



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

Βιώσιμος Σχεδιασμός Ενεργειακά Αυτόνομου Νησιού. Εφαρμογή στην Ικαρία

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΣ

ΜΠΙΝΟΠΟΥΛΟΥ



Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

Βιώσιμος Σχεδιασμός Ενεργειακά Αυτόνομου Νησιού. Εφαρμογή στην Ικαρία

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ

**ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΣ
ΜΠΙΝΟΠΟΥΛΟΥ**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Τσούτσος Θεοχάρης (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Κολοκοτσά Διονυσία

Βουλγαράκης Απόστολος

Περίληψη

Τα πράσινα νησιά αναδύονται ως εξαιρετικά παραδείγματα ενεργειακής ασφάλειας, αξιοποιώντας βιώσιμες πηγές ενέργειας για τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Αυτά τα ειδυλλιακά μέρη δίνουν προτεραιότητα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, εξασφαλίζοντας καθαρή και άφθονη προσφορά. Με καινοτόμες τεχνολογίες, χρησιμοποιούν συστήματα αποθήκευσης ενέργειας για τη διαχείριση των διακυμάνσεων και την εγγύηση αδιάλειπτης ισχύος. Υιοθετώντας φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές και μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα, τα πράσινα νησιά ανοίγουν το δρόμο για ένα βιώσιμο μέλλον.

Συγκεκριμένα, τα ελληνικά νησιά μπορούν να αποτελέσουν ένα εξαιρετικό παράδειγμα αυτού, καθώς δεν είναι συνδεδεμένα με το εθνικό ενεργειακό δίκτυο. Έτσι, η ενεργειακή τους ασφάλεια βασίζεται στο ότι είναι ενεργειακά αυτόνομοι. Η ενεργειακή ασφάλεια των ελληνικών νησιών σήμερα εξαρτάται από τα ακριβά εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, τα οποία επιδεινώνουν την κλιματική αλλαγή και αυξάνουν τις εκπομπές CO₂. Σε σύγκριση με τα ηπειρωτικά δίκτυα, τα νησιά έχουν μικρότερα συστήματα και πλούσιους ανανεώσιμους πόρους που μπορούν να αξιοποιηθούν.

Η Ικαρία είναι ένα ελληνικό νησί που βρίσκεται στην περιοχή του βορειοανατολικού Αιγαίου. Η έκτασή της είναι περίπου 255 km², με ακτογραμμή 160 km και περίπου 8.312 μόνιμους κατοίκους. Ο πληθυσμός όμως αυξάνεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς το νησί είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς προορισμούς διακοπών στην Ελλάδα. Η Ικαρία χωρίζεται σε τρεις κύριους δήμους, το Δήμο Αγίου Κηρύκου, που είναι η πρωτεύουσα, το Δήμο Ευδήλου, όπου βρίσκεται το λιμάνι και το Δήμο Ραχών, που βρίσκεται στο κεντροδυτικό τμήμα του νησιού.

Το νησί της Ικαρίας διαθέτει ήδη ένα μικρό υδροηλεκτρικό εργοστάσιο που τέθηκε σε λειτουργία το 2019. Το υβριδικό σύστημα, το οποίο ονομάζεται «Ναέρας», αποτελείται από 3 ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 2,7 MW, καθώς και ένα μικρό υδροηλεκτρικό σύστημα 1,05 MW στην Προεσπέρα και ένα αντλητικό υδροηλεκτρικό σύστημα 3,1 MW στην Κάτω Προεσπέρα. Η συνολική ισχύς τους φτάνει τα 6,85 MW. Το 2020 η παραγωγή του ανήλθε σε 2 GWh. Εκτός από το υβριδικό σύστημα, το νησί χρησιμοποιεί κάποιες επιπλέον ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 1,8 MW και λίγα φωτοβολταϊκά πάνελ με ισχύ περίπου 1 MW.

Αφού ελήφθη υπόψη ο συνδυασμός ηλιακής, αιολικής ενέργειας και μετατροπής του υδροηλεκτρικού συστήματος – που χρησιμοποιείται ήδη στο νησί – σε σύστημα αντλησιοταμίευσης, έγιναν υπολογισμοί για τον προσδιορισμό των πρόσθετων ενεργειακών συστημάτων που πρέπει να εγκατασταθούν. Εξετάστηκαν και παρουσιάζονται διάφορα σενάρια ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού.

Από τις προσομοιώσεις, έχει προκύψει ότι η υπάρχουσα παραγόμενη ισχύς - εκτός από τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν - δεν ήταν αρκετή για να γίνει το νησί ενεργειακά αυτόνομο. Το πρόβλημα προέκυψε κυρίως κατά τη θερινή περίοδο λόγω της αύξησης των επισκεπτών και της μείωσης του αιολικού δυναμικού. Από τα δεδομένα που εξήχθησαν, προσδιορίστηκε ποιες ώρες χρειάζονταν επιπλέον ζήτηση ενέργειας προκειμένου το σύστημα του νησιού να καταστεί ενεργειακά αυτόνομο, χρησιμοποιώντας κατά κύριο λόγο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Abstract

Green islands are emerging as great examples of energy safety, harnessing sustainable power sources to reduce dependence on fossil fuels. These idyllic places prioritize renewable energy sources like solar and wind ensuring a clean and abundant supply. With innovative technologies, they employ energy storage systems to manage fluctuations and guarantee uninterrupted power. By embracing eco-friendly practices and reducing carbon footprints, green islands pave the way for a sustainable future.

Specifically, the Greek islands can become a great example of that as they are not connected to the national energy grid; thus, their energy safety relies on them being energy autonomous. The energy security of the Greek islands nowadays depends on the expensive imported fossil fuels, which exacerbate climate change as well as increase CO₂ emissions. Compared to mainland grids, islands have smaller systems and rich renewable resources that can be harnessed.

Ikaria is a Greek island located in the northeastern Aegean Sea Island region. Its area is approximately 255 km², with a coastline of 160 km and roughly 8.312 permanent residents. The population however increases during the summer months, as the island is one of the most visited vacation destinations in Greece. Ikaria is divided into three main municipalities, the Municipality of Agios Kirikos, which is the capital, the Municipality of Evdilos, where the port is located, and the Municipality of Raches, which is in the central west part of the island.

The island of Ikaria has an already existing small hydroelectric power plant that was put into operation in 2019. The hybrid system, which is called "Naeras" consists of 3 wind turbines with a total capacity of 2,7 MW, as well as a small hydroelectric system of 1,05 MW in Proespera and a pumped hydro system of 3,1 MW in Kato Proespera. Their total capacity extends up to 6,85 MW. In 2020 its generation amounted to 2 GWh. Except from the hybrid system, the island puts in use some extra wind turbines with a total capacity of 1,8 MW and a few photovoltaic panels with their capacity being approximately 1 MW.

After taking into account the combination of solar, wind energy and conversion of the hydroelectric system – already used on the island – into a pumped storage system, calculations were made to determine the additional energy systems to be installed. Various scenarios were examined and presented in order to meet the energy needs of the island.

From the simulations, it has occurred that the existing produced power - in addition to energy storage systems that were added - did not suffice for the island to become energy autonomous. The problem primarily occurred during the summer season due to the increase in visitors and the decrease in wind potential. From the data extracted, it was identified which hours needed extra energy demand in order to for the system of the island to become energy autonomous, by using mainly renewable sources of energy.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Ενεργειακή Αυτονομία.....	8
1.1.1 Παραδείγματα Ενεργειακής Αυτονομίας	8
1.2 Βιώσιμη Ενεργειακή Αυτονομία	9
1.3 Βιώσιμη και Αειφόρος Ανάπτυξη	10
1.3.1 Βιώσιμη Ανάπτυξη	10
1.3.2 Αειφόρος Ανάπτυξη	10
1.4 Βιώσιμα και Ενεργειακά Αυτόνομα Νησιά	11
2 ΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	12
2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	12
2.2 Αποθήκευση Ενέργειας.....	13
2.3 Υδρογόνο (H₂)	15
2.4 Αντλησιοταμίευση.....	16
2.4.1 Βασικά Χαρακτηριστικά	17
2.4.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	17
2.4.3 Διαφορετικοί Τύποι Υδροστροβίλων.....	18
2.5 Μπαταρίες.....	19
2.5.1 Βασικά Χαρακτηριστικά	19
2.6.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	21
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	23
3.1 Μέθοδος.....	23
3.2 Δημιουργία Λογισμικού Προσομοίωσης	24
3.3 Μελέτη Υπάρχοντος Συστήματος.....	28
3.4 Αλλαγές στο Υπάρχον Σύστημα.....	30
4 ΙΚΑΡΙΑ	31
4.1 Τοπολογία και Ιστορία της Ικαρίας	31
4.2 Ενεργειακό Δίκτυο Ικαρίας.....	32
5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	35
5.1 Αποτελέσματα	35
5.2 Συζήτηση & Συμπεράσματα	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	41
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	44

Λίστα Διαγραμμάτων, Εικόνων και Πινάκων

Διάγραμμα 2.1: Παγκόσμια Αποθηκευτική Ισχύς ανά τεχνολογία για το 2019 (DOE OE Global Energy Storage Database, The Green Tank 2020)

Διάγραμμα 2.2: Κόστος μπαταριών κατά την περίοδο 2010 – 2019 και προβλέψεις για το 2024 και το 2030 σύμφωνα με το BNEF (Bloomberg NEF, 2019)

Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας

Διάγραμμα 3.2: Το διάγραμμα ροής του κώδικα στην Python

Διάγραμμα 5.1: Ράβδο-διάγραμμα που παρουσιάζει και συγκρίνει τις τιμές του πετρελαίου και το ποσό της ενέργειας που απορρίπτεται με βάση τα αποτελέσματα μας

Διάγραμμα 5.2: Σύγκριση ποσοστού ΑΠΕ και πετρελαίου σε κάθε σενάριο

Διάγραμμα 5.3: Σύγκριση ποσοστών ενέργειας που απορρίπτονται σε κάθε σενάριο

Διάγραμμα 5.4: Παραγωγή αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου σε κάθε σενάριο

Διάγραμμα 5.5: Κατανάλωση & Παραγωγή Ενέργειας (MWh) όλου του έτους 2022 στην υπάρχουσα κατάσταση

Εικόνα 2.1: Απόδοση Υδροστροβίλων σε σχέση με το ύψος κεφαλής και την παροχή (<https://jhd.co.jp/en/products/>)

Εικόνα 2.2: Εξέλιξη και ιστορία των μπαταριών (Carpinelli, etal. 2014)

Εικόνα 2.3: Σχηματική διάταξη μπαταρίας μολύβδου-οξέος (<https://technolysis-hts.gr/βαση-γνωσεων/μπαταρίες-μολύβδου-οξέως-κλειστού-τύ/>)

Εικόνα 3.1: Εξάρτηση χαρακτηριστικής καμπύλης $I - V$ από τη θερμοκρασία του Φ/Β στοιχείου (Τσούτσος, Κανάκης, 2013).

