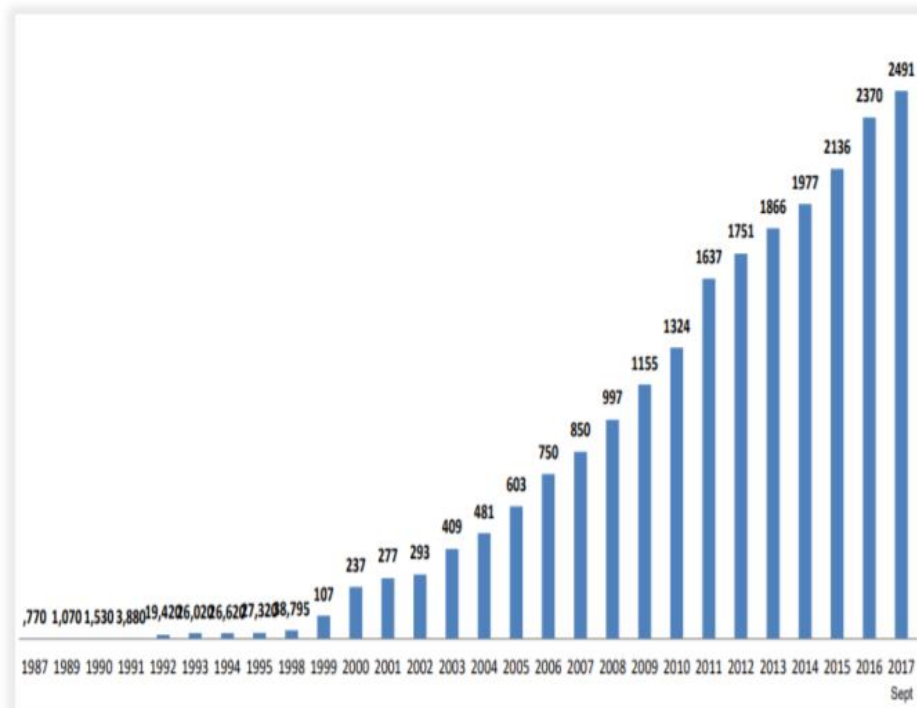
Συγκεκριμένα, η εγκατάσταση Α/Γ παρουσιάζει επενδυτικό ενδιαφέρον σε περιοχές τουλάχιστον μέσου αιολικού δυναμικού >5.5 m/s. (Κατσιγιαννης, 2019). Τα ελληνικά νησιά έχουν αναγνωριστεί παγκοσμίως για το υψηλό αιολικό δυναμικό που διαθέτουν. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 2.4, όλα τα νησιά του Αιγαίου έχουν πλούσιο αιολικό δυναμικό, στα οποία συγκαταλέγεται και το νησί της Κω.



Σχήμα 2.4 Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας (μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε m/s) (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2013)

Για την αξιολόγηση της χωροθέτησης Α/Γ πέραν του αιολικού δυναμικού, πρέπει να ληφθεί υπόψιν και το υπάρχον οδικό δίκτυο και η προσβασιμότητα της περιοχής. Θα πρέπει να αξιολογηθεί από οικονομικούς και περιβαλλοντικούς όρους η δημιουργία νέων δρόμων και να ληφθούν υπόψιν οι τοπικές συνθήκες και οι ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής. Είναι επιθυμητό να μη δημιουργείται οπτική όχληση στους κατοίκους της περιοχής και να μην δημιουργείται αρνητικό αισθητικό αντίκτυπο, σεβόμενοι το φυσικό τοπίο την ομορφιά των ελληνικών νησιών και τη χλωρίδα και πανίδα κάθε περιοχής. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των Α/Γ, οδηγούν στον θάνατο πουλιών και στην υποβάθμιση των ενδιατημάτων (Αναγνωστοπούλου κ.ά, 2008). Λόγω των παραπάνω, η νομοθεσία απαγορεύει την κατασκευή αιολικών πάρκων σε περιοχές προστασίας πουλιών, περιοχές

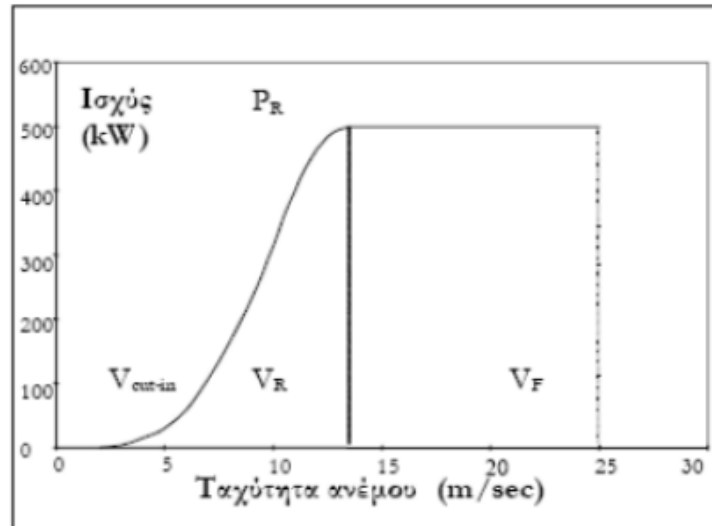
RAMSAR ή ευαίσθητες οικολογικά περιοχές. Παρόλο που η χωροθέτηση Α/Γ έχει αρκετούς περιορισμούς που ολοένα και αυξάνονται, η εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας από το 2002 και μετά είναι συνεχώς αυξητική παγκοσμίως (Σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5 Εξέλιξη συνολικής εγκατεστημένης ισχύς αιολικής ενέργειας (1987-2017) (Πηγή: HWEA Wind Energy Statistics, 2017)

Η παραγωγή ισχύος από μια Α/Γ όπως προαναφέρθηκε καθορίζεται από την ταχύτητα του ανέμου. Χαρακτηρίζεται από μια καμπύλη ισχύος (Σχήμα 2.6), που εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και το σχεδιασμό της Α/Γ. Η καμπύλη ισχύος παρέχεται από τον εκάστοτε κατασκευαστή και χαρακτηρίζεται από τρεις τιμές ταχύτητας:

- Την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (V_{cut-in}), όπου η ανεμογεννήτρια ξεκινάει να παράγει ρεύμα
- Την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (V_f), όπου η Α/Γ τίθεται εκτός λειτουργίας για να προστατευτεί από ταχύτητες επικίνδυνες για την ακεραιότητα της.
- Την ονομαστική ταχύτητα (V_R) που είναι η μικρότερη ταχύτητα για την οποία η Α/Γ παράγει την ονομαστική της ισχύ P_R

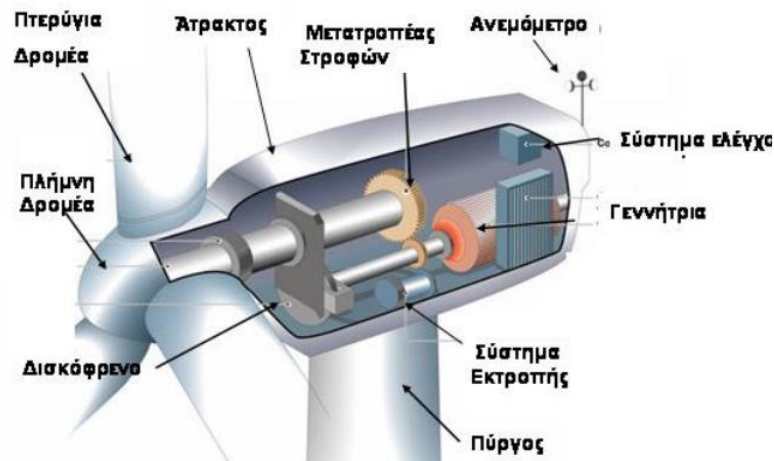


Σχήμα 2.6 Καμπύλη ισχύος Α/Γ (Πηγή: Μιχελακάκης, 2011)

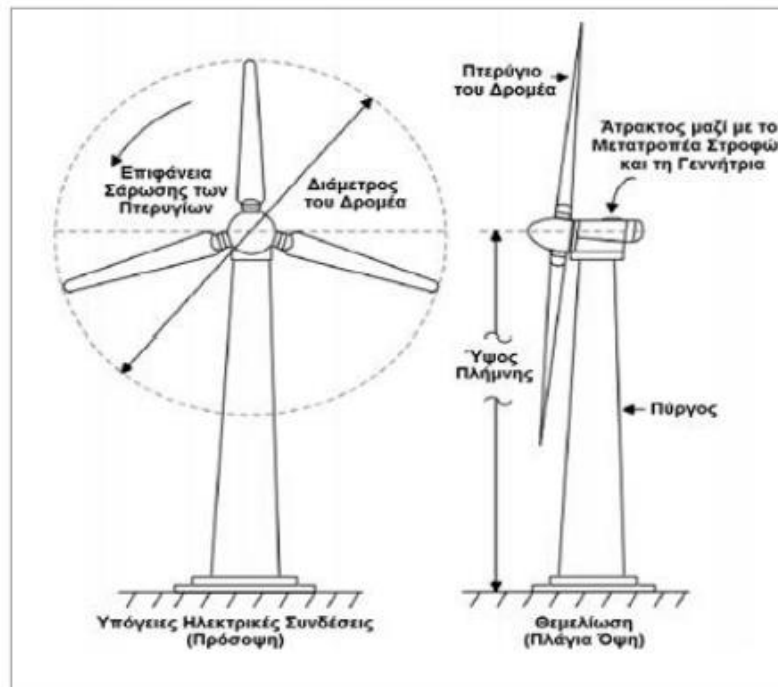
Λόγω μηχανικών απωλειών, η παραγόμενη ενέργεια από την Α/Γ όπως υπολογίζεται από την καμπύλη ισχύος, θα πρέπει να απομειωθεί κατά ένα ποσοστό, της τάξεως του 10%.

Τα βασικά τμήματα μιας Α/Γ οριζόντιου άξονα είναι (Σχήμα 2.7, Σχήμα 2.8):

- **Δρομέας**
Αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια και την πλήμνη πάνω στην οποία στηρίζονται τα πτερύγια. Η πλήμνη είναι συνδεδεμένη με τον χαμηλής ταχύτητας κινητήριο άξονα.
- **Άτρακτος**
Περιλαμβάνει τον μετατροπέα στροφών, τη γεννήτρια, ένα υδραυλικό φρένο, το σύστημα εκτροπής και το σύστημα ελέγχου. Το υδραυλικό φρένο ενεργοποιείται όταν επενεργούν στην Α/Γ πολύ ισχυροί άνεμοι, ώστε να σταματήσει ο δρομέας και να προστατευτεί. Το σύστημα ελέγχου συντονίζει και ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της Α/Γ φροντίζοντας για την σωστή και απρόσκοπτη λειτουργία της.
- **Πύργος**
Στηρίζει ολόκληρη την ηλεκτρομηχανολογική κατασκευή και στο εσωτερικό του βρίσκονται τα ηλεκτρικά καλώδια μεταφοράς της παραγόμενης ισχύος από τη γεννήτρια στο μετασχηματιστή και η σκάλα για την πρόσβαση στην άτρακτο.



Σχήμα 2.7 Τομή Α/Γ οριζόντιου άξονα



Σχήμα 2.8 Α/Γ σε πλάγια όψη

2.5.2 Ηλιακή ενέργεια – Φωτοβολταϊκά συστήματα

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και οι διάφορες ακτινοβολίες ή η ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου θεωρητικά δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Η ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από την ηλιακή δραστηριότητα, από το χρόνο (ώρα, ημέρα) και το γεωγραφικό πλάτος. Εξαρτάται ακόμη από την νεφοκάλυψη και τη δομή της ατμόσφαιρας. Τέλος ένας ακόμη παράγοντας που επιδρά στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ανάγλυφο του εδάφους και η ανακλαστικότητα της επιφάνειας. (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Τα μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι:

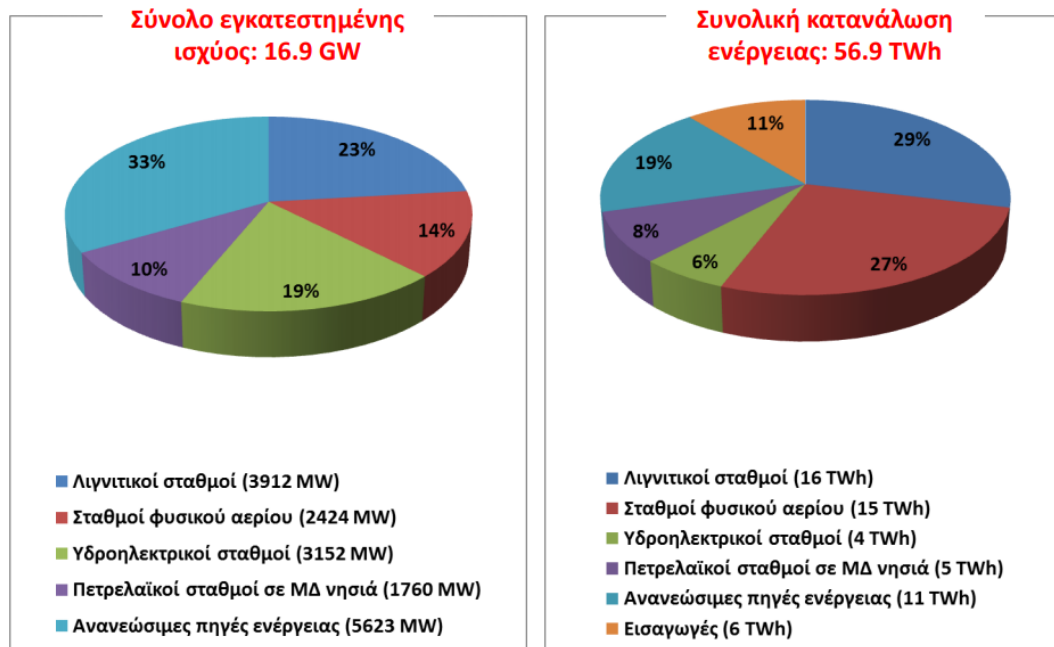
- Το ηλεκτρικό πλαίσιο ή αλλιώς φωτοβολταϊκό. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μέρος της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Βρίσκουν εφαρμογή στις στέγες ιδιωτικών κατοικιών καθώς και σε προσόψεις μεγάλων κτιρίων, συνδεδεμένα στο δίκτυο ή ακόμη ως μέρη αυτόνομων κατοικιών.
- Το θερμικό πλαίσιο, το οποίο αποκαλείται ηλιακός συλλέκτης ή ηλιακός θερμοσίφωνας. Η λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών είναι η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα, η οποία έπειτα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση είτε νερού χρήσης είτε και χώρων. Βρίσκουν εφαρμογή ως ηλιακοί θερμοσίφωνες σε μεμονωμένες κατοικίες αλλά και σαν ηλιακοί φούρνοι και τμήματα ηλιακών πύργων για τη θέρμανση μεγάλων κτιρίων ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα.

Στα θετικά των ηλεκτρικών πλαισίων είναι ότι δεν εκπέμπουν ρύπους, έχουν μικρό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, ενώ είναι ευέλικτα σε εφαρμογές, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκά πάρκα είτε ως συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο κατοικίας. Παρόλο που το κόστος εγκατάστασης τους είναι αρκετά υψηλό και η απόδοση που παρουσιάζουν αρκετά χαμηλή, η εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων έχει αυξηθεί παγκοσμίως μέσω επιχειρησιακών προγραμμάτων ανάπτυξης για διείσδυση και προώθηση των ΑΠΕ (Ρίππη, 2013). Ιδιαίτερα σε χώρες πλούσιες σε ηλιακή ακτινοβολία όπως η Ελλάδα τα φωτοβολταϊκά μπορούν να αποτελέσουν έναν από τους πρωταγωνιστές στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΑΠΕ.

2.5.4. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

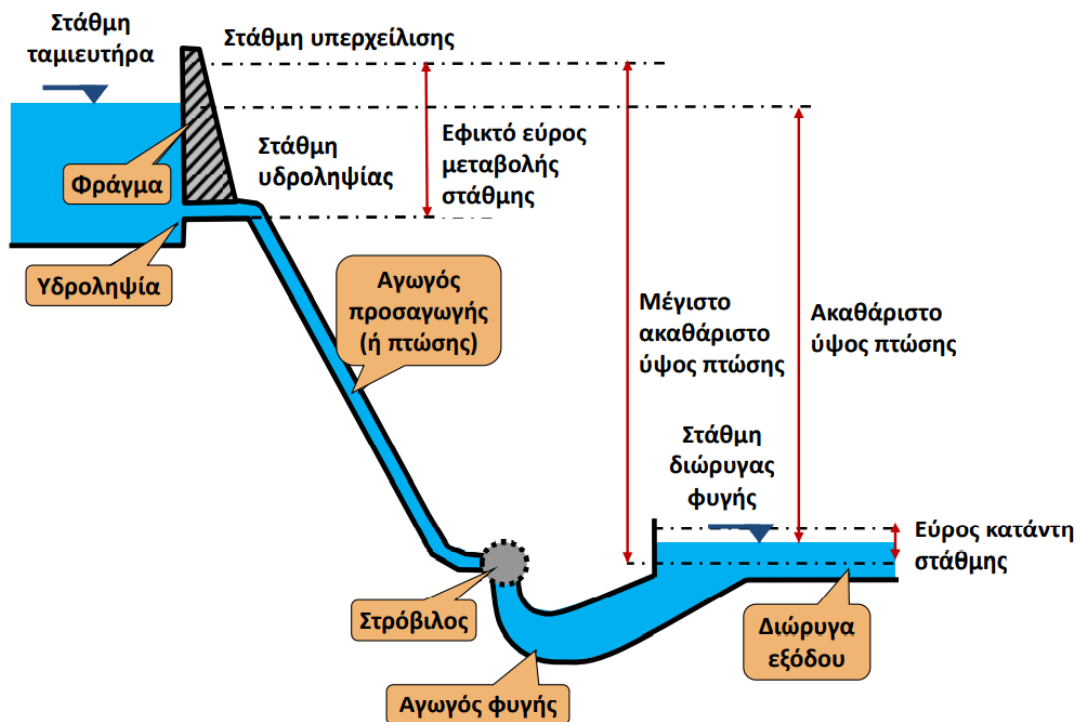
Υδροηλεκτρική ενέργεια ορίζεται ως η εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του τρεχούμενου νερού με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια που σχετίζεται με το νερό εκδηλώνεται με τρεις τρόπους: ως δυναμική ενέργεια, ως ενέργεια υπό πίεση (υδραυλική ενέργεια) και ως κινητική ενέργεια. Η ενέργεια σε ένα υδροηλεκτρικό σύστημα ξεκινάει ως δυναμική ενέργεια λόγω της συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων νερού, σε στάθμη υψηλότερη από αυτή των υδροστροβίλων. Το νερό που ρέει υπό πίεση (υδραυλική ενέργεια) στον αγωγό πτώσης, όταν ελευθερώνεται στον υδροστρόβιλο, είναι ικανό να παράγει έργο μέσω της περιστροφής του υδροστροβίλου. Τελικά, μέσω γεννήτριας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Το σύνολο των έργων και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Η παγκόσμια παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται στις 3.142 TWh, δηλαδή το 16,6% της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής που ανέρχεται στις 18.930 TWh. Η εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύς στην Ελλάδα συνεισφέρει στο 19% της ηλεκτρικής παραγωγής, ήτοι 3152 MW εκ του συνόλου που είναι 16,9 GW (Σχήμα 2.9).



Σχήμα 2.9 Εγκατεστημένη ισχύς και ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (έτος 2017) (Πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., 2018)

Τα κυριότερα κατασκευαστικά μέρη ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι το φράγμα ή η δεξαμενή νερού που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού, η περιοχή υδροληψίας, από την οποία γίνεται η εισροή νερού και στην οποία απομακρύνονται τα ογκώδη στερεά (όπως πέτρες, βράχοι κλπ.) με την βοήθεια σχαρών και επιτυγχάνεται η ομαλή είσοδος του νερού, ο αγωγός πτώσης που οδηγεί το νερό από την αποθηκευτική δεξαμενή στους υδροστροβίλους και ο υδροηλεκτρικός σταθμός με όλο τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Μετά τον στρόβιλο ακολουθεί ο αγωγός φυγής που καταλήγει τελικά στην διώρυγα εξόδου (Σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.10 Βασικά μέρη ενός υδροηλεκτρικού έργου (Πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., 2020)

Τα πλεονεκτήματα των υδροηλεκτρικών έργων είναι πολλά και γι' αυτό άλλωστε η ανάπτυξη τους είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλη μορφή ΑΠΕ παγκοσμίως. Συγκεκριμένα ως προς τα ενεργειακά τους χαρακτηριστικά:

- Έχουν την δυνατότητα για αποθήκευση ενέργειας (απορροή ποταμού).
- Η παραγωγή ενέργειας είναι ελεγχόμενη, διαχειρίσιμη και άμεσα διαθέσιμη, σε αντίθεση με κάθε άλλη ΑΠΕ.
- Αποτελούν βέλτιστη επιλογή για την κάλυψη αιχμών της ζήτησης.
- Διαθέτουν ταχύτατη παραλαβή και απόρριψη φορτίου.
- Έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης (υπερτερεί έναντι όλων των συμβατικών πηγών και ΑΠΕ).
- Διαθέτουν μεγάλη αξιοπιστία υδροστροβίλων.
- Παράγουν ενέργεια χωρίς διακυμάνσεις.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (συμβατικός ωφέλιμος χρόνος ζωής 100 έτη).
- Έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Επιπλέον, πέρα από τα ενεργειακά τους οφέλη:

- Προσφέρουν αντιπλημμυρική προστασία (ολική ή μερική ανάσχεση πλημμυρικών παροχών).
- Συνεισφέρουν στην ενδεχόμενη απαίτηση για ύδρευση ή άρδευση.
- Διαμορφώνουν νέο φυσικό περιβάλλον (δημιουργία λίμνης και υδροβιότοπου), το οποίο μπορεί να αναβαθμίσει τουριστικά μια περιοχή και να αποτελέσει πόλο έλξης.

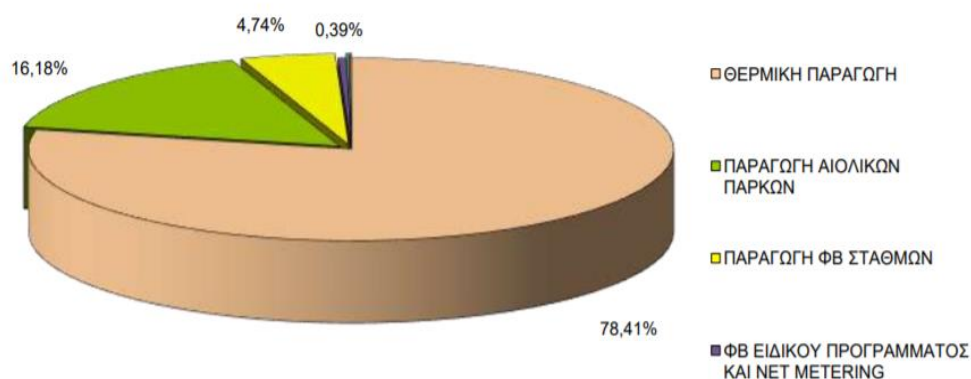
- Δεν εκπέμπονται ρύποι κατά τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Παρόλα αυτά, η κατασκευή και η λειτουργία ενός τέτοιου έργου ακολουθείται και από τις εξής περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Ευστρατιάδης κ.ά., 2019):

- Διαφοροποιείται σημαντικά η φυσική υδρολογική δίαιτα του ποταμού. Για αυτό τον λόγο στα φράγματα πάντα υπάρχει πρόβλεψη για οικολογική παροχή νερού κατάντη του ταμιευτήρα.
- Διακόπτεται η συνέχεια του ποταμού στο τμήμα μεταξύ φράγματος και ΥΗΣ.
- Παρεμποδίζεται η κυκλοφορία ψαριών. Για αυτό τον λόγο κατασκευάζονται ειδικές δίοδοι για την ανεμπόδιστη κυκλοφορία τους.
- Αλλάζει το οικοσύστημα από ποτάμιο σε λιμναίο.
- Προκαλείται αισθητική όχληση σε περίπτωση έντονων διακυμάνσεων της στάθμης. Για αυτό και μπορεί να τίθενται όρια κατώτατης και ανώτατης στάθμης στον ταμιευτήρα, όπως αυτό συμβαίνει στην τεχνητή λίμνη Πλαστήρα.

2.5.5 Στοιχεία παραγωγής ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος

Από τα μηνιαία στοιχεία παραγωγής στα μη-διασυνδεδεμένα νησιά που εκπονεί η Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων (Δ.Δ.Ν.) του ΔΕΔΔΗΕ, συλλέχτηκαν οι παρακάτω σημαντικές πληροφορίες που αφορούν την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος. Στο Σχήμα 2.11 φαίνεται η συνολική παραγωγή ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ενδεικτικά για τον Μάρτιο του 2021.



Σχήμα 2.11 Συνολική Παραγωγή Ενέργειας για τον Μάρτιο 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

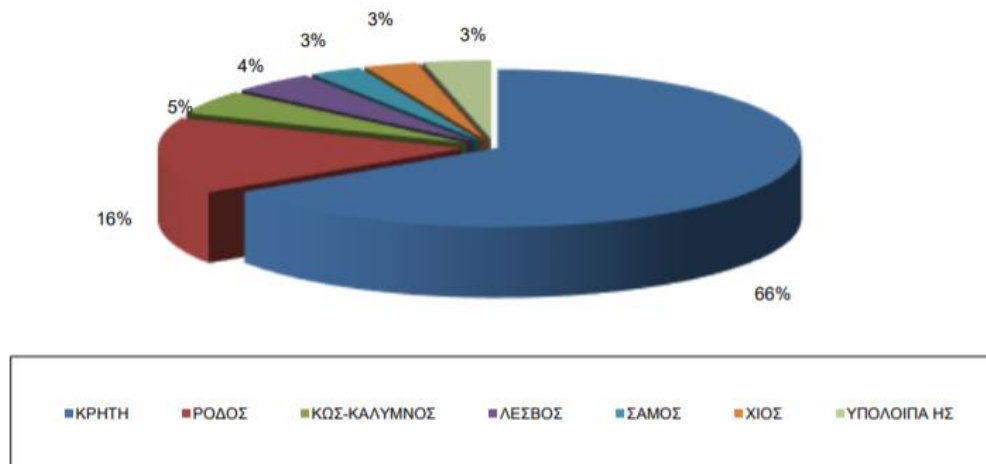
Στο παρακάτω Πίνακα 2.1 παρατηρείται ότι η Κως είχε τον Μάρτιο του 2021 εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ στα 24,38 MW, εκ των οποίων τα 15,20 MW είναι από αιολικά πάρκα και 8,78 MW από φωτοβολταϊκά.

Πίνακας 2.1 Γεωγραφική Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος Μονάδων ΑΠΕ στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά – Μαρτίου 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)			
	Α/Π	ΦΒ ***	ΜΥΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ
ΚΡΗΤΗ	203,29	78,29	0,30	282,88*
ΡΟΔΟΣ	48,55	18,16		66,71
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	15,20	8,78		24,38
ΛΕΣΒΟΣ	13,95	8,84		22,79
ΣΑΜΟΣ	8,75	4,37		13,12
ΧΙΟΣ	8,85	5,17		14,02
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ	11,16	6,14		19,85
ΣΥΝΟΛΟ	309,75	129,75	0,30	443,75

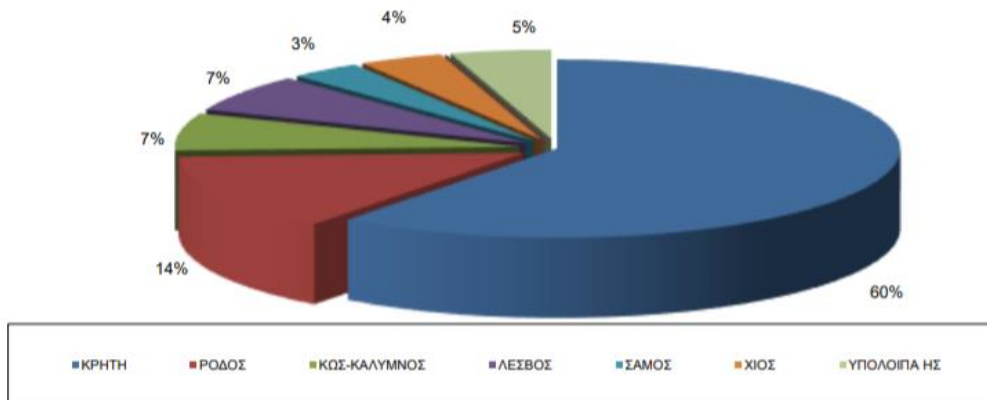
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.12, η εγκατεστημένη ισχύς σε Α/Γ στη Κω αποτελεί το 5% της συνολικής ισχύος στα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.13 τα Φ/Β της Κω αποτελούν το 7% του συνολικής εγκατεστημένης ισχύος.

91 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) Συνολικής Ισχύος 309,75 MW



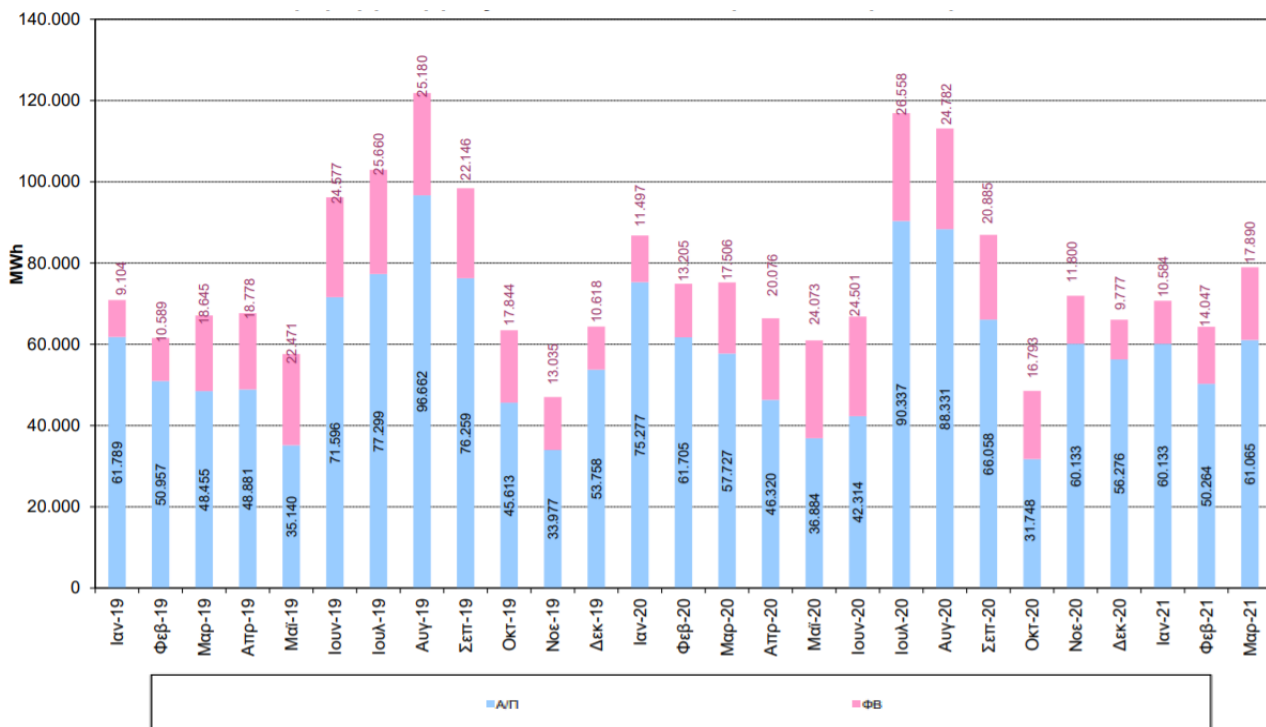
Σχήμα 2.12 Γεωγραφική Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος Αιολικών Πάρκων (Α/Π) στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Μαρτίου 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

1.688 Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί (ΦΒ) Συνολικής Ισχύος 129,75 MW



Σχήμα 2.13 Γεωγραφική Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος φωτοβολταϊκών (Φ/Β) σταθμών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Μαρτίου 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

Από το Σχήμα 2.14, όπου απεικονίζεται η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στα ΜΔΝ, παρατηρείται ότι η παραγωγή κορυφώνεται κατά τους θερινούς μήνες και φτάνει τα δύο τελευταία χρόνια ως και 120.000 MWh κατά τον μήνα Αύγουστο. Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ γίνεται κατά κύριο λόγο από τα εγκατεστημένα αιολικά πάρκα και σε αρκετά μικρότερο βαθμό από τα φωτοβολταϊκά.



Σχήμα 2.14 Παραγωγή Ενέργειας σε MWh μονάδων ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – 2019-2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

Στο σύστημα Κω-Κάλυμνος συγκεκριμένα, τα συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής, όπως φαίνονται και στους Πίνακες 2.2 και 2.3, είναι τα εξής:

- Εγκατεστημένη ισχύς θερμικών μονάδων: 138,71 MW
- Μέγιστη ετήσια αιχμή ζήτησης: 74 MW
- Μήνας Νοέμβριος 2019: Ενέργεια μονάδων ΑΠΕ: 2457 MWh, Ενέργεια θερμικών μονάδων: 16209 MWh, Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή: 13,17 %
- Μήνας Αύγουστος 2019: Ενέργεια μονάδων ΑΠΕ: 5615 MWh, Ενέργεια θερμικών μονάδων: 51462 MWh, Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή: 9,84 %

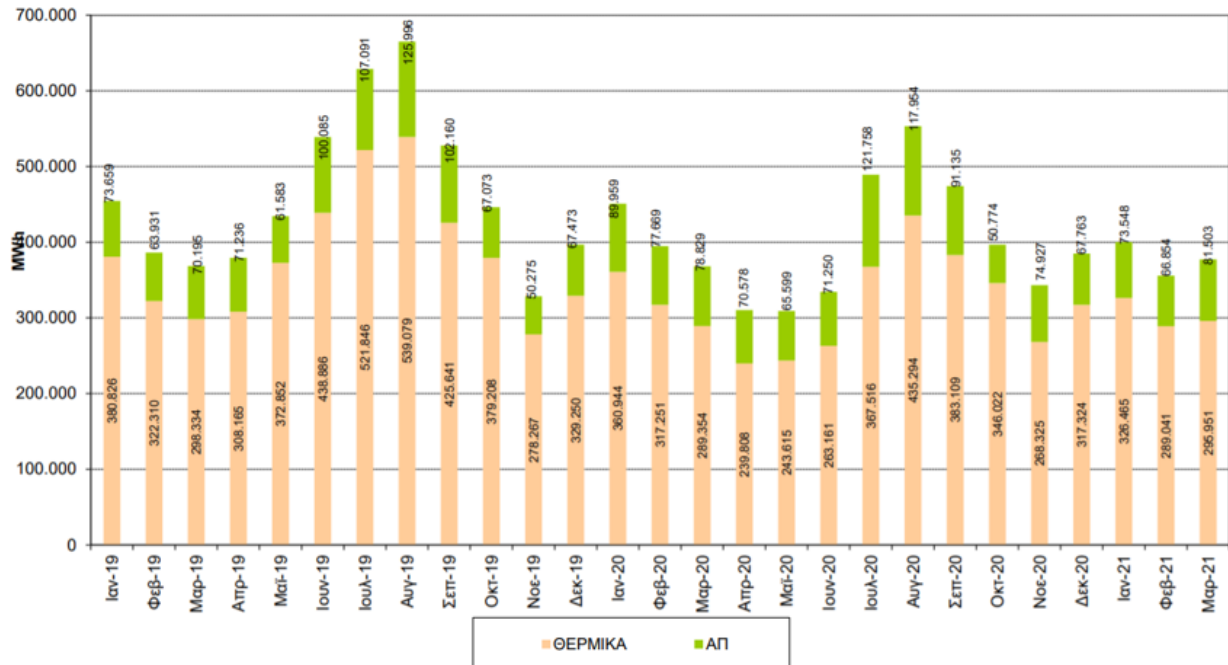
Πίνακας 2.2 Συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Νοέμβριος 2019 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

ΠΙΝΑΚΑΣ 9	Β. Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής στα ΜΔΝ – Νοέμβριος 2019						
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2018 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2018 (MW)*	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)***	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΠΚΠ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΜΜΚ_ΜΔΝ (€/MWh)
ΚΡΗΤΗ	796,82	707,00	34.855,55	162.248,98	220,22	184,13	17,68%
ΡΟΔΟΣ	358,23	211,70	4.594,81	34.989,39	271,13	132,48	11,61%
ΛΕΣΒΟΣ	107,71	64,09	3.573,77	17.548,10	172,10	118,74	16,92%
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	138,71	99,40	2.457,57	16.209,17	173,87	113,21	13,17%
ΛΗΜΝΟΣ	26,15	13,60	525,67	3.573,62	230,31	130,84	12,82%
ΜΗΛΟΣ	22,98	13,05	319,92	2.905,50	175,56	114,57	9,92%
ΧΙΟΣ	77,78	42,10	1.737,31	13.188,14	161,13	111,63	11,64%
ΣΑΜΟΣ	49,63	31,10	1.219,37	7.831,01	217,15	118,42	13,47%
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	19,05	10,57	249,28	1.816,85	251,68	122,37	12,07%
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ**	159,91		741,83	17.955,91			3,97%
ΣΥΝΟΛΟ	1.756,97		50.275,08	278.266,67			15,30%

Πίνακας 2.3 Συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Αύγουστος 2019 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

ΠΙΝΑΚΑΣ 9	Β. Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής στα ΜΔΝ – Αύγουστος 2019						
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2018 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2018 (MW)*	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)***	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΠΚΠ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΜΜΚ_ΜΔΝ (€/MWh)
ΚΡΗΤΗ	796,82	707,00	88.208,38	259.343,29	216,71	191,29	25,38%
ΡΟΔΟΣ	358,23	211,70	15.549,20	106.353,25	172,41	121,37	12,76%
ΛΕΣΒΟΣ	107,71	64,09	5.202,23	25.003,10	158,97	126,10	17,22%
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	138,71	99,40	5.615,49	51.462,60	139,27	120,75	9,84%
ΛΗΜΝΟΣ	26,15	13,60	1.213,17	5.878,35	198,78	133,19	17,11%
ΜΗΛΟΣ	22,98	13,05	1.055,71	5.334,13	150,82	115,88	16,52%
ΧΙΟΣ	77,78	42,10	2.586,72	19.478,06	147,41	113,61	11,72%
ΣΑΜΟΣ	49,63	31,10	4.092,41	11.862,36	188,67	118,92	25,65%
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	19,05	10,57	524,03	5.272,96	175,82	127,91	9,04%
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ**	159,91		1.948,29	49.090,84			3,82%
ΣΥΝΟΛΟ	1.756,97		125.995,61	539.078,94			18,94%

Η συνολική ηλεκτροπαραγωγή στα μη διασυνδεδεμένα νησιά από τον Ιανουάριο του 2019 μέχρι τον Μάρτιο του 2021 φαίνεται στο Σχήμα 2.15, όπου διακρίνεται η συνεισφορά των θερμικών σταθμών και των μονάδων ΑΠΕ. Παρατηρείται ότι σε όλους τους μήνες κυριαρχεί με μεγάλο ποσοστό η παραγωγή ενέργειας από θερμικούς σταθμούς.



Σχήμα 2.15 Ηλεκτροπαραγωγή στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (2019-2021) (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

2.6 Αφαλάτωση και ενέργεια

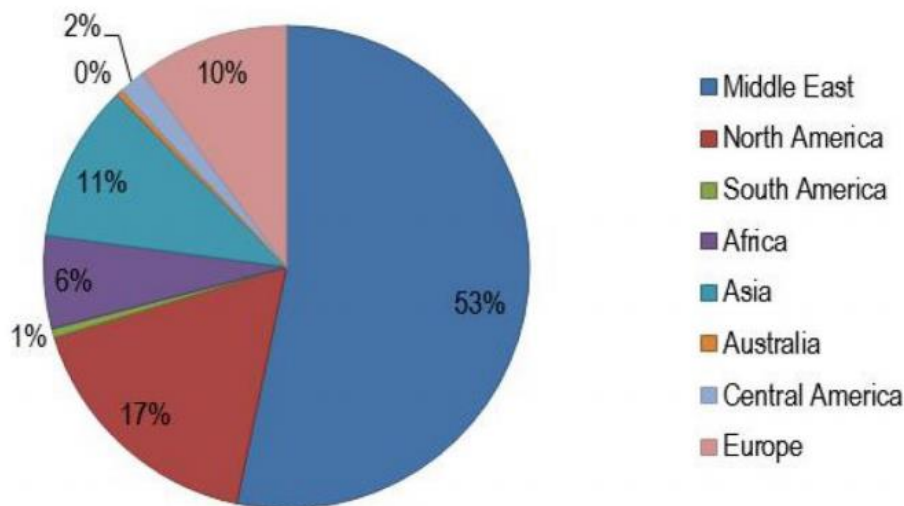
2.6.1 Γενικά στοιχεία

Με τον όρο αφαλάτωση γενικότερα χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Έτσι, η αφαλάτωση αποτελεί μια μέθοδο ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια, λίμνες και υπόγεια ύδατα. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, φτωχές σε πόσιμο νερό και με πρόσβαση όμως σε κάποια πηγή υδάτων. Η αφαλάτωση άρχισε να αναπτύσσεται κατά τον 20^ο αιώνα με την εμφάνιση λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της Γης. Όπως είναι γνωστό το 97,5% περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στη θάλασσα αναμεμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που η χρήση του, είτε ως πόσιμο, είτε ακόμα και για βιομηχανικές διεργασίες, καθίσταται αδύνατη.

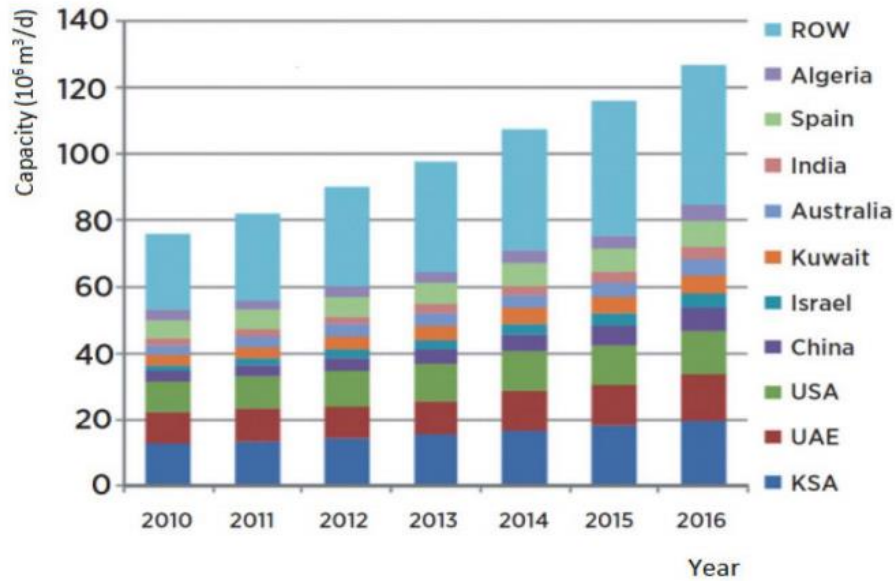
Ιστορικά, η έννοια της αφαλάτωσης συναντάται πρώτη φορά στους αρχαίους Έλληνες ναυτικούς οι οποίοι εξάτμιζαν θαλασσινό νερό περίπου τον 4ο αιώνα π.Χ., όπως περιγράφεται από κείμενα του Αριστοτέλη. Ακόμη, περιγραφή αφαλάτωσης αναφέρεται ως πραγματεία από Άραβα συγγραφέα του 8ου μ.Χ. αιώνα που βασίζεται στην απόσταξη του νερού.

Από το 1970 άρχισαν να τίθενται σε λειτουργία μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στις ΗΠΑ, στη Ρωσία, στο Μεξικό, στην Μέση Ανατολή, σε παράλιες χώρες όπως είναι η Σαουδική Αραβία (24% της παγκόσμιας χρήσης), το Κουβέιτ, η Αίγυπτος αλλά και το Ισραήλ. Στον δυτικό κόσμο ο μεγαλύτερος χρήστης της μεθόδου είναι η Ισπανία, όπου ξεκίνησε μαζική χρήση αφαλάτωσης στα Κανάρια Νησιά. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης της Ευρώπης βρίσκεται σήμερα στο Καρμπονέρας της Νότιας Ισπανίας. (Panagoroulos et al., 2019)

Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, παρατηρείται ραγδαία ανάπτυξη της αφαλάτωσης. Όλο και περισσότερες μονάδες εγκαθίστανται και λειτουργούν παγκοσμίως. Συγκεκριμένα από το 1945 όπου η παγκόσμια παραγωγή καθαρού νερού με την μέθοδο της αφαλάτωσης υπολογιζόταν στα 346 m³/d φτάνει αργότερα το 1980 να εκτοξεύεται στα 5.000.000 m³/d. Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη συνεχίστηκε και το 2004 η ικανότητα των μονάδων αφαλάτωσης έφτασε τη παραγωγή 35.000.0000 m³/d ασφατωμένου νερού. Το 2008 η συνολική ικανότητα έφτασε τις 52.333.950 m³/d και τέλος το 2011 έφτασε τις 67.000.000 m³/d με πάνω από 16.000 μονάδες αφαλάτωσης σε λειτουργία παγκοσμίως. Μάλιστα, εκτιμάται 9% αύξηση κάθε έτος στην παραγωγή αφαλατωμένου νερού και το 54% της παγκόσμιας ανάπτυξης αναμένεται να συμβεί στη Μέση Ανατολή, όπου μέχρι το 2030 εκτιμάται ότι θα παράγονται περίπου 110 εκατομμύρια m³ κάθε μέρα. (Zotalis et al., 2014). Η παγκόσμια κατανομή των μονάδων αφαλάτωσης και η παγκόσμια ικανότητα παραγωγής αφαλατωμένου νερού παρουσιάζονται στα Σχήματα 2.16 και 2.17 αντίστοιχα.



Σχήμα 2.16 Παγκόσμια κατανομή Μονάδων Αφαλάτωσης (%) (Πηγή: Zotalis et al., 2014)



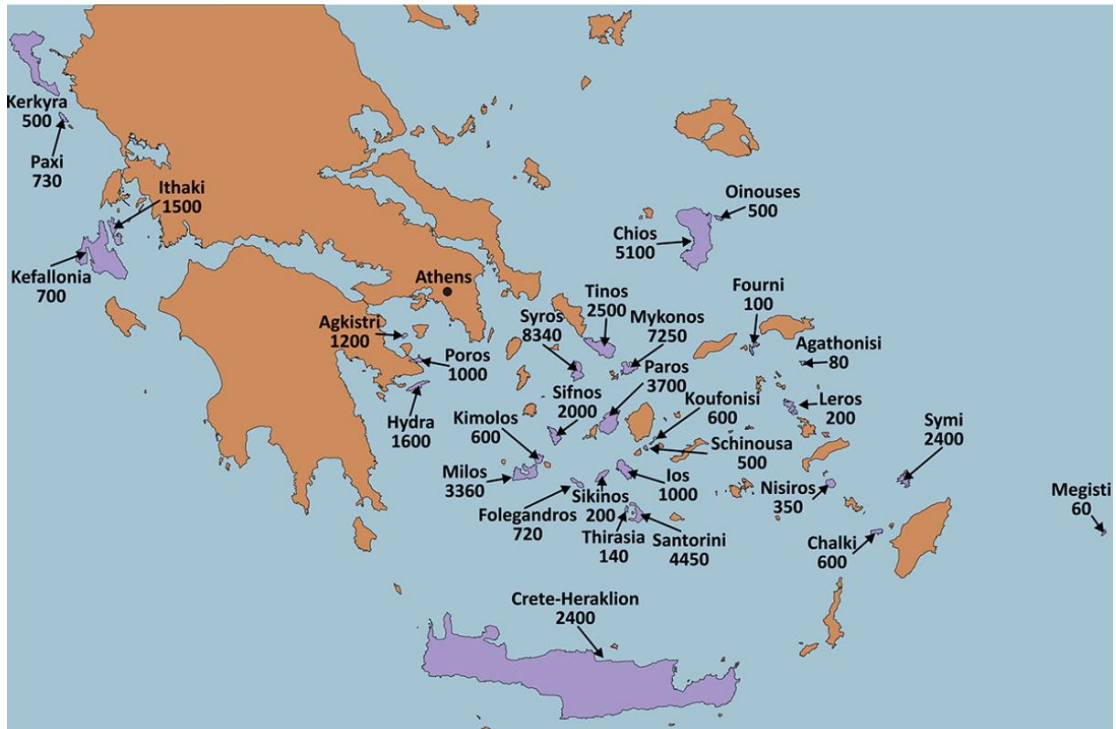
Σχήμα 2.17 Παγκόσμια ικανότητα παραγωγής αφαλατωμένου νερού 2010-2016 (Πηγή: Zotalis et al., 2014)

2.6.2 Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα οι πρώτες μονάδες αφαλάτωσης εγκαταστάθηκαν το 1960 με τη βοήθεια μικρών πιλοτικών μονάδων ηλιακής απόσταξης. Η εγκατάσταση τέτοιου είδους μονάδων έγινε αρχικά κυρίως σε νησιά όπως: Νίσυρος, Κίμωλος, Κεφαλονιά, Ιθάκη, Πάτμος, Καστελόριζο, Σύμη, Αίγινα, με σημαντικότερη αυτή της Πάτμου με παραγωγική ικανότητα 25 m³/d.

Η αφαλάτωση στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται ευρέως, αν και θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για το πρόβλημα της λειψυδρίας στα νησιά του Αιγαίου και κυρίως στα πολύ ξηρά νησιά των Κυκλάδων, όπου το κόστος του μεταφερόμενου νερού είναι πολύ υψηλό. Η Ελλάδα, λόγω του ξηρού κλίματός της, ανήκει στις χώρες που έχουν περιορισμένα αποθέματα υδατικών πόρων σε πολλές περιοχές της, ιδιαίτερα στα νησιά του Αιγαίου.

Το 2015, η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης (για δημόσια χρήση στα νησιά) είναι περίπου 52.000 m³/ημέρα, καταμεμημένη σε 30 νησιά (Σχήμα 2.18), με τροφοδοσία υφάλμυρου νερού 9000 m³/ημέρα και 43.000 m³/ημέρα τροφοδοσία θαλασσινού νερού. Η πλειονότητα των μονάδων αφαλάτωσης είναι εγκατεστημένες σε νησιά με αυτόνομα δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (22 από τα 30 νησιά) και τα υπόλοιπα βρίσκονται σε νησιά που συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Περίπου 10 νησιά αναμένεται να εγκαταστήσουν μονάδες αφαλάτωσης, συνολικής χωρητικότητας 11.000 m³, τα επόμενα χρόνια. (Kartalidis et al., 2015)



Σχήμα 2.18 Χάρτης μονάδων αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά (Πηγή: Kartalidis et al., 2015)

Πίνακας 2.4 Στοιχεία Μονάδων Αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά (Πηγή: Zotalis et al., 2014)

Project	Year	Type	Capacity (m ³ /d)	Initial cost (M €)	Operation cost (€)	Contractor	Acceptance
Almyros Iraklion	2014	RO & UF	2,400	0.850	0.25	Sychem S.A., GR	Good
Syros 1st Ermoupoli	1992	RO	800	0.589	2.70	Christ, CH	Good
Syros 2nd Ermoupoli	1997	RO	800	1.482	2.70	Christ, CH	Good
Syros 3rd Ermoupoli	2001	RO (SW)	40	0.346	2.00	Culligan Greece	Good
Syros 4th (Ano Syros)	2000	RO	250	0.215	0.50	Temak, GR	Good
Syros 5th (Ano Syros)	2002	RO	500	0.400	0.50	Temak, GR	Good
Syros 6th (Ermoupolis)	2002	RO (SW)	2,000	0.313	0.40	Temak, GR	Good
Syros 7th (Ano Syros)	2005	RO	1,000	1.000	0.40	Temak, GR	Under construction
Shinousa	2004	RO	100	0.120	0.70	Temak, GR	Under construction
Mykonos (Korfou) old	1981	RO	500	N/A	2.00	Metek, IT	Good
Mykonos (Korfou) new	2001	RO	2,000	1.276	0.50	Culligan Greece	Good
Paros (Naousa)	2001	RO	1,200	0.415	0.50	Ionics Itaba	Good
Tinos (old)	2001	RO	500	0.434	0.62	Culligan Greece	Good
Tinos (new)	2005	RO	500	0.376	0.62	Culligan Greece	Good
Ia, Santorini 1st	1994	RO	220	N/A	2.00	Matrix, USA	Good
Ia, Santorini 2nd	2000	RO	320	0.210	2.00	Culligan Greece	Good
Ia, Santorini 3rd	2002	RO	160	N/A	2.00	Matrix, USA	Good
Sifnos	2002	RO (BW)	500	0.224	3.50	Hoh, DM	Good
Omiroupolis, Chios, Municipality, 1st	2000	RO (BW)	600	0.205	0.30	Culligan Greece	Good
Omiroupolis, Chios, Municipality, 2nd	2005	RO	3,000	0.710	0.26	Culligan Greece	Under construction
Omiroupolis, Chios, Municipality, 3rd	2005	RO	500	0.200	0.26	Culligan Greece	Under construction
Nisiros (old)	1991	RO	300	0.572	N/A	Metek, IT	Out of operation
Nisiros (new)	2002	RO	350	0.295	0.66	Temak, GR	Good
Ithaki, Kefalonia 1st	1981	RO	620	0.264	2.88	Christ, CH	Good
Ithaki, Kefalonia 2nd	2003	RO	520	0.587	0.58	Judo, DE	Good
Lerou (Municipal Enterpr.)	2001	RO	200	0.074	0.13	Culligan Greece	Good
Kassopeon (Municipality)	2001	RO	500	0.170	0.13	Culligan Greece	Good
Posseidonia (Municipality), 1st	2002	RO	500	0.464	0.56	Culligan Greece	Good
Posseidonia (Municipality), 2nd	2005	RO	1,000	0.574	0.45	Culligan Greece	Under construction
Agios Georgios (Municipality)	2002	RO	500	0.102	0.30	Culligan Greece	Good
Paksoi (Municipality) 1st	2005	RO	330	0.260	0.51	Culligan Greece	Good
Paksoi (Municipality) 2nd	2005	RO	150	0.162	0.59	Culligan Greece	Good

2.6.3 Μέθοδοι αφαλάτωσης

Οι διεργασίες αφαλάτωσης γενικά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

Σε διεργασίες με **εξάτμιση**:

- Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED)
- Πολυβάθμια εκτόνωση (Multi-Stage Flushing, MSF)
- Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών (Vapour compression, VC)
- Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation, S/D)

Σε διεργασίες με **μεμβράνη**:

- Αντίστροφη ώσμωση (ΑΩ) (Reverse osmosis, RO)
- Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED)

2.6.4 Αντίστροφη ώσμωση

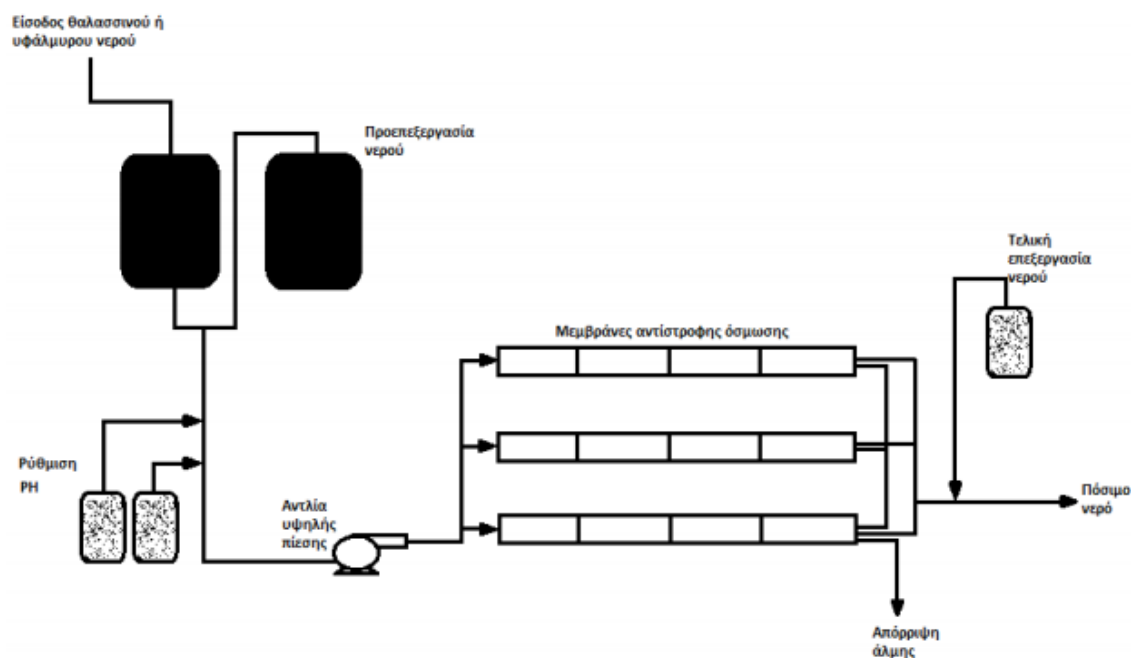
Η τεχνολογία της ΑΩ αποτελεί τη μοναδική μέθοδο αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται στα ελληνικά νησιά. Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, η μέθοδος αυτή έχει επιλεχθεί να εφαρμοστεί για παραγωγή πόσιμου νερού στο νησί της Κω, αξιοποιώντας μέρος της παραγόμενης ενέργειας από τον ΥΣ. Στην Ελλάδα λειτουργούν περίπου 30 μονάδες αφαλάτωσης εξυπηρετώντας την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων, ενώ υπάρχουν και εκατοντάδες μικρότερες ιδιωτικής χρήσεις, όπως σε ξενοδοχεία, βιομηχανίες κ.ά., σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος.

Συνοπτικά, τα κυριότερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αντίστροφης ώσμωσης (ΑΩ) είναι τα εξής (Νατούδη, 2017) :

- Απλή λειτουργία και συντήρηση
- Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τις μεθόδους με εξάτμιση
- Δυνατότητα ενσωμάτωσης συστημάτων ανάκτησης ενέργειας για περαιτέρω μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης
- Απομακρύνονται από το υπό επεξεργασία νερό και άλλα ανεπιθύμητα συστατικά όπως π.χ. βακτήρια
- Χαμηλό κόστος εγκατάστασης
- Μεγάλο εύρος δυναμικότητας και αξιοπιστία σε όλο το εύρος μεγεθών
- Μικρός όγκος εγκατάστασης – δυνατότητα τοποθέτησης σε εμπορευματοκιβώτια (containers) μονάδων έως και 5000 m³/ημέρα
- Δυνατότητα επέκτασης της μονάδας και εύκολη αύξηση της παραγωγής

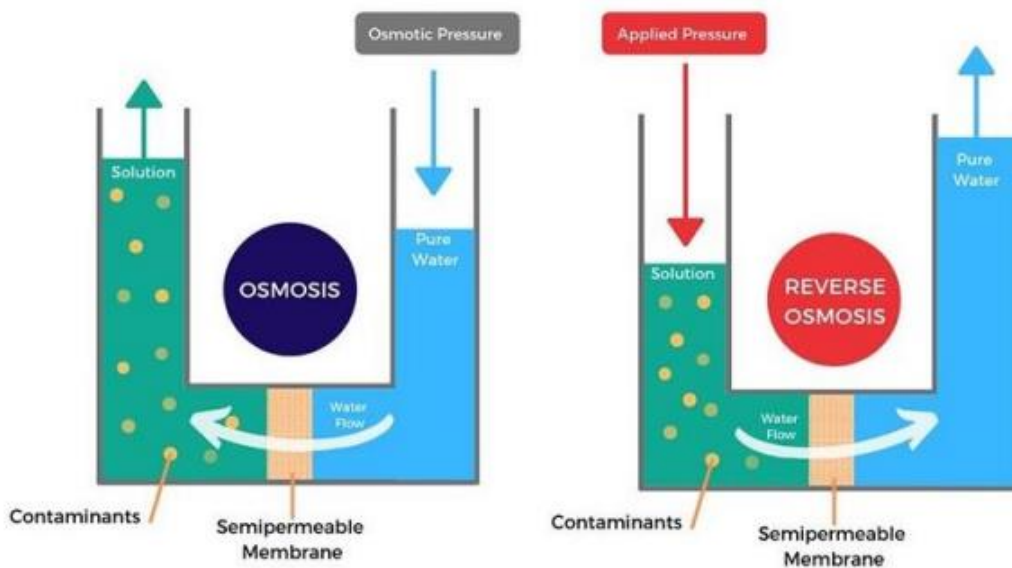
Ένα τυπικό σύστημα αφαλάτωσης ΑΩ, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.19, αποτελείται από τέσσερα κύρια υποσυστήματα:

- Σύστημα προεπεξεργασίας νερού
- Αντλία υψηλής πίεσης
- Μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης
- Σύστημα τελικής επεξεργασίας νερού



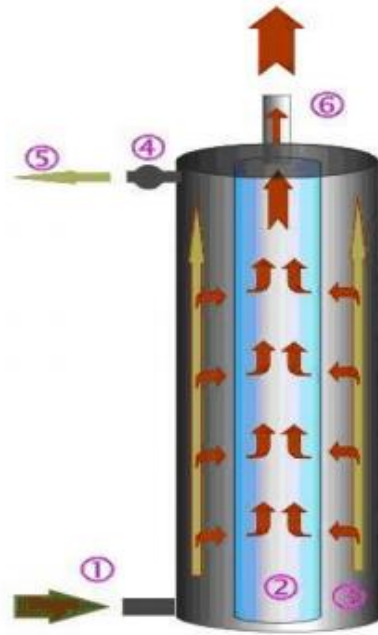
Σχήμα 2.19 Διάγραμμα ροής αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται σε αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της ώσμωσης. Όταν δυο υγρά με διαφορετική περιεκτικότητα σε άλατα έρχονται σε επαφή, τότε το υγρό με την μικρότερη περιεκτικότητα, θα μετατοπισθεί προς το υγρό εκείνο με την υψηλότερη, ούτως ώστε όλο το μείγμα να ισορροπήσει, δηλαδή να αποκτήσει την ίδια περιεκτικότητα σε άλατα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται διάχυση. Σε περίπτωση όμως που μεταξύ των δύο ουσιών παρεμβάλλεται μία ημιπερατή μεμβράνη, τότε αυτή αποτελεί εμπόδιο για τη διέλευση των αλάτων, αλλά το νερό (διαλύτης) διέρχεται ελεύθερα στο αλατούχο διάλυμα. Η ροή αυτή από το αραιότερο προς το πυκνότερο υγρό συνεχίζεται, μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του αλατούχου διαλύματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ώσμωση και απαντάται πολύ συχνά στη φύση και στους ζωντανούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, καθώς πολλές κυτταρικές λειτουργίες βασίζονται σ' αυτό. Το δέρμα, τα νεφρά, οι πνεύμονες και τα ίδια τα κύτταρα λειτουργούν κατά κάποιο τρόπο ως μεμβράνες. Η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (στην περίπτωση της αφαλάτωσης, του θαλασσινού ή άλλου ακάθαρτου νερού) για να μην λάβει χώρα το φαινόμενο της ώσμωσης και να παραλάβουμε φιλτραρισμένο καθαρό νερό, ονομάζεται ωσμωτική πίεση. Στην περίπτωση που στο αλατούχο διάλυμα ασκηθεί πίεση, υψηλότερη της ωσμωτικής, τότε η ροή αντιστρέφεται και έχουμε έξοδο καθαρού νερού από το αλατούχο διάλυμα προς το διαλύτη. Αυτό αποτελεί τη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης (Μουτάφης, 2008). Η απεικόνιση της ώσμωσης και της αντίστροφης ώσμωσης φαίνεται στο Σχήμα 2.20.



Σχήμα 2.20 Απεικόνιση της ώσμωσης και της αντίστροφης ώσμωσης (Πηγή: <https://smartwatermagazine.com>)

Κατά την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης ασκείται πίεση μεγαλύτερη της ωσμωτικής στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (συνήθως θαλασσινού νερού), ώστε απ' την άλλη πλευρά να προκύψει φιλτραρισμένο αφαλατωμένο νερό. Ο πιο συνηθισμένος τύπος συσκευής αντίστροφης ώσμωσης αναπαρίσταται στο Σχήμα 2.21. Το αλατούχο νερό εισέρχεται από την είσοδο (1) και κατευθύνεται στο χώρο (3) όπου έχει ως εξόδους την (5) και την (6). Ο χώρος (3) βρίσκεται υπό πίεση και το νερό, κατά ποσοστό 25% περίπου, είτε εξαναγκάζεται να διέλθει μέσα από τη μεμβράνη (2), όπου και γίνεται αφαίρεση των αλάτων και κατόπιν εξέρχεται από την (6) ως τελικό καθαρό προϊόν, είτε μόλις η πίεση ξεπεράσει το όριο της βαλβίδας (4) εξαναγκάζεται να βγει από την έξοδο (5), σε ποσοστό 75% περίπου, συμπαρασύροντας μαζί του και τα άλατα στην επιφάνεια της μεμβράνης, όπου και απορρίπτεται. (Μουτάφης, 2008)



Σχήμα 2.21 Απεικόνιση λειτουργίας συσκευής αντίστροφης ώσμωσης, (Πηγή: Μουτάφης, 2008)

Το θαλασσινό νερό για να είναι πόσιμο πέρα από την διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης πρέπει να περάσει επεξεργασία πριν και μετά από αυτή:

- ✓ Αρχικά, το θαλασσινό νερό υποβάλλεται σε **προεπεξεργασία**. Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά κρίσιμη, καθώς είναι υπεύθυνη για την εξασφάλιση της καθαρότητας των μεμβρανών και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της απομάκρυνσης μικροοργανισμών και αιωρούμενων στερεών. Η προεπεξεργασία του θαλασσινού νερού περιλαμβάνει:
 - Φίλτρο εισόδου με τοποθέτηση εσχάρας στην αναρρόφηση για την αποτροπή εισόδου ψαριών, πλαστικών και άλλων στερεών.
 - Προχλωρίωση του θαλασσινού νερού, με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου.
 - Προσθήκη οξέος (συνήθως θεικού οξέος) για τη ρύθμιση της οξύτητας και την αποφυγή απόθεσης αλάτων.
 - Συσσωμάτωση των κολλοειδών/οργανικών ουσιών (με προσθήκη χλωριούχου σιδήρου και πολυηλεκτρολύτη).
 - Φίλτρο άμμου (περιλαμβάνει άμμο, χαλίκια και ανθρακίτη) για τη δέσμευση ακόμα μικρότερων στερεών αιωρούμενων σωματιδίων.
 - Φίλτρα πολυπροπυλενίου, για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες.
 - Αποχλωρίωση με θειούχο νάτριο ή φίλτρο ενεργού άνθρακα, για την προστασία των μεμβρανών (διότι καταστρέφονται με την έκθεσή τους σε ελεύθερο χλώριο)
 - Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία

- ✓ Η δεύτερη φάση αφορά στη διαδικασία της **αντίστροφης ώσμωσης** στην οποία παράγεται νερό απαλλαγμένο από άλατα. Στο στάδιο αυτό οι αντλίες υψηλής πίεσης παρέχουν κατάλληλη πίεση ώστε το νερό να διέλθει μέσα από τις μεμβράνες και να απομακρύνει έτσι τα άλατα. Η πίεση αυτή είναι της τάξης των 54-89 atm. Όσο διέρχεται μέρος του νερού μέσα από τις μεμβράνες στο υπόλοιπο νερό η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνει. Ταυτόχρονα ένα μέρος του νερού απορρίπτεται χωρίς να περάσει πρώτα από τις μεμβράνες και αυτό για να μην συνεχίζει να αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό. Ακόμη με αυτή την ελεγχόμενη απόρριψη του νερού αποφεύγεται η εναπόθεση υπερκείμενων αλάτων και η αύξηση της ωσμωτικής πίεσης. Το ποσοστό του νερού που απορρίπτεται καθ' αυτόν τον τρόπο κυμαίνεται μεταξύ 20% και 70% του τροφοδοτούμενου νερού και εξαρτάται από την συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας.
- ✓ Τέλος, ακολουθεί η **τελική φάση επεξεργασίας**, στην οποία γίνεται η προετοιμασία του νερού για τη διανομή του ως πόσιμο με χρήση χημικών για τη σταθεροποίηση του. Στόχος είναι η σταθεροποίηση του νερού πριν διανεμηθεί ως πόσιμο. Συγκεκριμένα απομακρύνονται αέρια όπως το υδροθείο, ρυθμίζεται η οξύτητα και σκληρότητα με προσθήκη κατάλληλων χημικών όπως επεξεργασμένου ασβέστη και διοξειδίου του άνθρακα και τελικά χλωριώνεται.

2.6.5 Ενέργεια για την αφαλάτωση

Η ανάγκη για παραγωγή πόσιμου νερού, με μεθόδους αφαλάτωσης, συνήθως απαιτείται σε μικρά αυτόνομα νησιά, τα οποία είναι απομονωμένα και δεν είναι συνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Τα νησιά αυτά ικανοποιούν τις ανάγκες τους, μέσω τοπικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ (ΤΣΠ). Επίσης, οι σταθμοί αυτοί είναι, συνήθως, χαμηλής ισχύος, καθώς σκοπό έχουν την κάλυψη των αναγκών ενός νησιού ή ενός συμπλέγματος νησιών, χαμηλής συνολικής μέγιστης ζήτησης. Προκύπτει, έτσι, η συχνή αδυναμία κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των μονάδων αφαλάτωσης από συμβατικές πηγές ενέργειας αφού τα τοπικά δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορούν να ανταποκριθούν σε όλες τις απαιτήσεις του δικτύου κατά την περίοδο αιχμών ζήτησης.

Σε περιπτώσεις λοιπών αυτόνομων δικτύων στα νησιά, μπορεί να αποτελέσει βιώσιμη λύση η σύνδεση των μονάδων αφαλάτωσης με μονάδες ΑΠΕ. Ενώ η σύνδεση αυτή έχει αποτελέσει στο παρελθόν αντικείμενο έντονου ερευνητικού ενδιαφέροντος, τα αποτελέσματα από τις προτεινόμενες λύσεις των ερευνητών υπέδειξαν αρκετά προβλήματα κατά τη λειτουργία συστημάτων αφαλάτωσης-ΑΠΕ. Το κύριο πρόβλημα που συναντάται είναι η αδυναμία των ΑΠΕ τόσο για εξασφάλιση συνεχούς παροχής ενέργειας για την απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης.

Λύση σε αυτό το πρόβλημα μπορεί να δώσει ένας υβριδικός σταθμός ΑΠΕ, ο οποίος έχει το πλεονέκτημα της αποθήκευσης ενέργειας και της ελεγχόμενης διάθεσής της. Με την παρουσία ενός ΥΣ εξασφαλίζεται αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας προς τη μονάδα αφαλάτωσης για κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών σε αφαλατωμένο νερό ανά πάσα στιγμή. Ειδικότερα, το καλοκαίρι που οι ζητήσεις σε νερό και σε ενέργεια μεγιστοποιούνται

λόγω της τουριστικής κίνησης, ευνοεί το σύστημα και η ταυτόχρονη μεγάλη διαθεσιμότητα των ΑΠΕ, οπότε η επιπρόσθετη ζήτηση ενέργειας μπορεί εύκολα να καλυφθεί. Τέλος, ένα ακόμη ισχυρό πλεονέκτημα είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη που παρουσιάζει μια τέτοια εγκατάσταση. Αποφεύγεται λοιπόν η εκπομπή ρύπων, όπως CO₂, και έτσι δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον στην προσπάθεια ανάκτησης πόσιμου νερού.

2.7 Ηλεκτροκίνηση και ενέργεια

2.7.1 Γενικά στοιχεία ηλεκτροκίνησης

Ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων (αμιγώς ηλεκτρικών με συσσωρευτή -BEVs-, και υβριδικών -PHEVs-) προβλέπεται ότι τα επόμενα χρόνια ότι θα αυξηθεί σημαντικά, τόσο σε διεθνή όσο και σε εθνική κλίμακα. Ο Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός θέτει ως στόχο για το 2030, ένα στα τρία οχήματα να είναι ηλεκτροκίνητα, και για το έτος 2050, στοχεύει πάνω από το 34% της τελικής ζήτησης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών επιβατικών οχημάτων, να είναι ηλεκτρική. Με τα νέα εθνικά προγράμματα επιδοτήσεων και φορολογικών και οικονομικών ελαφρύνσεων που ισχύουν από τον Αύγουστο του 2020 για την αγορά ενός νέου ηλεκτρικού οχήματος, παρατηρείται η σταδιακή αύξηση της διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα.

Τα επόμενα χρόνια, για την επέκταση της ηλεκτροκίνησης, σημαντική προϋπόθεση αποτελεί η δημιουργία ενός ευρύτερου δικτύου για την ανάπτυξη δημοσίως προσβάσιμων υποδομών επαναφόρτισης. Ο αριθμός των συνολικών σημείων επαναφόρτισης (ιδιωτικών και δημοσίως προσβάσιμων), με βάση τον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό, αναμένεται να προσεγγίσει τα 2000 για το έτος 2021, με την υιοθέτηση ανταγωνιστικού μοντέλου για την αδειοδότηση. Έτσι, προβλέπεται η εκπόνηση Σχεδίου Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων από τους δήμους, και η ανάπτυξη κινήτρων για την εγκατάσταση υποδομών επαναφόρτισης.

Ακόμη, με ορίζοντα την προσπάθεια απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και με γνώμονα την στρατηγική για μείωση των εκπομπών CO₂, επιπλέον στόχος αποτελεί η τροφοδότηση των υποδομών επαναφόρτισης, να προέρχεται αποκλειστικά από ηλεκτροπαραγωγή μέσω ΑΠΕ. Ήδη, με την θεσμοθέτηση φορολογικών κινήτρων, γίνεται ολοένα και ελκυστικότερη η εγκατάσταση υποδομών επαναφόρτισης που θα λειτουργούν με ενέργεια προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές, καθιστώντας έτσι την φόρτιση και την κίνηση των οχημάτων 100% πράσινη. Άλλωστε, η κύρια ιδέα πίσω από την ηλεκτροκίνηση είναι η φόρτιση και κίνηση των οχημάτων από πράσινες και 100% καθαρές πηγές ενέργειας. Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία, με βάση τους στόχους που έχουν τεθεί σε εθνικό επίπεδο για την ηλεκτροκίνηση, μελετάται η προοπτική διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης στο νησί της Κω.

2.7.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα μεταφορών

Τα τελευταία χρόνια πιο έντονο από ποτέ είναι το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της κλιματικής αλλαγής, το οποίο έχει προκαλέσει γενικευμένο προβληματισμό στο σύνολο των σύγχρονων κοινωνιών. Η μείωση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου, όπως το CO₂, αποτελεί πρωταρχικό μέλημα των χωρών της Ευρωπαϊκής

Ένωσης και όχι μόνο. Η ΕΕ στοχεύει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20%, συγκριτικά με τις εκπομπές το 1990. Το ποσοστό αερίων του θερμοκηπίου εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι το 2018 μειώθηκε κατά 23,3%, γεγονός πολύ ενθαρρυντικό.

Από τους πιο ζημιόγουνους κλάδους για το περιβάλλον και την θερμοκρασία του πλανήτη είναι ο κλάδος των μεταφορών. Είναι αξιοσημείωτο ότι το 30% του συνόλου των εκπομπών CO₂ εντός της ΕΕ προέρχεται από τον κλάδο των μεταφορών. Ειδικότερα, οι οδικές μεταφορές αποτελούν το 72% των εκπομπών του κλάδου των μεταφορών. Τα στατιστικά αυτά είναι ενδεικτικά της ανάγκης που υπάρχει για ανανέωση, εκσυγχρονισμό και προσαρμογή του στόλου των οχημάτων στις νέες περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Στην Ελλάδα μάλιστα, ο στόλος των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν καθημερινά είναι πολύ επιβαρυμένος ηλικιακά (μέσος όρος ηλικίας στόλου 15,7 έτη). Συνεπώς, σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα βρίσκονται και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, επιβαρύνοντας σημαντικά το σύνολο των εκπεμπόμενων ρύπων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση πιστή στο στόχο για μείωση των εκπομπών CO₂ έχει θέσει ως στόχο την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κλάδου των μεταφορών κατά 60% έως το 2050, σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών που σημειώνονταν το 1990. Δεδομένου του στόχου αυτού, η Ελλάδα είναι υποχρεωμένη να ακολουθήσει και να χαράξει μία νέα στρατηγική για ένα νέο τοπίο στην αυτοκίνηση, το οποίο θα ανακουφίσει το περιβάλλον από τις τεράστιες ποσότητες εκπομπών ρύπων και θα αναβαθμίσει την ποιότητα ζωής, ειδικά στα πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα.

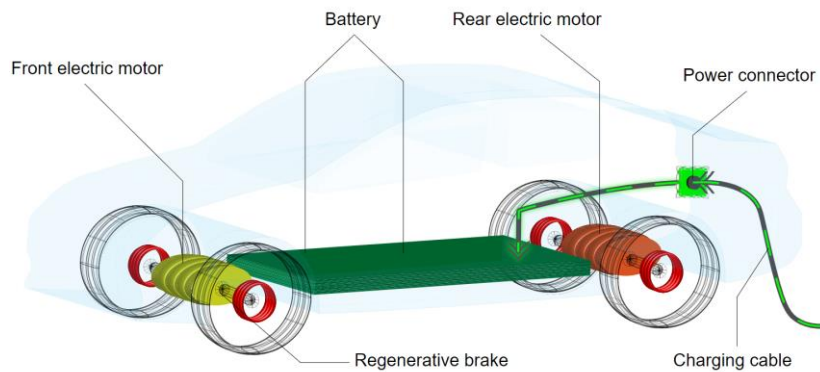
2.7.3 Είδη ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα διαχωρίζονται ανάλογα με την τεχνολογία τους στις εξής κατηγορίες:

✓ **Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery Electric Vehicles – BEV):**

Τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα BEV (Battery electric vehicle) αποτελούνται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα που υποστηρίζεται από μία μεγάλης χωρητικότητας μπαταρία. Για την επαναφόρτισή τους χρησιμοποιούνται ειδικοί φορτιστές που συνδέονται με ηλεκτρικό δίκτυο. Επιπρόσθετα, η μπαταρία φορτίζεται και από το σύστημα ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας που ενεργοποιείται κατά το φρενάρισμα του αυτοκινήτου. Τα BEV σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συμβατικά οχήματα, χρησιμοποιούν μόνο ηλεκτρικούς κινητήρες έναντι κινητήρων εσωτερικής καύσης για την κίνηση του οχήματος, με αποτέλεσμα να μην εκπέμπονται καθόλου ρύποι.

Στο παρακάτω Σχήμα 2.22 φαίνονται τα στοιχειώδη μέρη ενός αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος (BEV):



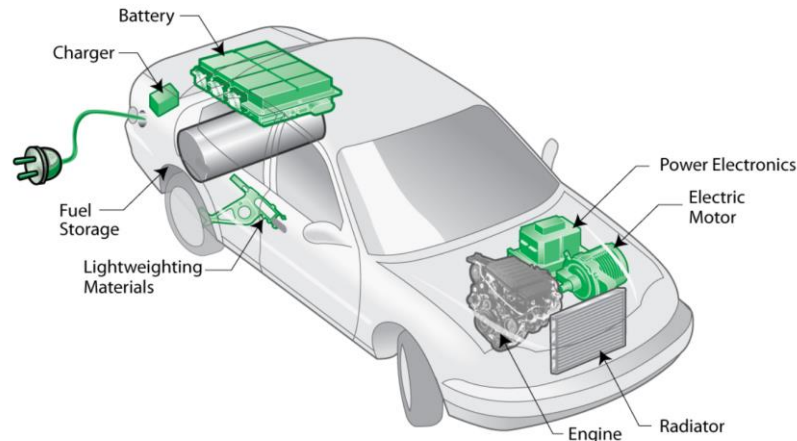
Σχήμα 2.22 Βασικά μηχανικά μέρη ενός BEV αυτοκινήτου. (Πηγή: Wikipedia)

Η μπαταρία υψηλής τάσης -που είναι το βαρύτερο ηλεκτρικό εξάρτημα του οχήματος- τοποθετείται στο πάτωμα, μεταξύ του εμπρός και του πίσω άξονα, προσδίδοντας στο όχημα πολύ χαμηλό κέντρο βάρους, το οποίο βελτιώνει τη συνολική σταθερότητα του οχήματος. Η ονομαστική τάση της μπαταρίας στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μεταξύ 360 και 450 V. Ακόμη τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, διαθέτουν και μια μπαταρία χαμηλής τάσης, η οποία χρησιμοποιείται ως τροφοδοτικό για τον βοηθητικό εξοπλισμό. (Βεντουρή 2021).