Εικόνα 3.2: Καμπύλη ισχύος ταχύτητας ανέμου της Α/Γ Enercon που βρίσκεται στην Ικαρία, (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019)

Εικόνα 3.3: Ο άνω και κάτω ταμιευτήρας του υδροηλεκτρικού συστήματος αποθήκευσης «Ναέρας» στην Ικαρία, (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019)

Εικόνα 3.4: Διάταξη του υδροηλεκτρικού συστήματος αποθήκευσης «Ναέρας» στην Ικαρία, (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019)

Εικόνα 4.1: Αιολικό δυναμικό Ικαρίας, (Σπυρόπουλος, 2007)

Εικόνα 4.2: Δίκτυο Ικαρίας, (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019)

Πίνακας 2.1: Ενδεικτικά ποσοστά απόδοσης για διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (Τσούτσος, Κανάκης, 2013)

Πίνακας 3.1: Τα σενάρια που μελετήθηκαν

Πίνακας 3.2: Το υπάρχον σύστημα της Ικαρίας για το 2019

Πίνακας 5.1: Τα αποτελέσματα του κάθε σεναρίου

Πίνακας 5.2: Συνέχεια αποτελεσμάτων του κάθε σεναρίου

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ελληνικά νησιά μπορούν να αποτελέσουν ένα εξαιρετικό παράδειγμα ενεργειακής ασφάλειας, αξιοποιώντας βιώσιμες πηγές ενέργειας για τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα καθώς και για την μείωση των αέριων εκπομπών CO₂. Τα περισσότερα ελληνικά νησιά είναι μη διασυνδεδεμένα με το εθνικό ενεργειακό δίκτυο, γεγονός που τα ωθεί στο να βασίζονται κατά κύριο λόγο σε ακριβά εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, για την ενεργειακή τους ασφάλεια.

Στόχος λοιπόν της διπλωματικής αυτής είναι η επίτευξη ενός βιώσιμου ενεργειακά αυτόνομου νησιού. Αυτό, θα επιτευχθεί με την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αντικατάσταση των εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς και με τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον μεθόδων αποθήκευσης ενέργειας. Δεν θα μελετήσουμε την πλήρη ενεργειακή αυτονομία του νησιού. Θα εξετασθεί η ενεργειακή αυτονομία του νησιού, σε ότι αφορά την ενεργειακή κάλυψη των αναγκών των κατοίκων.

Αρχικά, θα οριστούν και θα διαχωριστούν βασικές έννοιες, όπως η ενεργειακή αυτονομία, η βιώσιμη ενεργειακή αυτονομία καθώς και η βιώσιμη και αειφόρος ανάπτυξη. Παράλληλα, θα δοθούν παραδείγματα για τις προαναφερθείσες έννοιες καθώς και για το πως μπορεί να επιτευχθεί ο σχεδιασμός ενός βιώσιμου και ενεργειακά αυτόνομου νησιού. Στην συνέχεια θα αναλυθούν διάφορες μορφές ανανεώσιμων πηγών καθώς και αποθήκευσης ενέργειας, ενώ μετέπειτα θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε. Τέλος θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα τα οποία θα αναλυθούν εκτενώς.

1.1 Ενεργειακή Αυτονομία

Ως ενεργειακή αυτονομία ορίζουμε την ικανότητα ενός συστήματος ή οργανισμού, να παράγει, να αποθηκεύει και να χρησιμοποιεί την δική του ενέργεια για την εξασφάλιση των ενεργειακών του αναγκών, χωρίς αυτό να εξαρτάται από εξωτερικές πηγές ενέργειας (Σιούτη, 2022). Για παράδειγμα για μια χώρα, αυτό σημαίνει πως είναι ικανή να παράγει ενέργεια από εγχώριους πόρους και να μην εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από εισαγόμενες πηγές ενέργειας.

Πολλές χώρες έχουν θέσει ως σημαντικό στόχο την ενεργειακή τους αυτονομία, καθώς μέσω αυτής θα μπορέσουν να μειώσουν και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Για την επίτευξη της αυτονομίας αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνολογίες όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), η ενεργειακή αποθήκευση και η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η ενεργειακή αυτονομία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το είδος του συστήματος ή του οργανισμού. Είτε πρόκειται για χώρα, είτε για κτίριο, επιχείρηση ή αυτοκίνητο ο στόχος είναι κοινός. Η επίτευξη της ενεργειακής αυτονομίας που θα συντελέσει στην αειφόρο ανάπτυξη και απεξάρτηση από τις παγκόσμιες αγορές ενέργειας.

1.1.1 Παραδείγματα Ενεργειακής Αυτονομίας

Ανάλογα με το είδος του συστήματος ή του οργανισμού που μελετιέται η ενεργειακή αυτονομία μπορεί να επιτευχθεί σε διάφορες κλίμακες και επίπεδα. Μερικά παραδείγματα που απεικονίζουν πως μπορεί να επιτευχθεί η ενεργειακή αυτονομία, με χρήση διαφόρων τεχνολογιών και πρακτικών, για τη μείωση της εξάρτησης τους από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας αποτελούν:

° Χώρες:

- i. Ανάπτυξη προγραμμάτων για την δημιουργία αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων.
- ii. Αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των δημοσίων κτηρίων και των μέσων μεταφορών.
- iii. Έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας.

° Κτίρια:

- i. Εγκατάσταση ηλιακών πάνελ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ii. Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες για την αυτονομία των κτιρίων.
- iii. Κτίρια με καλή μόνωση και σχεδίαση και σύγχρονες αντλίες θερμότητας για θέρμανση-ψύξη καθώς και χρήση ηλιοθερμικών ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση.

° Επιχειρήσεις:

- i. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ σε βιομηχανικές μονάδες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ii. Χρήση θερμικών αντλιών για θέρμανση και ψύξη της εγκατάστασης.

1.2 Βιώσιμη Ενεργειακή Αυτονομία

Η βιώσιμη ενεργειακή αυτονομία αναφέρεται στην δυνατότητα που έχει ένα σύστημα ή και ένας οργανισμός ακόμα, να παράγει και να καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες χωρίς να επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον (Σιούτη, 2022). Ακόμα πρέπει να μην εξαρτάται από πηγές ενέργειας που είναι περιορισμένες από γεωπολιτικούς παράγοντες ή γενικά ασταθείς.

Η επίτευξη της βιώσιμης ενεργειακής αυτονομίας συνήθως περιλαμβάνει τις ακόλουθες κύριες πτυχές:

° Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ):

Χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική και άλλες, που δεν εξαντλούνται και δεν προκαλούν μόνιμη ζημιά στο περιβάλλον.

° Αποθήκευση Ενέργειας:

Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας επιτρέπουν την αποθήκευση της πλεονάζουσας παραγόμενης ενέργειας, για τη χρήση της κατά τις περιόδους έλλειψης.

° Ενεργειακή Απόδοση:

Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης παραγωγής και αποθήκευσης μέσω της χρήσης αποδοτικότερων τεχνολογιών και πρακτικών, ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση.

Συμπερασματικά, η βιώσιμη ενεργειακή αυτονομία επιδιώκει την εξασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας, την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και να προάγει ένα βιώσιμο περιβάλλον, εξασφαλίζοντας τις ενεργειακές ανάγκες του συστήματος.

Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα βιώσιμης ενεργειακής αυτονομίας αποτελούν:

- Οικιακά Ηλιακά Πάνελ:

Εγκατάσταση ηλιακών πάνελ στην στέγη μιας κατοικίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, η οποία καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών της οικίας.

- Ανεμογεννήτριες:

Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε αγρούς ή ακόμη και ανοικτές θαλάσσιες περιοχές για την παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

- Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτιρίων:

Βελτίωση του θερμικού περιβλήματος καθώς και του εξοπλισμού του κτιρίου, όπως μόνωση, υψηλής απόδοσης κλιματιστικά συστήματα, και εξοικονόμηση ενέργειας για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

- Ηλεκτρικά Οχήματα:

Χρήση ηλεκτρικών οχημάτων που τροφοδοτούνται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ηλιακές πηγές φόρτισης, προάγουν τη μετάβαση σε βιώσιμες μορφές μεταφορών.

- Αγροτική Βιομάζα:

Χρήση βιομάζας από γεωργικές καλλιέργειες ως πηγή θέρμανσης ή για την παραγωγή βιοενέργειας.

1.3 Βιώσιμη και Αειφόρος Ανάπτυξη

Οι όροι «βιώσιμη ανάπτυξη» και «αειφόρος ανάπτυξη» συχνά χρησιμοποιούνται εναλλάξ, αν και έχουν κάποιες διακριτές διαφορές στην σημασία τους, ανάλογα με τον τρόπο και το πλαίσιο στο οποίο εντάσσονται (Τσούτσος, 2023). Παρόλα αυτά και οι δυο έννοιες αποσκοπούν στην δημιουργία ενός βιώσιμου και αειφόρου μέλλοντος, δηλαδή την ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες των σημερινών γενεών χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την δυνατότητα των μελλοντικών να καλύψουν τις ίδιες ανάγκες.

1.3.1 Βιώσιμη Ανάπτυξη

Ο όρος αυτός τονίζει την ικανότητα να διατηρούμε την ισορροπία μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης, της κοινωνικής δικαιοσύνης και της περιβαλλοντικής διατήρησης. Βασικός στόχος της βιώσιμης ανάπτυξης αποτελεί η επίτευξη της αειφορίας, με τέτοιο τρόπο που να μην θέτονται σε κίνδυνο το περιβάλλον και οι φυσικοί πόροι. Ακόμα, επικεντρώνεται στην εξασφάλιση των παρόντων αναγκών, χωρίς όμως να υπονομεύει την ικανοποίηση των μελλοντικών αναγκών (Τσούτσος, 2023).

1.3.2 Αειφόρος Ανάπτυξη

Ο όρος «αειφόρος ανάπτυξη» έχει ευρεία χρήση και μπορεί να αναφερθεί σε οποιαδήποτε δραστηριότητα που μπορεί να παραμείνει αμετάβλητη με τον χρόνο, χωρίς να εξαντλεί τους πόρους ή να προκαλεί ανεπανόρθωτη βλάβη στο περιβάλλον. Η αειφορία μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλους τομείς όπως, η γεωργία, η αλιεία, η ενέργεια και η κατανάλωση (Τσούτσος, 2023).

1.4 Βιώσιμα και Ενεργειακά Αυτόνομα Νησιά

Τα βιώσιμα και ενεργειακά αυτόνομα νησιά αποτελούν έναν σημαντικό στόχο για πολλές νησιωτικές κοινότητες παγκοσμίως. Η διασφάλιση βιώσιμης ενεργειακής αυτονομίας για τα νησιά μπορεί να συμβάλει στη μείωση των ενεργειακών εξαρτήσεών τους από την εισαγωγή πετρελαίου καθώς και άλλων ενεργειακών πόρων, ενώ παράλληλα θα συμβάλει και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Σιούτη, 2022).

Πολλά νησιά για την επίτευξη του στόχου αυτού έχουν στραφεί στις ΑΠΕ και συγκεκριμένα έχουν εγκαταστήσει φωτοβολταϊκά πάρκα και ανεμογεννήτριες για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν σε κτίρια και μεγάλες εκτάσεις, ενώ οι ανεμογεννήτριες είναι κατάλληλες για νησιά με υψηλό αιολικό δυναμικό. Ακόμα, σε άλλα νησιά που διαθέτουν μεγάλα υδάτινα σώματα, η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εναλλακτικά, δεξαμενές νερού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση αυτής. Επίσης, η χρήση βιομάζας, όπως ξύλου, φυτικών αποβλήτων και άλλων βιολογικών υλικών, μπορεί να παράγει θερμική ενέργεια για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, η παρότρυνση χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων στα νησιά μπορεί να μειώσει την εξάρτηση από το πετρέλαιο και να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα. Τέλος, ορισμένα νησιά δημιουργούν ενεργειακές κοινότητες όπου οι κάτοικοι μοιράζονται πηγές ενέργειας και αποφασίζουν για τη διαχείριση των ενεργειακών πόρων τους.

2 ΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) προσφέρουν σημαντικό πλεονέκτημα στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Τα ορυκτά καύσιμα, ευθύνονται για πάνω από το 70% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αποτελούν την κύρια αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Ανδρίτσος, 2015). Η μετάβαση σε ΑΠΕ θα συμβάλει στην ελάττωση των εκπομπών αυτών και στην επιβράδυνση του ρυθμού της κλιματικής αλλαγής, καθώς και στην εξάρτηση μας από ορυκτά καύσιμα. Με τη διαφοροποίηση των ενεργειακών μας πηγών και τη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενισχύουν τη συνολική ενεργειακή μας ασφάλεια.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η δυνατότητά τους να μειώσουν το ενεργειακό κόστος εκτός από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Ενώ μπορεί να υπάρχει υψηλότερη αρχική επένδυση στα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το μακροπρόθεσμο κόστος παραγωγής είναι συχνά χαμηλότερο σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ανανεώσιμες πηγές δεν απαιτούν καύσιμα και έχουν σχετικά χαμηλά λειτουργικά έξοδα. Επιπλέον, μπορούν να συμβάλουν στη σταθεροποίηση των τιμών της ενέργειας μειώνοντας την εξάρτησή μας από τις απρόβλεπτες αγορές ορυκτών καυσίμων (Ανδρίτσος, 2015).

Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται, η ζήτηση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά. Για την κάλυψη αυτής της ζήτησης, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσφέρουν μια αξιόπιστη, βιώσιμη και οικονομικά βιώσιμη λύση. Σύμφωνα με απόφαση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου οι ΑΠΕ θα μπορούσαν να παρέχουν έως και το 85% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2050. Αυτό όχι μόνο θα μείωνε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά θα συνέβαλε και στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2020).

Ενώ η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προσφέρει πολλά υποσχόμενες λύσεις, επιφέρει επίσης ορισμένες προκλήσεις. Μία από τις κύριες δυσκολίες είναι η διαλείπουσα χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία μπορούν να καίγονται συνεχώς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι ανανεώσιμες πηγές εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και η παραγωγή τους μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, η εφαρμογή συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, όπως οι μπαταρίες, καθίσταται απαραίτητη. Τα συστήματα αυτά αποθηκεύουν την πλεονάζουσα ενέργεια, όταν οι ανανεώσιμες πηγές παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από όση απαιτείται και την απελευθερώνουν όταν οι ΑΠΕ δεν είναι σε θέση να καλύψουν την απαιτούμενη ενέργεια (Ανδρίτσος, 2015).

Μια άλλη δυσκολία είναι το αρχικό κόστος κεφαλαίου που απαιτείται για τα συστήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ενώ το μακροπρόθεσμο κόστος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι γενικά χαμηλότερο από εκείνο των ορυκτών καυσίμων, η αρχική επένδυση μπορεί να είναι σημαντική. Αυτό μπορεί να επιφέρει δυσκολίες σε ορισμένες χώρες και κοινότητες για να χρηματοδοτήσουν τέτοιου είδους έργα. Για την καταπολέμηση του προβλήματος αυτού μπορούν να εφαρμοστούν πολιτικές και κίνητρα, όπως τα τιμολόγια τροφοδότησης, οι φορολογικές πιστώσεις και επιδοτήσεις, για την ενθάρρυνση των επενδύσεων σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στο να καταστήσουν οικονομικά πιο εφικτή την υιοθέτηση βιώσιμων ενεργειακών λύσεων από τις χώρες.

Συνοπτικά, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν την κλιματική αλλαγή, να μειώσουν τις ενεργειακές δαπάνες, να ενισχύσουν την ενεργειακή ασφάλεια και να καλύψουν τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες. Ωστόσο, η πρόοδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρουσιάζει επίσης προκλήσεις, όπως η διαλείπουσα λειτουργία και το υψηλό αρχικό κόστος. Για να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια, απαιτούνται πολιτικές και τεχνολογίες όπως τα συστήματα αποθήκευσης. Καθώς ο κόσμος συνεχίζει να στρέφεται προς ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον, οι ΑΠΕ θα έχουν ζωτικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στη διασφάλιση ενός αξιόπιστου και βιώσιμου ενεργειακού εφοδιασμού.

2.2 Αποθήκευση Ενέργειας

Η αποθήκευση ενέργειας αποτελεί βασική συνιστώσα του συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, διασφαλίζοντας στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική, να μπορούν να παρέχουν μια αξιόπιστη και σταθερή πηγή ενέργειας. Καθώς η χρήση τους γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη, η ανάγκη για αποτελεσματικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας αυξάνεται εξίσου, για να εξασφαλιστεί μια συνεχής παροχή ενέργειας.

Είναι ευρέως γνωστό ότι αν μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε όλη την ενέργεια του ήλιου που πέφτει στον πλανήτη μας τότε θα είχαμε λύσει το ενεργειακό πρόβλημα ολόκληρης της Γης. Ωστόσο, η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί λύσεις αποθήκευσης για να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα όταν χρειάζεται. Τα μέσα αποθήκευσης ενέργειας χρησιμεύουν ως δεξαμενές κατά την διάρκεια περιόδων υψηλής παραγωγής (πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας) και ως μέσα απελευθέρωσής ενέργειας σε περιόδους χαμηλής παραγωγής (Μαρούχος, 2018). Αυτό βοηθά στη διατήρηση της σταθερότητας και της αξιοπιστίας του δικτύου, καθιστώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μια βιώσιμη επιλογή για την παροχή σταθερής πηγής ενέργειας. Επί του παρόντος, υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας: η δυναμική, η κινητική και η χημική ενέργεια. Επιπλέον, αναδύεται η τεχνολογία θερμικής αποθήκευσης. Άλλες μορφές αποθήκευσης περιλαμβάνουν ηλεκτροχημικές και ηλεκτρικές επιλογές. Αυτές οι τεχνολογίες αποθήκευσης μπορούν να υποστηρίξουν την πλήρη απανθρακοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας και να συμβάλουν στην ανάπτυξη άλλων τομέων της οικονομίας (The Green Tank, 2020).

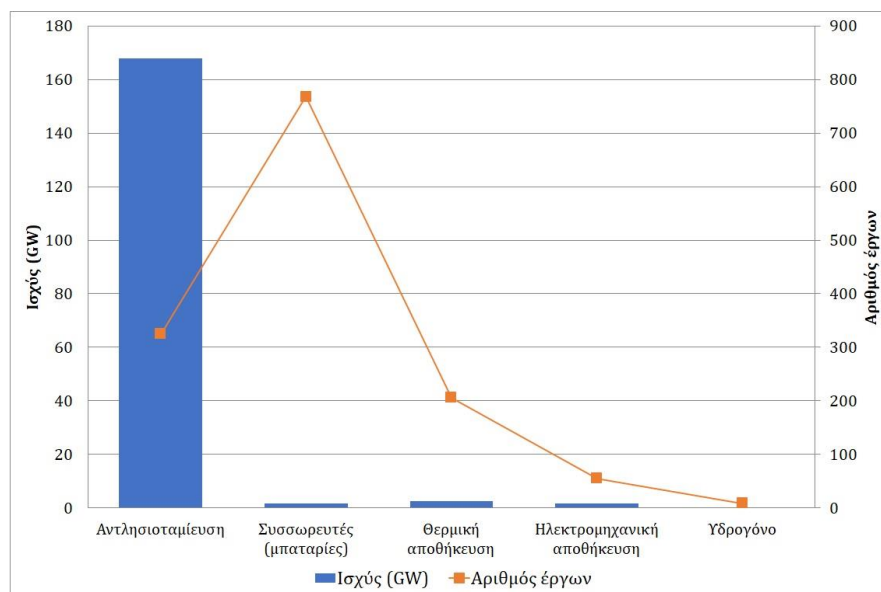
Η δυναμική αποθήκευση ενέργειας περιλαμβάνει τεχνολογίες όπως την αντλησιοταμίευση και τον πεπιεσμένο αέρα. Ο τομέας της κινητικής ενέργειας περιλαμβάνει τις μηχανικές μπαταρίες, όπως τους σφονδύλους ή τροχούς αέρα, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν ως γεννήτριες ή κινητήρες. Τέλος, η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με χημικά μέσα επιτυγχάνεται με τη χρήση συσσωρευτών ή υδρογόνου (Μαρούχος, 2018).