✓ **Plug-in Υβριδικά οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicles – PHEV):**

Τα Plug-in υβριδικά οχήματα, διαθέτουν έναν ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος τροφοδοτείται από μια μπαταρία, παρέχοντας μικρή αυτονομία και έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος λειτουργεί συνήθως με καύσιμο Diesel ή φυσικό αέριο. Παρέχουν μεγαλύτερη αυτονομία από ό,τι τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, η οποία είναι αρκετά συγκρίσιμη με αυτήν των βενζινοκίνητων οχημάτων. Για αποστάσεις εντός πόλης της τάξης των 50 km, τα οχήματα αυτής της κατηγορίας μπορούν να κινηθούν μόνο με τη χρήση του ηλεκτροκινητήρα. Για οδήγηση σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης λειτουργεί παράλληλα με τον ηλεκτροκινητήρα για την κίνηση του οχήματος. Τέλος, για οδήγηση σε επαρχιακούς δρόμους που απαιτείται συχνή επιβράδυνση και επιτάχυνση, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης χρησιμοποιείται για την κίνηση μιας γεννήτριας, η οποία φορτίζει την κύρια μπαταρία του οχήματος (Βεντουρή, 2021). Έτσι, εξαλείφεται η ανησυχία του ιδιοκτήτη για την περίπτωση που το όχημα ξεμείνει από απόθεμα ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως με την λειτουργία του κινητήρα εσωτερικής καύσης, τα PHEV οχήματα εκπέμπουν CO₂ κατά την χρήση τους. Παρόλα αυτά οι εκπομπές είναι αισθητά μειωμένες από τα παραδοσιακά συμβατικά οχήματα.

Στο παρακάτω Σχήμα 2.23 φαίνονται τα στοιχειώδη μέρη ενός plug-in υβριδικού οχήματος:



Σχήμα 2.23 Βασικά μέρη ενός plug-in υβριδικού οχήματος (Πηγή: <http://www.autocarhire.com>)

✓ **Ηλεκτρικά οχήματα αυξημένης αυτονομίας (Extended Range Electric Vehicles – EREV)**

Τα EREV (Extended-range electric vehicle) αποτελούνται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος υποβοηθάται από έναν μικρό κινητήρα εσωτερικής καύσης. Σε αντίθεση με τα PHEV, η κίνηση του οχήματος βασίζεται αποκλειστικά από τον ηλεκτροκινητήρα. Ο μικρός κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι υπεύθυνος αποκλειστικά και μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που χρησιμοποιείται για την φόρτιση της μπαταρίας του οχήματος. Συνεπώς, αυτοί οι τύποι οχήματος, αξιοποιούν αρχικά την ενέργεια της μπαταρίας και όταν αυτή εξαντληθεί, θέτουν σε λειτουργία τον κινητήρα εσωτερικής καύσης για την φόρτιση της μπαταρίας, προκειμένου να επιτύχουν μεγαλύτερη αυτονομία οδήγησης.

2.7.4 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

Για έναν πιθανό αγοραστή ηλεκτρικού αυτοκινήτου, η φόρτιση αποτελεί βασικό παράγοντα για την απόφαση αγοράς. Η τεχνολογία των μεθόδων φόρτισης απασχολεί τα κράτη που στοχεύουν στην ανάπτυξη δημοσίου δικτύου φόρτισης. Επιπρόσθετα, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για ανάπτυξη υποδομών φόρτισης και σε ιδιωτικούς χώρους, όπως επιχειρήσεις και ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης. Οι μελλοντικοί ιδιοκτήτες ηλεκτρικών αυτοκινήτων θέλουν να έχουν την γνώση για τους πιθανούς και διαθέσιμους τρόπους φόρτισης του αυτοκινήτου τους.

Οι υποδομές φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, διακρίνονται στις εξής γενικές κατηγορίες:

✓ **Υποδομές ενσύρματης φόρτισης**

Σε αυτές τις υποδομές, τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν τη μέθοδο της ενσύρματης φόρτισης, προκειμένου να συνεχίσουν τη λειτουργία τους, κατά την οποία τα ηλεκτρικά οχήματα συνδέονται μέσω καλωδίου με τους σταθμούς φόρτισης.

✓ **Σταθμοί ανταλλαγής συσσωρευτών (Battery Swapping Stations – BSS)**

Σε αυτές τις υποδομές, η επαναφόρτιση των οχημάτων, επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή συσσωρευτών. Συγκεκριμένα, οι αποφορτισμένες μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων, ανταλλάσσονται στον σταθμό φόρτισης με πλήρως φορτισμένες μπαταρίες. Έτσι, ο οδηγός έχει στη διάθεσή του άμεσα μία πλήρως φορτισμένη μπαταρία, με ελάχιστο χρόνο αναμονής. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές, για την πραγματοποίηση αυτής της διαδικασίας, οι οποίες διακρίνονται βάσει της θέσης του συσσωρευτή στο όχημα, και του σημείου εφαρμογής του ρομποτικού βραχίονα της υποδομής. Συγκεκριμένα, οι διάφορες τεχνικές ανταλλαγής συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται είναι:

1. *Ανταλλαγή από τα πλάγια μέρη του οχήματος (sideways swapping)*

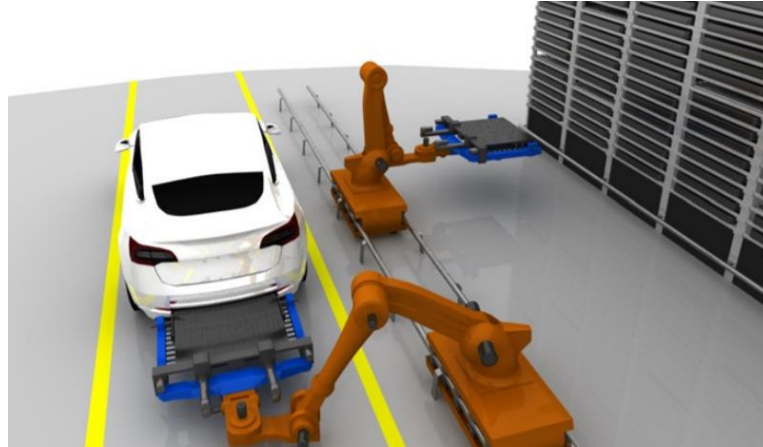
Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται κυρίως στην περίπτωση των φορτηγών, όπου η πλάγια τοποθέτηση ανταλλαγή συσσωρευτή είναι η πιο βολική. (Σχήμα 2.24)



Σχήμα 2.24 Ανταλλαγή μπαταρίας από πλάγια (Πηγή: www.electronicsspecifier.com)

2. *Ανταλλαγή από το πίσω μέρος του οχήματος (rear swapping)*

Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται στα οχήματα όπου ο συσσωρευτής τοποθετείται από πίσω, δηλαδή συνήθως στα SUV (Sport Utility Vehicles), αυτοκίνητα δηλαδή που συνδυάζουν στοιχεία επιβατικών και εκτός δρόμου οχημάτων (Σχήμα 2.25).



Σχήμα 2.25 Ανταλλαγή μπαταρίας από το πίσω μέρος του οχήματος (Πηγή: Bakogiannis, 2020)

3. Ανταλλαγή από το κάτω μέρος του οχήματος (*Bottom swapping*)

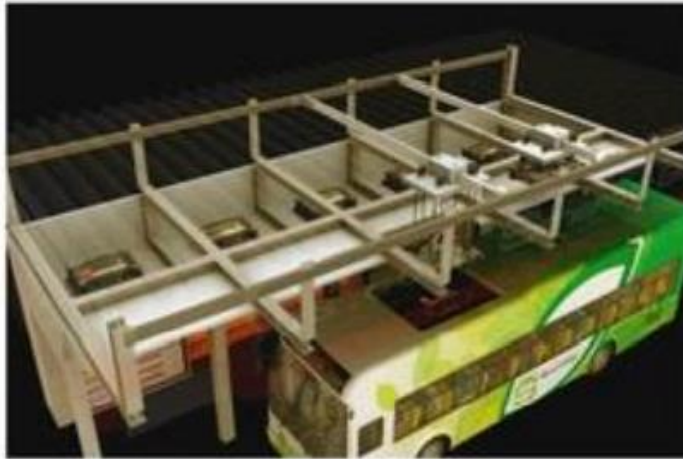
Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται σαφώς στα οχήματα όπου ο συσσωρευτής τοποθετείται από κάτω. Έτσι, η υποδομή είναι με τέτοιο τρόπο κατασκευασμένη, ώστε το όχημα να τοποθετείται σε υπερυψωμένη πλατφόρμα, και ο ρομποτικός βραχίονας να είναι κάτω από το επίπεδο του οχήματος, για την πραγματοποίηση της διαδικασίας. Αυτή η διαδικασία είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη για επιβατηγά ηλεκτρικά οχήματα (Σχήμα 2.26).



Σχήμα 2.26 Ανταλλαγή μπαταρίας από το κάτω μέρος του οχήματος (Πηγή: Βεντουρή, 2021)

4. Ανταλλαγή από το πάνω μέρος του οχήματος (*Top swapping*)

Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται κυρίως για τα ηλεκτρικά λεωφορεία, όπου οι μπαταρίες είναι τοποθετημένες στο πάνω μέρος τους (Σχήμα 2.27).



Σχήμα 2.27 Ανταλλαγή μπαταρίας από το πάνω μέρος του οχήματος (Πηγή: Βεντουρή, 2021)

✓ *Υποδομές για ασύρματη (wireless) φόρτιση*

Μέσω της τεχνολογίας της επαγωγικής φόρτισης, η ηλεκτρική ισχύς μεταφέρεται μέσω ενός κενού αέρα από ένα μαγνητικό πηνίο που βρίσκεται στην υποδομή, σε ένα μαγνητικό πηνίο τοποθετημένο στο ηλεκτρικό όχημα. Τον Οκτώβριο του 2020, η SAE δημοσίευσε το πρώτο πρωτόκολλο (SAE J2954) για επαγωγική επαναφόρτιση, το οποίο σαφώς μπορεί να βοηθήσει στην επιτάχυνση της ανάπτυξης αυτής της τεχνολογίας επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν εκφράσει το ενδιαφέρον για αυτήν την τεχνολογία επαναφόρτισης, με την έκδοση του πρωτόκολλου της SAE. Η επαγωγική φόρτιση υψηλής ισχύος, όπως και η δυναμική επαγωγική επαναφόρτιση, αποτελούν μελλοντικές προκλήσεις αυτής της τεχνολογίας. (Βεντουρή, 2021)

2.7.5 Ηλεκτροκίνηση: Παρόν και μέλλον

1. Παρόν

Νέα έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA) δείχνει σημαντική αύξηση των πωλήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων τα επόμενα χρόνια, η οποία μπορεί να επιταχυνθεί, εάν οι κυβερνήσεις εφαρμόσουν πολιτικές με στόχο την μείωση των εκπομπών ρύπων. Η παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία μπορεί να υπέστη μεγάλο πλήγμα το 2020 λόγω του ιού COVID-19, όμως, η αγορά των ηλεκτρικών αυτοκινήτων γνώρισε μεγάλη αύξηση άνω του 40%. Σύμφωνα με τα στοιχεία της έκθεσης καταγράφηκαν πάνω από 3 εκατομμύρια νέα ηλεκτρικά αυτοκίνητα το 2020, σημειώνοντας αύξηση 41% σε σχέση με το προηγούμενο έτος, όταν η παγκόσμια αγορά αυτοκινήτου συρρικνώθηκε κατά 16% το 2020. Με βάση τις τρέχουσες τάσεις και πολιτικές, ο αριθμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, των φορτηγών, των βαρέων φορτηγών και των λεωφορείων σε κυκλοφορία παγκοσμίως θα φθάσει τα 145 εκατομμύρια έως το 2030.

Στην Ελλάδα, τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα που πουλήθηκαν το 2015 ήταν 54, ενώ το σύνολό τους μέχρι και το 2019 ήταν 426. Από την άλλη, 21 plug-in hybrid μοντέλα πουλήθηκαν το 2015 και μέχρι το 2019 έφτασαν συνολικά τα 290. Ακόμη, μόνο το 2020, εν καιρώ πανδημίας, τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα που πουλήθηκαν ήταν 679 και τα plug-in hybrid 1452. Ουσιαστικά υπήρξε αύξηση 86,8% σε σχέση με τα προηγούμενα πέντε χρόνια. Η εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα κατά την πενταετία 2015-2020 απεικονίζεται στο Σχήμα 2.28.

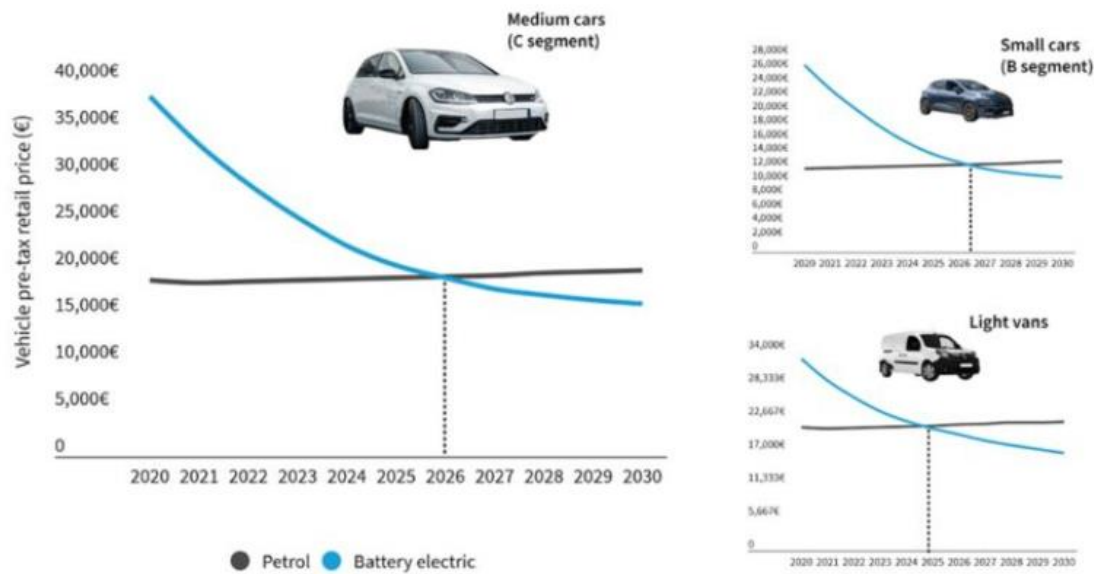


Σχήμα 2.28 Εξέλιξη ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα κατά την περίοδο 2015-2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2020)

Τον Αύγουστο του 2020 ξεκίνησε η εφαρμογή του προγράμματος επιδότησης «Κινούμαι ηλεκτρικά» του ελληνικού δημοσίου που για την αγορά ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων. Σε λιγότερο από έναν χρόνο έχουν ήδη κατατεθεί 13.000 αιτήσεις. Πλέον, ένα στα δέκα καινούρια αυτοκίνητα είναι ηλεκτρικό ή plug-in υβριδικό. Παράλληλα στους πέντε πρώτους μήνες επιδότησης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ταξινομήθηκαν πάνω από 2.500 οχήματα, τη στιγμή που την προηγούμενη τετραετία είχαν πουληθεί μόλις 1.100 αυτοκίνητα. Είναι λοιπόν αντιληπτή η ολοένα και μεγαλύτερη στροφή των αγοραστών νέων αυτοκινήτων προς την ηλεκτροκίνηση.

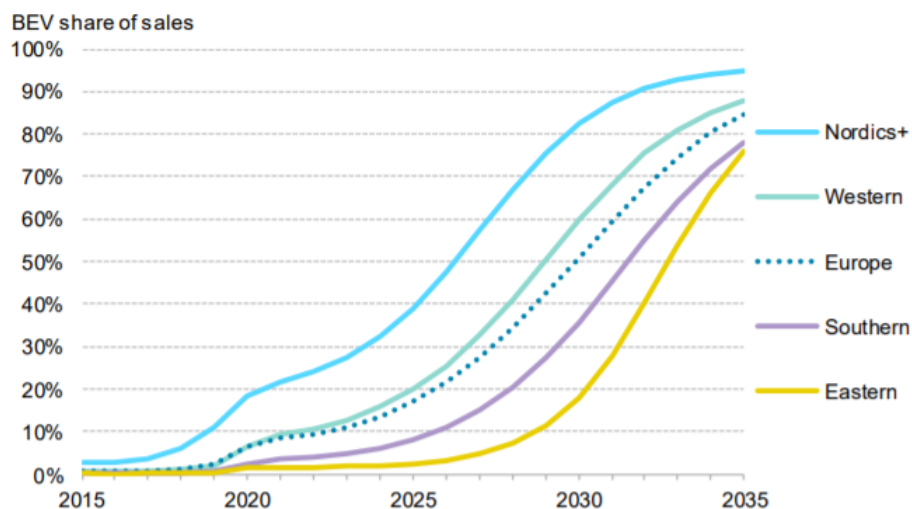
2. Μέλλον

Σύμφωνα με μελέτη του Bloomberg NEF που εκπονήθηκε το 2021 με πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Μεταφορών και Περιβάλλοντος (T&E), τα ηλεκτρικά επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά θα καταστούν φτηνότερα από τα αντίστοιχα συμβατικά που θα κινούνται με ορυκτά καύσιμα το αργότερο μέχρι το 2027. Αυτό θα επιτευχθεί με τις κατάλληλες φορολογικές ελαφρύνσεις, με τις επιδοτήσεις για αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και τη μείωση του κόστους παραγωγής. Η εκτίμηση για την εξέλιξη του κόστους αγοράς συμβατικών και ηλεκτροκίνητων οχημάτων έως και το 2030 απεικονίζεται στο Σχήμα 2.29.



Σχήμα 2.29 Κόστος κτήσης συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων έως και το 2030, χωρίς φορολογία (Πηγή: Έρευνα Bloomberg NEF, 2021)

Επιπρόσθετα, η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι νέες πωλήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με μπαταρίες (BEV) είναι πιθανό να πλησιάσουν ακόμα και το ποσοστό του 100% σε ολόκληρη την ΕΕ μέχρι το 2035, εάν η νομοθεσία επιβάλλει αυστηρότερα όρια στις τιμές των εκπομπών CO₂ και παράλληλα παράσχει ικανοποιητική στήριξη στη δημιουργία των αναγκαίων υποδομών επαναφόρτισης των μπαταριών. Η Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Μεταφορών και Περιβάλλοντος (T&E) εισηγήθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση την αυστηροποίηση των στόχων περιορισμού των εκπομπών που ίσχυαν το 2020 και τον καθορισμό ως ορίου τερματισμού των πωλήσεων νέων αυτοκινήτων που κινούνται με ορυκτά καύσιμα το έτος 2035. Έτσι, με βάση τα παραπάνω, κρίνεται η πρόβλεψη του Bloomberg NEF είναι αρκετά ρεαλιστική και πιθανή να συμβεί. Στο Σχήμα 2.30 απεικονίζεται η πρόβλεψη πωλήσεων νέων ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρία (BEV) στην Ε.Ε.



Σχήμα 2.30 Πρόβλεψη πωλήσεων νέων ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρία (BEV) στην Ε.Ε. (Πηγή: Έρευνα Bloomberg NEF, 2021)

Επιπρόσθετα, τη δεκαετία 2020-2030 αναμένεται να δημιουργηθεί ένα μεγάλο δίκτυο υποδομών φόρτισης, τόσο σε κατοικίες, όσο και σε δημόσιους χώρους και στις εθνικές οδούς. Το κόστος φόρτισης θα είναι μικρό και η τεχνολογία φόρτισης που συνεχώς εξελίσσεται θα είναι φιλική προς τον χρήστη. Τέλος, οι φορολογικές ελαφρύνσεις και τα κίνητρα κτήσης ηλεκτρικού οχήματος έναντι συμβατικού, αναμένεται να κάνουν την απόκτηση ηλεκτρικού οχήματος πολύ πιο ελκυστική από όσο είναι σήμερα. Συνεπώς, αναμένεται η δεκαετία 2020-2030 να είναι καθοριστική για την διεύρυνση της ηλεκτροκίνησης στον τομέα των μεταφορών.

2.7.6 Ηλεκτροκίνηση στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδας – Η περίπτωση της Αστυπάλαιας

Τα αυτόνομα ελληνική νησιά μπορούν να αποτελέσουν σημεία κατατεθέν για το μέλλον της ηλεκτροκίνησης και να αποτελέσουν πεδία έρευνας για την εξέλιξη της. Επίσης, μπορούν να αποτελέσουν διεθνή πρότυπα στην μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και στην λειτουργία μόνο με «πράσινες» ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έτσι, η Ελλάδα μπορεί να μπει δυναμικά στον χάρτη των καθαρών και βιώσιμων μετακινήσεων, φυσικά με τα πλεονεκτήματα των μόνιμων κατοίκων των νησιών να είναι πολλά.

Η αρχή σε αυτή την ιδέα θα γίνει στο νησί της Αστυπάλαιας με το project “Astypalea Smart & Sustainable Island” (Σχήμα 2.31). Την Αστυπάλαια την επέλεξε ο γερμανικός κολοσσός Volkswagen (VW) για να δημιουργηθεί μέσα σε λίγα μόλις χρόνια ένα νησί πρότυπο έξυπνης και πράσινης διαβίωσης, στο οποίο θα κυκλοφορούν οχήματα, σκούτερ, ποδήλατα και μέσα μεταφοράς που θα είναι όλα ηλεκτρικά, αντικαθιστώντας τα αντίστοιχα συμβατικά.



Σχήμα 2.31 Εικόνα από την παρουσίαση του project «Astypalaia: smart, sustainable island» (Πηγή: Volkswagen AG, 2021)

Το project στην Αστυπάλαια χρηματοδοτείται από τη VW και η αρχική επένδυση θα είναι 3 εκατ. ευρώ, ενώ συνολικά το πρόγραμμα θα ανέλθει σε περίπου 20 εκατ. ευρώ. Συγκεκριμένα, στο πρόγραμμα αυτό προβλέπονται:

Η Volkswagen:

- ✓ Θα αντικαταστήσει δωρεάν όλα τα κρατικά και δημοτικά οχήματα με ηλεκτρικά (ασθενοφόρα, πυροσβεστικά οχήματα, λεωφορεία, δημοτικά ΙΧ και περιπολικά)
- ✓ Θα προσφέρει στους αγοραστές τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε τιμή κόστους
- ✓ Θα δημιουργήσει και θα υποστηρίξει σύστημα δημόσιας συγκοινωνίας on demand. Συγκεκριμένα, θα διευρυνθούν τα δρομολόγια και θα υπάρχει συγκοινωνία και κατά τις νυχτερινές ώρες. Κάθε διαδρομή θα μπορεί να κανονίζεται εύκολα και ευέλικτα μέσω ψηφιακής εφαρμογής
- ✓ Θα υποστηρίξει τη λειτουργία ενός πιλοτικού μηχανισμού διαμοιρασμού αυτοκινήτων (car sharing). Θα επιτρέπει σε κατοίκους και επισκέπτες να παραγγέλνουν και να μοιράζονται ηλεκτρικά μεταφορικά μέσα μέσω ψηφιακής εφαρμογής, ευέλικτα, ανάλογα με τις ανάγκες τους και για κάθε προορισμό στο νησί. Με αυτό τον τρόπο θα διευκολυνθούν οι μετακινήσεις στο νησί και προβλέπεται ότι θα μειωθεί ο αριθμός των αυτοκινήτων έως και 30%.
- ✓ Χορήγησε την εγκατάσταση των πρώτων 12 σημείων φόρτισης και παραδόθηκαν στις 2/6/2021.

Το ελληνικό δημόσιο:

- ✓ Με το πρόγραμμα e-astypalea θα δίνει επιδοτήσεις για αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Για την αγορά αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων θα παρέχεται επιδότηση της τάξης του 40%. Αυτή θα αφορά οχήματα αξίας έως και 50.000 ευρώ και θα μπορεί να ανέλθει κατά ανώτατο όριο έως και 12.000 ευρώ. Με ποσοστό 20% και ανώτατο όριο τα 1600 ευρώ ακολουθεί η επιδότηση για την απόκτηση δίκυκλων και τρίκυκλων, ενώ με 40% και ανώτατο όριο τα 800 ευρώ θα επιδοτείται η αγορά ηλεκτρικού ποδηλάτου. Επίσης, θα υπάρχει δυνατότητα προαιρετικής απόσυρσης παλιών αυτοκινήτων που θα κοστολογείται στα 3.000 ευρώ ανά αυτοκίνητο.
- ✓ Θα δίνει επιδοτήσεις για αγορά wall box οικιακών φορτιστών. Συγκεκριμένα, θα παρέχεται σε φυσικά πρόσωπα χρηματοδότηση αξίας 500 ευρώ και στα νομικά 400 ευρώ.
- ✓ Θα κατασκευάσει υβριδικούς σταθμούς για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, με στόχο μέσω αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών να αναπτυχθεί ισχύς 3 MW, ενώ ταυτόχρονα θα εγκατασταθούν συσσωρευτές αποθήκευσης ενέργειας 2 MW. Ο διαγωνισμός θα προκηρυχθεί από τον ΔΕΔΔΗΕ και αφορά στην κάλυψη του 100% των

ενεργειακών αναγκών του νησιού, ώστε η ενέργεια που θα καταναλώνει το νησί να είναι εξ ολοκλήρου πράσινη. Οι νέες υποδομές θα αντικαταστήσουν τις 4 μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από diesel, οι οποίες παράγουν το 90% της ενέργειας του νησιού.

- ✓ Θα βελτιώσει το οδικό δίκτυο και τις υποδομές του νησιού, με τελικό στόχο την πιλοτική εφαρμογή οχημάτων αυτόνομης οδήγησης (χωρίς οδηγό).

Οι άξονες του project «Astypalea: smart, sustainable island», απεικονίζονται στο Σχήμα 2.32.



Σχήμα 2.32 Άξονες του project «Astypalea: smart, sustainable island» (Πηγή: Volkswagen AG, 2021)

Η ολοκλήρωση της Α' φάσης των έργων τοποθετείται στο 2023. Μέχρι τότε εκτιμάται ότι θα έχει ολοκληρωθεί το 100% της αντικατάστασης των οχημάτων και των φορτιστών, ενώ τα έργα ΑΠΕ θα έχουν ολοκληρωθεί στο 60%. Στόχος του προγράμματος είναι τα 1.500 οχήματα που λειτουργούν με κινητήρες εσωτερικής καύσης να αντικατασταθούν από 1.000 ηλεκτρικά, που θα φορτίζονται από ενέργεια 100% πράσινη. Βέβαια, οι πετρελαιοπαραγωγές μονάδες αναμένεται να παραμείνουν στο νησί ακόμα και μετά από την ολοκλήρωση των υβριδικών έργων προκειμένου να λειτουργήσουν ως εφεδρείες σε περιπτώσεις που η ζήτηση εμφανίζει αιχμές και οι μονάδες ΑΠΕ δεν επαρκούν.

Στο παρακάτω Σχήμα 2.33 φαίνεται η πρώτη φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου στο νησί της Αστυπάλαιας στις 2/6/2021.



Σχήμα 2.33 Η πρώτη φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου στο νησί της Αστυπάλαιας, 2/6/2021 (Πηγή: caranddriver.gr, 2021)

Επίσης, την ίδια μέρα παραδόθηκαν τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα Volkswagen και SEAT στις τοπικές αρχές (Σχήμα 2.34 και 2.35). Μεταξύ αυτών, παραδόθηκε το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό αυτοκίνητο της Ελληνικής Αστυνομίας στην χώρα μας, ένα Volkswagen ID.4 καθώς και ηλεκτρικά οχήματα που θα χρησιμοποιούνται στο αεροδρόμιο, το Λιμενικό και τον Δήμο του νησιού: ένα e-Scooter SEAT MS125 και τρία ηλεκτρικά αυτοκίνητα VW e-up!, ID.3 και ID.4. Προς τα τέλη του Ιουνίου του 2021 ξεκίνησαν και οι πωλήσεις ΙΧ ηλεκτρικών οχημάτων με ευνοϊκούς όρους για τους κατοίκους της Αστυπάλαιας.



Σχήμα 2.34 Φωτογραφία από την παράδοση των πρώτων αμιγώς πλήρως ηλεκτρικών αυτοκινήτων της Ελληνικής Αστυνομίας, Αστυπάλαια 2/6/2021 (Πηγή: caranddriver.gr, 2021)

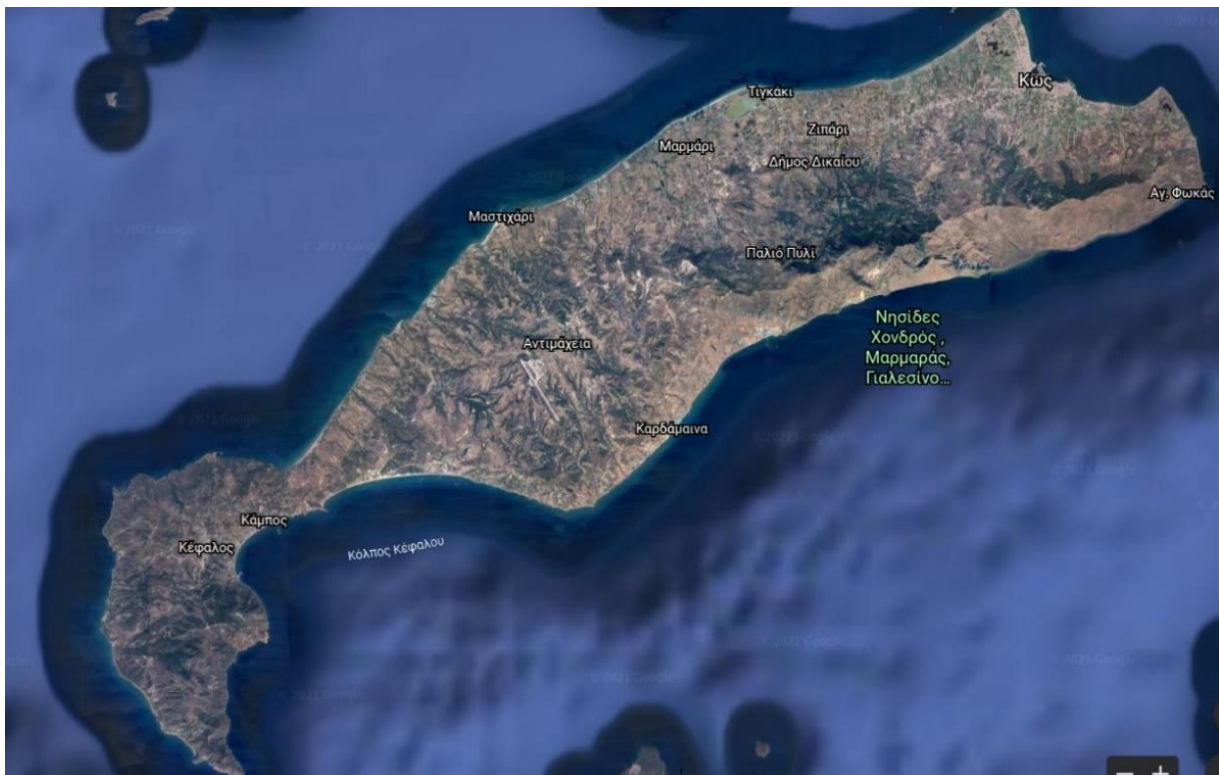


Σχήμα 2.35 Φωτογραφία από τα πρώτα e-scooter που παραδόθηκαν στον Δήμο Αστυπάλαιας, 2/6/2021 (Πηγή: caranddriver.gr, 2021)

3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Κως

Η Κως είναι ελληνικό νησί του Αιγαίου (Σχήμα 3.1). Είναι το τρίτο μεγαλύτερο νησί των Δωδεκανήσων σε έκταση μετά τη Ρόδο και την Κάρπαθο και το δεύτερο σε πληθυσμό μετά τη Ρόδο. Η επιφάνεια του νησιού είναι 295,3 τ.χλμ. με ακτογραμμή 112 χιλιομέτρων. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η Κως, όπου βρίσκεται και το κυριότερο λιμάνι του νησιού. Απέχει από το λιμάνι του Πειραιά 200 ναυτικά μίλια. Το νησί διαθέτει και αεροδρόμιο το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 27 χιλιομέτρων, νοτιοδυτικά της πόλης της Κω, κοντά στο χωριό της Αντιμάχειας.



Σχήμα 3.1 Το νησί της Κω (Πηγή: Google Earth)

3.2 Ιστορικά στοιχεία

Η Κως έχει μακρά και πλούσια ιστορία που χαρακτηρίζεται από διαφορετικούς πολιτισμούς που κατά καιρούς κυβερνούσαν το νησί. Ήταν ακατοίκητη μέχρι την τρίτη χιλιετία π.Χ, ενώ κατά την πρώιμη εποχή του Χαλκού μεγάλοι πληθυσμοί μετακινήθηκαν στο Αιγαίο. Σύμφωνα με τα ευρήματα της σπηλιάς της «Άσπρης Πέτρας» στον Κέφαλο, η πόλη της Κω υπήρξε κατά καιρούς ακατοίκητη μέχρι το τέλος της τρίτης χιλιετίας π.Χ.

Το νησί γνώρισε μεγάλη ακμή όταν κατά τη διάρκεια της δεύτερης χιλιετίας π.Χ. οι Μινωίτες εγκαταστάθηκαν εκεί ενώ οι λαοί της Κω πήραν μέρος και στον Τρωικό Πόλεμο, στέλνοντας

πάνω από τριάντα πλοία. Μια νέα εποχή ανάπτυξης ακολούθησε όταν οι Δωριείς κυβέρνησαν το νησί τον 7ο και 6ο αι. π.Χ. Η Κως μαζί με τις πόλεις της Λίνδου, της Ιαλυσού και της Καμείρου στη Ρόδο, στην Κίνδο και στην Αλικαρνασσό δημιούργησαν μια συμμαχία πολιτικού, οικονομικού και θρησκευτικού ενδιαφέροντος, τη Δωρική Εξάπολη ενώ το νησί εντάχθηκε και στην Αθηναϊκή συμμαχία μετά την ήττα των Περσών κατά τον 5ο αιώνα π.Χ..

Το νησί γνώρισε μεγάλη ακμή εξαιτίας του φυσικού του περιβάλλοντος, του εμπορίου και της επεξεργασίας του ασημιού. Είναι επίσης γνωστό για τους καλλιτέχνες του αλλά και τους επιστήμονες που έζησαν στο νησία, με τον Ιπποκράτη να είναι ανάμεσα στις πιο αναγνωρίσιμες φιγούρες του νησιού. Ο Ιπποκράτης, που γεννήθηκε στην Κω το 460 π.Χ, δικαίως θεωρείται από τους επιστήμονες ως ο πατέρας της ιατρικής. Ήταν ίσως ο σπουδαιότερος γιατρός του αρχαίου κόσμου και ο σημαντικότερος εκπρόσωπος της Ιατρικής Σχολής της Κω, αλλά και βαθύς φιλόσοφος και ανθρωπιστής.

Στην Κω, μετά από μια περίοδο ολιγαρχικών και τυραννικών καθεστώτων, η δημοκρατία έφτασε το 394 π.Χ. όταν το νησί γνώρισε σημαντική ανάπτυξη στα οικονομικά και στην εκπαίδευση. Κατά τη διάρκεια της Ελληνιστικής περιόδου το νησί κυριολεκτικά απογειώθηκε και το 82 π.Χ. η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία πήρε τον έλεγχο και κυβέρνησε μέχρι το 53 μ.Χ. Οι Βενετοί κατέκτησαν την Κω το 1204 μ.Χ. και κυβέρνησαν μέχρι να παραδώσουν το νησί στους ιππότες του Αγίου Ιωάννη το 1215. Οι Ιππότες έχτισαν το κάστρο τον 14ο αιώνα για να αποτρέψουν την τούρκικη εισβολή και αυτό στέκει μέχρι σήμερα στην είσοδο του λιμανιού της Κω. Τον 15ο αιώνα, οι Τούρκοι τελικά κατέλαβαν το νησί έως το 1912 ενώ σειρά είχαν οι Ιταλοί που κυριάρχησαν έως το 1943.

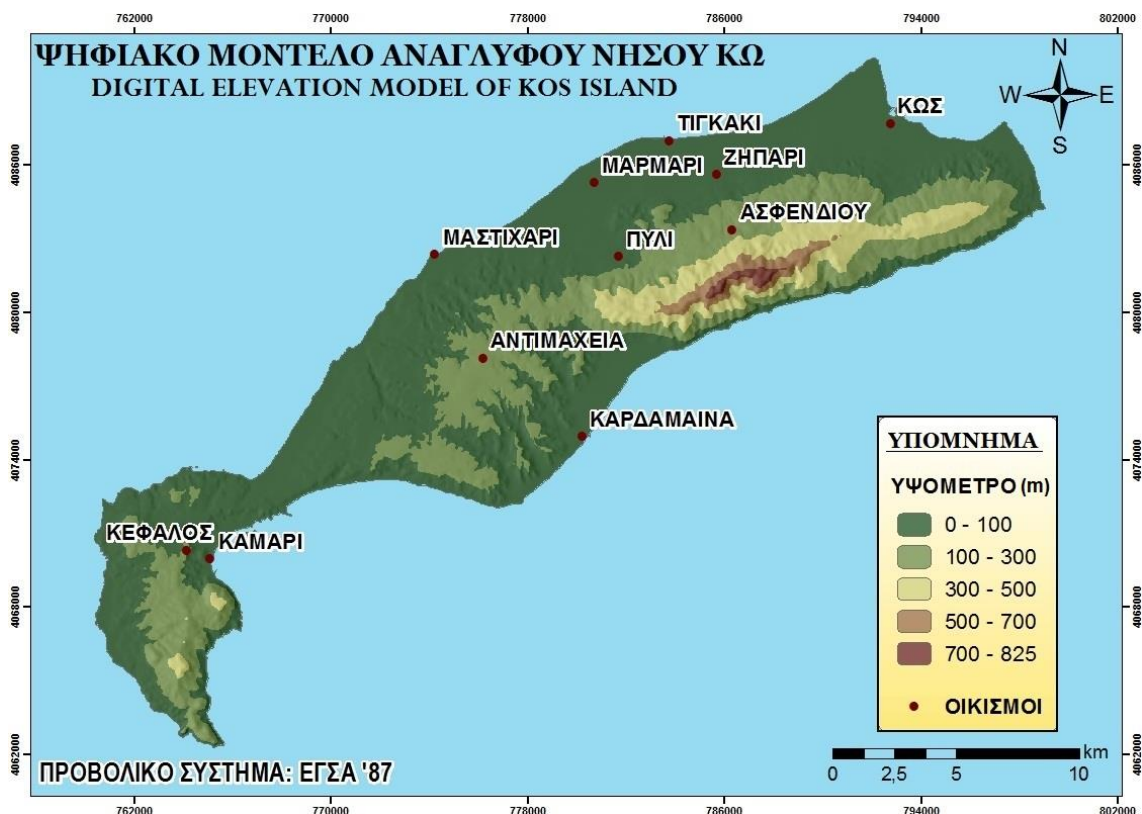
Ένας μεγάλος σεισμός χτύπησε το νησί το 1930 και κατέστρεψε πολλά αρχαιολογικά σημεία ενώ οι Γερμανοί έφτασαν το 1943 και εκτόπισαν τους Ιταλούς. Ο βρετανικός στρατός απελευθέρωσε τους κατοίκους από τη Γερμανική κατοχή το 1945 και έβαλε τέλος σε μία δύσκολη κατοχή. Τέλος, η Κως άνηκε στη Βρετανία μέχρι και το 1948 όπου ενώνεται με την Ελλάδα.