Τα πιο συνηθισμένα διαθέσιμα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας είναι (Jafari, etal. 2021):

1. Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με ηλεκτρική μπαταρία: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν μπαταρίες για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστώντας τα μια δημοφιλή επιλογή για οικιακές και εμπορικές εφαρμογές. Τα συστήματα αυτά αποθηκεύουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μπαταρίες, επιτρέποντας την άνετη και αξιόπιστη παροχή ενέργειας όταν χρειάζεται.
2. Αντλησιοταμίευση: Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια με αντλησιοταμίευση. Περιλαμβάνει την άντληση νερού από έναν χαμηλότερο ταμιευτήρα σε έναν υψηλότερο ταμιευτήρα σε περιόδους πλεονάζουσας παραγωγής ενέργειας. Στη συνέχεια, σε περιόδους υψηλής ζήτησης, το νερό απελευθερώνεται από τον υψηλότερο ταμιευτήρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την αποτελεσματική και αξιόπιστη παραγωγή

ενέργειας όταν χρειάζεται περισσότερο.

3. Αποθήκευση μέσω θερμικής ενέργειας: Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας είναι ένα σύστημα που επιτρέπει την αποθήκευση θερμότητας ή ψύχους με τη χρήση ουσιών όπως το νερό ή το αλάτι. Αυτή η αποθηκευμένη θερμική ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να απελευθερωθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όταν και όπως απαιτείται.



Διάγραμμα 2.1: Παγκόσμια Αποθηκευτική Ισχύς ανά τεχνολογία για το 2019 (DOE OE Global Energy Storage Database, The Green Tank 2020)

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ, το 2019 λειτουργούσαν παγκοσμίως 1.363 έργα αποθήκευσης ενέργειας, με συνολική δυναμικότητα 173,7 GW. Μεταξύ αυτών των έργων, η αντλησιοταμίευση αντιπροσώπευε το 97% της παγκόσμιας δυναμικότητας, φθάνοντας τα 167,8 GW. Η θερμική αποθήκευση ακολούθησε με χωρητικότητα 2,4 GW, ενώ οι διάφορες τεχνολογίες ηλεκτροχημικής αποθήκευσης, όπως οι μπαταρίες, κατείχαν την τρίτη θέση με χωρητικότητα 1,79 GW. Τα ηλεκτρομηχανικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων πεπιεσμένου αέρα, είχαν αποθηκευτική ικανότητα 1,66 GW ή περίπου το 0,95% της συνολικής παγκόσμιας χωρητικότητας (The Green Tank 2020).

Είναι γνωστό πως όλες αυτές οι τεχνολογίες αντιμετωπίζουν τεχνικές προκλήσεις κατά τη λειτουργία τους και κάθε μία έχει έναν συγκεκριμένο βαθμό απόδοσης, που κυμαίνεται από 70% έως 90%. Ωστόσο, οι τεχνολογίες αυτές διαφέρουν σε αρκετά βασικά χαρακτηριστικά. Αυτές οι διαφορές περιλαμβάνουν τον τρόπο αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, τη χωρητικότητά τους καθώς και το αν πρόκειται για σχετικά νέες ή καθιερωμένες τεχνολογίες. Επιπλέον, το κόστος και η κερδοφορία μπορεί να είναι περιοριστικοί παράγοντες για ορισμένες από αυτές τις τεχνολογίες (Τσούτσος, Κανάκης, 2013).

Τεχνολογίες αποθήκευσης	Επίπεδο απόδοσης (%)
Πυκνωτές	90
Αποθήκευση σε υπεραγώγιμη μαγνητική ενέργεια	90
Αεροτροχοί	80
Σύστημα αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα	80
Μπαταρίες – Συσσωρευτές	75 – 90

Πίνακας 2.1: Ενδεικτικά ποσοστά απόδοσης για διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (Τσούτσος, Κανάκης, 2013)

Η ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας παρουσιάζει τόσο προκλήσεις όσο και ευκαιρίες. Ένα σημαντικό εμπόδιο είναι το υψηλό κόστος αυτών των συστημάτων, ιδίως για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Το κόστος αποθήκευσης μπαταριών μειώνεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια, αλλά παραμένει υψηλότερο από άλλες μορφές αποθήκευσης ενέργειας. Αυτό αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας μεγάλης κλίμακας. Μια επιπλέον πρόκληση έγκειται στην απαίτηση για τεχνολογίες αποθήκευσης που να είναι πιο αποδοτικές τόσο λειτουργικά όσο και οικονομικά. Για να γίνουν αυτά τα συστήματα πιο εφικτά για ευρεία χρήση, πρέπει να γίνουν βελτιώσεις όσον αφορά την ενεργειακή πυκνότητα, την αποδοτικότητα και την ανθεκτικότητα τους.

Παρά τις προκλήσεις, η ανάπτυξη των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας παρουσιάζει αρκετές ευκαιρίες. Με την αύξηση της ανάπτυξής τους, μπορούμε να ενισχύσουμε τη σταθερότητα και την αξιοπιστία του δικτύου, μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον αυτή η επέκταση στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα δημιουργήσει νέες ευκαιρίες απασχόλησης (Μαρούχος, 2018). Επιπλέον, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο κατά τη διάρκεια διακοπών ρεύματος ή έκτακτων αναγκών, παρέχοντας μια εναλλακτική πηγή ενέργειας. Αυτό ενισχύει την ανθεκτικότητα και την ετοιμότητα της κοινότητας.

2.3 Υδρογόνο (H₂)

Το υδρογόνο έχει αναδειχθεί ως μια πολλά υποσχόμενη λύση αποθήκευσης ενέργειας για τη μετάβαση σε ένα καθαρότερο και πιο βιώσιμο ενεργειακό σύστημα. Ως ευέλικτος φορέας ενέργειας, το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Στη συνέχεια μπορεί εύκολα να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί, γεγονός που το καθιστά ελκυστική επιλογή για την αποθήκευση ενέργειας.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι η υψηλή ενεργειακή του κατά βάρος πυκνότητα, γεγονός που του επιτρέπει να αποθηκεύει μεγάλη ποσότητα ενέργειας σε μια μικρή ποσότητα H₂. Αυτό το καθιστά μια εξαιρετικά αποτελεσματική λύση αποθήκευσης ενέργειας, ιδιαίτερα για εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, όπως οι μεταφορές. Ένα ακόμα πλεονέκτημά του αποτελεί η ευελιξία του. Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών, της θέρμανσης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών ουσιών και υλικών (Andersson, Grönkvist, 2019).

Το υδρογόνο θεωρείται ένα καθαρό καύσιμο που δεν παράγει επιβλαβείς εκπομπές όταν χρησιμοποιείται σε κυψέλες καυσίμου. Οι κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούν το υδρογόνο καθώς και το οξυγόνο και τα συνδυάζουν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με μόνο τους παραπροϊόν το νερό (Jafari, et al. 2021). Αυτό καθιστά το υδρογόνο μια ελκυστική επιλογή για εφαρμογές που απαιτούν καθαρή και αποδοτική ενέργεια.

Το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των ορυκτών καυσίμων, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και του νερού. Εάν χρησιμοποιηθούν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την παραγωγή υδρογόνου, τότε η διαδικασία παραγωγής του είναι απαλλαγμένη από άνθρακα. Αυτό καθιστά το υδρογόνο μια πολύτιμη επιλογή για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται από

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τη χρήση της όταν η ζήτηση υπερβαίνει την παραγωγή (Wang, etal. 2020).

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης αρκετές προκλήσεις που συνδέονται με τη χρήση του υδρογόνου ως λύση αποθήκευσης ενέργειας. Μια πρόκληση είναι η ενεργειακή ένταση της παραγωγής υδρογόνου, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα ως πηγή (Ramakumar, Ranjith Kumar, 2021). Η παραγωγή υδρογόνου από ανανεώσιμες πηγές μπορεί επίσης να είναι δαπανηρή, αν και το κόστος αναμένεται να μειωθεί με την τεχνολογική πρόοδο.

Ένα άλλο θέμα που αφορά το υδρογόνο είναι η υψηλή ευφλεκτότητά του, η οποία απαιτεί προσεκτικό χειρισμό και αποθήκευση. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολο σε εφαρμογές όπως οι μεταφορές, όπου η ασφάλεια είναι υψίστης σημασίας (Mazzucato, etal. 2019).

Τέλος, υπάρχουν περιορισμοί στην υποδομή αποθήκευσης και μεταφοράς υδρογόνου την σημερινή εποχή. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να περιορίσει την εξέλιξη του υδρογόνου ως βιώσιμης λύσης αποθήκευσης ενέργειας λόγω ανεπαρκούς διαθεσιμότητας υποδομών. Ωστόσο, παρά τις προκλήσεις αυτές, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση του υδρογόνου ως λύσης αποθήκευσης ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για την ενσωμάτωση του υδρογόνου στο ενεργειακό σύστημα με στόχο την επίτευξη ενός ουδέτερου ισοζυγίου άνθρακα έως το 2050 (The Green Tank 2020). Ομοίως, το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών έχει αναγνωρίσει το υδρογόνο ως βασική τεχνολογία για την απαλλαγή του ενεργειακού συστήματος από τον άνθρακα (DOE OE Global Energy Storage Database).

Η παραγωγή υδρογόνου μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες μεθόδους, η καθεμία με τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Μια τέτοια προσέγγιση είναι η ηλεκτρόλυση του νερού, η οποία περιλαμβάνει τη διάσπαση του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η διαδικασία μπορεί να τροφοδοτηθεί ακόμη και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, επιτρέποντας την παραγωγή υδρογόνου χωρίς άνθρακα (Wang, etal. 2021).

Η αναμόρφωση με ατμό είναι μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου. Περιλαμβάνει την αντίδραση φυσικού αερίου ή άλλων υδρογονανθράκων με ατμό για την παραγωγή υδρογόνου. Σήμερα αυτή η διαδικασία είναι η πιο κοινή μέθοδος παραγωγής υδρογόνου, δεν είναι ωστόσο απαλλαγμένη από άνθρακα και μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή επιβλαβών εκπομπών (Zhang, etal. 2021).