3.3 Γεωμορφολογικά Δεδομένα

Η συνολική έκταση του νησιού είναι 282,5 τετρ. χιλιόμετρα, μήκος 45 χιλιόμετρα και πλάτος 2–11 χιλιόμετρα. Το ΒΑ μέρος του αποτελείται κυρίως από γόνιμα και πεδινά εδάφη ενώ το ΝΔ μέρος από εδάφη άγονα και ορεινά, με εξαίρεση την εύφορη πεδιάδα της περιοχής της Καρδάμαινας και την πεδιάδα στον όρμο της Κεφάλου. Το Όρος Δίκαιος, γνωστό στους αρχαίους ως Ωρομέδων, Ωρίων ή Δίκαιον, είναι το ψηλότερο βουνό της Κω, με υψόμετρο 846 μέτρα.

Το σύνολο του νησιού από άποψη μορφολογίας παρουσιάζει πολυπλοκότητα, με διακριτές περιοχές που επικρατούν τα βουνά, οι λόφοι και οι πεδιάδες. Η μορφολογική αυτή εικόνα είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης αφ' ενός μεν των βραχωδών ανθρακικών και ηφαιστειακών πετρωμάτων, αλλά και της επικάλυψης μεγάλου μέρους του νησιού από τα χαλαρά ηφαιστειακά υλικά που διαβρώνονται και αποσαθρώνονται εύκολα. Από μορφολογική άποψη στο νησί μπορεί να διακριθεί σε τρία κύρια τμήματα με κέντρο την ευρύτερη λοφώδη

περιοχή Βολκανίας-Αντιμάχειας-Πυλίου. Στις νότιες παράκτιες περιοχές σχηματίζεται η επιμήκης πεδιάδα της Καρδάμαινας και ο κάμπος της Κεφάλου, ενώ στον όρμο του Χοχυλαρίου στα βόρεια η αποσάθρωση των ηφαιστειακών πετρωμάτων και η αιολική διάβρωση έχουν δημιουργήσει ένα τελείως ιδιαίτερο για τα ελληνικά δεδομένα τοπίο αμμολόφων. Στα βορειοανατολικά της κεντρικής περιοχής σχηματίζεται η πεδιάδα του Πυλίου η οποία επεκτείνεται σε ολόκληρο το ανατολικό τμήμα της Κω μέχρι τη περιοχή του Φωκά ενώ προς δυσμάς επεκτείνεται και περιλαμβάνει την πεδιάδα του Μαστιχαρίου έως σχεδόν τον όρμο του Χοχυλαρίου Το ανατολικό τμήμα του νησιού παρουσιάζει μικτό ανάγλυφο με ορεινές εκτάσεις και απόκρημνα πρανή, λοφώδεις περιοχές στις προσβάσεις τους και εκτεταμένη πεδιάδα κατά μήκος της βόρειας ακτής. Το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της νήσου Κω παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 Ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου νήσου Κω (Πηγή: Πολιτική Προστασία Δήμου Κω)

3.4 Φυσικό περιβάλλον και χρήσεις Γης

Η Κως είναι ένα νησί με πλούσια βλάστηση, πολλές πηγές και πεδιάδες. Το γεωφυσικό ανάγλυφο του νησιού παρουσιάζει έντονες χαράδρες με απότομους γκρεμούς, σχηματισμούς φυσικών απορροών και φαράγγια. Η παραλιακή ζώνη χαρακτηρίζεται κυρίως από αμμώδεις παραλίες, αμμοθίνες και σε μικρότερη έκταση τα παράλια είναι βραχώδη με απότομες εκβάσεις στη θάλασσα. Στο όρος Δίκαιος επικρατούν πευκοδάση *Pinus brutia*, κυπαρίσσια και φρύγανα αποτελώντας σημαντική περιοχή για την αναπαραγωγή απειλούμενων πτηνών. Το νησί διαθέτει δύο υδροβιότοπους, την αλυκή στο Τιγκάκι στο βόρειο τμήμα του νησιού και το έλος Ψαλίδι, που το καθιστούν σημαντικό σταθμό

αποδημητικών πουλιών. Ιδιαίτερα σημαντικό, όσο αφορά την οικολογική διάσταση του νησιού, είναι ένας δάσος κέδρων νότια της Κεφάλου που επεκτείνεται με την μορφή λεπτής ζώνης σε όλη την παραλιακή περιοχή από το ακρωτήριο Τηγάνι μέχρι το ακρωτήριο της Χελώνας. Γενικά η χλωρίδα του νησιού είναι πλούσια και περιλαμβάνει σχεδόν 1.000 διαφορετικά είδη φυτών. Η περιοχή που περιλαμβάνει την αλυκή στο Τιγκάκι, το όρος Δίκαιος και το έλος Ψαλίδι έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000 (ΚΩΣ: ΑΚΡΩΤΗΡΙΟ ΛΟΥΡΟΣ - ΛΙΜΝΗ ΨΑΛΙΔΙ - ΟΡΟΣ ΔΙΚΑΙΟΣ - ΑΛΥΚΗ - ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΖΩΝΗ - GR4210008) και καλύπτει έκταση 10.138,24 εκταρίων.

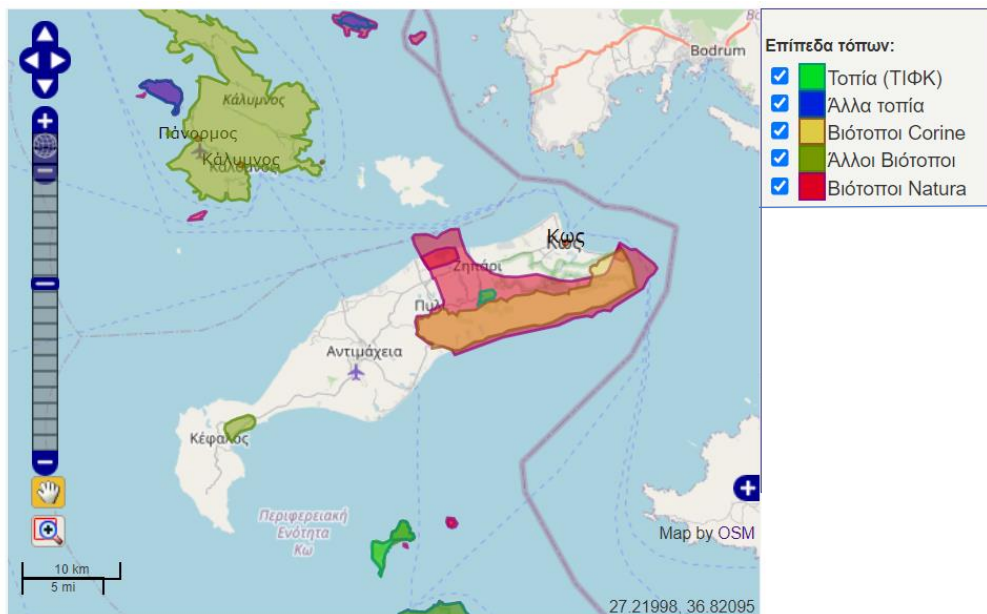
Η περιοχή στο ορεινό μέρος του Ασφενδιού που περιλαμβάνει τη Ζιά και το Λαγούδι έχει χαρακτηριστεί ως τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Επίσης στο νησί υπάρχουν έξι ζώνες χαρακτηρισμένες ως καταφύγια άγριας ζωής:

- Αγ. Φωκάς - Ψαλίδι -Καστέλο - Ηρακλής (Δ. Κως) (έκταση 21.933 στρ.).
- Υγροβιότοπος Αλυκής (Βαϊ - Αλυκής) (Δ. Δικαίου) (έκταση 2.133 στρ.)
- Λιμιώνα - Σφακιά - Κέφαλος - Καμήλα (Δ. Ηρακλειδών) (έκταση 7.140 στρ.)
- Παλιοράχη - Κάστρο - Τσαγκάρη (Αντιμάχεια - Καρδάμαινα) (έκταση 12.172 στρ.)
- Κάστρο - Τσάγκαρη - Τσαμπι - Σαμπεης - Αέρας (Δ. Ηρακλειδών) (έκταση 14.750 στρ.)
- Ασφενδιού - Πυλίου (Δ. Δικαίου) (έκταση 6.875 στρ.)

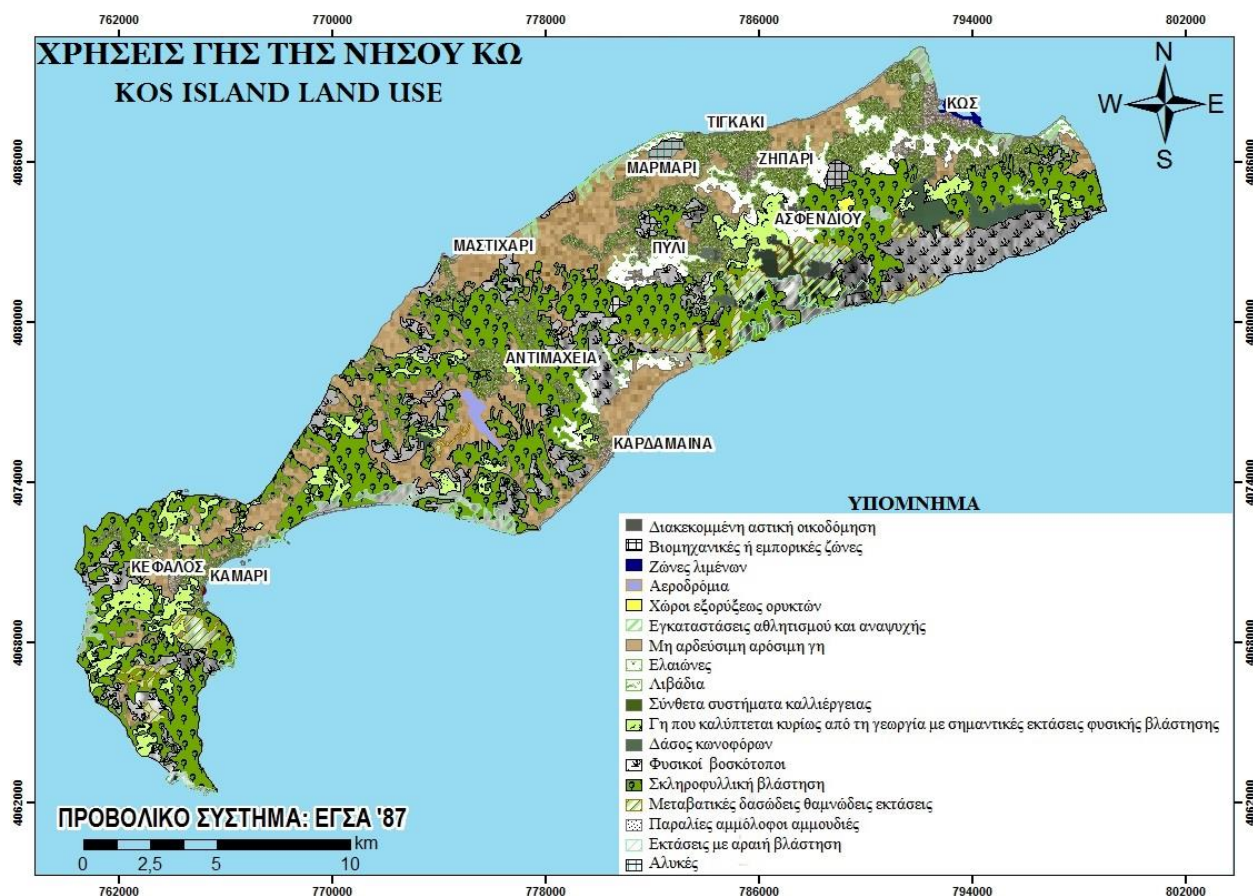
Σύμφωνα με το CORINE 2000 υπάρχουν διάσπαρτοι φυσικοί βοσκότοποι κυρίως στις νοτιοανατολικές και κεντρικές περιοχές της Κω, εκ των οποίων διακρίνονται κυρίως ένας στα ανατολικά του νησιού εκτάσεως 11.190 στρ. και ένας μεταξύ Πυλίου και Αντιμάχειας και Καρδάμαινας με έκταση περίπου 4.000 στρ. Σύμφωνα με το ίδιο σύστημα χαρακτηρισμού χρήσεων γης οι φρυγανώδεις εκτάσεις εντοπίζονται σχεδόν σε όλο το νησί με υψηλότερη πυκνότητα αυτών στα κεντρικά, νότια και νοτιοανατολικά του νησιού. Τέλος, η Κως διαθέτει ιαματικές πηγές, όπως τα «Εμπρός Θέρμη» στον Άγιο Φωκά (Πηγή του Ιπποκράτη), τα «Πίσω Θέρμη» στην Αγία Ειρήνη, του Αγίου Σουλά, του Κοκκινόνερου κ.ά.

Σημειώνεται ότι η εγκατάσταση δραστηριοτήτων δεν απαγορεύεται εντός προστατευόμενων περιοχών. Όμως, τα έργα, είτε εντός είτε πλησίον των περιοχών NATURA, οφείλουν να εναρμονίζονται με τον χαρακτήρα των ευαίσθητων αυτών περιοχών, ενισχύοντας τις βιώσιμες και ήπιες μορφές οικονομικής ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, απαγορεύονται δραστηριότητες που θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα προστατευόμενα είδη ή στους ίδιους τους οικοτόπους. Ο Χάρτης απεικόνισης των τοπίων (ΤΙΦΚ) , βιότοπων Corine και Natura 2000 παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3.

Όπως προαναφέρθηκε, το ΒΑ μέρος του νησιού αποτελείται κυρίως από γόνιμα και πεδινά εδάφη ενώ το ΝΔ μέρος από εδάφη άγονα και ορεινά, με εξαίρεση την εύφορη πεδιάδα της περιοχής της Καρδάμαινας και την πεδιάδα στον όρμο της Κεφάλου. Οι χρήσεις Γης, όπως παρέχονται από την Πολιτική Προστασία Δήμου Κω, απεικονίζονται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.3 Χάρτης απεικόνισης των τοπίων (ΤΙΦΚ), βιότοπων Corine και Natura 2000 στη νήσο Κω (Πηγή: Φιλότης, 2021)



Σχήμα 3.4 Χρήσεις Γης της νήσου Κω (Πηγή: Πολιτική Προστασία Δήμου Κω)

3.5 Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα αναλυτικά μετεωρολογικά στοιχεία που παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.1 και 3.2, είναι από το Μετεωρολογικό σταθμό της Κω. Από τους πίνακες αυτούς προκύπτουν τα εξής:

- Ως προς την θερμοκρασία, η μικρότερη μέση ελάχιστη εμφανίζεται το μήνα Φεβρουάριο (8,32 °C) με μέση απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία τους 2,75 °C. Η μεγαλύτερη μέση μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο (30,67 °C) με μέση απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία τους 35,75 °C.
- Ως προς τα κατακρημνίσματα θα πρέπει να σημειωθεί ότι το μέσο ύψος βροχής είναι 559,54 χιλιοστά, με τον μήνα Δεκέμβριο να εμφανίζεται με το μεγαλύτερο μέσο μηνιαίο ύψος βροχής τα 121,96 χιλιοστά.. Ο Ιανουάριος είναι ο μήνας με το υψηλότερο μέγιστο ημερήσιας βροχής (134,90 χ.).
- Ως προς τους ανέμους οι επικρατούντες άνεμοι είναι Βόρειοι με μέσο ετήσιο αριθμό ημερών που εμφανίζουν ένταση άνω των 8 μποφόρ τις 17,96, από αυτές οι περισσότερες εμφανίζονται από το Δεκέμβριο έως το Μάρτιο (11,85 ημέρες)

Πίνακας 3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα Σταθμού Κω 1981-2013 (Θερμοκρασία, υετός, άνεμοι) (Πηγή: ΕΜΥ, 2014)

ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ °C							Μέση σχετική υγρασ. %	Μέση νέφωση όγδοα	ΥΕΤΟΣ		Επικρατ. διεύθυν. Ανέμου	Μέση έντ. ανέμου σε κόμβους
	Μέση	Μέση Μέγιστη	Μέση Ελάχιστη	Απόλυτος Μέγιστη	Απόλυτος Ελάχιστη	Μέση απόλυτος Μέγιστη	Μέση απόλυτη Ελάχιστη			Μέσο ύψος βροχής	Μέγ. 24ωρου σε χιλσμ.		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11,06	13,60	8,91	19,00	-0,80	17,43	3,68	71,30	3,84	102,09	134,90	N	9,63
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10,72	13,48	8,32	20,40	-2,00	17,62	2,75	70,77	3,76	87,00	105,60	N	10,56
ΜΑΡΤΙΟΣ	12,32	15,27	9,72	23,40	0,00	19,59	4,75	71,53	3,45	72,85	97,20	N	9,44
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,61	18,87	12,51	29,00	3,80	24,48	8,67	70,12	3,21	32,62	46,20	N	8,80
ΜΑΙΟΣ	19,71	23,53	16,05	35,60	9,00	29,28	12,10	66,33	2,21	12,32	21,60	N	8,61
ΙΟΥΝΙΟΣ	24,03	28,23	19,88	36,20	12,40	33,33	16,22	59,80	0,73	2,76	16,40	N	9,69
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,14	30,67	22,04	39,40	17,40	35,75	19,35	58,04	0,21	0,10	2,20	N	11,30
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,78	30,31	22,20	39,00	12,80	34,90	19,40	62,56	0,24	1,13	26,00	N	10,65
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	23,33	27,37	20,06	36,40	15,40	31,75	17,30	64,17	0,71	5,94	30,50	N	9,44
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	19,75	23,31	16,95	36,20	8,20	28,57	12,77	68,26	1,89	32,39	88,40	N	8,55
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	15,38	18,23	13,05	29,20	4,00	23,20	8,09	71,63	3,33	88,37	70,40	N	9,03
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	12,42	14,88	10,35	20,20	1,20	18,87	4,80	74,04	4,11	121,96	95,30	N	9,66
ΕΤΟΣ	18,02	21,48	15,00	39,40	-2,00	26,23	10,82	67,38	2,31	559,54	134,90	N	9,61

Πίνακας 3.2 Μετεωρολογικά δεδομένα Σταθμού Κω 1981-2013 (Πηγή: ΕΜΥ, 2014)

ΜΗΝΕΣ	Νέφωση από 0 - 1.5/8	Νέφωση από 1.6/8 - 6.4/8	Νέφωση από 6.5/8 - 8/8											Ελάχιστη θερμοκρασία <= 0.0 °C	Μέγιστη θερμοκρασία <= 0.0 °C	Μέγισ. Ταχύτητα ανέμου >= από 6 Μποφόρ	Μέγισ. Ταχύτητα ανέμου >= από 8 Μποφόρ
				Θιβρός	Βροχή	Χιόνι	Καταιγίδα	Χαλάζι	Ψεκάδες	Ομίχλη	Άφρος	Πάχνη					
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6,23	20,50	4,27	0,00	11,32	0,23	3,77	0,14	0,05	0,00	0,05	0,00	0,09	0,00	12,52	2,71	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,13	18,48	3,61	0,00	10,13	0,26	3,70	0,13	0,04	0,00	0,22	0,00	0,30	0,00	13,36	4,64	
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,50	19,32	3,18	0,05	7,62	0,10	3,43	0,00	0,00	0,24	0,23	0,00	0,05	0,00	11,30	2,35	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,00	19,74	2,26	0,05	6,23	0,00	2,32	0,00	0,09	0,50	0,32	0,00	0,00	0,00	9,23	1,55	
ΜΑΙΟΣ	14,48	15,43	1,10	0,00	2,81	0,00	1,10	0,00	0,05	1,57	0,29	0,05	0,00	0,00	7,38	0,33	
ΙΟΥΝΙΟΣ	25,00	4,96	0,04	0,00	0,82	0,09	0,50	0,00	0,00	1,14	0,43	0,00	0,00	0,00	9,91	0,45	
ΙΟΥΛΙΟΣ	29,70	1,26	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,96	0,13	0,00	0,00	0,00	14,17	0,57	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	29,74	1,26	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,83	0,52	0,00	0,00	0,00	11,78	0,22	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	24,83	5,04	0,13	0,00	1,00	0,04	0,48	0,00	0,00	1,43	0,79	0,00	0,00	0,00	8,41	0,41	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,38	14,00	0,63	0,08	3,29	0,00	1,83	0,00	0,00	0,54	0,33	0,00	0,00	0,00	8,18	0,82	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	8,58	18,71	2,71	0,04	9,63	0,00	4,04	0,00	0,08	0,08	0,58	0,00	0,00	0,00	10,45	1,73	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4,88	21,71	4,29	0,17	12,70	0,04	4,57	0,22	0,13	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	12,57	2,19	
ΕΤΟΣ	182,44	160,40	22,26	0,39	65,62	0,76	25,82	0,48	0,44	7,29	4,15	0,05	0,44	0,00	129,28	17,96	

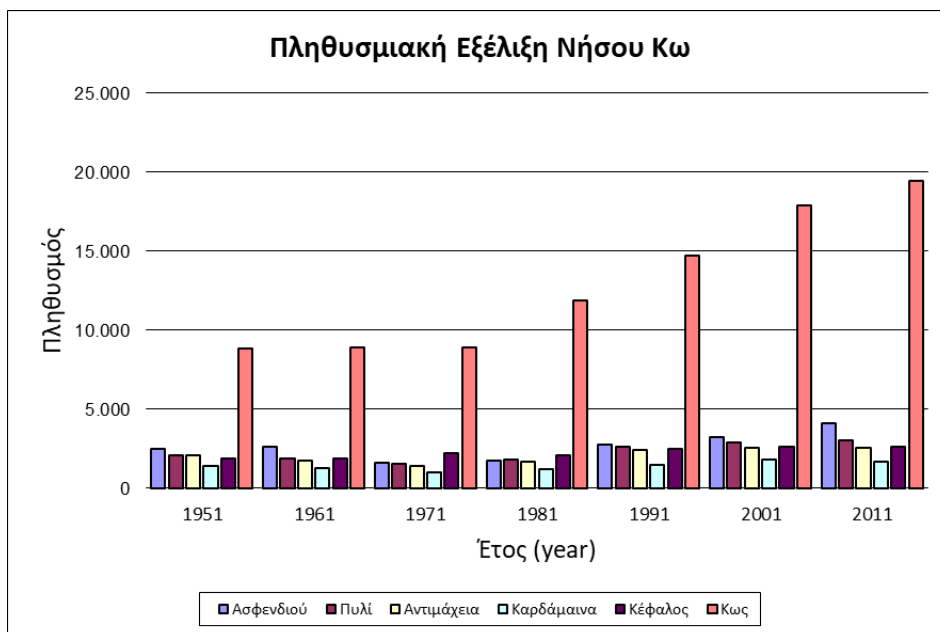
3.6 Δημογραφικά στοιχεία – Τουριστική κίνηση

Ο πληθυσμός του νησιού σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 33.388 μόνιμους κατοίκους. Η εξέλιξη του πληθυσμού από το 1951, όπως αυτή φαίνεται στον Πίνακα 3.3, δείχνει μια σαφή τάση αύξησης του πληθυσμού. Ιδιαίτερα από την απογραφή του 1971 και έπειτα, η αύξηση του πληθυσμού ήταν ραγδαία με πιο σημαντική αυτήν που καταγράφεται το 2011, όπου ο πληθυσμός του νησιού αυξήθηκε κατά 49%.

Πίνακας 3.3 Πληθυσμιακή εξέλιξη της νήσου Κω (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

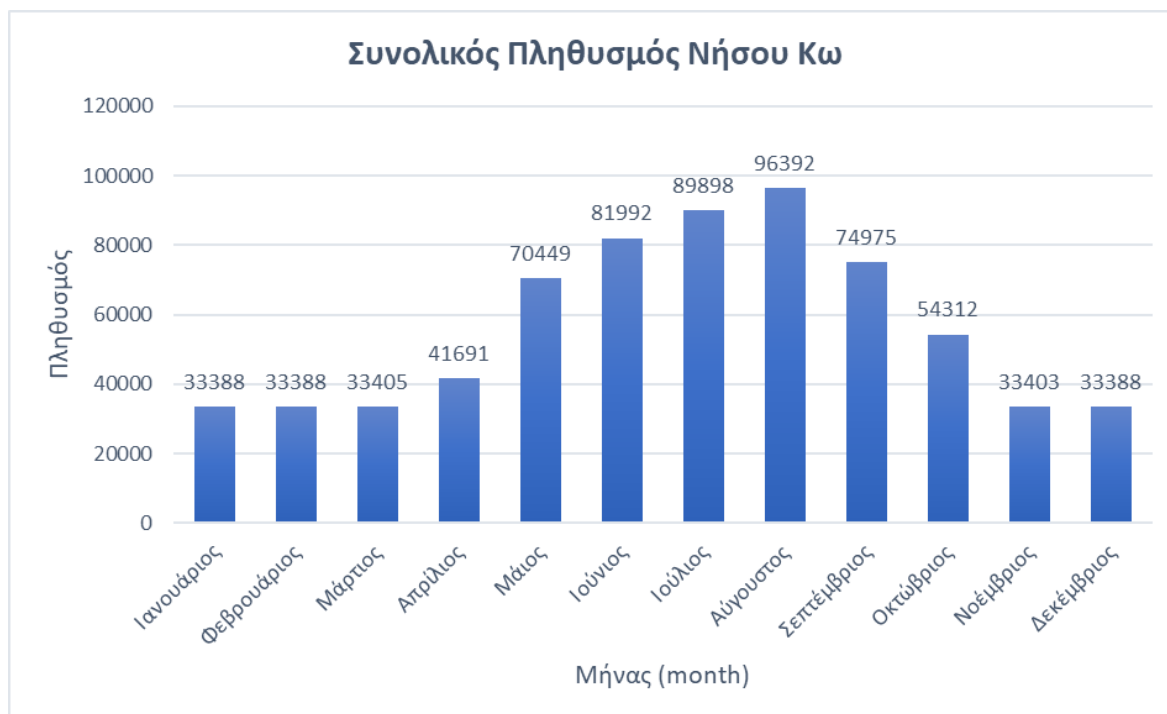
Πληθυσμιακή Εξέλιξη της νήσου Κω							
	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011
Ασφενδιού	2.500	2.590	1.594	1.723	2.741	3.205	4.094
Πυλί	2.092	1.883	1.508	1.816	2.630	2.889	3.036
Αντιμάχεια	2.061	1.720	1.428	1.676	2.392	2.573	2.538
Καρδάμαινα	1.374	1.229	1.010	1.212	1.451	1.783	1.650
Κέφαλος	1.886	1.861	2.197	2.072	2.451	2.609	2.638
Κως	8.863	8.904	8.913	11.851	14.714	17.890	19.432
Νήσος	18.776	18.187	16.650	20.353	26.379	30.949	33.388

Επίσης, την μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού την έχει ανά τις δεκαετίες η πόλη της Κω, η οποία από τους 8913 κατοίκους το 1971, το 2011 έφτασε τους 19432 κατοίκους. Από το 2001 στο 2011 παρατηρείται μια ελαφριά αύξηση του πληθυσμού, από τους 30949 κατοίκους στους 33.388. Η εξέλιξη του πληθυσμού της Νήσου Κω από το 1951 έως το 2011 φαίνεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5 Εξέλιξη πληθυσμού στους οικισμούς της Κω (1951-2011) (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

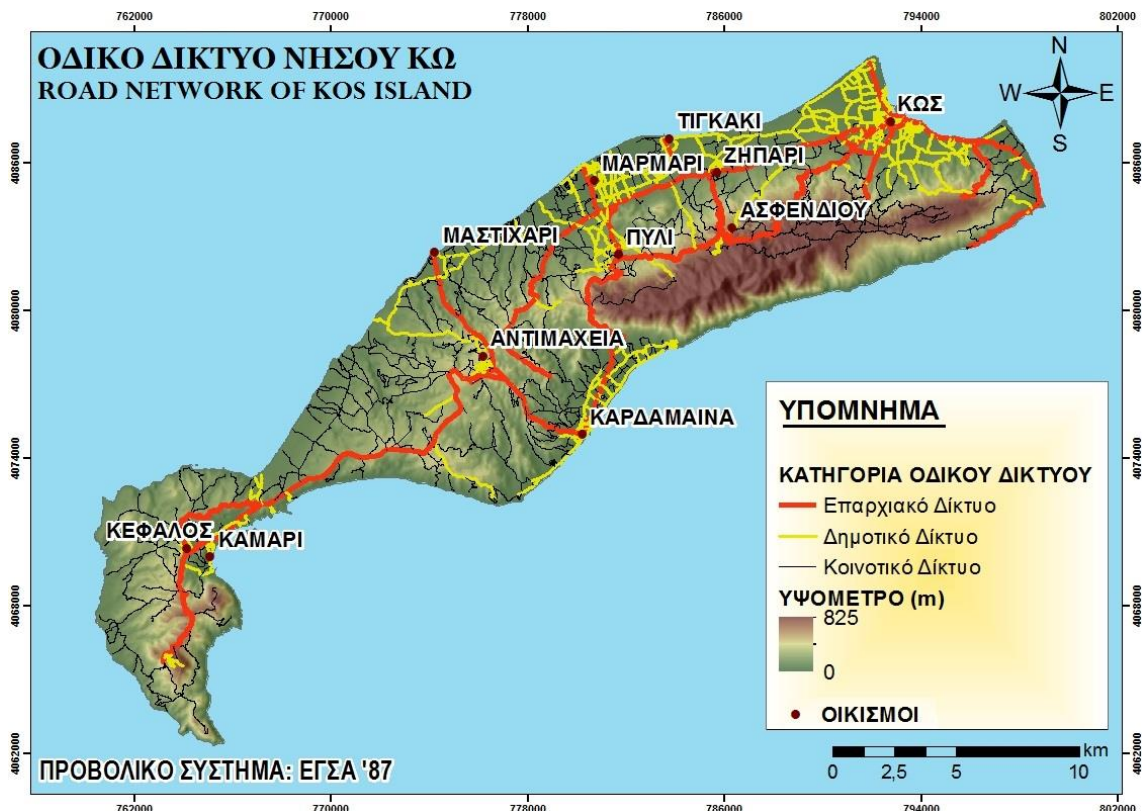
Το νησί όμως έχει και έντονη τουριστική κίνηση, τους θερινούς μήνες και όχι μόνο. Η εύκολη πρόσβαση με πλοίο ή αεροπλάνο και το φυσικό κάλος του νησιού καθιστούν την Κω έναν πολύ ελκυστικό προορισμό. Με βάση στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ για τις αφίξεις με αεροπλάνο και με πλοίο, η εκτίμηση του πληθυσμού της Κω ανά μήνα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6 Εκτίμηση της μηνιαίας διακύμανσης του πληθυσμού στο νησί της Κω (Μόνιμοι κάτοικοι και τουρίστες)

3.7 Οδικό δίκτυο

Η νήσος Κως διαθέτει ένα επαρκές και σε σχετικά καλή κατάσταση οδικό δίκτυο (Σχήμα 3.7). Το κύριο οδικό δίκτυο είναι γενικά σε καλή κατάσταση ειδικά προς τους τουριστικούς προορισμούς. Σε αυτό διευκολύνει και η χάραξή του όπου λόγω μορφολογίας απουσιάζουν οι πολλές στροφές στους δρόμους. Προβλήματα αποτελούν, η απουσία φωτισμού του δικτύου τη νύχτα και ειδικά στο κομμάτι με τις στροφές (πόρτες Αντιμάχειας), που το κάνει επικίνδυνο και ο μεγάλος αριθμός στενών δρόμων που διασταυρώνονται με τον κύριο και δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για ατυχήματα. Αντίθετα το δευτερεύον οδικό δίκτυο που ανεβαίνει προς τον ορεινό όγκο του Δικαίου (Ευαγγελίστρια, Ανώματος, Ζιά) είναι σε άσχημη κατάσταση και χαρακτηρίζεται επικίνδυνο.



Σχήμα 3.7 Οδικό δίκτυο νήσου Κω (Πηγή: Πολιτική Προστασία δήμου Κω)

3.8 Μεταφορές- Συγκοινωνία

Το νησί της Κω διαθέτει κρατικό αερολιμένα στην περιοχή της Αντιμάχειας σε απόσταση περίπου 27 km νοτιοδυτικά της πόλεως Κω και σε απόσταση περίπου 5,5 km βορειοδυτικά της Καρδάμαινας. Λειτουργεί από το 1964 και ως διεθνής κρατικός αερολιμένας έχει συμβάλει σημαντικά στην τουριστική ανάπτυξη του νησιού.

Όσον αφορά τις θαλάσσιες συγκοινωνίες, στη Κω λειτουργούν τέσσερις λιμενικές εγκαταστάσεις και μια μαρίνα. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις του νησιού διαχειρίζονται από το Δημοτικό Λιμενικό Ταμείο Κω. Το κεντρικό λιμάνι της Κω (Σχήμα 3.8) δέχεται πλοία από και

προς Πειραιά, Ρόδο και τα υπόλοιπα νησιά. Επίσης, το ίδιο λιμάνι εξυπηρετεί και τα εμπορικά πλοία. Στο κεντρικό λιμάνι λειτουργεί Τελωνείο. Στη Καρδάμαινα λειτουργεί εμπορικός-επιβατικός- τουριστικός λιμένας που εξυπηρετεί την σύνδεση της Κω με το νησί της Νισύρου ενώ τους θερινούς μήνες δραστηριοποιούνται τουριστικά πλοία. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις στο Μαστιχάρι είναι χαρακτηρισμένες ως αλιευτικό καταφύγιο ενώ παράλληλα εξυπηρετούν και καθημερινά δρομολόγια μικρών πλοιαρίων μεταξύ της Κω και της Καλύμνου. Πέρα των παραπάνω λειτουργούν δύο ακόμα αλιευτικά καταφύγια εκ των οποίων το ένα βρίσκεται στο Καμάρι Κεφάλου και το άλλο στο Λιμνιώνα .



Σχήμα 3.8 Το λιμάνι της Κω (Πηγή: Geotag Aeroview, 2014)

3.9 Ενέργεια

Οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού εξυπηρετούνται από έναν Αυτόνομο Σταθμό Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος ισχύος 138,74 MW που βρίσκεται στην περιοχή του Μαστιχαριού, δυτικά του νησιού. Τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια το νησιωτικό σύμπλεγμα των νήσων Κω, Καλύμνου, Τενέδου, Λέρου, Λειψών, Γυαλί, Νισύρου, Τήλου και Ψερίμου.

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι μαζούτ χαμηλού θείου και πετρέλαιο κίνησης ντίζελ. Τα παραπάνω καύσιμα είναι σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες προδιαγραφές ποιότητας. Το δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μέσης τάσης (20 KVolt) και είναι εναέριο με ορισμένες μικρές εξαιρέσεις. Το δίκτυο διανομής είναι παλιό με συχνά προβλήματα και βλάβες και έχει υψηλές απώλειες για το λόγω αυτό έχει δρομολογηθεί η κατασκευή νέου εναέριου δικτύου, 150 KVolt, στο μεγαλύτερο κομμάτι του.

Όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 2.4, η Κως είχε τον Μάρτιο του 2021 εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ στα 24,38 MW, εκ των οποίων τα 15,20 MW είναι από αιολικά πάρκα και 8,78 MW από

φωτοβολταϊκά. Η κύρια πηγή ενέργειας όμως είναι ο θερμικός σταθμός που είναι εγκατεστημένος στο νησί, που εξυπηρετεί το νησί της Κω και το νησί της Καλύμνου. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 2.4, στο σύστημα Κως-Κάλυμνος, τα συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής είναι τα εξής:

- Εγκατεστημένη ισχύς θερμικών μονάδων: 138,74 MW
- Μέγιστη ετήσια αιχμή ζήτησης: 74 MW

3.10 Ύδρευση

Οι υδρευτικές ανάγκες του νησιού καλύπτονται κυρίως από γεωτρήσεις και φυσικές πηγές. Η Κως υδροδοτείται από 23 γεωτρήσεις με παροχές από 15 έως 80 m³/h. Το νερό που διαθέτει η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. καλύπτει εξ' ολοκλήρου τις υδρευτικές ανάγκες.

Κατά το παρελθόν, η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. χρηματοδότησε το πρόγραμμα «Εκτίμηση και διαχείριση υδατικού δυναμικού νήσου Κω» που εκπονήθηκε από το Ε.Μ.Π. Τα αποτελέσματα του προγράμματος για την περίοδο 1982 -1996 έδειξαν αρνητικό αθροιστικό ισοζύγιο μεταξύ βροχοπτώσεων και χρησιμοποιούμενου νερού. Στο νησί δεν υπάρχει κάποιος ποταμός συνεχούς ροής. Οι περισσότεροι είναι χείμαρροι και λειτουργούν κατά την περίοδο των βροχών. Επιπρόσθετα, μικρά ρυάκια συνεχούς ροής τροφοδοτούνται από πηγές. Ορισμένες από τις πηγές είναι συνεχόμενης ροής και σε ορισμένες από αυτές υπάρχουν έργα υδρομάστευσης από την εποχή της Ιταλοκρατίας. Τέτοιου είδους πηγές και νερό χρησιμοποιούνται από του κατοίκους της Δημοτικής Ενότητας Δικαίου για ύδρευση, σε αντίθεση με το Δήμο Κω, που χρησιμοποιεί νερό από γεωτρήσεις. Το νερό των πηγών θεωρείται πολύ καλής ποιότητας.

3.11 Άρδευση

Ο τουριστικός τομέας καταναλώνει πολύ υψηλές ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να λειτουργεί ανταγωνιστικά με τον γεωργικό τομέα. Παρόλα αυτά υπάρχουν υδρομαστευτικά έργα με στόχο να ικανοποιήσουν αρδευτικές ανάγκες αλλά και ανάγκες για νερό οικιακής χρήσης. Γεωτρήσεις συναντάμε σε διάφορα σημεία του νησιού, ιδιαίτερα στα πεδινά βόρεια τμήματα του νησιού όπου πολλοί ιδιοκτήτες γης έχουν ιδιωτικές γεωτρήσεις.

Η άρδευση ενισχύεται και από τις λιμνοδεξαμενές στη περιοχή Πλατύ και στη περιοχή της Μεσσαρίας. Στη θέση Πλατύ που βρίσκεται νότια της πόλης, έχει κατασκευαστεί λιμνοδεξαμενή όγκου 342.000 m³ για άρδευση και ύδρευση. Ο τύπος της λιμνοδεξαμενής είναι εξωποτάμιος με καλυμμένη μεμβράνη και τροφοδοτείται από τρεις υδροληψίες επί των χείμαρρων Πλατύ και Γιάπυλης. Έχει σχεδιαστεί ώστε να καλύπτει την άρδευση 128 στρ. καλλιεργήσιμης έκτασης. Αν και λειτουργεί κανονικά από το 2007, οπότε και περατώθηκαν τα έργα αξιοποίησης, εμφανίζει προβλήματα διαρροών.

Η δεύτερη λιμνοδεξαμενή του νησιού βρίσκεται στην περιοχή της Μεσσαρίας με ωφέλιμο όγκο 225.000 m³ και η χρήση της είναι αποκλειστικά για άρδευση. Ο τύπος της λιμνοδεξαμενής είναι εξωποτάμιος με καλυμμένη μεμβράνη και τροφοδοτείται από το

ρέμμα Μεσσαρίας. Λειτουργεί κανονικά από το 2002 οπότε και ολοκληρώθηκαν τα έργα αξιοποίησης ενώ έχει σχεδιαστεί για την άρδευση 450 στρ. καλλιεργήσιμης έκτασης.

Η αρδεύσιμη γη λοιπόν που μπορούν να καλύψουν οι δύο λιμνοδεξαμενές, είναι συνολικά 578 στρ. και θεωρείται ιδιαίτερα περιορισμένη ως προς τις δυνατότητες που υπάρχουν στο νησί. Πέραν των δύο λιμνοδεξαμενών, που βρίσκονται ήδη σε λειτουργία, υπάρχουν τεχνοοικονομικές μελέτες για δύο φράγματα και εννέα λιμνοδεξαμενές όπως περιγράφονται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4 Ειδικές χωροταξικές μελέτες για την κατασκευή 9 λιμνοδεξαμενών και 2 φραγμάτων από την Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας

α/α	Θέση	Τύπος	Χωρητικότητα (X 1000 κ.μ.)	Λεκάνη υδροσυλλογής (τετρ. χλμ.)
1	Ηρακλής	Λιμνοδεξαμενή	65	1,4
2	Τσουκαλαριό	Λιμνοδεξαμενή	110	1,1
3	Μπας Μπαχτσή	Λιμνοδεξαμενή	70	0,8
4	Ασφενδιού	Λιμνοδεξαμενή	350	4,0
5	Στένακας	Λιμνοδεξαμενή	280	4,5
6	Παλαιό Πυλί	Λιμνοδεξαμενή	150	1,0
7	Αλμυρή	Λιμνοδεξαμενή	190	2,8
8	Αναβαλούσα	Λιμνοδεξαμενή	100	3,4
9	Αγ. Νικήτας	Λιμνοδεξαμενή	500	1,0
10	Μία	Φράγμα	650	2,4
11	Μύλοι	Φράγμα	1300	4,1

Η άρδευση του μεγαλύτερου μέρους των αρδευόμενων εκτάσεων γίνεται κυρίως με ιδιωτικές γεωτρήσεις. Η χωρίς σχεδιασμό διάνοιξη γεωτρήσεων σε συνδυασμό με, την μικρή απόσταση της μιας από την άλλη, την υπεράντληση και την μικρή απόσταση από την παραλιακή ζώνη, έχουν οδηγήσει σε σημάδια υφαλμύρωσης των υδροφορέων στην περιοχή κοντά στην παραλία και κυρίως στη βόρειο μέρος του νησιού όπου επικρατούν προσχωματικά υλικά.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στην περιοχή της Καρδάμαινας, το θαλάσσιο νερό έχει εισχωρήσει στον υψηλότερο υδροφόρο ορίζοντα βάθους 20 μέτρων ενώ ο κίνδυνος υφαλμύρωσης και βαθύτερων υδροφόρων είναι ιδιαίτερα υψηλός. Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης είναι σπανιότερο σε περιοχές μεταξύ του τριγώνου Πυλί, Αντιμάχεια Κέφαλος όπου επικρατούν ηφαιστειακοί τόφφοι. Την κατάσταση δυσχεραίνουν και περίοδοι ανομβρίας που εμφανίζονται ανά μερικά χρόνια.

Όσον αφορά τις πηγές, υπάρχουν σε αρκετά σημεία του νησιού και κυρίως στο κεντρικό τμήμα του. Ο τύπος τους εξαρτάται από τις υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Η συνεχόμενη ροή ορισμένων από αυτές έχει δημιουργήσει μικρή λίμνη στο Πυλί, από όπου γίνεται άντληση για την άρδευση παρακείμενων καλλιεργειών. Η άντληση γίνεται σε δύο δεξαμενές χωρητικότητας 800 m³ η κάθε μια οι οποίες εξυπηρετούν ελάχιστες

εκτάσεις και για λίγο χρονικό διάστημα, αφού το καλοκαίρι το νερό δεν αρκεί. Επίσης το κανάλι μεταφοράς του νερού επεκτάθηκε δυτικά μέχρι τον Όμβριο ποταμό και προς τα Ανατολικά μέχρι τον επαρχιακό δρόμο προς Τιγκάκι. Το παλιό κανάλι εξακολουθεί να υπάρχει και υδροδοτεί την περιοχή Βουκουλιά-Λιμνάρα. Λόγω υπεραντλήσεων, ορισμένες πηγές έχουν αποκτήσει μια περιοδικότητα στην λειτουργία τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πηγή που βρίσκεται στην περιοχή του Ασκληπιείου η οποία παλαιότερα είχε συνεχή ροή ενώ τα τελευταία χρόνια στερεύει τους θερινούς μήνες.

4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

4.1 Τεχνική περιγραφή έργου

Το υπό μελέτη υβριδικό σύστημα ΑΠΕ αποτελείται από ένα αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 9,4 MW, το οποίο αποτελείται από 4 Α/Γ των 2,35 MW. Επιπρόσθετα, αποτελείται από δύο μονάδες αφαλάτωσης συνολικής δυναμικότητας 2275 m³/d και ισχύος 6.5 kW/m³. Η μονάδα αφαλάτωσης συνοδεύεται από μια αντλία ισχύος 10 kW προκειμένου να αντλείται το αφαλατωμένο νερό προς τον ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού χωρητικότητας 200000 m³. Ακόμη, αποτελείται από έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παροχής 5 m³/s και έναν ταμιευτήρα χωρητικότητας 400000 m³ σε ύψος 176 m πάνω από τον υδροηλεκτρικό σταθμό. Στο παρακάτω Σχήμα 4.1 διακρίνεται η χωροθέτηση του έργου, νοτιοανατολικά της πόλης της Κω.



Σχήμα 4.1 Χωροθέτηση επιμέρους έργων του μελετώμενου Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ σε περιβάλλον Google Earth

4.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας

4.2.1 Μοντέλο ανεμογεννητριών και εκτίμηση παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Αρχικά, κατόπιν επικοινωνίας με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, ελήφθησαν μετρήσεις ταχύτητας ανέμου από τον μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στην εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού της Κω. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις είναι ανά 10 λεπτά και αναφέρονται στο χρονικό διάστημα από 1/1/2016 μέχρι 31/12/2020. Μέσω του λογισμικού επεξεργασίας χρονοσειρών «Υδρογνώμων» έγινε αναγωγή των μετρήσεων από βήμα 10 λεπτών σε βήμα 1 ώρας.

Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε το υψόμετρο του βιολογικού καθαρισμού της Κω, το οποίο είναι 37 m. Γνωρίζοντας ότι το ύψος του ανεμόμετρου είναι 5 m, το υψόμετρο προσδιορισμού του ανέμου είναι 42 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Με γνωστά το υψόμετρο που έγιναν οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου και το υψόμετρο του ρότορα των ανεμογεννητριών, στη συνέχεια γίνεται η υψομετρική διόρθωση της χρονοσειράς των ανεμολογικών δεδομένων με τη με τη σχέση της εκθετικής διανομής (power law) για το υψόμετρο του ρότορα των Α/Γ με την σχέση 4.1:

$$u_2 = u_1 \cdot \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} \quad (4.1)$$

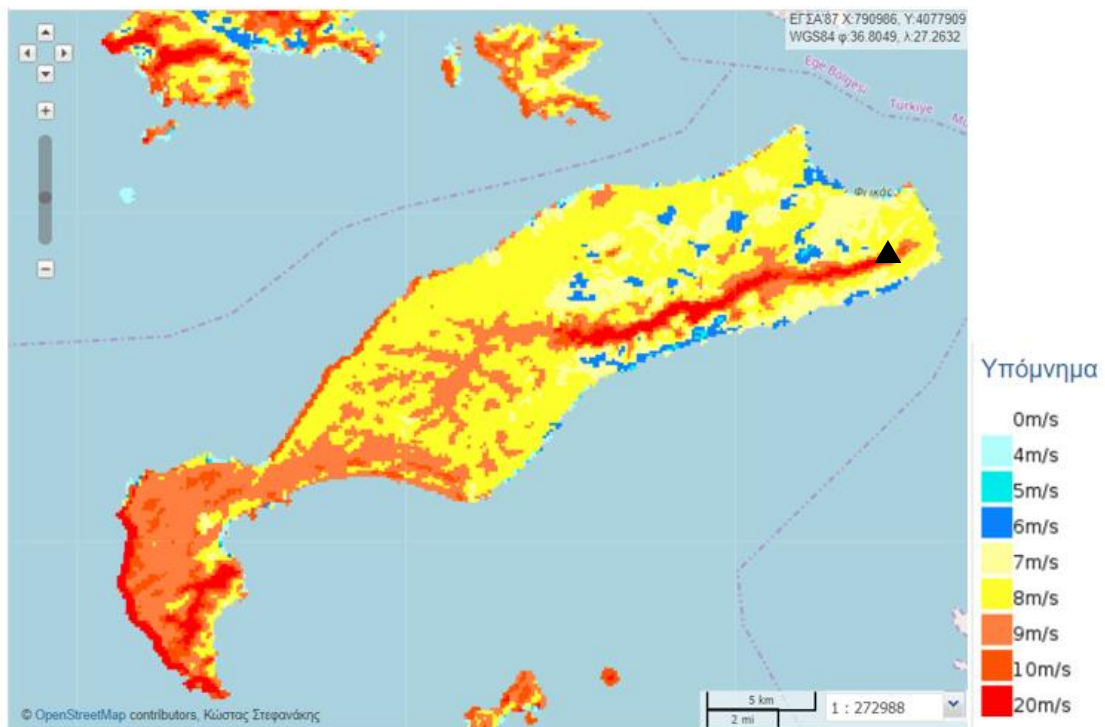
Όπου:

- u_2 η διορθωμένη ταχύτητα ανέμου
- u_1 η ταχύτητα των μετρήσεων του μετεωρολογικού σταθμού
- $z_2 = 108$ m, το υψόμετρο που αντιστοιχεί στον ρότορα των ανεμογεννητριών
- $z_1 = 42$ m, το υψόμετρο του ανεμόμετρου
- z_0 η παράμετρος τραχύτητας του εδάφους, οι τιμές της οποίας μεταβάλλονται σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1. Θεωρώντας ύψος χλόης μέχρι 10 cm , η παράμετρος θεωρείται ίση με 0,15.

Πίνακας 4.1 Τυπικές τιμές της παραμέτρου τραχύτητας z_0

Τυπικές τιμές της παραμέτρου τραχύτητας z_0 για διάφορες φυσικές επιφάνειες (cm)	
Πάγος	0.001
Ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια	0.002
Υδάτινη επιφάνεια	0.01-0.06
Χλόη ύψους μέχρι 1 cm	0.1
Χλόη ύψους 1-10 cm	0.1-0.2
Χλόη-σιτηρά κλπ. ύψους 10-50 cm	2-5
Φυτοκάλυψη ύψους 1-2 m	20
Δένδρα ύψους 1-2 m	40-70

Έτσι, αφού προκύψουν οι διορθωμένες ταχύτητες ανέμου, μπορεί να γίνει αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού στη θέση τοποθέτησης και επιλογή μοντέλου Α/Γ. Στην παρούσα μελέτη προτείνεται η κατασκευή αιολικού πάρκου συνολικής ισχύος 9,40 MW, στο όρος Δίκαιος. Πιο συγκεκριμένα, το αιολικό πάρκο αποτελείται από τέσσερις ανεμογεννήτριες (Α/Γ) Enercon E-92 ισχύος 2350 kW. Το μοντέλο E-92 επιλέχθηκε ανάμεσα από τα υπόλοιπα, καθώς ανταποκρίνεται τόσο σε χαμηλές όσο και στις υψηλές ταχύτητες ανέμου που πνέον στη περιοχή χωροθέτησης. Ο χάρτης αιολικού δυναμικού της Κω και η θέση χωροθέτησης του αιολικού πάρκου διακρίνονται στο Σχήμα 4.2.

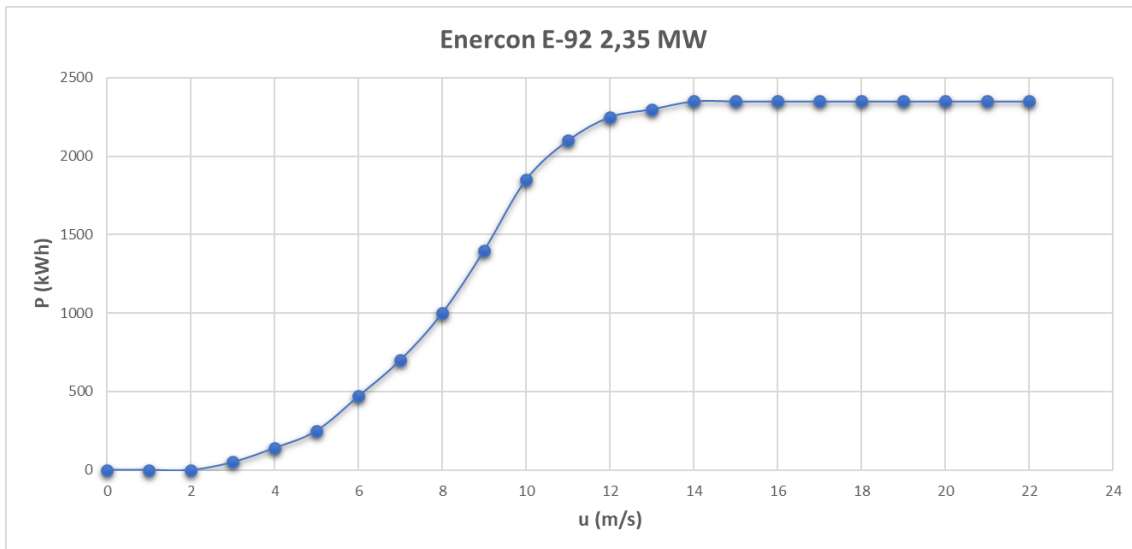


Σχήμα 4.2 Αιολικό δυναμικό K_w και θέση χωροθέτησης αιολικού πάρκου (Πηγή: ΡΑΕ, 2020)

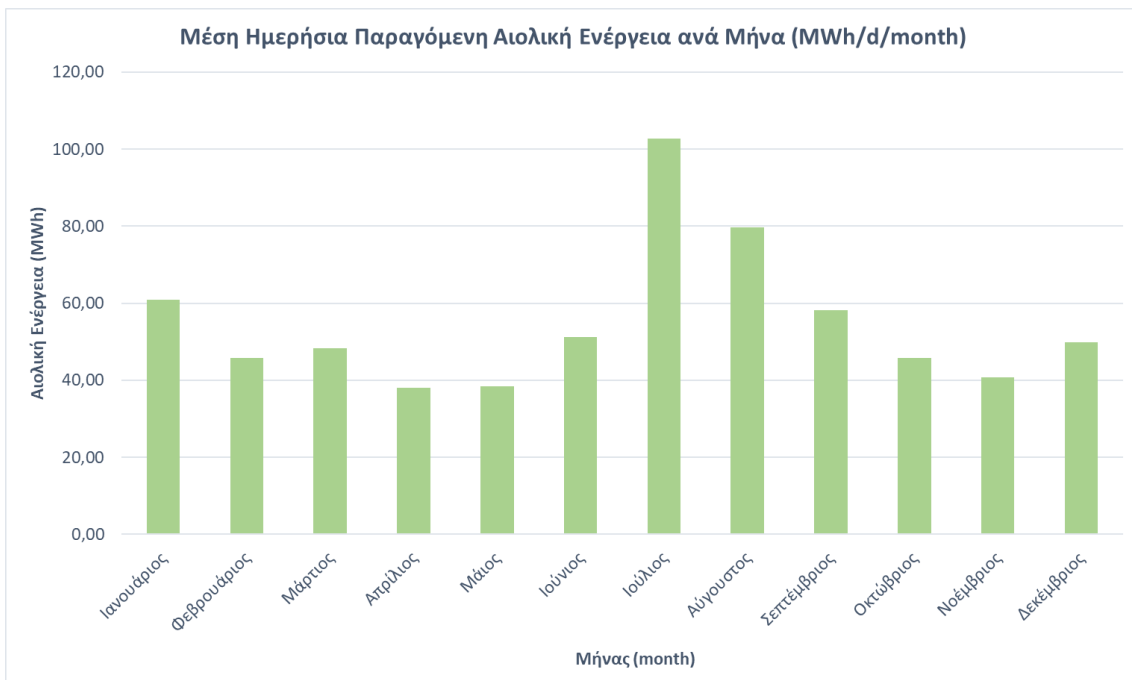
Έτσι, αφού επιλέχθηκε το μοντέλο Enercon E-92, με βάση τις δημοσιευμένες καμπύλες ισχύος της Α/Γ, εξάγεται η παρακάτω πολυωνυμική εξίσωση 6^{ου} βαθμού που υπολογίζει την πραγματική ισχύ της Α/Γ σε συνάρτηση με την ταχύτητα ανέμου.

- $u \leq 2$: $P = 0$
- $2 < u < 14$: $P = -0,0018u^6 + 0,1212u^5 + 32,522u^3 - 121,71u^2 + 152,31u$ (kW)
- $u \geq 14$: $P = 2350$ (kW)

Χρησιμοποιώντας τις διορθωμένες ταχύτητες ανέμου και την πολυωνυμική εξίσωση, προκύπτει η ωριαία χρονοσειρά παραγόμενης ενέργειας σε kWh. Στα Σχήματα 4.3 και 4.4 παρουσιάζονται η καμπύλη ισχύος της εγκατεστημένης Α/Γ και η μέση μηνιαία διακύμανση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του αιολικού πάρκου.



Σχήμα 4.3 Καμπύλη Ισχύος για E-92 2350 kW (Πηγή: www.enercon.de)



Σχήμα 4.4 Μέση ημερήσια παραγόμενη αιολική ενέργεια ανά μήνα

4.2.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας από υδροηλεκτρικό έργο

Το υδροηλεκτρικό έργο που μελετάται στη παρούσα εργασία αναμένεται να συνεισφέρει και αυτό σημαντικά στη παραγωγή ενέργειας. Ο άνω ταμιευτήρας βρίσκεται σε υψόμετρο 201 m και ο υδροηλεκτρικός σταθμός σε υψόμετρο 24 m.

Ο υπολογισμός της παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε ωριαίο βήμα και προκύπτει από την εξίσωση 4.2:

$$E = \eta \cdot \gamma \cdot V \cdot H \quad (4.2)$$

όπου:

- η : ο συντελεστής απόδοσης του υδροστροβίλου
- γ : το ειδικό βάρος του νερού (9,81 kN/m³)
- V : ο όγκος νερού που διέρχεται από τον υδροστρόβιλο (m³)
- H : η υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού ανάντη και του υψομέτρου του υδροστρόβιλου κατάντη,

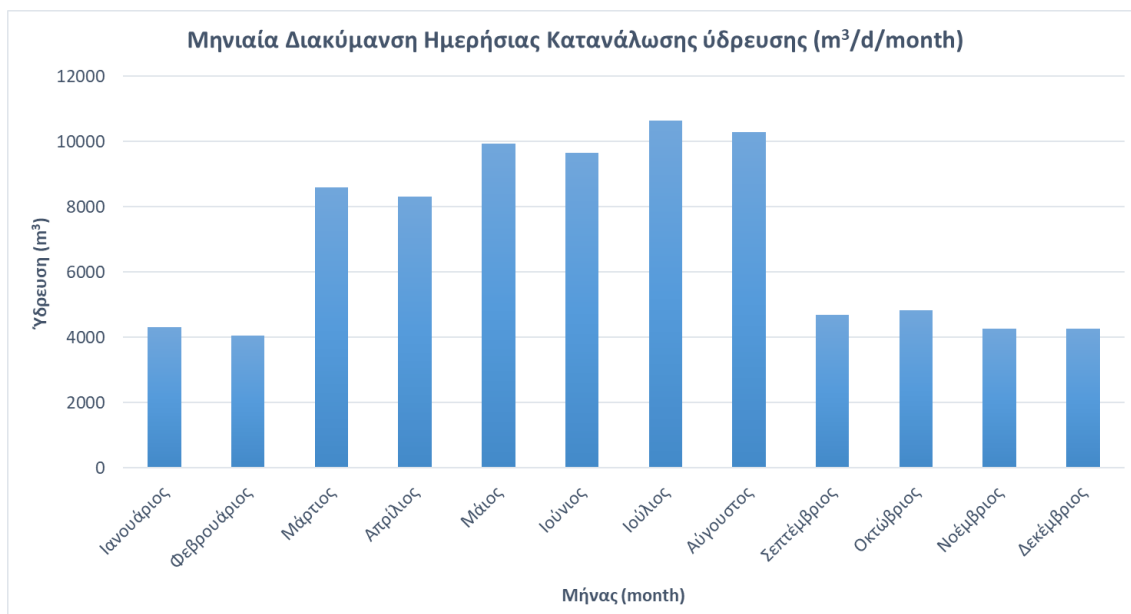
Παρατηρείται ότι τόσο το υψόμετρο των ταμιευτήρων όσο και η χωρητικότητά τους αποτελούν βασικούς παράγοντες για την ικανότητα του υβριδικού συστήματος να αποθηκεύει ενέργεια. Συνεπώς, κατά τη χωροθέτηση, επιλέγεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη υψομετρική διαφορά μεταξύ των ταμιευτήρων, σε απόσταση μεταξύ τους όμως που δεν θα επιφέρει μεγάλες ενεργειακές απώλειες. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι όσο μεγαλώνει η απόσταση των ταμιευτήρων, τόσο αυξάνεται το κόστος κατασκευής του αγωγού σύνδεσης και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τέλος, η υδροηλεκτρική ενεργειακή χρονοσειρά ωριαίου βήματος που θα προκύψει εξαρτάται από τα σενάρια προσομοίωσης του υβριδικού μοντέλου και αναλύεται εκτενώς στο 5^ο κεφάλαιο.

4.3 Εκτίμηση υδρευτικών αναγκών

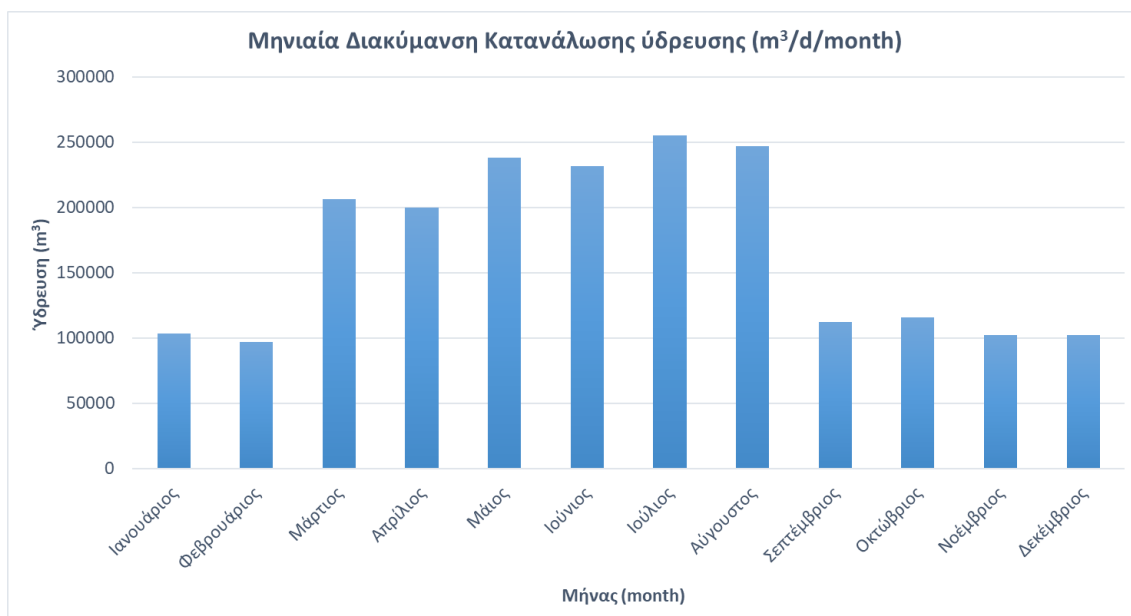
Αρχικά, επιλέγεται να προσομοιωθούν οι ανάγκες της πόλης της Κω, όπου συγκεντρώνεται η πλειοψηφία του μόνιμου πληθυσμού του νησιού αλλά και η πλειοψηφία της τουριστικής και εμπορικής κίνησης. Κατόπιν επικοινωνίας με την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Κω, ελήφθησαν δεδομένα κατανάλωσης ύδρευσης με βήμα δύο μηνών για την περίοδο από 1/1/2016 έως 31/12/2020. Με κατάλληλες αναγωγές και με αξιολόγηση όλων των μετρήσεων με βάση τα δεδομένα πληθυσμού ανά μήνα, προκύπτει η διακύμανση μέσης ημερήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης που φαίνεται στον Πίνακα 4.2 και στα Σχήματα 4.5 και 4.6.

Πίνακας 4.2 Εκτίμηση υδρευτικών αναγκών νήσου Κω

Μήνας	Ημερήσια ζήτηση (m ³ /d)	Μηνιαία ζήτηση (m ³ /d)
Ιανουάριος	4325	103809
Φεβρουάριος	4050	97209
Μάρτιος	8600	206394
Απρίλιος	8326	199835
Μάιος	9935	238434
Ιούνιος	9663	231920
Ιούλιος	10642	255398
Αύγουστος	10303	247266
Σεπτέμβριος	4681	112355
Οκτώβριος	4832	115956
Νοέμβριος	4270	102484
Δεκέμβριος	4270	102474
Συνολική ετήσια ζήτηση (m³/yr)		2013533



Σχήμα 4.5 Μηνιαία διακύμανση ημερήσιας κατανάλωσης ύδρευσης (m³/d/month)



Σχήμα 4.6 Μηνιαία διακύμανση κατανάλωσης ύδρευσης (m³/month)

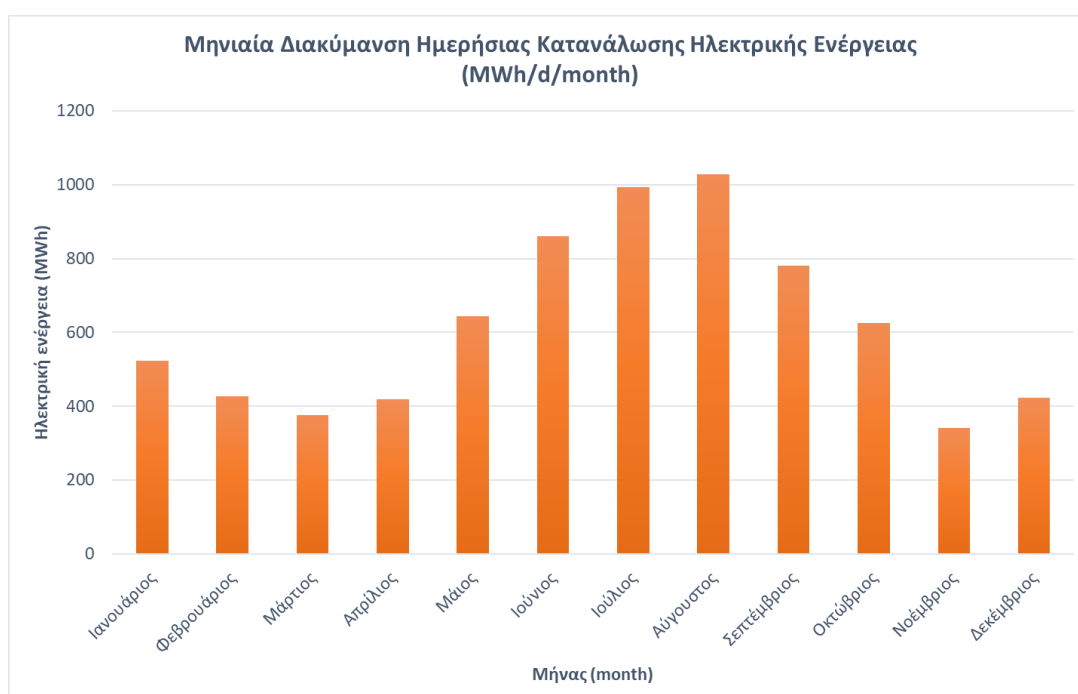
4.4 Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών

Στο νησί της Κω, όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 3, οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού εξυπηρετούνται από έναν Αυτόνομο Σταθμό Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος ισχύος 138,74 MW που βρίσκεται στην περιοχή του Μαστιχαριού, δυτικά του νησιού. Τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια το νησιωτικό σύμπλεγμα των νήσων Κω, Καλύμνου, Τενέδου, Λέρου, Λειψών, Γυαλί, Νισύρου, Τήλου και Ψερίμου. Κατόπιν επικοινωνίας με τη Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων του ΔΕΔΔΗΕ, ελήφθησαν μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής στο νησί της

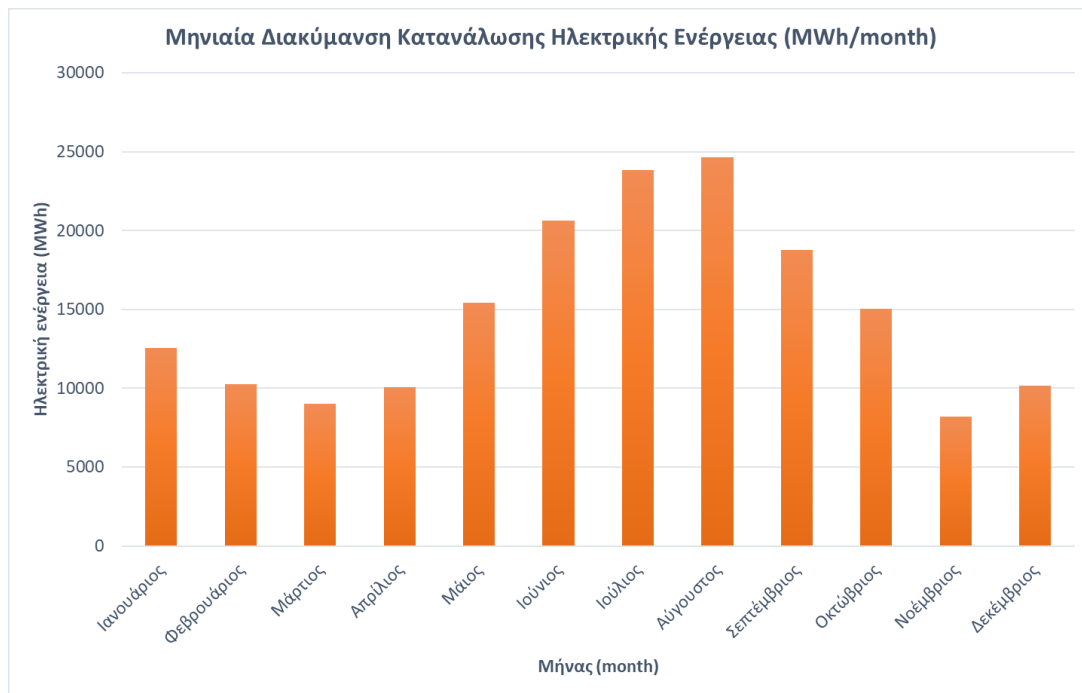
Κω από 1/1/2016 έως 31/12/2020 με ωριαίο βήμα. Επειδή στη παρούσα εργασία μελετώνται οι ανάγκες της νήσου Κω, με βάση τον πληθυσμό του νησιού και με βάση την πολύ πιο έντονη τουριστική κίνηση συγκριτικά με τα άλλα νησιά, γίνεται κατάλληλη αναγωγή των ενεργειακών αναγκών. Τα δεδομένα για τη μέση ημερήσια κατανάλωση και τη μέση μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3 και στα Σχήματα 4.7 και 4.8.

Πίνακας 4.3 Μέση Ημερήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Κω

Μήνας	Μέση ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/d)	Μέση μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/month)
Ιανουάριος	524	12571
Φεβρουάριος	427	10253
Μάρτιος	376	9016
Απρίλιος	419	10054
Μάιος	643	15441
Ιούνιος	860	20638
Ιούλιος	993	23833
Αύγουστος	1027	24654
Σεπτέμβριος	781	18740
Οκτώβριος	626	15027
Νοέμβριος	342	8207
Δεκέμβριος	423	10163

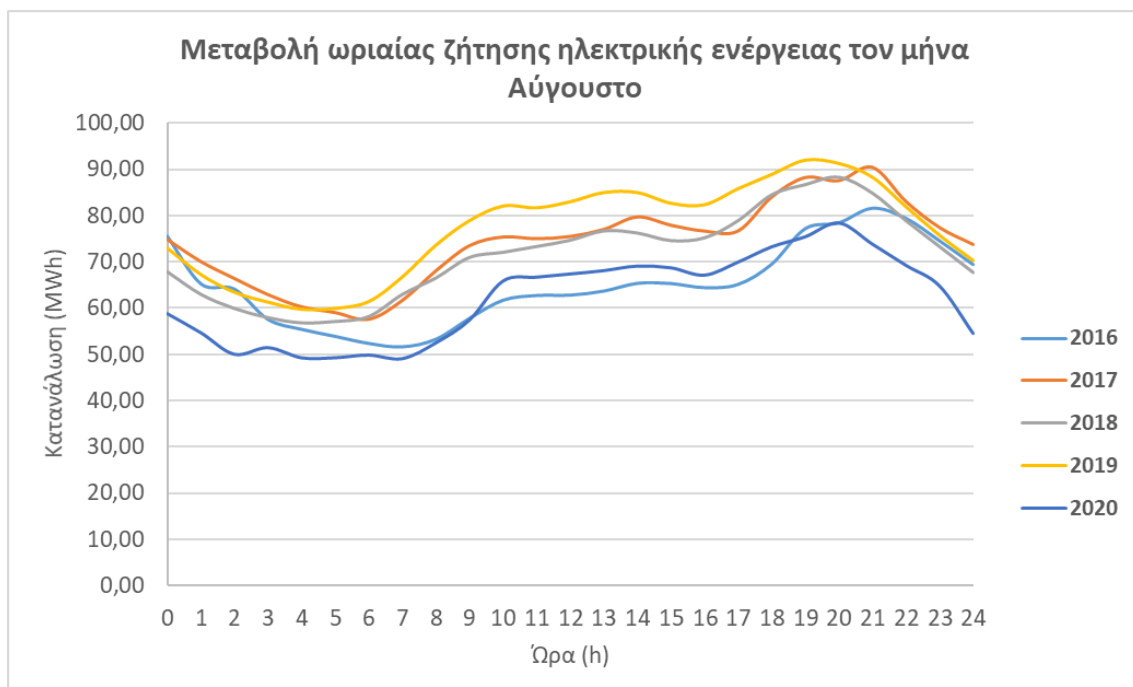


Σχήμα 4.7 Μηνιαία Διακύμανση Ημερήσιας Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh/d/month)

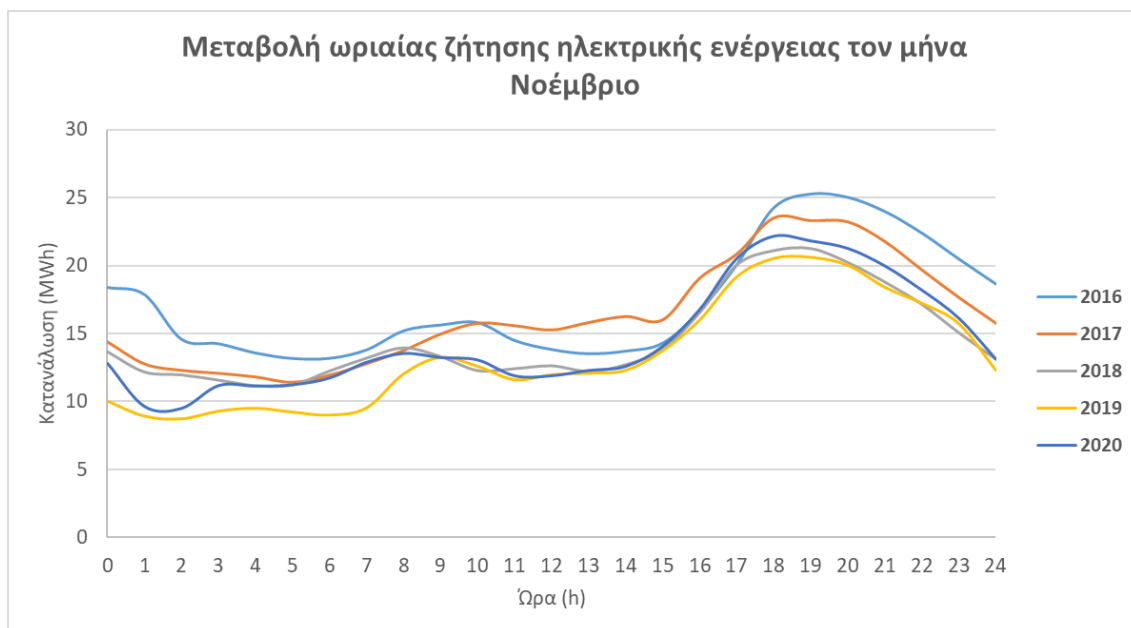


Σχήμα 4.8 Μηνιαία Διακύμανση Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh/month)

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται στο Σχήματα 4.9 και 4.10 οι ωριαίες διακυμάνσεις για το μήνα με την υψηλότερη ηλεκτρική κατανάλωση (Αύγουστος) και το μήνα με τη χαμηλότερη (Νοέμβριος).



Σχήμα 4.9 Μεταβολή ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Αύγουστο



Σχήμα 4.10 Μεταβολή ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Αύγουστο

4.5 Εκτίμηση επιπρόσθετων ενεργειακών αναγκών λόγω διεύδυσης της ηλεκτροκίνησης

4.5.1 Πρόβλεψη για την διεύδυση της ηλεκτροκίνησης

Το σενάριο που θα καταρτιστεί στη παρούσα διπλωματική εργασία θα στοχεύει στην κάλυψη των στόχων που έχουν τεθεί για το 2030, από το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που δημοσιεύθηκε το 2019. Σύμφωνα με το ΕΣΕΚ/2019 για την εκτίμηση της διεύδυσης της ηλεκτροκίνησης στην ελληνική αγορά καταρτίστηκαν δύο διαφορετικά σενάρια:

- ✓ **Το Σενάριο Α (Σενάριο Αναφοράς):** Σύμφωνα με το σενάριο εξέλιξης των ταξινομήσεων κατ' έτος και εκτιμήσεις της αγοράς, το ποσοστό διεύδυσης ηλεκτρικών οχημάτων θα ανέρχεται σε 24,1% επί των νέων ταξινομήσεων το έτος 2030.
- ✓ **Το Σενάριο Β (Σενάριο Εμπροσθοβαρές με οικονομική ανάπτυξη και αυξημένα μέτρα πολιτικής):** Σύμφωνα με το σενάριο εξέλιξης των ταξινομήσεων κατ' έτος και με στόχο την επίτευξη του φιλόδοξου στόχου με οικονομική ανάπτυξη και αυξημένα μέτρα πολιτικής έως το έτος 2030, το ποσοστό διεύδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων το έτος 2030 ανέρχεται σε 30% επί των νέων ταξινομήσεων.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.4 προσδιορίζεται η εξέλιξη της διεύδυσης των ηλεκτρικών επιβατηγών οχημάτων στην Ελλάδα για το 2030 σύμφωνα με τα Σενάρια Α και Β του ΕΣΕΚ.

Πίνακας 4.4 Σενάρια για τον προσδιορισμό της εξέλιξης του μεριδίου ηλεκτροκίνητων επιβατικών οχημάτων για το έτος 2030 (Πηγή: ΕΣΕΚ, 2019)

Σενάριο	Έτος	Αγορά καινούριων επιβατικών	Μεταβολή συνολικής αγοράς	Αύξηση συνολικής αγοράς	Επιβατικά BEV-PHEV	Ετήσια αύξηση	Ποσοστό BEV-PHEV επί ετήσιας αγοράς
Σενάριο A (Σενάριο Αναφοράς)	2018	103.431	-	-	315	-	0,3%
	2019	115.000	11.569	11%	461	146	0,4%
	2020	127.400	12.400	11%	1.151	690	0,9%
	2021	137.635	10.235	8%	3.450	2.299	2,5%
	2022	148.646	11.011	8%	6.900	3.450	4,6%
	2023	160.538	11.892	8%	10.349	3.449	6,4%
	2024	173.381	12.843	8%	15.005	4.656	8,7%
	2025	187.251	13.870	8%	20.257	5.252	10,8%
	2026	202.231	14.980	8%	26.333	6.076	13,0%
	2027	218.410	16.179	8%	33.180	6.847	15,2%
	2028	235.883	17.473	8%	41.806	8.626	17,7%
	2029	254.753	18.870	8%	52.676	10.870	20,7%
2030	275.133	20.380	8%	66.371	13.695	24,1%	
Σενάριο B (Σενάριο Εμπροσθοβαρές με οικονομική ανάπτυξη και αυξημένα μέτρα πολιτικής)	2018	103.431	-	-	315	-	0,3%
	2019	115.000	11.569	11%	461	145	0,4%
	2020	127.400	12.400	11%	1.265	805	1,0%
	2021	137.635	10.195	8%	3.795	2.530	2,8%
	2022	148.646	11.011	8%	7.589	3.794	5,1%
	2023	160.538	11.892	8%	11.797	4.208	7,3%
	2024	173.381	12.843	8%	17.436	5.639	10,1%
	2025	187.251	13.870	8%	24.036	6.600	12,8%
	2026	202.231	14.980	8%	31.246	7.210	15,5%
	2027	218.410	16.179	8%	40.093	8.847	18,4%
	2028	235.883	17.473	8%	51.458	11.365	21,8%
	2029	254.753	18.870	8%	66.059	14.601	25,9%
2030	275.133	20.380	8%	82.422	16.363	30,0%	

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέγεται το Σενάριο B. Έτσι, προβλέπεται ότι το 2030 θα κυκλοφορούν στην Ελλάδα 82.422 ηλεκτρικά οχήματα.