Η αεριοποίηση βιομάζας είναι μια άλλη προσέγγιση στην παραγωγή υδρογόνου, η οποία περιλαμβάνει θέρμανση βιομάζας απουσία οξυγόνου, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός μείγματος αερίων που περιλαμβάνουν υδρογόνο. Αυτή η διαδικασία θεωρείται ουδέτερη ως προς τον άνθρακα, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, αντισταθμίζεται από το διοξείδιο του άνθρακα που απορροφάτε από τη βιομάζα κατά την ανάπτυξή της (Zhang, etal. 2021).

Συνοψίζοντας, το υδρογόνο είναι μια πολλά υποσχόμενη επιλογή για την αποθήκευση ενέργειας με πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Χρησιμεύει ως ένας καθαρός, αποδοτικός και ευέλικτος φορέας ενέργειας που μπορεί να προέρχεται από διάφορες πηγές. Ωστόσο, η παραγωγή και η διαχείριση του υδρογόνου θέτουν προκλήσεις.

2.4 Αντλησιοταμίευση

2.4.1 Βασικά Χαρακτηριστικά

Η αντλησιοταμίευση (PHES) είναι μία από τις παλαιότερες και διαδεδομένες τεχνολογίες παγκοσμίως. Εφαρμόζεται από το 1890 στην Ιταλία και την Ελβετία, καθώς πρόκειται για μια σχετικά απλή τεχνολογία, ενώ η μεγαλύτερη εγκατάσταση παγκοσμίως βρίσκεται στο Bath County των ΗΠΑ και έχει δυναμικότητα άνω των 3 GW (The Green Tank, 2020).

Το σύστημα αντλησιοταμίευσης (PHES) αποτελείται από δύο δεξαμενές τοποθετημένες σε διαφορετικό ύψος η κάθε μια. Σε περιόδους πλεονάζουσας παροχής ενέργειας, συνήθως το βράδυ, το νερό αντλείται από τη χαμηλότερη δεξαμενή (συνήθως τεχνητή) προς την υψηλότερη δεξαμενή (φυσική ή τεχνητή), αυξάνοντας έτσι τη δυνητική ενέργεια του νερού. Αντίθετα, όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας υπερβαίνει την προσφορά, αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια απελευθερώνεται καθώς το νερό ρέει πίσω στη χαμηλότερη δεξαμενή. Είναι σημαντικό οι δεξαμενές αυτές να έχουν ελάχιστη υψομετρική διαφορά 100 μέτρων για να εξασφαλίζεται η βέλτιστη απόδοση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αντλησιοταμίευσης είναι το Nant de Drance στην Ελβετία. Το έργο αυτό χρησιμοποιεί δύο μεγάλες υδάτινες μάζες οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα και συνδέονται μεταξύ τους με υπόγεια κανάλια. Για την κατασκευή του αξιοποιήθηκαν δύο υφιστάμενα αντλιοστάσια, με το ένα να ανυψώνεται κατά 21,5 μέτρα, προκειμένου να διπλασιαστεί η χωρητικότητά του. Κατά συνέπεια, το εγχείρημα αυτό μπορεί να συγκρατεί όγκο νερού ισοδύναμο με αυτόν 6.500 πισινών ολυμπιακών διαστάσεων (The Green Tank, 2020).

2.4.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου αντλησιοταμίευσης είναι το χαμηλό ενεργειακό κόστος, η πολύ υψηλή χωρητικότητα και η μεγάλη διάρκεια ζωής του έργου. Επιπλέον, επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη προσαρμογή της λειτουργίας, με δυνατότητα διακοπής και επανεκκίνησης του συστήματος σε σύντομο χρονικό διάστημα. Μπορεί ακόμα, να προσαρμοστεί γρήγορα σε τυχόν αλλαγές φορτίου. Αυτά τα χαρακτηριστικά συμβάλλουν ώστε οι υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες, συμπεριλαμβανομένων τόσο των συμβατικών μεθόδων όσο και της αντλησιοταμίευσης υδροηλεκτρικής ενέργειας (PHES), να αποτελούν το 97% της συνολικής παγκόσμιας αποθηκευτικής ικανότητας (Aranda, et al. 2021).

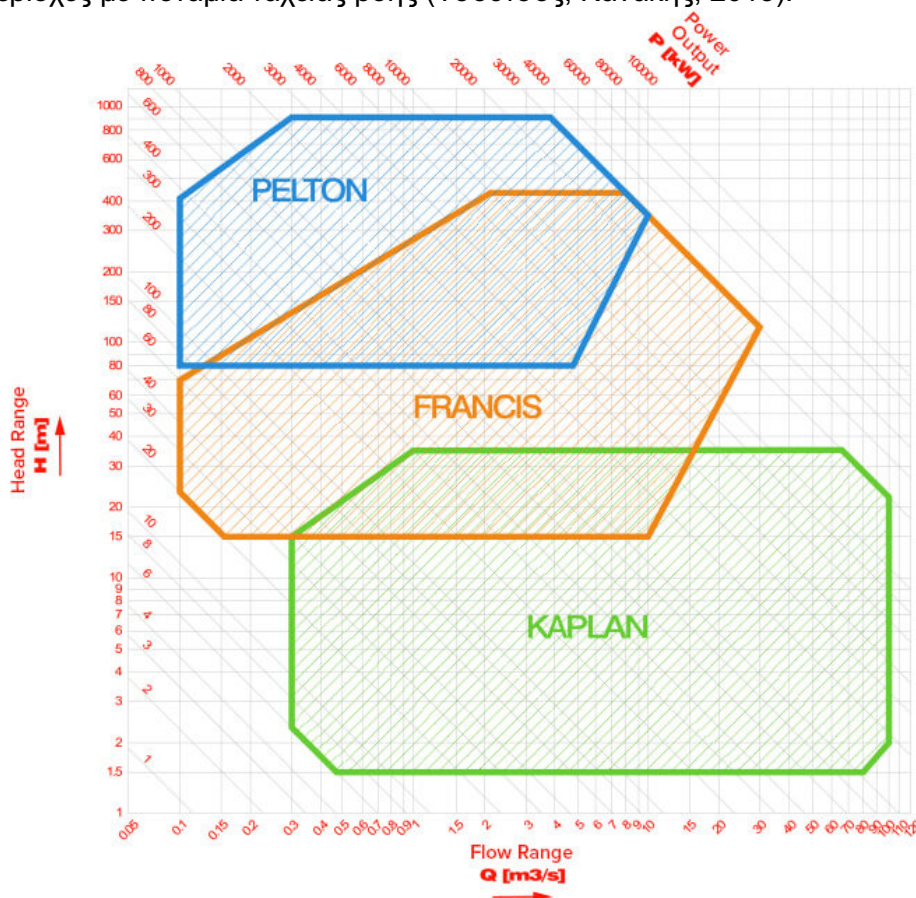
Οι συμβατικοί υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταμιευτήρες ενδέχεται να αντιμετωπίζουν περιορισμούς δυναμικότητας λόγω φυσικών παραγόντων όπως οι υδρολογικοί περιορισμοί. Ωστόσο, η πρόκληση αυτή μπορεί να ξεπεραστεί με την ενσωμάτωση στο σύστημα μιας άλλης πηγής ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά ή ανεμογεννήτριες. Χρησιμοποιώντας αυτή την πρόσθετη ενέργεια για την άντληση νερού στον άνω ταμιευτήρα, ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να βελτιστοποιήσει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να εξασφαλίσει συνεχή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν σημαντικά μειονεκτήματα στη χρήση τεχνητών ταμιευτήρων, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής τους και των πιθανών προκλήσεων που συνδέονται με την κατασκευή τους (όπως γεωλογικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες). Ως αποτέλεσμα, τα ζητήματα αυτά μπορούν να αυξήσουν σημαντικά τον χρόνο υλοποίησης του έργου και να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της αποθήκευσης και της απελευθέρωσης ενέργειας. Επιπλέον, σε περιπτώσεις όπου τα υδροηλεκτρικά έργα χρησιμοποιούν υφιστάμενους ταμιευτήρες ή φράγματα, ορισμένες από αυτές τις προκλήσεις μπορεί να αμβλυνθούν.

2.4.3 Διαφορετικοί Τύποι Υδροστροβίλων

Υδροστρόβιλος Pelton

Οι υδροστρόβιλοι Pelton είναι ειδικά σχεδιασμένοι στρόβιλοι ώθησης που μετατρέπουν αποτελεσματικά τη δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελούνται από έναν τροχό ή ρότορα με κάδους προσαρτημένους σε αυτόν. Το νερό κατευθύνεται μέσω ενός ακροφυσίου σε αυτούς τους κάδους, προκαλώντας την περιστροφή του τροχού. Καθώς η κινητική ενέργεια του νερού μεταφέρεται, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για την τροφοδοσία μιας ηλεκτρικής γεννήτριας. Η απόδοση των υδροστροβίλων Pelton εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού του στροβίλου, της ταχύτητας του πίδακα νερού και της κατακόρυφης πτώσης του νερού. Η απόδοση αυτών των τουρμπινών κυμαίνεται συνήθως από 80% έως 90%, η οποία είναι σχετικά υψηλή έναντι άλλων υδροστροβίλων. Οι υδροστρόβιλοι Pelton είναι κατάλληλοι για χρήση σε υδροηλεκτρικά συστήματα υψηλής δυναμικότητας, όπου υπάρχει σημαντική κατακόρυφη πτώση μεταξύ της πηγής νερού και του στροβίλου. Αυτοί οι στρόβιλοι μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά με υψηλούς ρυθμούς ροής νερού και χαμηλή πίεση, γεγονός που τους καθιστά ιδανικούς για χρήση σε ορεινές περιοχές με ποτάμια ταχείας ροής (Τσούτσος, Κανάκης, 2013).