4.5.2 Εκτίμηση του αριθμού του συνολικού στόλου επιβατικών οχημάτων στην Ελλάδα για το 2030

Ο συνολικός στόλος επιβατικών οχημάτων από το 2010 έως και το 2020 φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 4.5:

Πίνακας 4.5 Δεδομένα για τον αριθμό του συνολικού στόλου επιβατικών οχημάτων κατά τη περίοδο 2010-2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Έτη	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Επιβατικά οχήματα	5.216.873	5.203.591	5.167.557	5.124.208	5.110.873	5.107.620	5.160.056	5.235.928	5.282.695	5.406.551	5.406.552

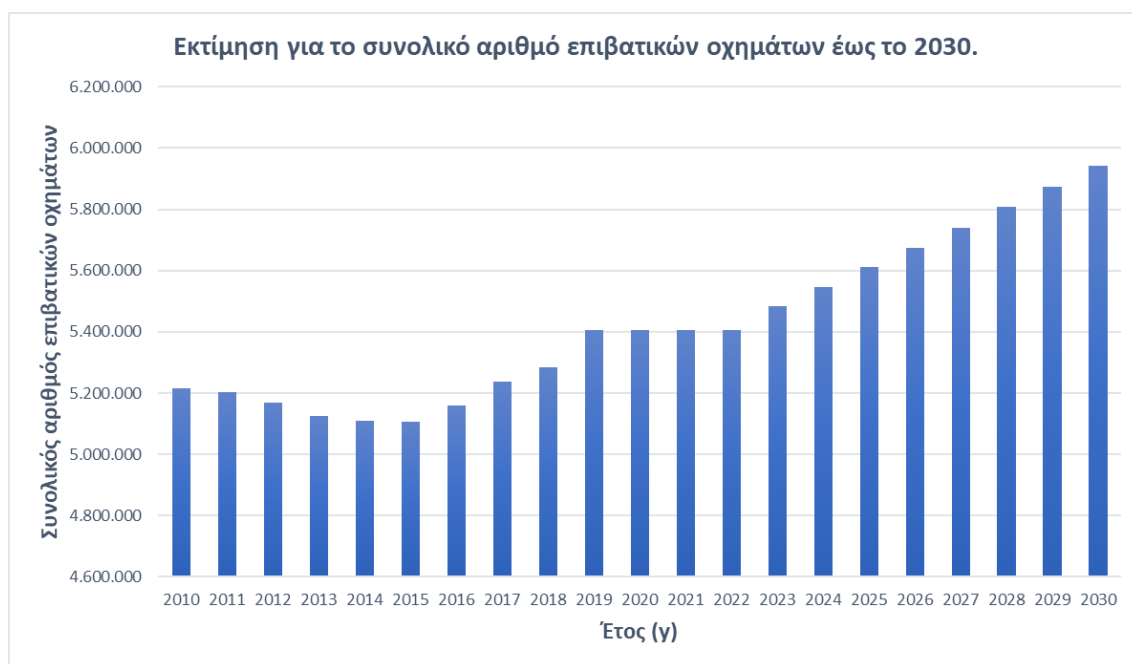
Θεωρείται ότι από το 2020 έως το 2023 ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων δεν θα μεταβληθεί, λόγω της παγκόσμιας κρίσης από την πανδημία του COVID-19. Για τα έτη 2023-2030 αισιόδοξα θεωρείται ότι η αυξητική τάση του 1,4% κατά μέσο όρο ανά χρόνο που παρατηρήθηκε τα χρόνια 2015-2019 θα επανέλθει. Έτσι, προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 4.6:

Πίνακας 4.6 Εκτίμηση για τον αριθμό του συνολικού στόλου επιβατικών οχημάτων κατά τη περίοδο 2020-2030

Έτη	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Επιβατικά οχήματα	5.406.552	5.406.552	5.406.552	5.484.065	5.547.132	5.610.924	5.675.449	5.740.717	5.806.735	5.873.513	5.941.058

Συνεπώς, εκτιμάται ότι το 2030 ο συνολικός επιβατικός στόλος οχημάτων θα είναι ίσος με 5.941.058. Έτσι, τα 82422 ηλεκτρικά οχήματα που αποτελούν στόχο για το 2030 αντιστοιχούν σε ποσοστό 1,39% επί του συνολικού στόλου.

Η παραπάνω ανάλυση για τον συνολικό αριθμό επιβατικών οχημάτων έως το 2030 παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 4.11:



Σχήμα 4.11 Εκτίμηση για τον συνολικό αριθμό επιβατικών οχημάτων έως το 2030

4.5.3 Εκτίμηση του αριθμού επιβατικών οχημάτων ανά 1000 κατοίκους στην Ελλάδα για το 2030

Στον παρακάτω Πίνακα 4.7, καταγράφονται δεδομένα για τον αριθμό επιβατικών οχημάτων που αντιστοιχούν σε 1000 κατοίκους, από το 2010 έως και το 2019 στην Ελλάδα, όπως αναγράφονται στην Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat).

Πίνακας 4.7 Επιβατικά οχήματα ανά 1000 κατοίκους στην Ελλάδα, από το 2010 έως και το 2018 (Πηγή: Eurostat)

Έτη	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Επιβ/1000 κατοίκους	469	469	470	469	471	474	479	487	493	504

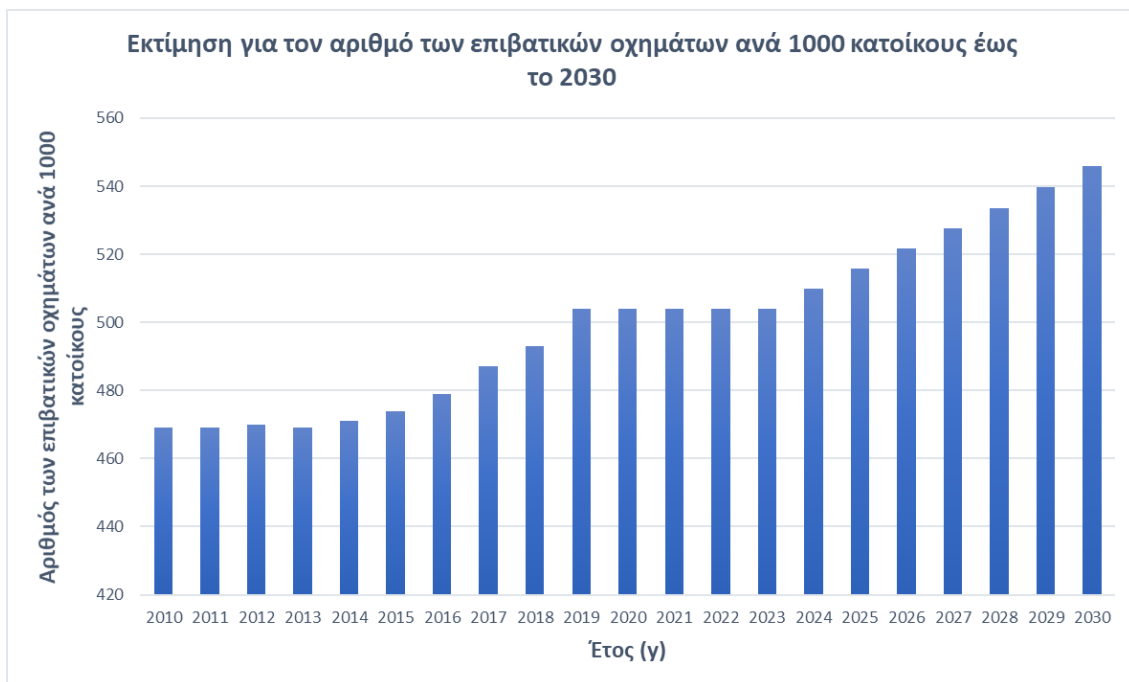
Θεωρείται ότι από το 2020 έως το 2023 ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων δεν θα μεταβληθεί, λόγω της παγκόσμιας κρίσης από την πανδημία του COVID-19. Για τα έτη 2023-2030 αισιόδοξα θεωρείται ότι η αυξητική τάση του 1,15% ανά χρόνο που παρατηρήθηκε τα χρόνια 2013-2019 θα επανέλθει. Έτσι, προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 4.8:

Πίνακας 4.8 Εκτίμηση του αριθμού των επιβατικών οχημάτων ανά 1000 κατοίκους στην Ελλάδα, από το 2020 έως και το 2030

Έτη	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Επιβ/1000 κατοίκους	504	504	504	504	510	516	522	528	534	540	546

Επομένως, για το έτος 2030 ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων ανά 1000 κατοίκους θεωρείται ίσος με 546.

Η παραπάνω ανάλυση παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 4.12:



Σχήμα 4.12 Εκτίμηση για τον αριθμό των επιβατικών οχημάτων ανά 1000 κατοίκους έως το 2030

4.5.4 Εκτίμηση για την διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης στην Κω το 2030

Θεωρείται ότι η ένταξη της ηλεκτροκίνησης θα ξεκινήσει από τα αστικά κέντρα και μετέπειτα από τις αγροτικές περιοχές. Έτσι, αν ληφθεί ως πληθυσμός σχεδιασμού ο αριθμός των κατοίκων της πόλης της Κω που για το 2030 εκτιμάται ίσος με 22926, τα οχήματα που προκύπτουν είναι 12518.

Συνεπώς, αφού τα ηλεκτρικά οχήματα σύμφωνα με τον στόχο για το 2030 θα είναι ίσα με 82422 και θα αντιστοιχούν σε ποσοστό 1.39% επί του συνόλου, στον εκτιμώμενο συνολικό στόλο 12518 οχημάτων αντιστοιχούν 174 ηλεκτρικά οχήματα. Ακόμη, σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΜΕΑΑΠ/93764/396/2020, ελάχιστη προϋπόθεση αποτελεί η εγκατάσταση κατ' ελάχιστον ενός δημοσίου σημείου επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ανά 1000 κατοίκους.

Συμπερασματικά, ο αριθμός των δημοσίως προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης που θα μελετηθεί στην Κω είναι 23, και των ηλεκτρικών οχημάτων 174.

4.5.5 Εκτίμηση της ημερήσιας κατανομής φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων

Για την εκτίμηση της επιπρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας που θα απαιτείται από τα ηλεκτρικά οχήματα, είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί το ωριαίο διάγραμμα κατανομής φόρτισης αυτών. Η εκτίμηση της ημερήσιας κατανομής φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων βασίζεται σε δημοσιοποιημένο έγγραφο στον Διαδικτυακό Τόπο Διαβουλεύσεων, του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, το οποίο απεικονίζεται στο Σχήμα 4.13. Σύμφωνα με δημοσκοπήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορες χώρες (π.χ. Ιταλία), το 68% περίπου των οχημάτων αναμένεται να φορτίζεται κατά τη διάρκεια των ωρών της νύκτας (8 βράδυ έως 8 πρωί) όταν οι ιδιοκτήτες των οχημάτων έχουν επιστρέψει στις οικίες τους, και το 27.5% αναμένεται να φορτίζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας (από 10 πρωί έως 5 απόγευμα) σε άλλα σημεία φόρτισης, όπως σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία που είναι εγκατεστημένα στο δρόμο, ή σε εργασιακούς χώρους (Βεντουρή, 2021). Τα αποτελέσματα αυτών των δημοσκοπήσεων, φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα 4.13.



Σχήμα 4.13 Αναμενόμενη ωριαία κατανομή φόρτισης στόλου ηλεκτρικών οχημάτων ιδιωτικής χρήσης κατά την διάρκεια ενός τυπικού εικοσιτετράωρου σε ποσοστά. (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020)

4.5.6 Υπολογισμός της ηλεκτρικής ενέργειας από την εισαγωγή στόλου επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων

Όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, για να είναι η μετακίνηση των οχημάτων πλήρως «πράσινη», απαλλαγμένη δηλαδή 100% από εκπεμπόμενους ρύπους, τίθεται ως στόχος η πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας κίνησης των οχημάτων να προέρχεται από ΑΠΕ. Έτσι, τα προβλεπόμενα ηλεκτρικά οχήματα για το 2030 για τη πόλη της Κω θα φορτίζονται με ενέργεια που θα προέρχεται από το μελετώμενο ΥΣ. Στη μεθοδολογία υπολογισμού γίνεται η παραδοχή ότι όσο τα αυτοκίνητα ΙΧ είναι σταθμευμένα στις οικίες των ιδιοκτητών κατά τις βραδινές ώρες, αυτά φορτίζονται και αναπληρώνουν την ενέργεια που κατανάλωσαν κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η μεθοδολογία υπολογισμού είναι η εξής:

-Βήμα 1: Εύρεση μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ανά όχημα

Η μέση κατανάλωση ενός επιβατικού ηλεκτρικού οχήματος θεωρείται 0.197 kWh/km. Για τον υπολογισμό της οποίας έχουν ληφθεί 107 μοντέλα ηλεκτρικών οχημάτων που βρίσκονται σε παραγωγή σήμερα. Η μέση ημερήσια διανυόμενη απόσταση, λαμβάνεται συντηρητικά ως 15 km, αφού τα οχήματα που μελετώνται αφορούν την πόλη της Κω, στην οποία οι αποστάσεις είναι μικρές.

Έτσι προκύπτει ότι η μέση ημερήσια κατανάλωση ενός οχήματος στη πόλη της Κω είναι 2,955 kWh/d

-Βήμα 2: Εύρεση συνολικού ημερήσιου φορτίου επιβατικού στόλου ηλεκτρικών οχημάτων

Για τον υπολογισμό της συνολικής ημερήσιας απαιτούμενης ενέργειας για την φόρτιση του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων, εισάγεται ο αριθμός αυτών για το εκτιμώμενο σενάριο, και η μέση ημερήσια κατανάλωση ανά όχημα. Στο κεφάλαιο 4.5.4 εκτιμήθηκε ότι ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων στη πόλη της Κω το 2030 θα είναι 174.

Συνεπώς, για ημερήσια κατανάλωση ανά όχημα 2,955 kWh/d και για 174 ηλεκτρικά οχήματα προκύπτει ότι το συνολικό ημερήσιο φορτίο είναι 514,2 kWh/d.

-Βήμα 3: Εύρεση ωριαίου φορτίου επιβατικού στόλου ηλεκτρικών οχημάτων

Για τον υπολογισμό της ωριαίας απαιτούμενης ενέργειας για τη φόρτιση του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων, εισάγεται το ημερήσιο φορτίο αυτού, και τα ποσοστά φόρτισης των οχημάτων, τα οποία αντλούνται από το Σχήμα 4.13.

Το αποτέλεσμα της ωριαίας κατανομής του φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 4.14.



Σχήμα 4.14 Ωριαία κατανομή φορτίου από το στόλο ηλεκτρικών οχημάτων

4.6 Προσομοίωση

Στην παρούσα εργασία, για το υπό μελέτη ΥΣ, προσομοιώνονται και αξιολογούνται δύο διαφορετικά σενάρια λειτουργίας (Σχήμα 4.15). Το πρώτο σενάριο αποσκοπεί στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών 3500 κατοίκων με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας του νησιού της Κω και των υδατικών αναγκών για τον ίδιο αριθμό κατοίκων. Το δεύτερο σενάριο αποσκοπεί στην

κάλυψη των ενεργειακών αναγκών που θα προκύψουν από την διείσδυση της ηλεκτροκίνησης και στην κάλυψη των υδατικών αναγκών 20.000 κατοίκων, δηλαδή ολόκληρης της πόλης της Κω.

Η λειτουργία του ΥΣ δίνει την δυνατότητα και για τον εμπλουτισμό των αποθεμάτων νερού του υδροφόρου ορίζοντα του νησιού, από τον οποίο εξαρτάται εξ ολοκλήρου μέχρι και σήμερα η ύδρευση και άρδευση της Κω. Επιπρόσθετα, μέσω της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και της ελάττωσης της εξάρτησης από τον ΤΣΠ, μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), για τις οποίες η ΔΕΗ πληρώνει μεγάλα κόμιστρα.



Σχήμα 4.15 Σενάρια λειτουργίας ΥΣ

Κατά την προσομοίωση και στα δύο σενάρια το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο 70% σε χρήσεις, όπως η άντληση, η ασφαλάτωση και η ηλεκτροκίνηση, ανάλογα με το εκάστοτε σενάριο μελέτης, που αναλύονται παρακάτω. Επιπλέον, και στα δύο σενάρια, λαμβάνεται ενέργεια από τον ΤΣΠ της Κω σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης το ΥΣ. Εάν προκύπτει περίσσεια ενέργειας, τίθεται σε λειτουργία η άντληση νερού στην άνω δεξαμενή, ώστε να μην υπάρξει απόρριψη παραγόμενης ενέργειας και να αποθηκευτεί. Όταν αντίθετα παρατηρηθεί ενεργειακό έλλειμμα, γίνεται υδατόπτωση του νερού και μέσω του εγκατεστημένου υδροστρόβιλου παράγεται υδροηλεκτρική ενέργεια. Σημειώνεται ότι το νερό που αντλείται κατά 74% είναι θαλασσινό νερό και κατά 26% είναι επεξεργασμένα λύματα από τον βιολογικό καθαρισμό του Δήμου Κω. Επιτυγχάνεται έτσι η αξιοποίησή τους και περιορίζονται κατά ένα σημαντικό ποσοστό η χρησιμοποίηση θαλασσινού νερού, επεκτείνοντας με αυτό τον τρόπο το χρόνο ζωής των αντλιών και του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Το μοντέλο προσομοίωσης του συστήματος λαμβάνει χώρα στο πρόγραμμα Microsoft Excel 365. Το σύστημα προσομοιώνεται σε ωριαίο βήμα για 5 χρόνια λειτουργίας (1/1/2016-31/12/2020) και τα δεδομένα εισόδου του προγράμματος είναι τα ακόλουθα:

- Χρονοσειρά παραγόμενης αιολικής ενέργειας

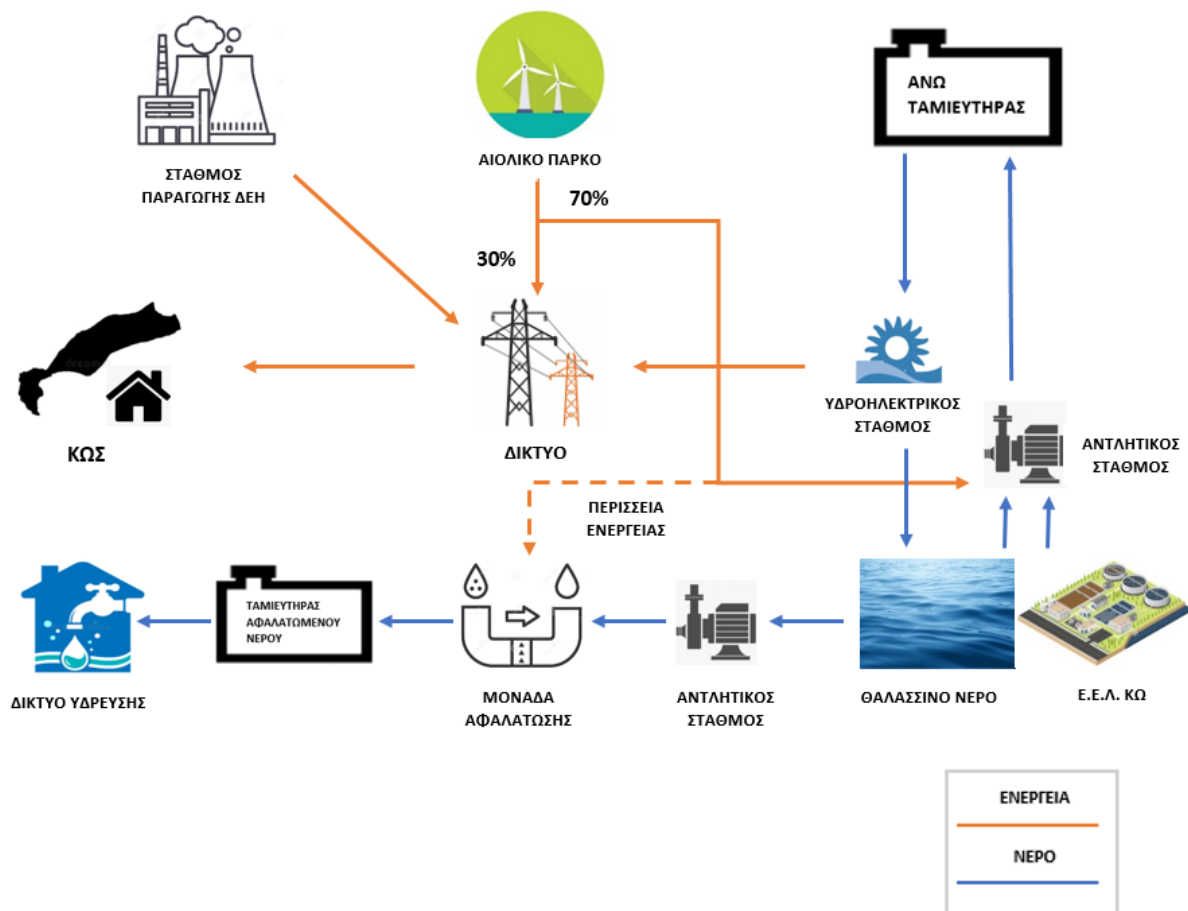
- Χρονοσειρά ενεργειακής ζήτησης των νοικοκυριών
- Χρονοσειρά ενεργειακής ζήτησης της ηλεκτροκίνησης
- Χρονοσειρά υδρευτικής ζήτησης
- Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδροηλεκτρικού σταθμού, δηλαδή ισχύς και συντελεστής απόδοσης υδροστροβίλου και μανομετρικό ύψος υδατόπτωσης
- Μέγιστη και ελάχιστη χωρητικότητα δεξαμενών
- Τα χαρακτηριστικά των μονάδων αφαλάτωσης, δηλαδή ισχύς μονάδας και δυναμικότητα παραγωγής αφαλατωμένου νερού
- Όγκος νερού για εμπλουτισμό υδροφόρου ορίζοντα
- Όγκος νερού προερχόμενος από τον βιολογικό καθαρισμό K_w

Έτσι, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Χρονοσειρά παραγόμενης ενέργειας ΑΠΕ
- Χρονοσειρά παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Χρονοσειρά προσφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο από το υβριδικό έργο.
- Χρονοσειρά κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της ηλεκτροκίνησης
- Χρονοσειρά συνεισφοράς του ΤΣΠ στην κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης
- Ποσοστά κάλυψης ενεργειακών αναγκών ανά πηγή ενέργειας (Α/Γ, ΥΗΕ και ΤΣΠ)
- Χρονοσειρά κάλυψης των αναγκών ύδρευσης
- Χρονοσειρά όγκων των δεξαμενών
- Χρονοσειρά πηγής νερού για άντληση, προερχόμενο από τον βιολογικό καθαρισμό K_w ή από τη θάλασσα
- Χρονοσειρά πηγής νερού για την ύδρευση, προερχόμενο από τη μονάδα αφαλάτωσης ή από γεωτρήσεις

5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

5.1 Σενάριο 1: Ενεργειακή κάλυψη σε προτεραιότητα



Σχήμα 5.1 Διαγραμματική απεικόνιση του πρώτου σεναρίου λειτουργίας του ΥΣ

Κατά την προσομοίωση της λειτουργίας του Υβριδικού Συστήματος, στο πρώτο σενάριο τίθεται ως προτεραιότητα η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και στη συνέχεια κάλυψη των υδατικών αναγκών για 3500 κατοίκους της νήσου Κω. Συγκεκριμένα, η αρχή της προσομοίωσης είναι η παραγωγή αιολικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο. Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 5.1, το 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο 70% κατευθύνεται πρωτίστως προς τον αντλητικό σταθμό για άντληση θαλασσινού νερού και στη συνέχεια στη μονάδα αφαλάτωσης για παραγωγή πόσιμου νερού.

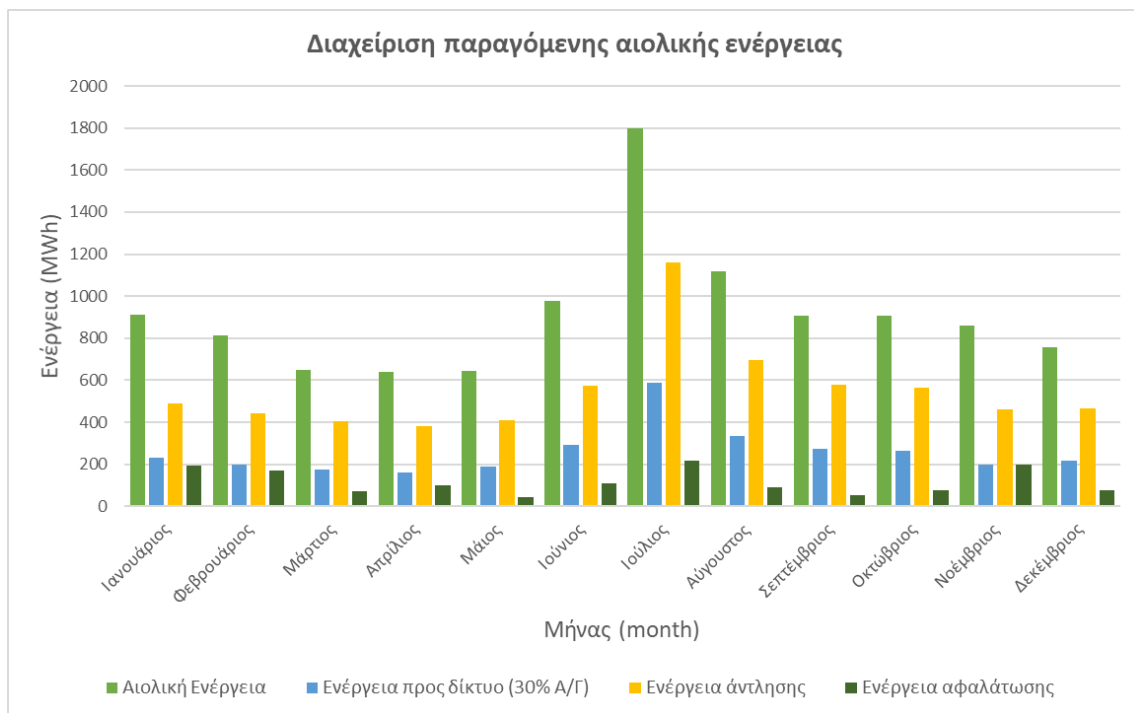
Ειδικότερα, το 70% της αιολικής ενέργειας πρωτίστως διατίθεται στον αντλητικό σταθμό για άντληση νερού στην άνω δεξαμενή, προκειμένου στη συνέχεια να απελευθερωθεί μέσω του υδροηλεκτρικού έργου και να παραχθεί η απαραίτητη ενέργεια. Αν η δυναμικότητα του αντλητικού σταθμού εξαντληθεί, τότε η περίσσεια ενέργειας χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού από την μονάδα αφαλάτωσης.

Η άντληση θαλασσινού νερού στην άνω δεξαμενή στην περίπτωση της περίσσειας ενέργειας και η λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού στην περίπτωση ελλείμματος εξομαλύνει την έντονη διακύμανση της παραγόμενης ενέργειας. Έτσι, με τη παρουσία του Υβριδικού Συστήματος αντί ενός μεμονωμένου αιολικού πάρκου επιτυγχάνονται πολύ μεγαλύτερα ποσοστά αξιοπιστίας στη κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια και ύδρευση και το Σενάριο 1 επιτελεί τον σκοπό του.

5.2 Αποτελέσματα Σεναρίου 1

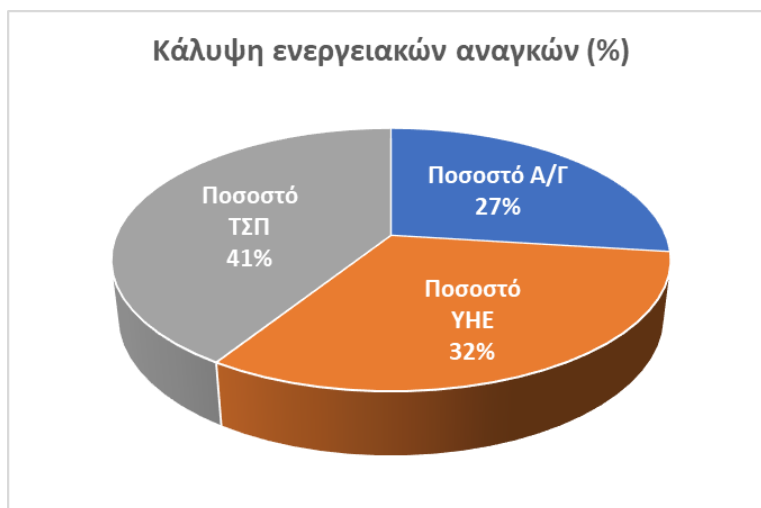
Στο Σχήμα 5.2, παρουσιάζεται η διαχείριση της συνολικής μηνιαίας παραγωγής αιολικής ενέργειας. Είναι φανερό πως η έντονη διακύμανση του ανέμου αντικατοπτρίζεται στην παραγόμενη αιολική ενέργεια ανά μήνα. Η αδυναμία πρόβλεψης του ανέμου καθιστά απαραίτητη την αποθήκευση ενέργειας, η οποία επιτυγχάνεται στη παρούσα εργασία με την άντληση όγκων νερού στον άνω ταμιευτήρα και στην παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας μέσω υδατόπτωσης, όποτε αυτή είναι αναγκαία.

Στο εξεταζόμενο σενάριο, ο πληθυσμός σχεδιασμού (ήτοι 3500 κάτοικοι) τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το αιολικό πάρκο, το υδροηλεκτρικό έργο και σε περιπτώσεις αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από τα πρώτα δύο, από τον ΤΣΠ ενέργειας της Κω.

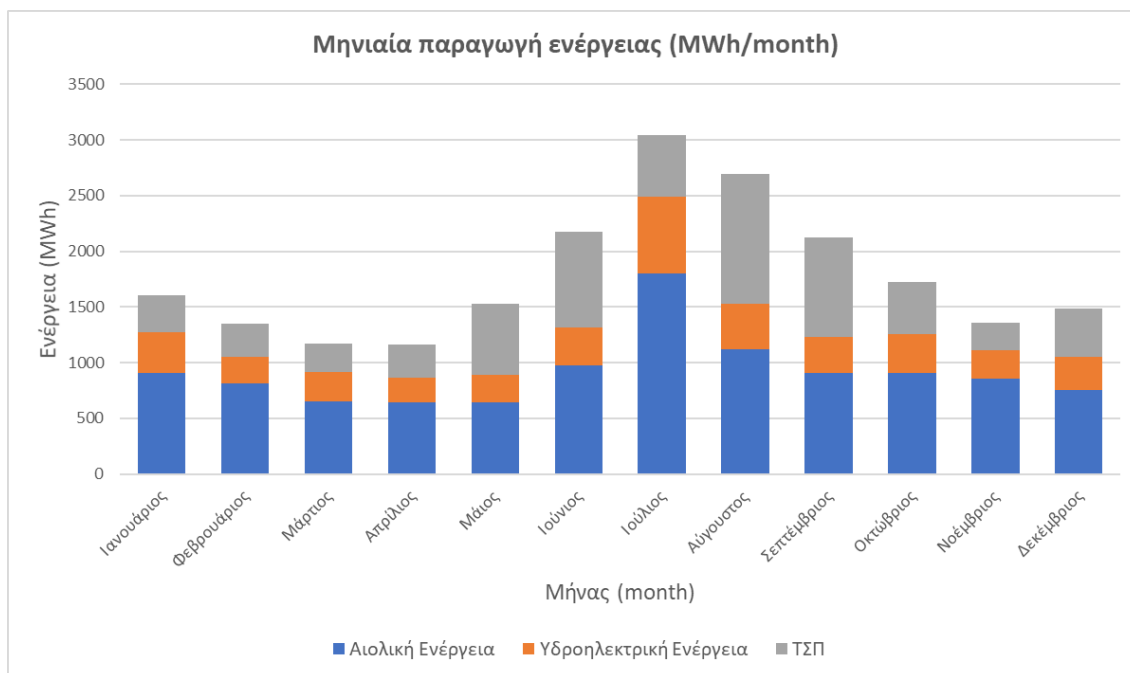


Σχήμα 5.2 Διαχείριση παραγόμενης αιολικής ενέργειας

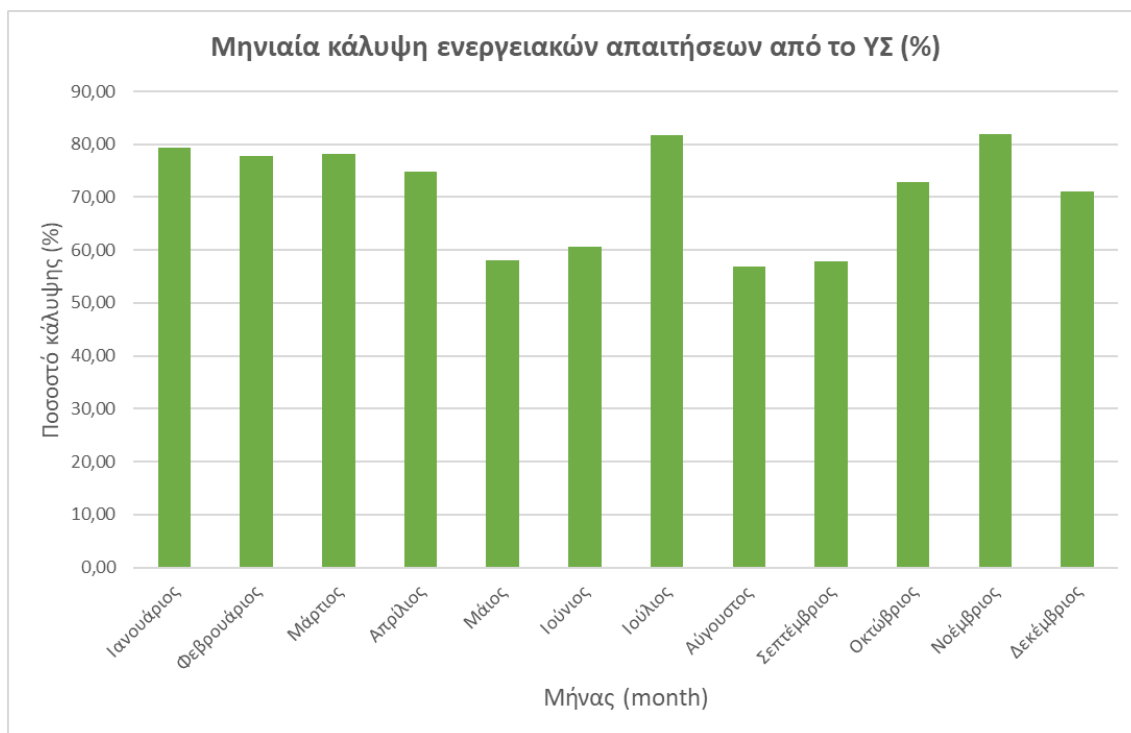
Στο Σχήματα 5.3 και 5.4, παρουσιάζονται το ποσοστό της κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης καθώς και η μηνιαία παραγωγή ενέργειας από τις Α/Γ, τον ΥΗΕ και το ΤΣΠ.



Σχήμα 5.3 Κάλυψη ενεργειακών αναγκών (%) στο Σενάριο 1



Σχήμα 5.4 Μηνιαία παραγωγή ενέργειας (MWh/month)



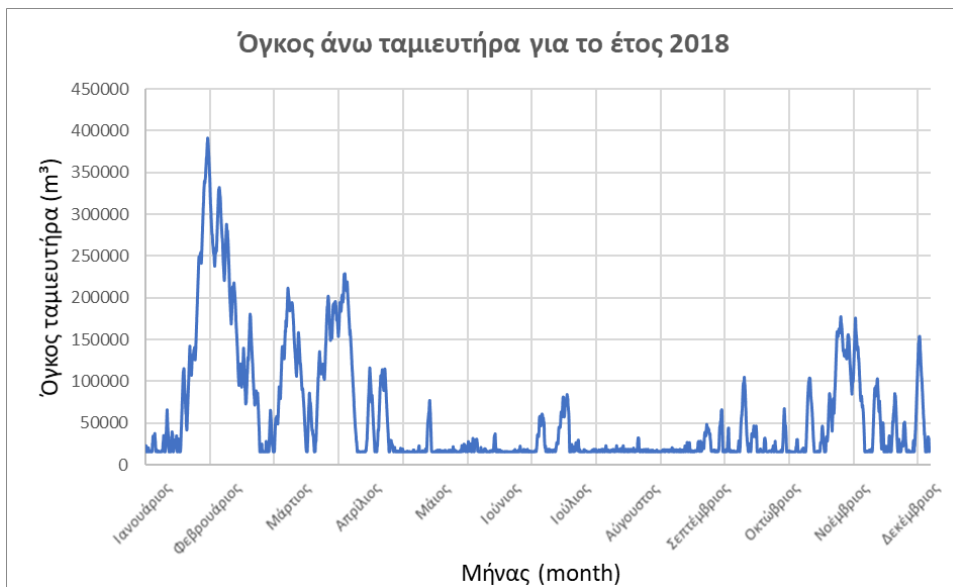
Σχήμα 5.5 Μηνιαία κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ (%)

Από το Σχήμα 5.4, παρατηρούμε ότι η μέγιστη μηνιαία παραγωγή ενέργειας σημειώνεται τον Ιούλιο και ξεπερνάει τις 3000 MWh, λόγω της μεγάλης παραγωγής αιολικής ενέργειας και της ζήτησης λόγω της τουριστικής κίνησης. Η ζήτηση τον Αύγουστο παραμένει υψηλή, όμως λόγω της μικρότερης παραγωγής αιολικής ενέργειας ο ΤΣΠ λειτουργεί περισσότερο από τους άλλους μήνες. Επίσης, από το Σχήμα 5.5, που απεικονίζεται η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ, παρατηρείται η κάλυψη κυμαίνεται από 58% τον μήνα Αύγουστο έως και 81% τον μήνα Ιούλιο.

Στα Σχήματα 5.6, 5.7 και 5.8, παρουσιάζεται η μέση μηνιαία μεταβολή του όγκου του ταμιευτήρα θαλασσινού νερού στο 1ο, στο 3ο και στο 5ο έτος προσομοίωσης. Σημειώνεται ότι το νερό που αντλείται προς τον άνω ταμιευτήρα δεν είναι εξ ολοκλήρου θαλασσινό, καθώς χρησιμοποιούνται και επεξεργασμένα λύματα που εκρέουν από τον βιολογικό καθαρισμό της πόλης της Κω. Για το Σενάριο 1, τα ποσοστά θαλασσινού νερού και επεξεργασμένων λυμάτων για την άντληση προς τον άνω ταμιευτήρα φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα 5.9.