Εικόνα 2.1: Απόδοση Υδροστροβίλων σε σχέση με το ύψος κεφαλής και την παροχή (<https://jhd.co.jp/en/products/>)

Υδροστρόβιλος Francis

Οι υδροστρόβιλοι Francis είναι από τους πιο συνηθισμένους τύπους υδροστροβίλων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Μετατρέπουν

αποτελεσματικά την κινητική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια, η οποία με τη σειρά της κινεί μια ηλεκτρική γεννήτρια. Ο στρόβιλος αποτελείται από ένα σπειροειδές περίβλημα που κατευθύνει το νερό προς ένα σύνολο καμπυλωτών πτερυγίων συνδεδεμένων με έναν ρότορα. Τα πτερύγια έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται την κινητική ενέργεια του νερού και να τη μετατρέπουν σε μηχανική ενέργεια μέσω της περιστροφής του ρότορα. Η απόδοση των υδροστροβίλων Francis μπορεί να ποικίλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως ο σχεδιασμός του στροβίλου, το ύψος του νερού και της παροχής. Γενικά, η απόδοση των στροβίλων Francis μπορεί να κυμαίνεται από 80% έως 90%. Τέλος, οι υδροστρόβιλοι αυτοί είναι ιδανικοί για υδροηλεκτρικά συστήματα χαμηλού έως μεσαίου ύψους, στα οποία υπάρχει μια μέτρια κατακόρυφη πτώση μεταξύ της πηγής και του στροβίλου. Χρησιμοποιούνται σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο και είναι γνωστοί για την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητά τους (Τσούτσος, Κανάκης, 2013).

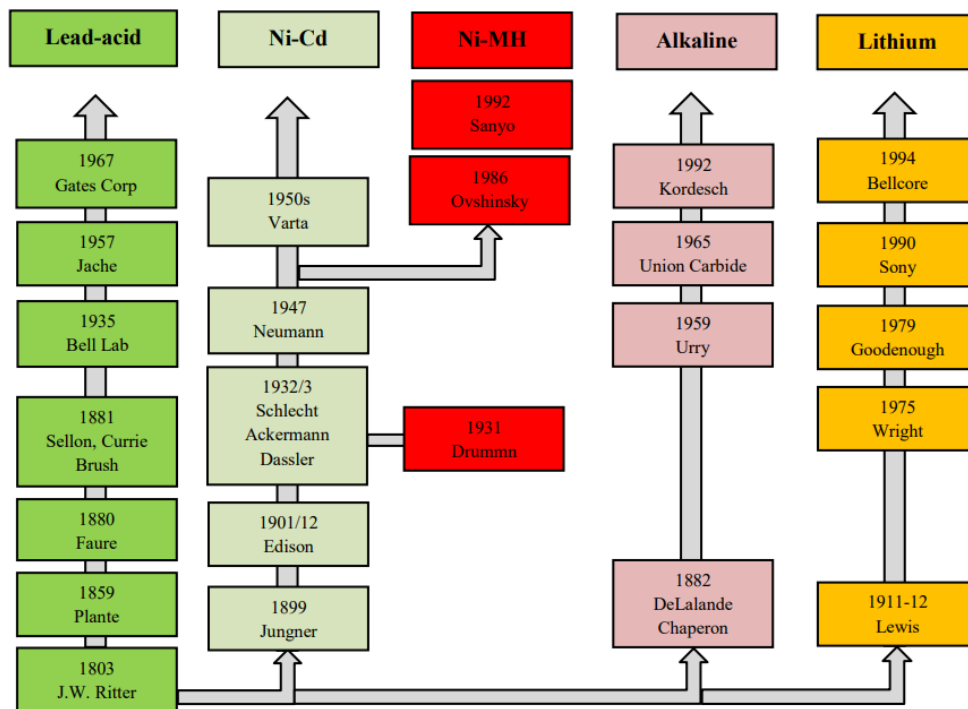
2.5 Μπαταρίες

2.5.1 Βασικά Χαρακτηριστικά

Ο πρώτος συσσωρευτής στον κόσμο ήταν το δοχείο Leyden. Αυτό το απλό γυάλινο δοχείο συγκρατούσε ηλεκτρικό φορτίο υψηλής τάσης μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών αγωγών. Ο Alessandro Volta είναι γνωστός για την κατασκευή της πρώτης ηλεκτροχημικής μπαταρίας το 1800, η οποία αποτελούνταν από δίσκους χαλκού και ψευδαργύρου που διαχωρίζονταν από χαρτί εμποτισμένο σε άλμη και η οποία μπορούσε να παράγει σταθερό ρεύμα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η πρώτη ευρέως χρησιμοποιούμενη μπαταρία ήταν η κυψέλη Daniel, που ανακαλύφθηκε το 1836 από τον Βρετανό χημικό John Frederick Daniel. Έκτοτε, η τεχνολογία των μπαταριών έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο και ευρεία χρήση σε διάφορες εφαρμογές (Krivik, Baca, 2013).

Το 1859, ο Gaston Planté εισήγαγε μπαταρίες μόλυβδου – οξέος, οι οποίες εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται εκτενώς σε διάφορες βιομηχανίες, όπως οι μεταφορές και η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας (Mazzucato, etal. 2019). Παρόλο που οι μπαταρίες αυτές έχουν ορισμένους περιορισμούς, όπως η ανάγκη τακτικής συντήρησης για την αναπλήρωση του χαμένου νερού και το σχετικά υψηλό κόστος και βάρος τους λόγω της χρήσης μόλυβδου, προσφέρουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής και του ευρέος φάσματος εφαρμογών.

Η αρχή λειτουργίας της μπαταρίας είναι η δημιουργία διαφοράς τάσης μεταξύ δύο στοιχείων που βρίσκονται σε διάλυμα ηλεκτρολύτη. Μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων. Οι διάφοροι τύποι μπαταριών έχουν διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως η ενεργειακή πυκνότητα, η τάση του στοιχείου, η μέγιστη πυκνότητα ισχύος και το μέγιστο ρεύμα που μπορούν να αποδώσουν. Άλλοι παράγοντες περιλαμβάνουν το χρόνο φόρτισης, τον αριθμό των στοιχείων, την τάση της μπαταρίας, τον αριθμό των κύκλων φόρτισης – αποφόρτισης πριν από την απώλεια χωρητικότητας και το εύρος ασφαλούς θερμοκρασίας λειτουργίας. Είναι ζωτικής σημασίας για τις μπαταρίες να λειτουργούν εντός του καθορισμένου εύρους τους για λόγους ασφαλείας (The Green Tank, 2020).



Εικόνα 2.2: Εξέλιξη και ιστορία των μπαταριών (Carpinelli, etal. 2014)

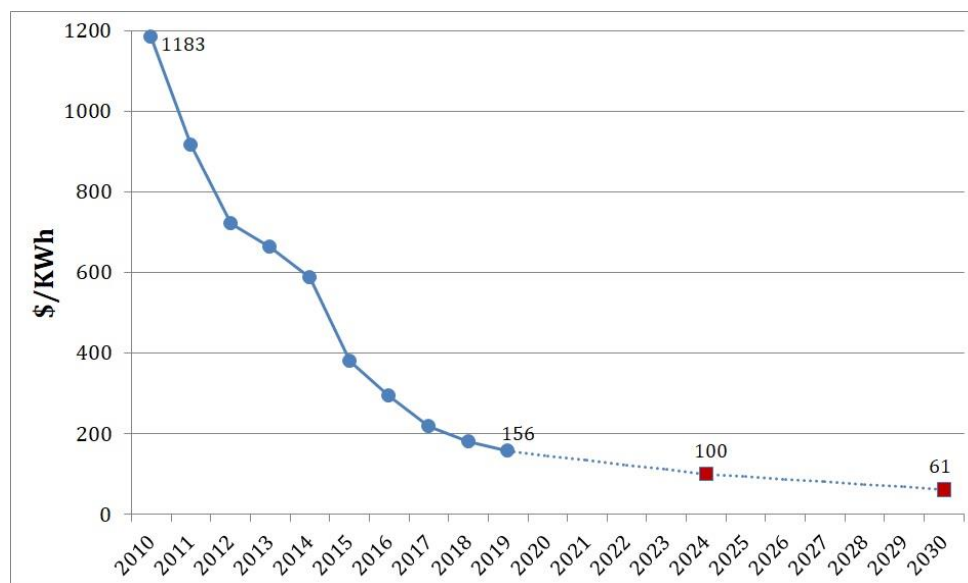


Εικόνα 2.3: Σχηματική διάταξη μπαταρίας μόλυβδου-οξέος (<https://technolysis-hts.gr/βαση-γνωσεων/μπαταρίες-μολύβδου-οξέως-κλειστού-τύ/>)

Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ, υπάρχουν σε λειτουργία παγκοσμίως 768 συστήματα μπαταριών με συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας ίση με 1,79 GW. Η πλειονότητα αυτών των συστημάτων, που αντιπροσωπεύουν το 74%, χρησιμοποιεί μπαταρίες ιόντων λιθίου, ενώ οι μπαταρίες με βάση το νάτριο ανέρχονται στη δεύτερη θέση με 8,5% (Zhou, etal. 2021).

Ένας άλλος τύπος μπαταρίας είναι οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή αλλιώς δευτερεύουσες. Αυτές οι μπαταρίες αποθηκεύουν ενέργεια σε ηλεκτροχημική μορφή και μπορούν να φορτιστούν. Κατά τη φόρτιση, τα θετικά είδη υφίστανται οξείδωση, ενώ τα αρνητικά είδη υφίστανται αναγωγή. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι μπαταριών, οι οποίοι διατίθενται για διαφορετικούς σκοπούς. Σε μεγαλύτερες εφαρμογές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρθρωτά συστήματα για την κάλυψη υψηλών απαιτήσεων τάσης και ρεύματος, αν και απαιτούν πολύπλοκες σχεδιαστικές εκτιμήσεις (Krivik, Baca, 2013).

Με βάση έρευνα του Bloomberg New Energy Foundation (BNEF) σχετικά με το κόστος των μπαταριών από το 2010 έως το 2019, υπήρξε σημαντική μείωση της τιμής τους κατά 86,8% την τελευταία δεκαετία. Το 2010, οι μπαταρίες κόστιζαν περίπου 1,183 \$/KWh, αλλά μέχρι το 2019, η τιμή είχε μειωθεί στα 156 \$/KWh. Η μείωση αυτή μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως η παραγωγή μεγαλύτερων μπαταριών, η αύξηση των πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρίες (BEV) και η αυξανόμενη χρήση καθόδων υψηλής ενεργειακής πυκνότητας. Παράλληλα, εκτιμά ότι μέχρι το 2024 η τιμή αυτή θα έχει μειωθεί ακόμη περισσότερο καθώς η ζήτηση θα έχει ξεπεράσει τις 2 TWh, οδηγώντας έτσι το κόστος να μειωθεί ακόμα περισσότερο γύρω στα 100\$/KWh και φτάνοντας τελικά τα 61 \$/KWh μέχρι το 2030. Επιπλέον, αναμένεται ότι το μέγεθος της αγοράς για την αποθήκευση ενέργειας με χρήση μπαταριών, θα πενταπλασιαστεί μεταξύ 2019 και 2030. Η αύξηση αυτή θα συμπίσει με την προβλεπόμενη αύξηση της συνολικής εγκατεστημένης χωρητικότητας μπαταριών παγκοσμίως παράλληλα με τα ηλεκτρικά οχήματα - από 9 GW το 2018 σε περίπου 1,095 GW το 2040 (Bloomberg NEF, 2019).



Διάγραμμα 2.2: Κόστος μπαταριών κατά την περίοδο 2010 – 2019 και προβλέψεις για το 2024 και το 2030 σύμφωνα με το BNEF (Bloomberg NEF, 2019)

2.6.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Τα συστήματα αποθήκευσης μπαταριών προσφέρουν πολλά βασικά πλεονεκτήματα. Πρώτον, έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν την πλεονάζουσα ενέργεια, επιτρέποντας την αποτελεσματική αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων. Είναι επίσης σε θέση να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά ξαφνικές αιχμές στη ζήτηση φορτίου. Όσον αφορά τις επιδόσεις, τα συστήματα αποθήκευσης μπαταριών κατατάσσονται μεταξύ των επιλογών αποθήκευσης ενέργειας με τις υψηλότερες επιδόσεις, ενώ παράλληλα εξασφαλίζουν ελάχιστο χρόνο κατασκευής. Επιπλέον, οι μπαταρίες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην ανάκαμψη του συστήματος, καθώς είναι ικανές να επανεκκινούν γρήγορα ένα σύστημα που

έχει τεθεί εκτός λειτουργίας και να προσαρμόζουν την παροχή ενέργειας ανάλογα με τις διακυμάνσεις της ζήτησης. Τέλος, τα συστήματα αποθήκευσης μπαταριών διακρίνονται για την αποθήκευση ενέργειας σε περιόδους χαμηλής ζήτησης, όπως τη νύχτα, και την αξιόπιστη παροχή της σε περιόδους υψηλής ζήτησης.

Από την άλλη, το υψηλό κόστος αγοράς καθώς και συντήρησης, η αυξημένη πολυπλοκότητα του συστήματος και η μικρή διάρκεια ζωής σε σύγκριση με άλλες μεθόδους αποθήκευσης είναι τα κύρια μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα πρώτων υλών για την κατασκευή ορισμένων τύπων μπαταριών, όπως το λίθιο, μπορεί να αποτελέσει πρόκληση, ενώ υπάρχει επίσης περιβαλλοντικός αντίκτυπος όταν οι μπαταρίες αυτές απορρίπτονται μετά τον κύκλο ζωής τους. Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των συστατικών των μπαταριών. Ταυτόχρονα, ορισμένες μπαταρίες είναι εξαιρετικά ευαίσθητες και φθείρονται με τη χρήση. Για να μετριαστούν οι πιθανοί κίνδυνοι, μπορεί να χρειαστεί να εγκατασταθούν κυκλώματα ασφαλείας σε ορισμένες μπαταρίες για τον περιορισμό της τάσης κατά τη φόρτιση και για την αποφυγή ζημιών από ακραίες θερμοκρασίες πρέπει να παρακολουθούνται στενά (Krivik, Baca, 2013).

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Μέθοδος

Στην πορεία για 100% βιώσιμα αυτόνομου νησιού το πρώτο βήμα είναι η απεξάρτηση του ηλεκτρικού δικτύου από τα ορυκτά καύσιμα.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρειάστηκε να γίνει μια προσομοίωση της ηλεκτρικής παραγωγής και κατανάλωσης του νησιού. Έτσι, δημιουργήθηκε λογισμικό σε γλώσσα προγραμματισμού Python το οποίο κατά την προσομοίωση μας υποδεικνύει την ποσότητα και την ισχύ των συστημάτων αποθήκευσης που θα χρειαστούν επιπλέον για την υποστήριξη των ΑΠΕ που θα εγκατασταθούν. Με στόχο την πραγματοποίηση της προσομοίωσης χρειάζονται ωριαία δεδομένα:

- Κατανάλωσης του νησιού
- Ηλιακής ισχύος
- Ταχύτητα του αέρα στα 50m από το έδαφος
- Θερμοκρασία του αέρα στα 2m από το έδαφος

Αναλυτικότερα τα ωριαία μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε προήλθαν από την ιστοσελίδα της NASA καθώς διέθετε βιβλιοθήκη με αρχεία καιρού, που περιείχαν την ηλιακή ισχύ, την θερμοκρασία του αέρα στα 2m από το έδαφος, την ταχύτητα του ανέμου στα 50m από το έδαφος καθώς και τις ημερομηνίες και τις ώρες. Όσον αφορά τα ωριαία ενεργειακά δεδομένα, λάβαμε το αρχείο ωριαίας κατανάλωσης του νησιού από τον ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) σε MW. Και τα δυο σύνολα δεδομένων ήταν σε ωριαία μορφή καθώς αυτά ήταν τα πιο εύχρηστα .

Στην συνέχεια, έγινε η προσομοίωση στην υπάρχουσα κατάσταση του νησιού και προσδιορίστηκε η απόδοση των υφιστάμενων και επιπρόσθετων συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας. Κατόπιν, εμφανίστηκαν τα σημεία που θα χρειαστούμε επιπλέον αποθήκευση καθώς και η ποσότητα των ορυκτών καυσίμων που καταναλώνουμε για την ηλεκτρική επάρκεια του νησιού. Συνεχίζοντας, για την δημιουργία των διαφόρων προτάσεων εισάχθηκαν ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικού ρεύματος με συγκεκριμένη ισχύ. Τέλος, έγινε αξιολόγηση των διαφόρων σεναρίων και επιλέχθηκε το καταλληλότερο από πλευράς κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και εκπομπών CO₂. Ακολουθεί το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας μας:

Σενάρια	ΑΠΕ	Ισχύς Φ/Β (kWp)	Ισχύς Α/Γ (kW)
1ο	61 στρέμματα Φ/Β	12.200	-
2ο	65 στρέμματα Φ/Β	13.000	-
3ο	70 στρέμματα Φ/Β	14.000	-
4ο	75 στρέμματα Φ/Β	15.000	-
5ο	61 στρέμματα Φ/Β & 1 Α/Γ	12.200	900
6ο	61 στρέμματα Φ/Β & 2 Α/Γ	12.200	1.800
7ο	61 στρέμματα Φ/Β & 3 Α/Γ	12.200	2.700
8ο	65 στρέμματα Φ/Β & 1 Α/Γ	13.000	900
9ο	61 στρέμματα Φ/Β & 127 MWh μπαταρία	12.200	-
10ο	61 στρέμματα Φ/Β & 150 MWh μπαταρία	12.200	-

Πίνακας 3.1: Τα σενάρια που μελετήθηκαν



Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας

3.2 Δημιουργία Λογισμικού Προσομοίωσης

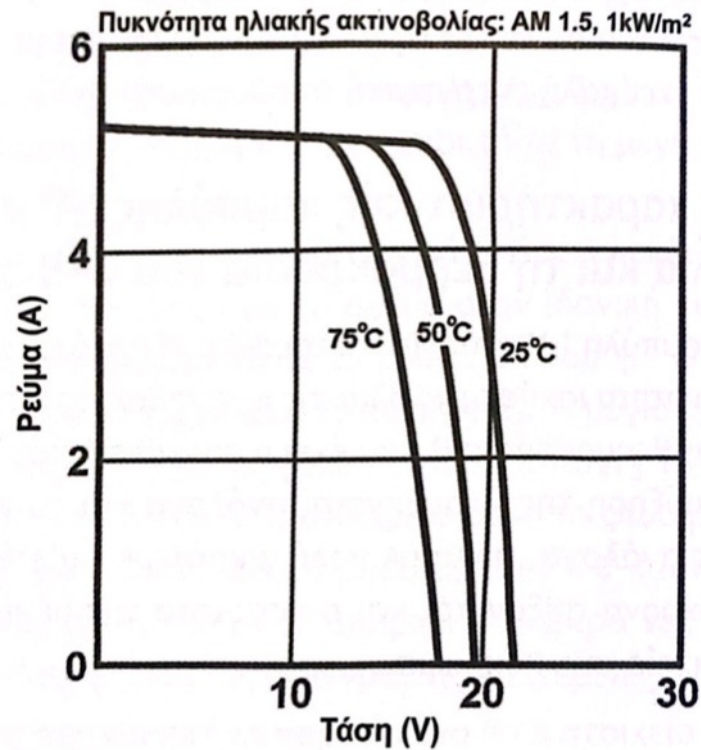
Για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών, και άρα για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, χρειάστηκε να δημιουργηθεί κώδικας στην γλώσσα προγραμματισμού Python. Ο κώδικας εξετάζει την κατανάλωση και την παραγωγή ενέργειας στην Ικαρία, λαμβάνοντας υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα και τα χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής. Η ανάλυση ενσωματώνει δεδομένα από το υδροηλεκτρικό πάρκο, τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τις ανεμογεννήτριες του νησιού. Οι υπολογισμοί και η ανάλυση των δεδομένων, που πραγματοποιούνται από τον κώδικα, έχουν ως στόχο τη βελτιστοποίηση της αποθήκευσης και της χρήσης της ενέργειας στο νησί, καθώς και τον προσδιορισμό των σημείων που παρατηρείται έλλειμα ή πλεόνασμα, συμβάλλοντας έτσι στην αξιολόγηση της πρότασης που θα συμβάλει στην βιωσιμότητα της περιοχής.