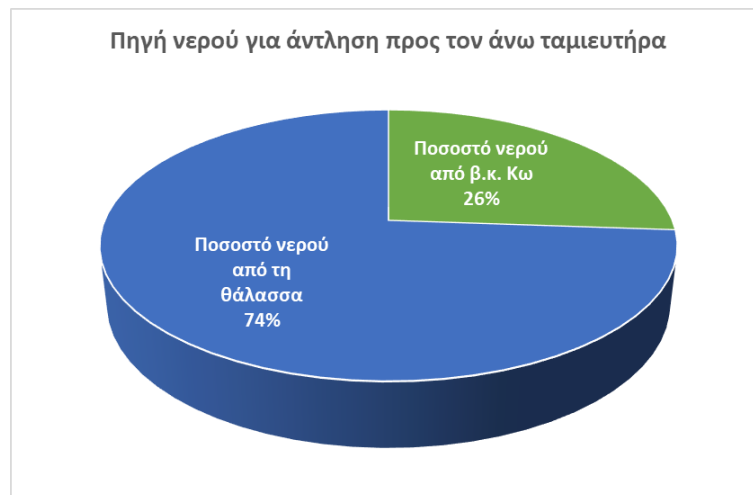
Σχήμα 5.6 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το έτος 2016



Σχήμα 5.7 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το έτος 2018



Σχήμα 5.8 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το έτος 2020



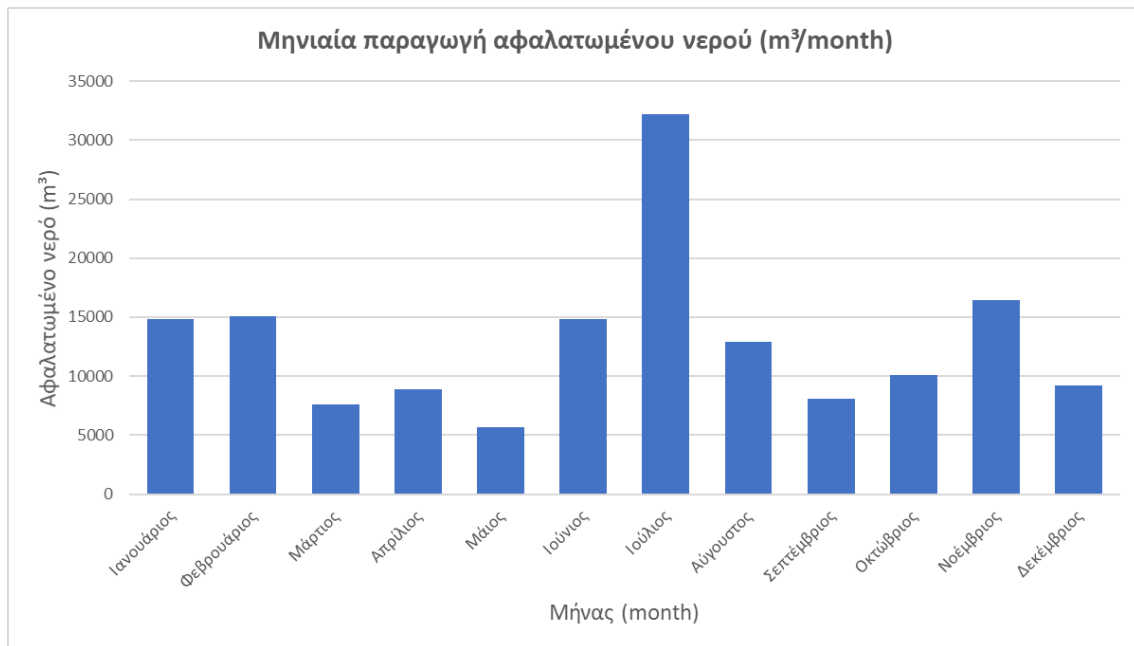
Σχήμα 5.9 Πηγή νερού για άντληση προς τον άνω ταμιευτήρα

Όπως έχει προαναφερθεί, αν η δυναμικότητα του αντλητικού σταθμού εξαντληθεί, τότε η περίσσεια ενέργειας χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού από την μονάδα αφαλάτωσης. Επιπρόσθετα, το σύστημα προσομοιώνεται με σταθερό εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με $5 \text{ m}^3/\text{h}$ αφαλατωμένου νερού. Η παρέμβαση αυτή κρίνεται ότι θα βελτιώσει τα αποθέματα υπόγειου νερού και θα ανεβάσει τη στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα μακροπρόθεσμα. Το νησί της Κω υδροδοτείται μέχρι σήμερα αποκλειστικά με γεωτρήσεις, οπότε ανάλογες παρεμβάσεις κρίνονται αναγκαίες για την προστασία των αποθεμάτων από την υπεράντληση και την υφαλμύρωση.

Η παραγωγή πόσιμου νερού ανά μήνα φαίνεται στο Σχήμα 5.10. Ο παραγόμενος όγκος αφαλατωμένου νερού αντλείται και αποθηκεύεται σε δεξαμενή, απ' όπου ύστερα διατίθεται για κάλυψη των αναγκών ύδρευσης Αφού η παραγωγή γίνεται με βάση τη διαθέσιμη

ενέργεια, η παραγωγή νερού αυξάνεται τους μήνες με μεγάλο αιολικό δυναμικό, όπως ο Ιούλιος. Η δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης είναι $220 \text{ m}^3/\text{h}$ και η ισχύς της $6,5 \text{ kW}/\text{m}^3$.

Με βάση τα παραπάνω και για πληθυσμό 3500 κατοίκων, το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ενέργειας από τη μονάδα αφαλάτωσης προέρχεται κατά 96% από το ΥΣ, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.11. Σε ποσοστό 4% που το ΥΣ αδυνατεί να ανταποκριθεί στη ζήτηση, αντλείται νερό από γεώτρηση με ενέργεια που προέρχεται από το δίκτυο. Με τον σχεδιασμό αυτό περιορίζεται σημαντικά η άντληση νερού από τις υπάρχουσες γεωτρήσεις, που μέχρι σήμερα παρείχαν το σύνολο του νερού που απαιτούνταν για την ύδρευση της Κω.



Σχήμα 5.10 Μηνιαία παραγωγή αφαλατωμένου νερού (m^3/month)



Σχήμα 5.11 Κάλυψη υδρευτικών αναγκών

Στα παρακάτω Σχήματα 5.12, 5.13 και 5.14 φαίνεται η μηνιαία διακύμανση του όγκου του ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού για τα έτη 2016, 2018 και 2020.



Σχήμα 5.12 Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού για το έτος 2016



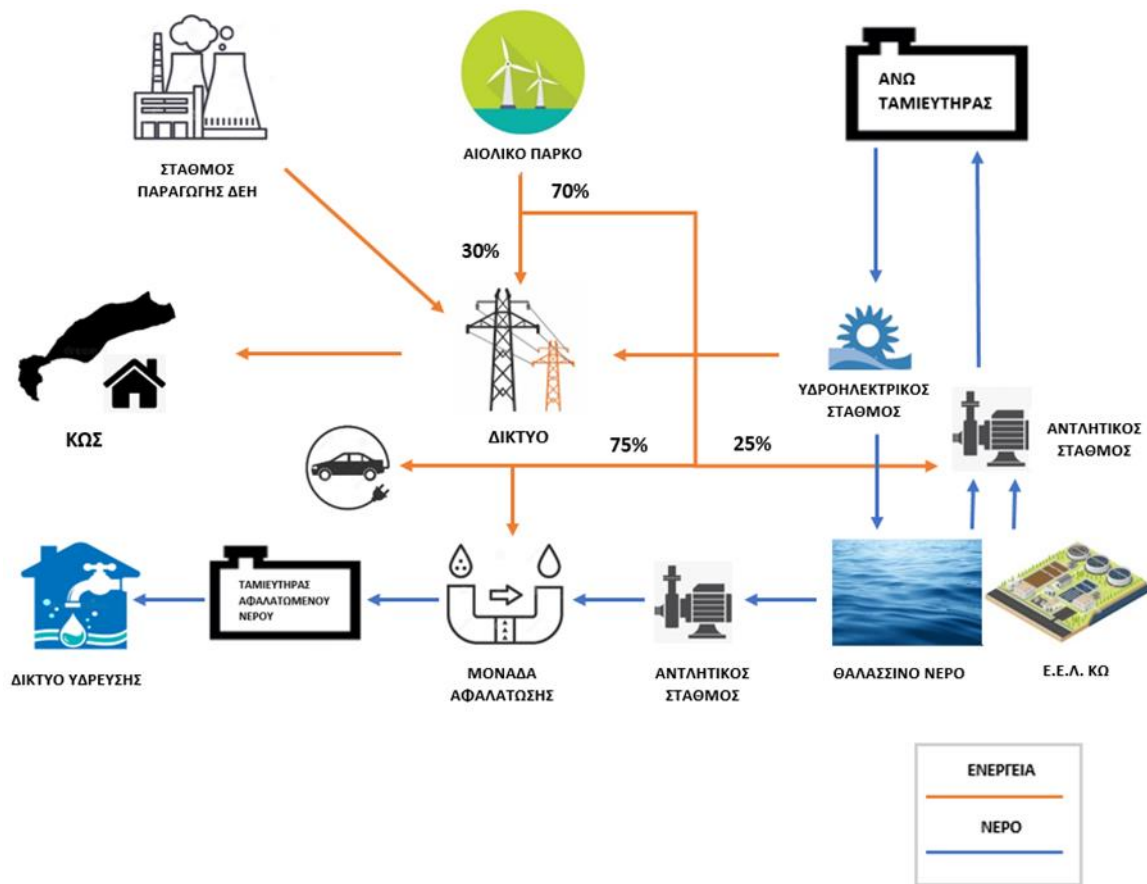
Σχήμα 5.13 Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού για το έτος 2018



Σχήμα 5.14 Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού για το έτος 2020

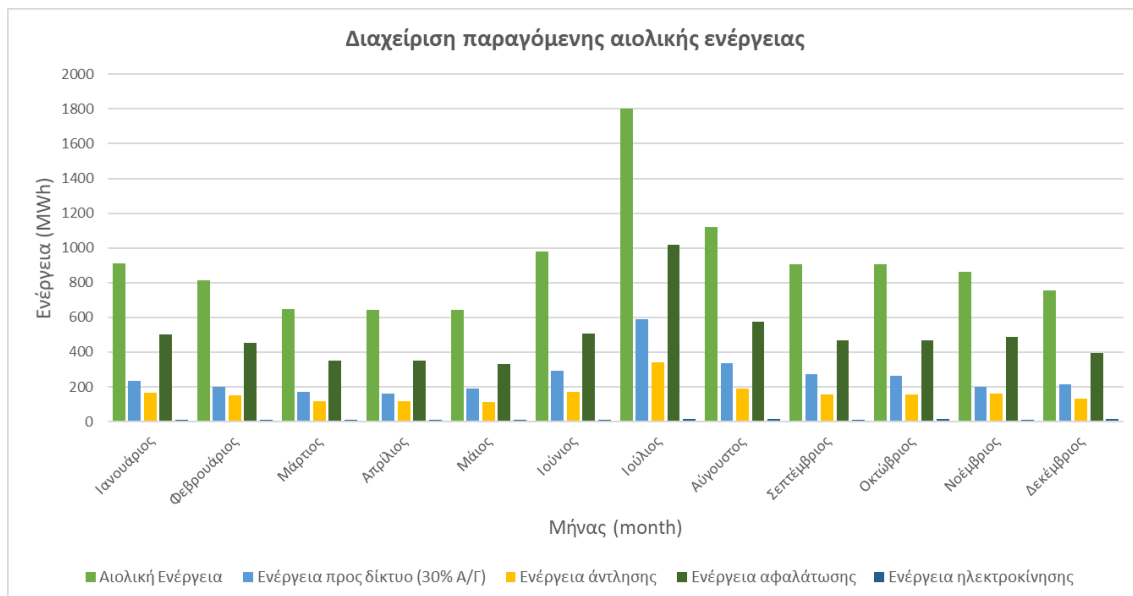
5.2 Σενάριο 2: Κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων ηλεκτροκίνησης και αφαλάτωσης σε προτεραιότητα

Στο Σενάριο 2, κατά τη προσομοίωση του ΥΣ τίθεται ως προτεραιότητα η κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων της ηλεκτροκίνησης και της μονάδας αφαλάτωσης. Συγκεκριμένα, όπως και στο Σενάριο 1, το 30% της παραγόμενης ενέργειας από το αιολικό πάρκο διατίθεται απευθείας στο δίκτυο. Το υπόλοιπο 70% κατανέμεται σε ποσοστό 75% για τη κάλυψη των αναγκών πρωτίστως της ηλεκτροκίνησης και δευτερευόντως της μονάδας αφαλάτωσης. Το υπόλοιπο 25% διατίθεται για άντληση νερού στον άνω ταμιευτήρα με στόχο την αποθήκευση ενέργειας. Στόχος σε αυτό το σενάριο είναι η κάλυψη της ύδρευσης της πόλης της Κω (πληθυσμού 20.000 κατοίκων) σε μεγάλο ποσοστό με αφαλατωμένο νερό και η ενεργειακή κάλυψη της ηλεκτροκίνησης με ΑΠΕ. Δευτερευόντως, στόχος είναι και η ενεργειακή συνεισφορά του ΥΣ. Το διάγραμμα ροής ενέργειας και νερού στο Σενάριο 2 παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.15.



Σχήμα 5.15 Διαγραμματική απεικόνιση δεύτερου σεναρίου λειτουργίας ΥΣ

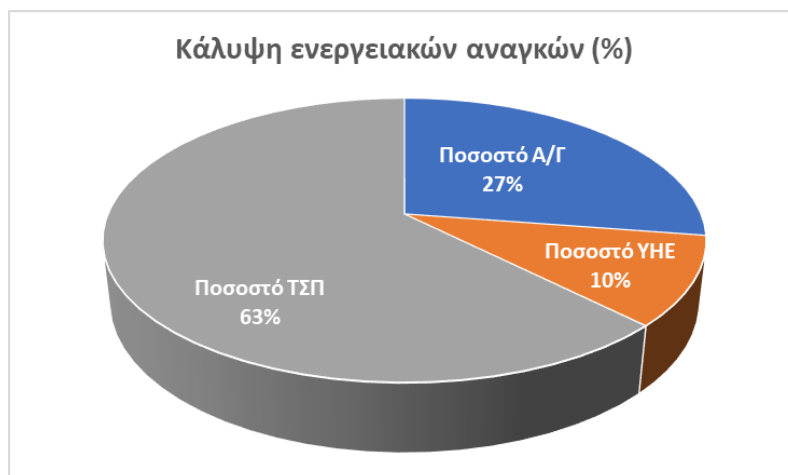
Αναλυτικότερα, η διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας από το αιολικό πάρκο σε μηνιαία κλίμακα φαίνεται στο Σχήμα 5.16:



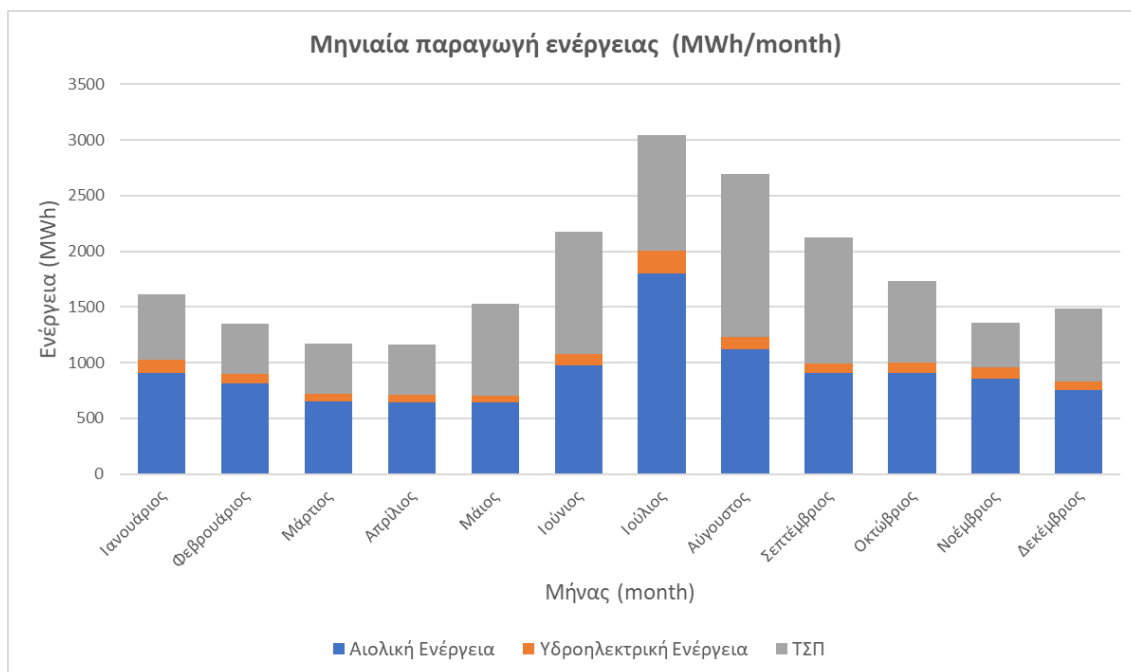
Σχήμα 5.16 Διαχείριση παραγόμενης αιολικής ενέργειας στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας του ΥΣ

Παρατηρείται ότι η ενέργεια για την ηλεκτροκίνηση των οχημάτων του νησιού είναι σταθερά πολύ μικρότερη από την παραγόμενη αιολική ενέργεια, έτσι το ποσοστό αξιοπιστίας κάλυψής της με «πράσινη ενέργεια» από το ΥΣ αγγίζει το 100%. Το γεγονός αυτό είναι αρκετά ενθαρρυντικό καθώς ακόμη και αν ξεπεραστούν οι προβλέψεις για τη διεύδυση της ηλεκτροκίνησης, το ΥΣ θα είναι και πάλι σε θέση να ανταποκριθεί. Ακόμη, το γεγονός ότι η ηλεκτροκίνηση δεν παρουσιάζει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας είναι ενθαρρυντικό, καθώς στις κοινωνίες του μέλλοντος η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων θα πρέπει να γίνεται με ενέργεια προερχόμενη από ΑΠΕ και όχι από ορυκτά καύσιμα, για να έχει νόημα και η προώθησή τους. Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι τον Ιούλιο, το μήνα με το υψηλότερο αιολικό δυναμικό, γίνεται και η υψηλότερη παραγωγή πόσιμου νερού και αντλείται ο μεγαλύτερος μηνιαίος όγκος νερού.

Όπως στο Σενάριο 1, έτσι και στο εξεταζόμενο σενάριο, το νησί τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το αιολικό πάρκο, το ΥΗΕ και, σε περιπτώσεις αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από τα πρώτα δύο, από τον ΤΣΠ ενέργειας της Κω. Στο Σχήματα 5.17 και 5.18, παρουσιάζονται το ποσοστό της κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης καθώς και η μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μία από τις εκάστοτε πηγές ενέργειας. Το σενάριο αφενός έχει ως προτεραιότητα την ηλεκτροκίνηση και την ύδρευση, όμως είναι επιθυμητό το έργο αντλησιοταμίευσης να λειτουργεί, έστω και σε μικρότερο βαθμό, και να προσφέρει ενέργεια που δεν μπορούν να προσφέρουν οι Α/Γ. Κρίνεται ότι το 10% συνεισφοράς του ΥΗΕ στο τρόπο κάλυψης των ενεργειακών αιχμών είναι αποδεκτό.

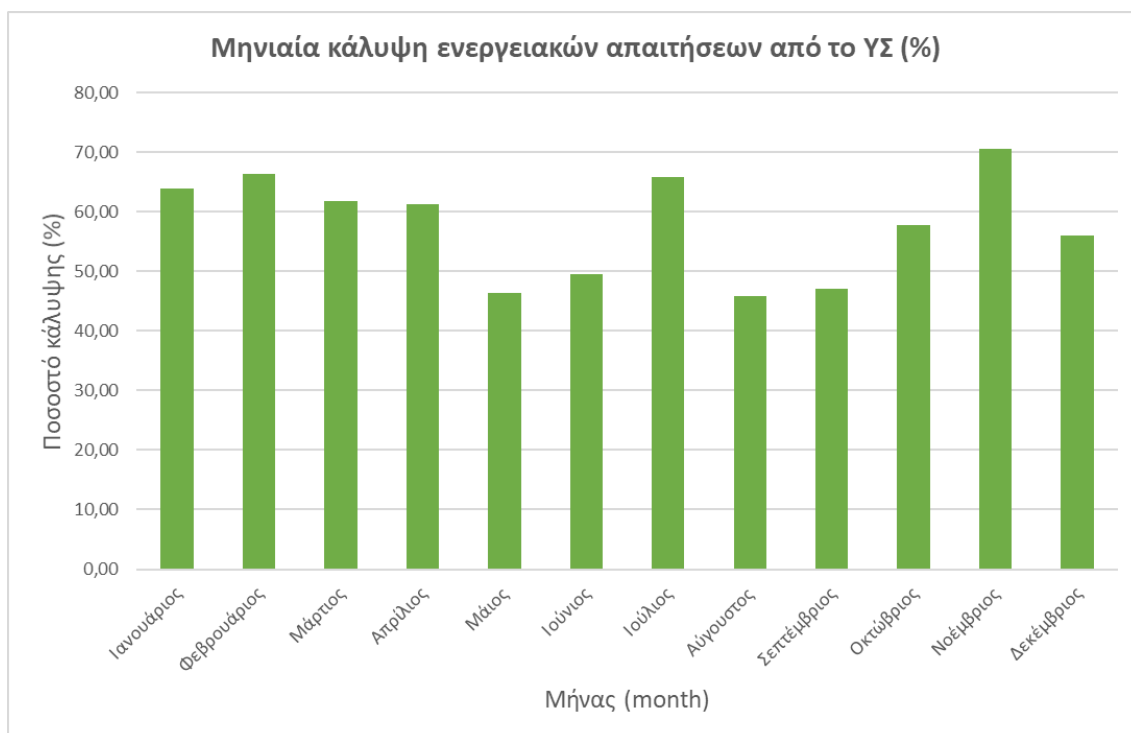


Σχήμα 5.17 Κάλυψη ενεργειακών (%) στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας του ΥΣ



Σχήμα 5.18 Μηνιαία παραγωγή ενέργειας (MWh/month) στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας του ΥΣ

Στο Σχήμα 5.19, απεικονίζεται η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ. Φυσικά, τα ποσοστά είναι απομειωμένα συγκριτικά με το Σενάριο 1, που είχε ως προτεραιότητα την ενεργειακή κάλυψη. Παρ' όλα αυτά, είναι και πάλι ικανοποιητικά, αφού κυμαίνονται από 46% τον μήνα Μάιο έως και 70% το μήνα Νοέμβριο.

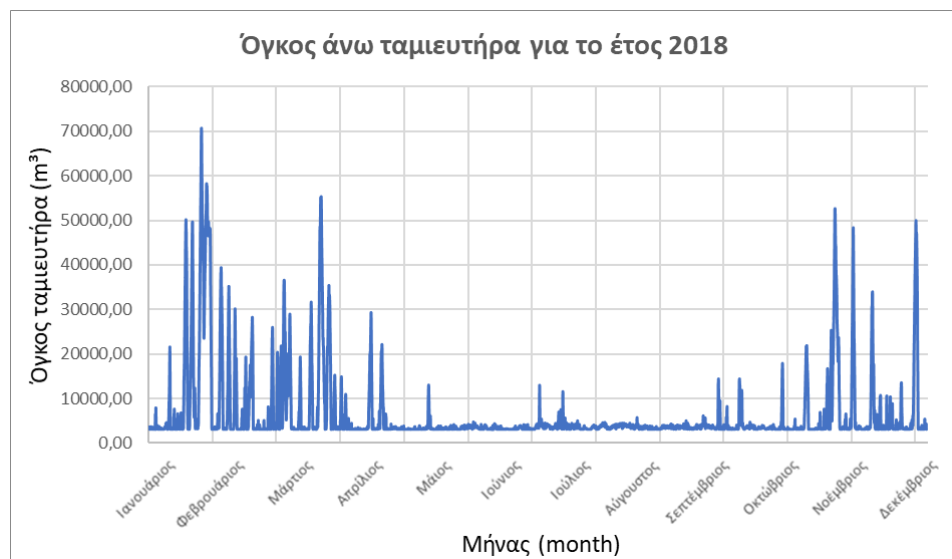


Σχήμα 5.19 Μηνιαία κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ (%) στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας

Στα παρακάτω Σχήματα 5.20, 5.21 και 5.22 απεικονίζεται η χρονοσειρά των όγκων νερού στον άνω ταμιευτήρα για τα έτη 2016, 2018 και 2020.



Σχήμα 5.20 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το έτος 2016



Σχήμα 5.21 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το έτος 2018



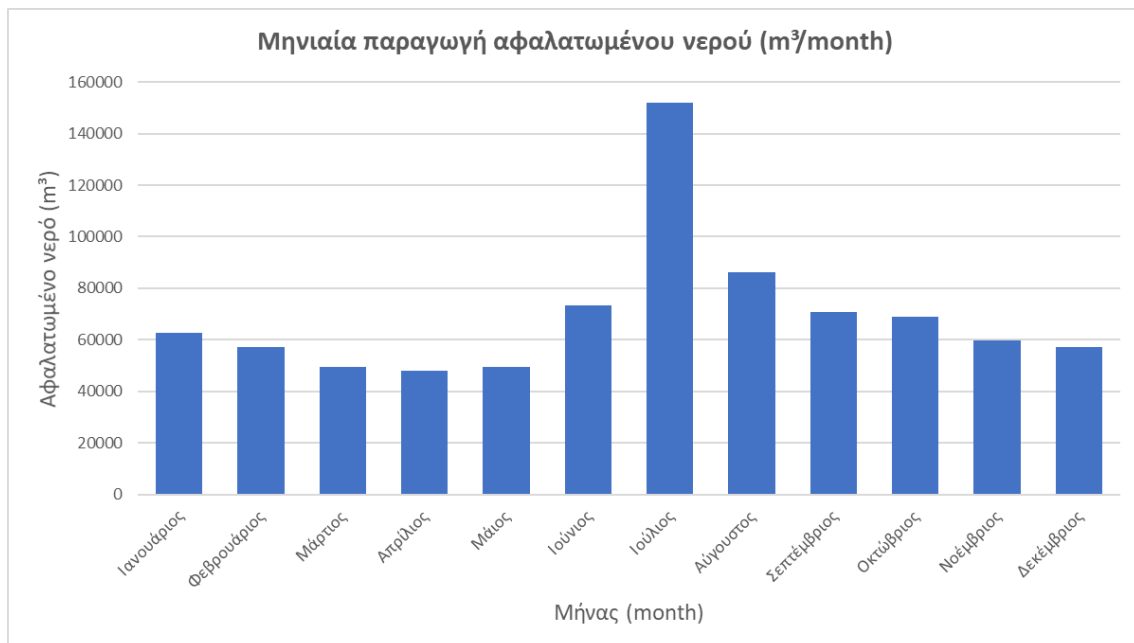
Σχήμα 5.22 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το έτος 2020

Αφού διατίθενται πολύ μικρότερα ποσά ενέργειας για άντληση, είναι αναμενόμενο οι όγκοι νερού στον άνω ταμιευτήρα να είναι αισθητά μικρότεροι. Επίσης, ο ταμιευτήρας είναι άδειος για μεγαλύτερα διαστήματα, για αυτό και η συνεισφορά σε υδροηλεκτρική ενέργεια έχει μειωθεί από το 32% στο 10%, στο Σενάριο 2. Οι μικρότεροι όγκοι νερού που αντλούνται δίνουν τη δυνατότητα μερικής απεξάρτησης από το θαλασσινό νερό. Ειδικότερα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.23, το ποσοστό νερού που προέρχεται από τον βιολογικό καθαρισμό της Κω αυξάνεται από το 26% στο Σενάριο 1 στο 60% στο Σενάριο 2 και περιορίζεται το θαλασσινό νερό σε ποσοστό 40%. Με αυτό τον τρόπο αφενός γίνεται εκμετάλλευση όγκων νερού που θα κατέληγαν απλά στη θάλασσα και αφετέρου δεν χρησιμοποιείται ευρέως θαλασσινό νερό, που λόγω των αλάτων προκαλεί με τη πάροδο του χρόνου φθορές στη μονάδα άντλησης και στον υδροηλεκτρικό σταθμό. Επίσης, εξοικονομούνται χρήματα αφού το κόστος άντλησης από τον βιολογικό καθαρισμό είναι μικρότερο από το κόστος άντλησης από την επιφάνεια της θάλασσας.



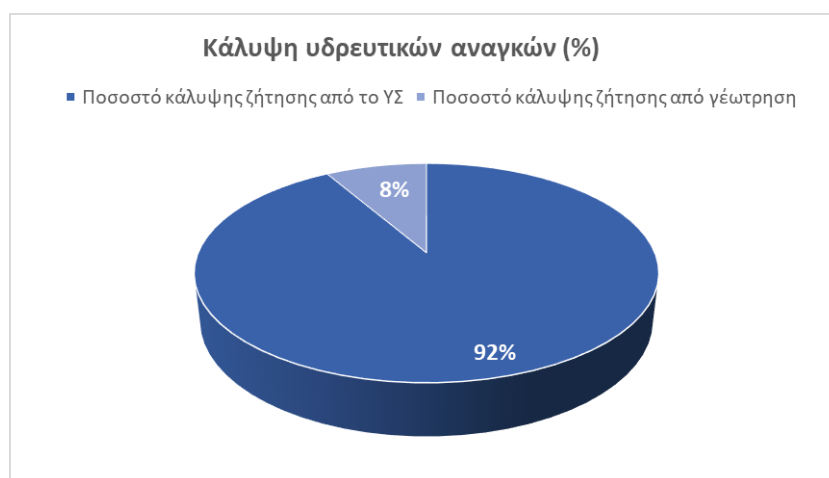
Σχήμα 5.23 Πηγή νερού για άντληση προς τον άνω ταμιευτήρα

Στο παρακάτω Σχήμα 5.24 απεικονίζεται η μέση μηνιαία παραγωγή αφαλατωμένου νερού. Είναι φανερό ότι στο Σενάριο 2 αφαλατώνονται πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού, αφού η ύδρευση είναι σε προτεραιότητα.



Σχήμα 5.24 Μηνιαία παραγωγή αφαλατωμένου νερού (m³/month)

Η παραγωγή πόσιμου νερού στο Σενάριο 2 είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες σε νερό ολόκληρης της πόλης της Κω, σε ποσοστό 92% (Σχήμα 5.25). Με τον τρόπο αυτό, γίνεται απεξάρτηση του 60% περίπου του πληθυσμού της Κω από νερό που προέρχεται μέχρι και σήμερα από γεωτρήσεις. Η παρέμβαση αυτή θα ενισχύσει τους υπόγειους υδροφορείς και θα βελτιώσει τα αποθέματα υπόγειου νερού. Ειδικότερα, θα ανέβει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και θα απομακρυνθεί ο κίνδυνος της υφαλμύρωσης των υπόγειων όγκων νερού. Έτσι, θα δαπανούνται μικρότερα ποσά ενέργειας για την άντληση νερού από τις ιδιωτικές γεωτρήσεις των αγροτών, με το όφελος τελικά να είναι και περιβαλλοντικό και οικονομικό.



Σχήμα 5.25 Κάλυψη υδρευτικών αναγκών (%)

Στα παρακάτω Σχήματα 5.26, 5.27 και 5.28 απεικονίζονται οι χρονοσειρές των όγκων αφαλατωμένου νερού για τα έτη 2016, 2018 και 2020. Είναι φανερό ότι οι όγκοι νερού είναι μεγαλύτεροι από το Σενάριο 1. Παράλληλα όμως, έχει αυξηθεί και η ζήτηση νερού, καθώς στο Σενάριο 2 διατίθεται πόσιμο νερό για 20000 κατοίκους αντί για 3500. Υπάρχει μεγάλη μεταβλητότητα στις χρονοσειρές ανά έτος καθώς αυτές εξαρτώνται και από τη ζήτηση νερού (που δεν είναι σταθερή), αλλά και από τη διαθέσιμη αιολική ενέργεια. Παρόλο όμως που υπάρχει τόσο έντονη μεταβλητότητα, το ποσοστό 92% για τη κάλυψη της ζήτησης νερού 20.000 κατοίκων της πόλης της Κω από το ΥΣ κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητικό. Το υπόλοιπο 8% της ζήτησης σε ύδρευση θα καλύπτεται από υπόγεια αποθέματα νερού μέσω γεωτρήσεων.



Σχήμα 5.26 Όγκος ταμειυτήρα αφαλατωμένου νερού για το έτος 2016



Σχήμα 5.27 Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού για το έτος 2018



Σχήμα 5.28 Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού για το έτος 2020

5.3 Σύγκριση εκπομπών CO₂ πριν και μετά την ένταξη της ηλεκτροκίνησης

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζονται δεδομένα που απεικονίζουν τις συνολικές εκπομπές CO₂ από τη λειτουργία του ΤΣΠ και από τον αριθμό των συμβατικών οχημάτων του νησιού. Σκοπός είναι η σύγκριση των εκπεμπόμενων ρύπων πριν και μετά την ένταξη ΥΣ και ηλεκτρικών οχημάτων. Στους υπολογισμούς που παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες 5.1 και 5.2, θεωρήθηκε ότι οι εκπομπές CO₂ για τα συμβατικά οχήματα είναι 120 g/km (Βεντουρή, 2021). Για τις εκπομπές CO₂ του ΤΣΠ, θεωρήθηκε ότι ανέρχονται σε 0,82 MWh/ton, που θεωρείται μία πολύ καλή προσέγγιση της πραγματικότητας (Μαντζουράνης, 2021).

Πίνακας 5.1 Μεταβολή εκπομπών CO₂ από τον ΤΣΠ λόγω της ένταξης του ΥΣ ανά σενάριο

	ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΥΣ	ΕΝΤΑΞΗ ΥΣ	
		ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
ΤΣΠ σε 5 χρόνια (GWh)	67,68	27,83	42,36
CO₂ (MWh/ton)	0,82	0,82	0,82
Εκπεμπόμενο CO₂ ΤΣΠ (tn)	82537	33939	51659
Μείωση CO₂ λόγω του ΥΣ (tn)	-	48598	30878

Πίνακας 5.2 Μεταβολή εκπομπών CO₂ λόγω πρόβλεψης διείσδυσης ηλεκτροκίνησης στο νησί της Κω για το 2030

	ΧΩΡΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
	0 EV	174 EV
Συνολικός αριθμός επιβατικών οχημάτων	12518	12518
Αριθμός ηλεκτροκίνητων οχημάτων	-	174
Ποσοστό ηλεκτροκίνησης	-	1,39
Αριθμός συμβατικών οχημάτων	12518	12344
km/day για κάθε όχημα	15	15
Εκπομπή CO ₂ για κάθε όχημα (g/km)	120	120
km/5 years για κάθε όχημα	27375	27375
Συνολικό εκπεμπόμενο CO ₂ οχημάτων (tn)	41121	40550
Εκπεμπόμενο CO ₂ συμβατικών οχημάτων (tn)	41121	41121
Μείωση CO₂ λόγω ηλεκτροκίνησης (tn)	-	572

6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ

6.1 Οικονομικές έννοιες

- **Κεφάλαιο:** Αποτελεί το οικονομικό αγαθό, εκφρασμένο σε χρηματικές μονάδες, το οποίο έχει την ικανότητα να παράγει άλλα αγαθά.
- **Τόκος:** Είναι η απόδοση (αύξηση) του κεφαλαίου για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- **Επιτόκιο:** Είναι ο τόκος του κεφαλαίου για μια νομισματική μονάδα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- **Χρονική αξία του χρήματος (time value of money):** Εκφράζει την αξία του χρήματος με βάση τον χρόνο. Ένα χρηματικό ποσό σήμερα είναι περισσότερο χρήσιμο από ένα ίσο ποσό που θα είναι διαθέσιμο στο μέλλον
- **Χρηματοροή (cash flow):** Είναι το χρηματικό ποσό που εισέρχεται ή εξέρχεται από μία οικονομική μονάδα (επιχείρηση, νοικοκυριό) μία χρονική στιγμή. Οι θετικές χρηματοροές αποτελούν τα έσοδα, οι αρνητικές τα έξοδα και οι καθαρές χρηματοροές είναι η διαφορά θετικών και αρνητικών χρηματοροών
- **Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value – NPV):** Αυτός ο οικονομικός δείκτης μετρά το πλεόνασμα ή την έλλειψη του αθροίσματος των μελλοντικών χρηματοροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος των κεφαλαίων που χρησιμοποιήθηκαν για την επένδυση.

$$ΚΠΑ = \left[\sum_{\tau=1}^n \frac{ΚΤΡ_{\tau}}{(1+\epsilon)^{\tau}} \right] - E_0 \quad (6.1)$$

Όπου:

- ❖ ΚΤΡ → η καθαρή ταμειακή ροή, δηλαδή η διαφορά εσόδων – εξόδων σε κάθε περίοδο
- ❖ E → το επιτόκιο προεξόφλησης
- ❖ n → η διάρκεια ζωής του έργου σε έτη
- ❖ τ → η περίοδος προεξόφλησης
- ❖ E₀ → η αρχική επένδυση

Εάν ΚΠΑ > 0 , τότε η επένδυση είναι κερδοφόρα. Εάν ΚΠΑ = 0 , τότε έχουμε οριακή αποδοτικότητα. Τέλος, εάν ΚΠΑ < 0, τότε η επένδυση είναι μη κερδοφόρα.

- **Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return – IRR):** Είναι δείκτης ο οποίος μετράει την απόδοση μιας επένδυσης. Αυτός ο οικονομικός δείκτης, είναι στην πραγματικότητα το μοναδικό εκείνο επιτόκιο δανεισμού για το οποίο μηδενίζεται η ΚΠΑ. Υπολογίζεται από την επίλυση της εξίσωσης (6.2):

$$\text{ΚΠΑ} = 0 = \left[\sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{\text{ΚΤΡ}_{\tau}}{(1+\text{IRR})^{\tau}} \right] - E_0 \quad (6.2)$$

Η σχέση του IRR με το ϵ στην ουσία αποτελεί κριτήριο για την ανάληψη ενός έργου:

- **Av IRR > ϵ** , σημαίνει ότι η απόδοση της επένδυσης είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση εγκρίνεται, καθώς είναι οικονομικά βιώσιμη.

- **Av IRR = ϵ** , σημαίνει ότι είναι οριακή η απόδοση της επένδυσης και ενδεχομένως να μην αποφέρει κέρδος.

- **Av IRR < ϵ** , τότε η απόδοση της επένδυσης είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση απορρίπτεται, γιατί είναι ασύμφορη.

- **Αποσβέσεις:** Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των πάγιων περιουσιακών στοιχείων μιας επένδυσης (κτήριο, μηχάνημα κλπ.) και θεωρητικά επιτρέπουν τη σταδιακή ανάκτηση του κόστους αγοράς των παγίων και την αντικατάσταση του μετά το τέλος της ζωής τους. Η επιβάρυνση αυτή δεν αποτελεί πραγματική ταμειακή εκροή, καθώς αυτή πραγματοποιήθηκε στον χρόνο της αγοράς τους, αλλά νόμιμη δυνατότητα μείωσης του φορολογητέου εισοδήματος. Οι συντελεστές απόσβεσης εξαρτώνται από το είδος του πάγιου περιουσιακού στοιχείου και τον χρόνο ζωής του έργου. Για παράδειγμα για στοιχεία με μικρό χρόνο ζωής οι συντελεστές απόσβεσης είναι υψηλότεροι. Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων του κάθε στοιχείου πρέπει να είναι γνωστά το αρχικό κόστος επένδυσης, ο χρήσιμος χρόνος ζωής και υπολειμματική του αξία. Στην ουσία χρησιμοποιείται ένας σταθερός συντελεστής απόσβεσης στη θέση του χρήσιμου χρόνου ζωής. Όταν μια επιχείρηση δικαιούται να αποσβέσει ένα ποσό σε κάποιο οικονομικό έτος (καθορίζεται νομοθετικά), τότε το ουσιαστικό της κέρδος δεν είναι το ποσό αυτό αλλά το γινόμενο αυτού με το φορολογικό συντελεστή που χρησιμοποιείται για την φορολόγηση των κερδών της. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τον ισολογισμό, το ποσό της απόσβεσης αφαιρείται από τα καθαρά κέρδη, και αφού αυτά φορολογηθούν, προστίθεται ξανά στο ενεργητικό της (Μπέρτσιου, 2016)

Η περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου ορίζεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί η δαπάνη της αρχικής επένδυσης από τις ετήσιες ταμειακές ροές μετά των φόρων. Μια επένδυση είναι ασφαλέστερη όσο πιο μικρή είναι η περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου. Επενδυτικά σχέδια με περίοδο ανάκτησης μεγαλύτερη από 7 έως 8 χρόνια θεωρούνται ριψοκίνδυνα ή χαμηλής απόδοσης.

Το κόστος μιας επένδυσης δεν καλύπτεται σχεδόν ποτέ αποκλειστικά από τα κεφάλαια του επενδυτή. Το κόστος αυτό καλύπτεται από χρηματοδοτήσεις, όπως επιχορηγήσεις ή και δάνεια από πιστωτικά ιδρύματα. Το κεφάλαιο που δανείζεται ο επενδυτής επιστρέφεται σταδιακά με την αμοιβή του δανειστή. Το χρεολύσιο είναι η επιστροφή του κεφαλαίου. Ο τόκος υπολογίζεται βάσει του επιτόκιου δανεισμού και του προς αποπληρωμή κεφαλαίου και αποτελεί στην ουσία την αμοιβή του κεφαλαίου.

Η μέθοδος αποπληρωμής ενός δανείου γίνεται είτε με σταθερό χρεολύσιο ή με σταθερό τοκοχρεολύσιο, που αποτελεί τον πλέον συνηθισμένο. Ο υπολογισμός του τοκοχρεολυσίου γίνεται με τη βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης 6.3 (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008):

$$T\Delta = \frac{\varepsilon(1 + \varepsilon)^v}{(1 + \varepsilon)^v - 1} K \quad (6.3)$$

Όπου:

- TΔ: η τοκοχρεωλυτική δόση
- ε: το επιτόκιο δανεισμού
- v: περίοδοι αποπληρωμής του δανείου (αριθμός δόσεων)
- K: κεφάλαιο δανεισμού

6.2 Υπολογισμός συνολικού κόστους έργου

Τα κόστη των επιμέρους τμημάτων του έργου, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1, βασίζονται σε εκτιμήσεις, έπειτα από έρευνα κόστους εξοπλισμού και εγκατάστασης αντίστοιχων έργων (Μπέρτσου, 2016).

Πίνακας 6.1 Πίνακας εκτιμώμενων δαπανών προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού για το Υβριδικό Σύστημα και σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στη νήσο Κω

Πίνακας Εκτιμώμενων Δαπανών Προμήθειας και Εγκατάστασης Εξοπλισμού για το Υβριδικό Σύστημα και σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στη νήσο Κω		
A/A	Περιγραφή εργασίας	Εκτίμηση δαπανών
1	Δαπάνες Μελετών-Επιβλέψεων-Αδειοδοτήσεων	
	Αρχιτεκτονική μελέτη, Η/Μ μελέτη, Αδειοδότηση , Επιβλέψεις	125000 €
2	Μονάδα αφαλάτωσης	1100000 €
3	Αντλιοστάσιο	
	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	200000,€
4	Δεξαμενές	
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος χώρου)	900000 €
5	Υδροστρόβιλος	
	Πλήρης εξοπλισμός υδροστρόβιλου (υδροστρόβιλος, μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης)	700000 €
6	Αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος χώρου)	30000 €
7	Αιολικό πάρκο	
	Πλήρης εξοπλισμός ανεμογεννητριών Enercon E - 92 2,35 MW (μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης, γερανοί ανέγερσης)	6000000 €

	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος χώρου)	70000 €
	Εκπαίδευση προσωπικού	15000 €
8	Αγορά και εγκατάσταση 23 σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων Level 2	172500 €
	Εργασίες αναβάθμισης ηλεκτρικού συστήματος και κόστη διασύνδεσης των σταθμών με το δίκτυο	29756 €
	Σύνολο	9140000 €
	ΦΠΑ (24%)	2193600 €
	Σύνολο με ΦΠΑ	11333600 €

6.3 Υπολογισμός ετήσιων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, τα οποία βασίζονται σε εκτιμήσεις, έπειτα από έρευνα κόστους λειτουργίας και συντήρησης αντίστοιχων έργων (Μπέρτσου, 2016).

Πίνακας 6.2 Πίνακας εκτιμώμενων ετήσιων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης για το υβριδικό σύστημα και σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στη νήσο Κω

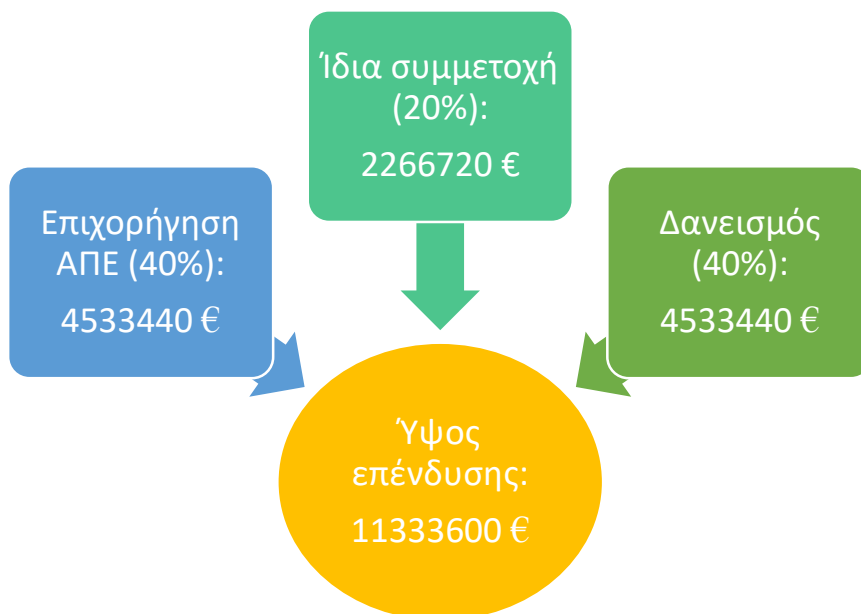
Πίνακας Εκτιμώμενων Ετήσιων Δαπανών Λειτουργίας και Συντήρησης για το Υβριδικό Σύστημα και σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στη νήσο Κω		
A/A	Περιγραφή εργασίας	Εκτίμηση δαπανών
1	Δαπάνες Διοίκησης - Διαχείρισης Έργου	
	Αμοιβή προσωπικού διαχείρισης	125000 €
2	Μονάδα αφαλάτωσης	
	Συντήρη μονάδας, χημικής λειτουργίας και καθαρισμού , αντικατάσταση μεμβρανών	35000 €
	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	50000 €
3	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	
	Συντήρηση του εξοπλισμού, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	2000 €
4	Δεξαμενές	
	Συντήρηση, αναλώσιμα	2000 €
5	Υδροστρόβιλος	
	Συντήρηση μονάδας, αναλώσιμα	8000 €
6	Ανεμογεννήτριες	
	Συντήρηση μονάδας, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	10000 €
	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	45000 €
7	Σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	

	Συντήρηση, αναλώσιμα, προσωπικό	23000 €
	Σύνολο	300000 €
	ΦΠΑ (24%)	72000 €
	Σύνολο με ΦΠΑ	372000 €

6.4 Αξιολόγηση επένδυσης

Για να αξιολογηθεί με ορθό τρόπο η επένδυση για τα έργα που προβλέπει η μελέτη, είναι απαραίτητο να οριστεί ο χρονικός ορίζοντας. Ως χρονικός ορίζοντας του έργου λαμβάνεται η διάρκεια ζωής του τεχνικού εξοπλισμού. Με βάση την εμπειρία από αντίστοιχα έργα, ο χρονικός ορίζοντας θεωρείται ίσος με 25 έτη.

- Το συνολικό ύψος της επένδυσης ανέρχεται στα 11333600 €. Για την επένδυση αυτή προβλέπεται το εξής χρηματοδοτικό σχήμα (Σχήμα 6.1): επιχορήγηση, τραπεζικό δάνειο και ίδια συμμετοχή. Η επιχορήγηση δίνεται από επιχειρησιακό πρόγραμμα για την προώθηση των ΑΠΕ στα νησιά και είναι ορίζεται ως το 40% του συνολικού κόστους, ήτοι 4533440 €. Το τραπεζικό δάνειο λαμβάνεται για το 40% της επένδυσης, δηλαδή 4533440 € και τέλος, η ίδια συμμετοχή ανέρχεται στο 20%, που αντιστοιχεί σε 2266720 €.



Σχήμα 6.1 Χρηματοδοτικό σχήμα επένδυσης

Όσον αφορά στο δανεισμό, η αποπληρωμή του δανείου πραγματοποιείται με τη μέθοδο των ιστοκοχοχρεολυσίων, ενώ η περίοδος αποπληρωμής του θεωρείται ίση με 10 έτη και το επιτόκιο ίσο με 7.5%. Ο συντελεστής φορολογίας των καθαρών κερδών λαμβάνεται ίσος με

35%. Το επιτόκιο προεξόφλησης είναι 2%. Ο συντελεστής απόσβεσης είναι 10% και η απόσβεση θα γίνει στα 10 πρώτα χρόνια.

Έτσι, σύμφωνα με την εξίσωση 6.3, το τοκοχρεολύσιο υπολογίζεται στα 660458 €, βάσει του οποίου, στον Πίνακα 6.3, παρουσιάζεται η αποπληρωμή του δανείου.

Πίνακας 6.3 Αποπληρωμή δανείου

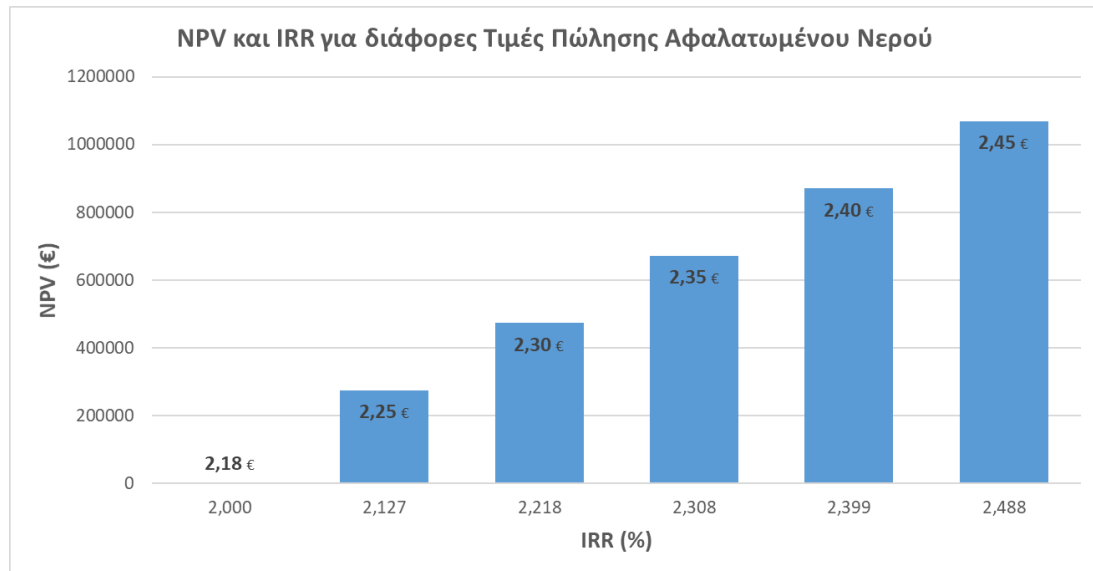
Έτος	Τοκοχρεολύσιο (€)	Χρεολύσιο (€)	Τόκοι (€)	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (€)
0				4533440
1	660458	320450	340008	4212990
2	660458	344484	315974	3868505
3	660458	370321	290138	3498185
4	660458	398095	262364	3100090
5	660458	427952	232507	2672139
6	660458	460048	200410	2212091
7	660458	494552	165907	1717539
8	660458	531643	128815	1185896
9	660458	571516	88942	614380
10	660458	614380	46078	0
Σύνολο	6604584	4533440	2071144	

Η υπολειμματική αξία του έργου θεωρείται μηδενική, καθώς γίνεται η παραδοχή πως το κράτος παραχωρεί δικαίωμα εκμετάλλευσης σε μια ιδιωτική εταιρεία για ορισμένο χρόνο και μετά την παρέλευση του χρόνου αυτού, το έργο μεταβιβάζεται πάλι στο κράτος, το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί το ίδιο το έργο ή να το παραχωρήσει πάλι σε άλλη εταιρεία (Μπέρτσου, 2016).

Για κάθε έτος, υπολογίζονται αρχικά τα συνολικά έσοδα του έργου, τα οποία προκύπτουν από την πώληση υδρευτικού νερού και ηλεκτρικής ενέργειας. Η τιμή πώλησης ενέργειας, σύμφωνα με το θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ (Νόμος 3468/2006) ορίζεται στα 0.0875 €/kWh. Από τα έσοδα που προκύπτουν από τη πώληση ενέργειας επιβάλλεται 35 % φορολογία επί των καθαρών κερδών, δηλαδή μετά από αφαίρεση για κάθε έτος των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης, της απόσβεσης και των τόκων.

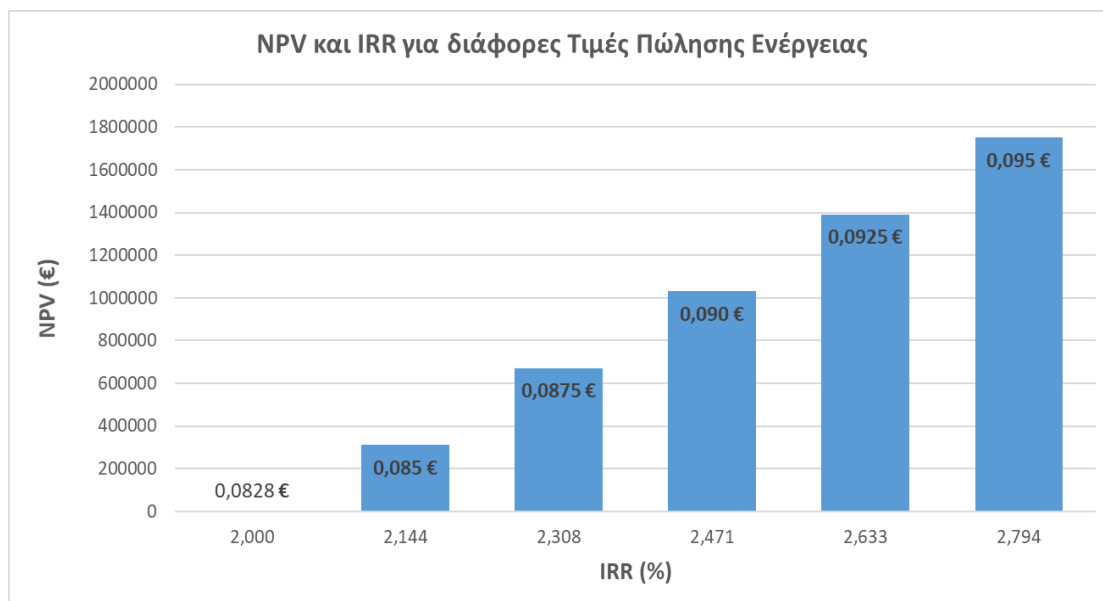
Η απόσβεση του έργου ορίζεται για χρονικό διάστημα 10 ετών, με σταθερό ετήσιο συντελεστή απόσβεσης 10 % επί του ίδιου κεφαλαίου και του δανεισμού. Στον υπολογισμό των αποσβέσεων, δεν υπολογίζονται στο συνολικό κόστος τα χρήματα που έχουν δίνονται ως επιχορήγηση. Η υπολειμματική αξία του έργου θεωρείται μηδενική, καθώς γίνεται η παραδοχή πως το κράτος παραχωρεί δικαίωμα εκμετάλλευσης σε μια ιδιωτική εταιρεία για ορισμένο χρόνο και μετά την παρέλευση του χρόνου αυτού, το έργο μεταβιβάζεται πάλι στο κράτος, το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί το ίδιο το έργο ή να το παραχωρήσει πάλι σε άλλη εταιρεία (Μπέρτσου, 2016). Τέλος, το επιτόκιο προεξόφλησης (ε) λαμβάνεται ίσο με 2 %.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) της επένδυσης, μηδενίζεται για τιμή πώλησης αφαλατωμένου νερού 2.18 €/m³ και σταθερή τιμή πώλησης ενέργειας 0.0875 €/kWh, με βάση τα αποτελέσματα του Σεναρίου 1. Για την τιμή στα 2.18 €/m³, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR) είναι ίσος με το επιτόκιο προεξόφλησης και η επένδυση χαρακτηρίζεται οριακά συμφέρουσα. Στο Σχήμα 6.2 φαίνεται η αποδοτικότητα του έργου ανάλογα με την τιμή πώλησης του νερού μέσα από το διάγραμμα της NPV και του IRR για διάφορες τιμές του νερού.



Σχήμα 6.2 NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού

Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται και στην περίπτωση που επιλέγεται ως μεταβλητή η τιμή πώλησης της ενέργειας. Με σταθερή τιμή πώλησης του κυβικού στα 2.35 €/m³, προκύπτει πως η NPV μηδενίζεται για 0.0828 €/kWh, καθιστώντας, έτσι, την επένδυση οριακά συμφέρουσα. Στο Σχήμα 6.3, παρουσιάζεται το αντίστοιχο διάγραμμα της NPV και του IRR για διάφορες τιμές της ενέργειας, με σκοπό να φανεί η αποδοτικότητα του έργου ανάλογα με την τιμή πώλησης της κιλοβατώρας.



Σχήμα 6.3 NPV και IRR για διάφορες τιμές πώλησης ενέργειας

Παρατηρείται ότι η NPV ανεβαίνει κατακόρυφα με μικρή αύξηση είτε της τιμής του ασφατωμένου νερού είτε της τιμής της kWh. Την διαφορά στην τελική τιμή πώλησης του ασφατωμένου νερού μπορεί να καλυφθεί από την εξοικονόμηση πόρων από τη μείωση των εκπομπών CO₂ που προσφέρει σταθερά η λειτουργία του ΥΣ και η απεξάρτηση από τον ΤΣΠ της Kw (βλ. Κεφ.6.5). Έτσι, οι κάτοικοι δεν θα δουν αυξήσεις στα πάγια έξοδά τους. Επιπρόσθετα, είναι σημαντικά και τα περιβαλλοντικά οφέλη που είναι η μείωση της άντλησης νερού μέσω γεωτρήσεων και ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα (που προβλέπεται στη παρούσα μελέτη να γίνεται με ασφατωμένο νερό).

6.5 Εκτίμηση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ emmissions)

Πλέον, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, όλες οι εγκαταστάσεις που εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, είναι υποχρεωμένες να πληρώνουν υψηλά κόμιστρα. Έτσι, ανάλογα με τους τόνους διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα υπολογίζεται το κόμιστρο που πρέπει να καταβληθεί. Στην ενότητα αυτή, αναλύεται η μεθοδολογία εκτίμησης του κομίστρου που θα πρέπει να καταβάλλει ετησίως ο ΤΣΠ της Kw και ποια μπορεί να είναι η συνεισφορά του μελετώμενου ΥΣ στη μείωση αυτού του κόστους.

6.5.1 Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System)

Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (Σ.Ε.Δ.Ε.) της ΕΕ δρομολογήθηκε το 2005 με στόχο να ενθαρρυνθεί η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με τρόπο οικονομικά αποδοτικό και αποτελεσματικό. Θέτει περιορισμούς στις ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου που μπορούν να εκπέμπουν οι ενεργοβόρες βιομηχανίες, οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας και οι αεροπορικές εταιρείες. Τα ανώτατα επίπεδα των δικαιωμάτων εκπομπών καθορίζονται από την ΕΕ και κάθε επιχείρηση λαμβάνει ή αγοράζει τα δικαιώματα

που χρειάζεται. Το ανώτατο όριο μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, προκειμένου να μειωθούν σταδιακά οι συνολικές ποσότητες εκπομπών. Όσο οι εταιρείες (όπως η ΔΕΗ), βρίσκονται εντός του ανώτατου καθορισμένου ορίου εκπομπών, μπορούν να αγοράζουν ή να λαμβάνουν έναντι ποσού δικαιώματα εκπομπής (emission allowances) αερίων του θερμοκηπίου. Τα δικαιώματα αυτά αφορούν κυρίως εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Πρόκειται για τη πρώτη μεγάλη αγορά άνθρακα στον κόσμο και παραμένει η μεγαλύτερη. Ο πρωτεύον στόχος, της εν λόγω αγοράς, είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 50 %, έως το 2030. Ισχύει για όλα τα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις χώρες Ισλανδία, Λιχτενστάιν και Νορβηγία. Για την επίτευξη του στόχου της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της ΕΕ κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030, οι τομείς που καλύπτονται από το ΣΕΔΕ θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά 43 % σε σύγκριση με το 2005. Αυτό σημαίνει ότι ο συνολικός αριθμός δικαιωμάτων εκπομπών θα μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό από ό,τι στο παρελθόν: από το 2021 και μετά, ο ετήσιος ρυθμός μείωσης θα είναι 2.2% αντί για 1.74%. Αυτό ισοδυναμεί με επιπλέον μείωση των εκπομπών περίπου κατά 556 εκατομμύρια τόνους μεταξύ 2020 και 2030 - ποσότητα που αντιστοιχεί περίπου στις συνολικές ετήσιες εκπομπές του Ηνωμένου Βασιλείου.

Μετά από κάθε χρόνο, μια εταιρεία οφείλει να παραδώσει τα δικαιώματα που αντιστοιχούν στους τόνους εκπομπής της, διαφορετικά επιβάλλονται υψηλά πρόστιμα. Για παράδειγμα, εάν μια εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εκπέμπει 1000 τόνους διοξείδιο του άνθρακα σε ένα έτος, τότε είναι υποχρεωμένη να παραδώσει 1000 δικαιώματα εκπομπής. Εάν μια εταιρεία μειώσει τις εκπομπές της, μπορεί να διατηρήσει τα εφεδρικά δικαιώματα για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών της ή αλλιώς να τα πουλήσει σε άλλη εταιρεία που δεν διαθέτει δικαιώματα. Η εμπορία των εκπομπών άνθρακα προσφέρει ευελιξία που διασφαλίζει τη μείωση τους, ενώ το κόστος για τις εταιρείες είναι μικρότερο. Μια ισχυρή τιμή άνθρακα προωθεί επίσης τις επενδύσεις σε καθαρές τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Έτσι λοιπόν, η Ευρωπαϊκή Ένωση δημιούργησε μια αγοροπωλησία «αδειών» εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, αντί να επιβάλλει για παράδειγμα πρόστιμα στις επιχειρήσεις. Με αυτόν τον τρόπο, η αγορά αυτορυθμίζει την τιμή της κάθε «άδειας», με βάση τον κανόνα της προσφοράς και της ζήτησης, ενώ παράλληλα επιβάλλονται υψηλά πρόστιμα σε όσους δεν ακολουθούν αυτή τη διαδικασία και συνεχίζουν να εκπέμπουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από αυτό για το οποίο έχουν πληρώσει. Προφανώς, η τιμή του κάθε ενός δικαιώματος εκπομπής ενός τόνου άνθρακα, είναι μικρότερη από το αντίστοιχο πρόστιμο που επιβάλλεται. Βέβαια, η τιμή έχει αυξητική τάση, ώστε να ωθεί τις επιχειρήσεις προς καθαρές τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. (Μαντζούρανης, 2021)

6.5.2 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον ΤΣΠ Κω

Όπως έχει υπολογιστεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5.3, οι εκπομπές CO₂ από τον ΤΣΠ Κω είναι 82537 tn για 5 χρόνια λειτουργίας. Με τη μελετώμενη ένταξη του ΥΣ στο Σενάριο 1 οι εκπομπές μειώνονται κατά 48598 tn και στο Σενάριο 2 κατά 30878. Δηλαδή κατά 59% στο Σενάριο 1 και κατά 38% στο Σενάριο 2.

Θεωρείται η τιμή 60 € ανά τόνο για τα πρώτα 10 χρόνια της λειτουργίας, η οποία είναι περίπου η σημερινή (Σεπτέμβριος 2021). Έτσι, προκύπτει το παρακάτω Σχήμα 6.4, που δείχνει το ετήσιο κόστος λειτουργίας του ΤΣΠ πριν και μετά την ένταξη του ΥΣ για κάθε σενάριο λειτουργίας.



Σχήμα 6.4 Ετήσιο κόστος ΤΣΠ Κω λόγω εκπεμπόμενων ρύπων ανά περίπτωση λειτουργίας

Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι από το 1^ο έτος λειτουργίας του ΥΣ η μείωση του κόστους λειτουργίας του ΤΣΠ είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ταυτόχρονα, μειώνονται και οι εκπεμπόμενοι ρύποι, συνεπώς το κέρδος είναι και περιβαλλοντικό.

Η πώληση νερού στα 0.9€ ανά κυβικό νερού αντί για 2.35 € ανά κυβικό ισοδυναμεί με μείωση των ετήσιων εσόδων κατά 323849 €. Παρατηρούμε όμως ότι η εξοικονόμηση ετήσιου κόστους από τον ΤΣΠ είναι 602609 € στο Σενάριο 1 και 382887 € στο Σενάριο 2. Συνεπώς, η εξοικονόμηση αυτή μπορεί εύκολα να υπερκαλύψει την αυξημένη τιμή πώλησης του νερού, ώστε να μη δουν αυξήσεις οι καταναλωτές στα πάγια έξοδά τους.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

7.1 Συμπεράσματα και σύνοψη αποτελεσμάτων

Βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας για την εφαρμογή ενός Υβριδικού Συστήματος με την συμμετοχή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο νησί της Κω.

Αρχικά, παρουσιάζονται συνοπτικά τα Υβριδικά Συστήματα και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Στη συνέχεια, αναλύεται η διαδικασία της αφαλάτωσης για τη παραγωγή πόσιμου νερού, που προβλέπεται στο παρόν τεχνικό έργο. Επιπρόσθετα, αναλύεται η διείδυση της ηλεκτροκίνησης στον τομέα των μεταφορών και εξετάζεται η σύνδεσή της με το μελετώμενο υβριδικό σύστημα στη νήσο Κω.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η διαδικασία μόρφωσης του μοντέλου προσομοίωσης του έργου βήμα προς βήμα. Η μελέτη του ΥΣ γίνεται ως προς την κάλυψη μέρους των υδρευτικών και ενεργειακών αναγκών του νησιού. Η μοντελοποίηση του τεχνικού έργου περιλαμβάνει την συλλογή και, στη συνέχεια, ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων. Τέλος, γίνεται εκτίμηση των αναγκών σε νερό και ενέργεια και με βάση αυτές γίνονται η αφαλάτωση και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα.

Τα γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη των ΥΣ είναι τα εξής:

- Η έντονη διακύμανση, ως προς το χρόνο και την ποσότητα, προσφορά ενέργειας των ΑΠΕ, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που προκαλούν οι συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, έχει οδηγήσει στην έρευνα και την ανάπτυξη των ΥΣ. Τα τελευταία, εμφανίζουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας για ευρεία αποθήκευση ενέργειας με χρήση ΑΠΕ εξασφαλίζοντας συνεχή και σταθερή τροφοδοσία ενέργειας ανάλογα με τη ζήτηση.
- Τα υβριδικά έργα διαθέτουν την δυνατότητα τόσο να εγκατασταθούν ως ανεξάρτητα συστήματα όσο και να ενταχθούν σε υπάρχοντες σταθμούς παραγωγής ενέργειας με συμβατικές μορφές ενέργειας, με τις κατάλληλες παρεμβάσεις.
- Η Κως (και γενικότερα η νησιωτική Ελλάδα), ενδείκνυται για την εγκατάσταση και την λειτουργία αιολικών πάρκων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού αιολικού δυναμικού που διαθέτει. Βέβαια, χρειάζεται ιδιαίτερη μέριμνα για την ομαλή ένταξή τους στο μοναδικό φυσικό κάλος των ελληνικών νησιών και αποφυγή εγκαταστάσεων σε μικρά παρθένα νησιά.
- Η αφαλάτωση αποτελεί μια σοβαρή λύση για την αντιμετώπιση της έλλειψης ικανοποιητικών ποσοτήτων υδατικών πόρων στα ελληνικά νησιά, που εντείνεται κατά την θερινή τουριστική περίοδο. Η μέθοδος που επιλέγεται κατά αποκλειστικότητα στα ελληνικά νησιά είναι η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης λόγω της χαμηλής της κατανάλωσης σε ενέργεια και της συμβατότητας της με Φ/Β ή Α/Γ.

- Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα, σε τοπικό επίπεδο, της εγκατάστασης ΥΣ συνοψίζονται στη σημαντικής προσφοράς απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας όλη τη διάρκεια του χρόνου, με αποφυγή διακοπών ρεύματος. Επιπρόσθετα, είναι πολύ σημαντική η μείωση των εκπομπών CO₂ που μπορεί να προσφέρει η ένταξη του ΥΣ, με μεγάλη θετική επίπτωση στο τοπικό περιβάλλον.

Μέσω του μοντέλου προσομοίωσης της εν λόγω εργασίας, προέκυψαν τα ακόλουθα ειδικά συμπεράσματα:

- Ο πληθυσμός του νησιού αυξάνεται τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω τουρισμού, αυξάνοντας παράλληλα και τις ζητήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια και ύδρευση.
- Η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια σε ημερήσιο επίπεδο παρατηρείται πιο αυξημένη κατά τις απογευματινές-βραδινές ώρες.
- Οι αιχμές στην ύδρευση σε ημερήσιο επίπεδο παρατηρούνται κατά τις πρωινές και τις βραδινές ώρες.
- Η μηνιαία παραγωγή ενέργειας μεγιστοποιείται κατά τους τουριστικούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και ελαχιστοποιείται κατά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο.
- Στο Σενάριο 1, στο οποίο είναι σε προτεραιότητα η ενεργειακή κάλυψη, η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών 3500 κατοίκων του νησιού της Κω γίνεται κατά 60% από τις ΑΠΕ του μελετώμενου ΥΣ. Συγκεκριμένα, κατά 28% από τις Α/Γ και κατά 32% από το ΥΗΕ. Η συμμετοχή αυτή μειώνει αισθητά τους εκπεμπόμενους ρύπους με αποτέλεσμα να εξοικονομεί από το ελληνικό δημόσιο κατά εκτίμηση 3000000 € ετησίως. Η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ κυμαίνεται από 58% τον μήνα Αύγουστο μέχρι 82% τον μήνα Ιούλιο.
- Στο Σενάριο 1, εκτός από την ενεργειακή κάλυψη επιτυγχάνεται και κάλυψη των υδατικών αναγκών 3500 κατοίκων σε ποσοστό 95% από το ΥΣ και κατά 5% από γεωτρήσεις. Έτσι, γίνεται σχεδόν πλήρης ανεξάρτηση από τα υπόγεια αποθέματα και ελαχιστοποιούνται οι απαιτούμενες αντλήσεις.
- Στο Σενάριο 2, στο οποίο είναι σε προτεραιότητα η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της αφαλάτωσης και της ηλεκτροκίνησης, η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών 3500 κατοίκων του νησιού της Κω γίνεται κατά 37% από τις ΑΠΕ του μελετώμενου ΥΣ. Συγκεκριμένα, κατά 27% από τις Α/Γ και κατά 10% από το ΥΗΕ. Η συμμετοχή αυτή, παρόλο που είναι μειωμένη συγκριτικά με το Σενάριο 1, μειώνει και αυτή αισθητά τους εκπεμπόμενους ρύπους, με αποτέλεσμα να εξοικονομεί το ελληνικό δημόσιο κατά εκτίμηση 2000000 € ετησίως. Η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ κυμαίνεται από 46% τον μήνα Αύγουστο μέχρι 71% τον μήνα Νοέμβριο.
- Στο Σενάριο 2, εκτός από την ενεργειακή κάλυψη επιτυγχάνεται και κάλυψη των υδατικών αναγκών του συνόλου της πόλεως της Κω, ήτοι 20000 κατοίκων σε ποσοστό 92% από το ΥΣ και κατά 8% από γεωτρήσεις. Έτσι, σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με το Σενάριο 1, επιτυγχάνεται πιο δραστική μείωση των απαιτούμενων αντλήσεων υπογείου νερού, ενισχύοντας έτσι τους υπόγειους υδροφορείς.
- Επιπρόσθετα, στο Σενάριο 2 καλύπτεται κατά 100% η προβλεπόμενη διείσδυση της ηλεκτροκίνησης στο νησί της Κω μέχρι το 2030 από τις ΑΠΕ του ΥΣ. Συγκεκριμένα, καλύπτονται επαρκώς οι ανάγκες 174 ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, που αποτελούν μέρος του εθνικού στόχου. Ακόμη και αν η πρόοδος της ηλεκτροκίνησης γίνει με πιο

γοργούς ρυθμούς, το ΥΣ θα μπορεί να ανταποκριθεί με 100% επάρκεια στις ανάγκες όλων των οχημάτων, λόγω της αποθήκευσης ενέργειας που συντελείται κατά την αντλησιοταμίευση.

7.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής και σύμφωνα με τα συμπεράσματα που προέκυψαν έχουν προκύψει ζητήματα που χρήζουν περαιτέρω μελέτη και ανάλυση. Καταρχάς προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας και σε άλλα νησιά της Ελλάδας διασυνδεδεμένα και μη, καθώς και σε οικισμούς και κοινότητες, συμβάλλοντας έτσι στην τοπική ανεξαρτησία από το δίκτυο της ΔΕΗ αλλά και στο συνολικό ισοζύγιο της χώρας, αυξάνοντας την συμβολή των ΑΠΕ και μειώνοντας τους εκπεμπόμενους ρύπους. Επιπλέον, θα παρουσίαζε ενδιαφέρον και η διαστασιολόγηση των μεγεθών των ταμιευτήρων θαλασσινού και αφαλατωμένου νερού καθώς και η λεπτομερής χωροθέτηση των επί μέρους εγκαταστάσεων, με απώτερο στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για μελλοντική μελέτη θα μπορούσε επίσης να αναλυθεί και εφαρμογή μονάδων αφαλάτωσης μεγαλύτερης δυναμικότητας με σκοπό την πλήρη κάλυψη των αναγκών της ύδρευσης ολόκληρου του νησιού. Τέλος, η παραγωγή χρονοσειρών για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών απόκρισης του έργου θα παρείχε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την κάλυψη των αναγκών του νησιού και την αξιοπιστία του συστήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βεντουρή Σ., Διερεύνηση της ηλεκτροκίνησης στην Ικαρία, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2021

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

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

Γεωργοπούλου Μ., Αφαλάτωση με ΑΠΕ σε άνυδρα ελληνικά νησιά, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013

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

Ευστρατιάδης Α., Κοσιέρης Π., Μαρκόπουλος Χ., Σημειώσεις στις Υδραυλική & Υδραυλικά Έργα, Υδρευτικές καταναλώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2017

Ευστρατιάδης Α., Μαμάσης Ν. & Κουτσογιάννης Δ., Σημειώσεις στην Ανανεώσιμη Ενέργεια & Υδροηλεκτρικά Έργα, Βασικές Αρχές Ενεργειακής Τεχνολογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2019

Ευστρατιάδης Α., Μαμάσης Ν. & Κουτσογιάννης Δ., Σημειώσεις στην Ανανεώσιμη Ενέργεια & Υδροηλεκτρικά Έργα, Υδροηλεκτρική Ενέργεια-Γενικές Διατάξεις Υδροηλεκτρικών Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Σχολή Πολιτικών Μηχανικών-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2019

Ζερβός Α., Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2008

Καλλίτση Ν., Αντίστροφη όσμωση με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012

Κάραλης Γ., Ανάπτυξη και ανάλυση συστημάτων ανεμοκινητήρων και αντλιοσταμειυτήρων, Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, 2008

Κατσιγιάννης Γ., Ανεμογεννήτριες, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων, ΤΕΙ Κρήτης, Κρήτη, 2019

Κρούσκα Β., Προσομοίωση συστήματος παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας με χρήση θαλασσινού νερού, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2011

Λεμονής Α., Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Εφαρμογής Υβριδικού Συστήματος για την Κάλυψη Υδατικών και Ενεργειακών Αναγκών στη Νήσο Λέρο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2020

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

Λυμπερόπουλος Δ., Μελέτη και χαρτογράφηση της ελληνικής αγοράς οχημάτων: Τα νέα δεδομένα και η είσοδος των τεχνολογιών ηλεκτροκίνησης, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2020

Μαμάσης Ν., Στεφανάκος Ι., Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012

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

Μιμίκου Μ. Α., Μπαλτάς Ε. Α., Τεχνική Υδρολογία, Παπασωτηρίου Εκδόσεις, 2018.

Μίχας Π., Μελέτη, διαστασιολόγηση, χωροθέτηση και οικονομική αξιολόγηση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα Κω-Καλύμνου, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρητης, Κρήτη, 2013

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

Μπαλτάς Ε., Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Σχολή Πολιτικών Μηχανικών-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2018

Μπέρτσιου Μ., Αξιολόγηση Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στους Φούρνους Κορσέων, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2016.

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

Νατούδη Κ.Β., Μοντελοποίηση και παραμετρική διερεύνηση της λειτουργίας αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης τροφοδοτούμενου από ΑΠΕ, Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2017

Νικόλα Ε., Αξιολόγηση υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη Φολέγανδρο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2020

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

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

Πετροχείλος Π., Μελέτη χωροθέτησης, βέλτιστου σχεδιασμού και λειτουργίας υβριδικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά και αντλησιοταμίευση στο μη-διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο του συμπλέγματος περιοχής Κω, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013

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

Σαρρής Μ.Δ., Αξιολόγηση υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην νήσο Πάτμο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2018

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

Στάμου Α., Εφαρμοσμένη υδραυλική - Ροή υπό πίεση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009

Συρρή Α.Λ.Α., Μελέτη επίδρασης της διείδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012

Τσακίρης, Γ., ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ, Σχεδιασμός & Διαχείριση, ΤΟΜΟΣ Ι: Αστικά Υδρυλικά Έργα, Αθήνα, 2010

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Lagouvardos, Kotroni, Bezes, Koletsis, Kopania, Lykoudis, Mazarakis, Papagiannaki, Vougioukas, The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and database, 2017

Macknick, et al., A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2011

Manwell J F., Hybrid energy systems, Encyclopedia of Energy, 2004

M.A. Mimikou, E.A. Baltas, and V.A. Tsihrintzis., Hydrology and Water Resource Systems Analysis, CRC Press-Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2016

M. Bertsiou, E. Feloni, E. Baltas, Cost-benefit analysis for a Hybrid renewable energy system in Fourni Island, 2016

Panagopoulos A., Process simulation and techno-economic assessment of a zero liquid discharge/multi-effect desalination/thermal vapor compression (ZLD/MED/TVC) system, International Journal of Energy Research, 2020.

Panagopoulos A., Haralambous K-J., Loizidou M., Desalination brine disposal methods and treatment technologies-A review, Science of The Total Environment, 2012

Petrakopoulou F. et al., Simulation and analysis of a stand-alone solar-wind and pumped storage hydropower plant, 2016

Petrakopoulou F. et al., Simulation and evaluation of a hybrid concentrating-solar and wind power plant for energy autonomy on islands, 2016

Tzen E. and Morris, R., Renewable energy sources for desalination. Solar Energy, 2003

Zotalis K., Diolynas E., Mammasi N., Angelakis A., Desalination Technologies: Hellenic Experience, Water, 2014.

Kartalidis A., Tzen E., Kampragkou E., D. Assimacopoulos, Responding to water challenges in Greece through desalination: energy considerations, International Journal of Water Resources Development, 2016.

Ιστοσελίδες

Ανάλυση Κόστους Οφέλους <https://www.euretirio.com/aposvesi-depreciation/> (Προσπέλαση 20/8/2021)

Βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση ΦΙΛΟΤΗΣ <https://filotis.itia.ntua.gr/> (Προσπέλαση 12/4/2021)

ΔΕΔΔΗΕ: Έκδοση Πληροφοριακών Δελτίων Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά 2021 Ιανουάριος-Μάρτιος <https://www.deddie.gr/el/kentroenhmerwsis/neaanakoinwseis/pliroforiako-deltio-mdn-ianovarios-martios-2021/> (Προσπέλαση 8/5/2021)

ΔΕΥΑ Κω <https://www.deyakos.gr/> (Προσπέλαση 2/3/2021)

Δήμος Κω <http://www.kos.gov.gr/default.aspx> (Προσπέλαση 10/3/2021)

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) <http://www.hnms.gr/emy/el/> (Προσπέλαση 16/3/2021)

Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019
https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/el_final_necp_main_el.pdf
(Προσπέλαση 23/7/2021)

Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία <https://www.statistics.gr/> (Προσπέλαση 28/4/2021)

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.4.9.pdf (Προσπέλαση 20/5/2021)

Ηλεκτροκίνηση: Η Αστυπάλεια το πρώτο "πράσινο" νησί της Μεσογείου!
https://www.caranddriver.gr/eidiseis/arthro/ilektrokinisi_h_astypalaia_to_proto_prasino_ni_si_tis_mesogeiou_video-7799718/ (Προσπέλαση 5/7/2021)

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) <http://www.cres.gr/cres/index.html>
(Προσπέλαση 13/4/2021)

Μεταρρύθμιση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ
<https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/reform-eu-ets/> (Προσπέλαση 15/7/2021)

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) <https://geo.rae.gr/> (Προσπέλαση 10/3/2021)

Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System)
https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en (Προσπέλαση 30/8/2021)

Περιφέρεια νοτίου Αιγαίου, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής, Επιχειρησιακό Σχέδιο Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020, Κως
<http://www.pnai.gov.gr/> (Προσπέλαση 10/6/2021)

Πολιτική Προστασία Δήμου Κω <https://www.koscivilprotection.gr> (Προσπέλαση 9/6/2021)

Transport and Environment, Bloomberg NEF: Hitting the EV Inflection Point, electric vehicle price parity and phasing out combustion vehicle sales in Europe, May 2021
<https://www.transportenvironment.org/discover/hitting-the-ev-inflection-point/>
(Προσπέλαση 30/7/2021)