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων είναι (Τσούτσος, Κανάκης, 2013):

$$\text{Sun Irradiance Energy} = \frac{\left(\frac{\text{Sun_Irradiance}[i-1] + \text{Sun_Irradiance}[i-2]}{2} \right)}{1000} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right]$$

$$E_{pv} = \frac{(n_{pv} * n_T * n_p * A * \text{Sun Irradiance Energy})}{1000} \text{ [MWh]}$$

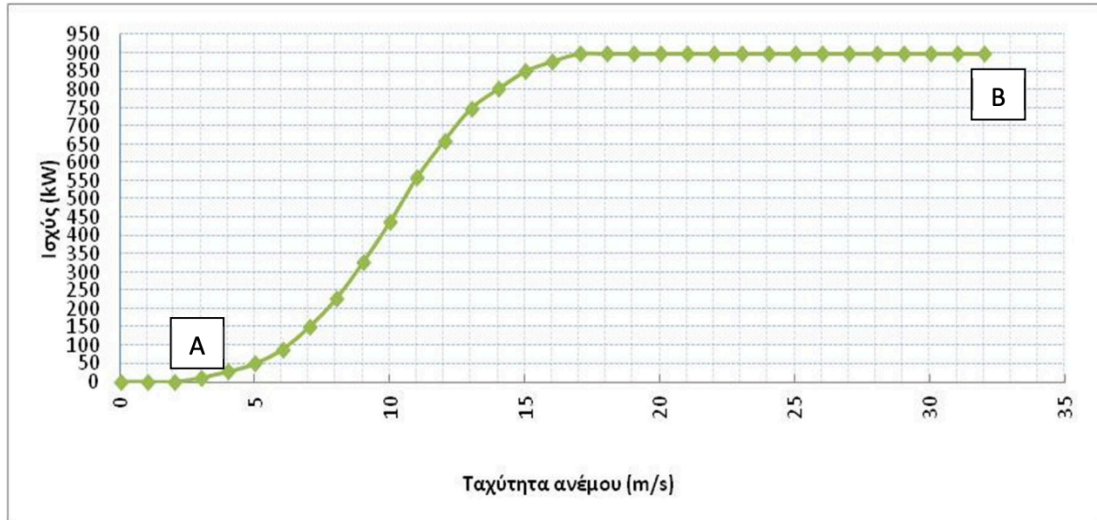
Όπου: $n_{pv} = 0,2$ συντελεστής απόδοσης φωτοβολταϊκού
 $n_T = 0,9$ συντελεστής μείωσης απόδοσης λόγω θερμοκρασίας
 $n_p = 1$ συντελεστής μείωσης απόδοσης λόγω ρύπανσης
 A = η επιφάνεια των φωτοβολταϊκών σε κάθε σενάριο



Εικόνα 3.1: Εξάρτηση χαρακτηριστικής καμπύλης $I - V$ από τη θερμοκρασία του Φ/B στοιχείου (Τσούτσος, Κανάκης, 2013).

$$\text{Wind Power} = \frac{\left(\frac{1}{2} * e_{qBenz} * C_p * \rho * A * v^3 \right)}{1000} \text{ [kW]}$$

Όπου: $e_{qBenz} = 0,59$ συντελεστής απόδοσης Benz
 $C_p = 0,7$ συντελεστής απόδοσης ανεμογεννήτριας
 $\rho = 1,2$ η πυκνότητα του αέρα
 $A = \pi * r^2$ η επιφάνεια του ρότορα της ανεμογεννήτριας
 v = η ταχύτητα του ανέμου στα 50m από το έδαφος



Εικόνα 3.2: Καμπύλη ισχύος ταχύτητας ανέμου της Α/Γ Enercon που βρίσκεται στην Ικαρία, (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019)

$$\text{Wind Power Hydro} = 3 * \text{Wind Power [kW]}$$

$$\text{Wind Power Other} = 2 * \text{Wind Power [kW]}$$

$$\text{Total Wind Energy} = \frac{(\text{Wind Power Hydro} + \text{Wind Power Other})}{1000} \text{ [MWh]}$$

$$\text{Production} = E_{pv} + \text{Total Wind Energy [MWh]}$$

$$(\text{Production} - \text{Consumption}) \text{ Wind} = \text{Total Wind Energy} - \text{Consumption [MWh]}$$

$$\text{Total (Production} - \text{Consumption)} = E_{pv} + \text{Total Wind Energy} - \text{Consumption [MWh]}$$

$$\text{Final (Production} - \text{Consumption)} = 0,8 * \text{Total (Production} - \text{Consumption) [MWh]}$$

Για $\text{Total (Production} - \text{Consumption)} \geq 0$:

$$\text{Storage}[i] = \text{Storage}[i - 1] + 0,8 * \text{Total (Production} - \text{Consumption [i])}$$

Για $\text{Total (Production} - \text{Consumption)} \leq 0$:

$$\text{Storage}[i] = \text{Storage}[i - 1] + 1,2 * \text{Total (Production} - \text{Consumption [i])}$$

Θεωρούμε ακόμα αρχική τιμή $\text{Storage}[0] = 112 \text{ [MWh]}$

Για $\text{Storage}[i] \geq \text{Storage}[0]$: $\text{Storage}[i] = \text{Storage}[0]$

$$\text{Waste Electricity}[i] = \text{Storage}[i] - \text{Storage}[0]$$

$$\text{Oil Electricity}[i] = 0$$

Για $\text{Storage}[i] \leq 0$: $\text{Storage}[i] = \text{Storage}[i] + 10$

$$\text{Waste Electricity}[i] = 0$$

$$\text{Oil Electricity}[i] = 10$$

Για την εύρεση της αρχικής επιφάνειας των φωτοβολταϊκών που θα χρειαζόντουσαν να

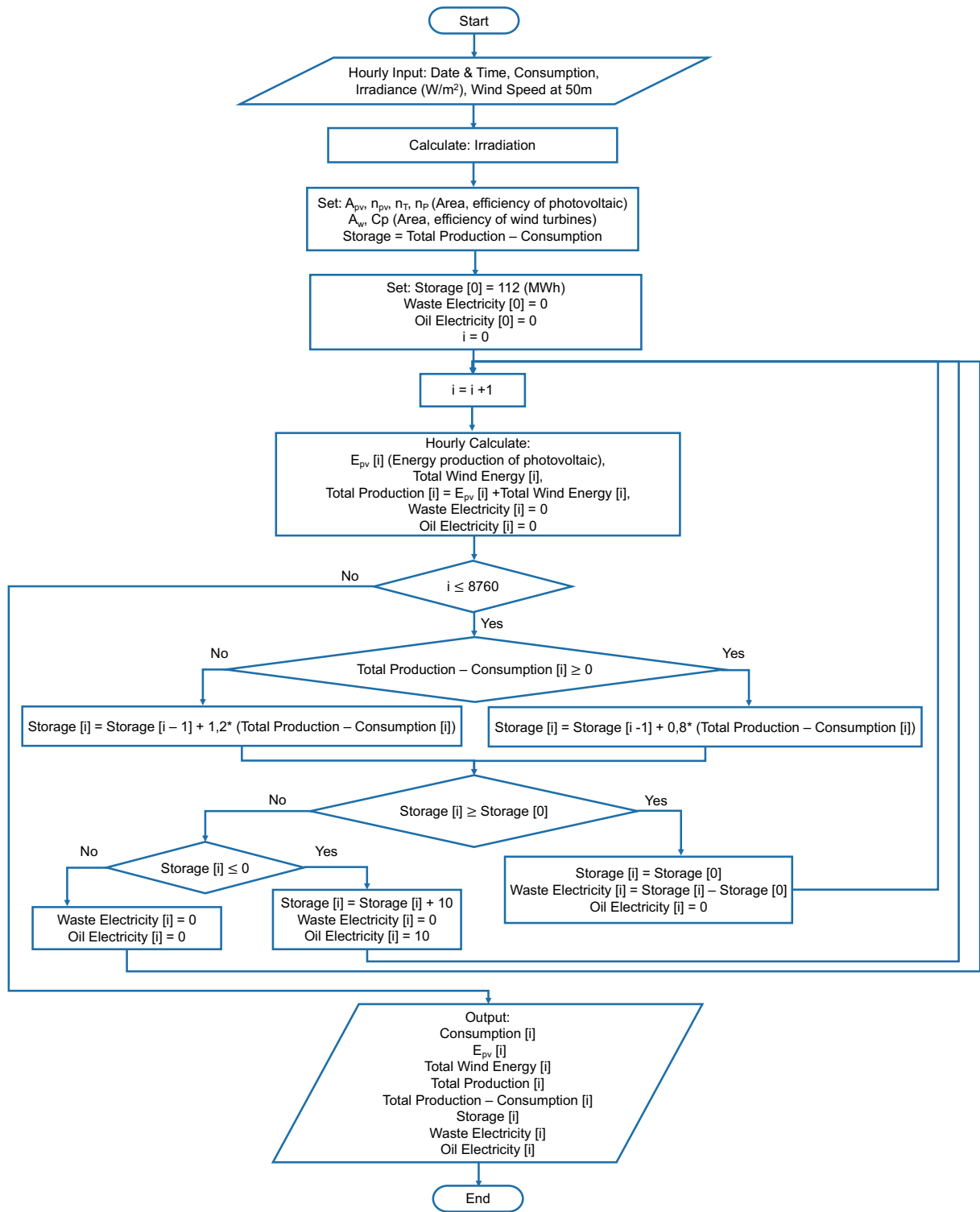
εγκατασταθούν στο νησί εργασθήκαμε ως εξής. Αρχικά υπολογίσαμε την ολική κατανάλωση και ηλιακή ισχύ στο νησί της Ικαρίας για το έτος 2022, η οποία ανήλθε στις 29,37 GWh και 1,85 MWh/m² αντιστοίχως. Έπειτα, υπολογίσαμε την ενέργεια που παράγουν τα ήδη υπάρχοντα συστήματα χωρίς την χρήση των φωτοβολταϊκών στις 9,24 MWh, έτσι ώστε να καταφέρουμε να βρούμε την ενέργεια που θα πρέπει να καλύψουν. Με την χρήση του παρακάτω τύπου προέκυψε πως το αρχικό εμβαδό των φωτοβολταϊκών θα έπρεπε να ανέρχεται στα 60,45 στρέμματα.

$$E_{pv} = (n_{pv} * n_T * n_p * A * \text{Sun Irradiance Energy}) \text{ [MWh]}$$

$$A = \frac{E_{pv}}{n_{pv} * n_T * n_p * \text{Sun Irradiance Energy}} = \frac{29,37 - 9,24}{0,2 * 0,9 * 1,85} = 60,45 \text{ acres}$$

Μετά από στρογγυλοποίηση και για λόγους υπολογισμών η αρχική έκταση των φωτοβολταϊκών ανέρχεται στα 61 στρέμματα.

Για τον υπολογισμό της μείωσης των εκπομπών του CO₂ γνωρίζουμε, μέσω του υπουργείου περιβάλλοντος, πως η ένταση αερίων θερμοκηπίου για τον κύκλο ζωής του ντίζελ ή πετρελαίου αργής καύσης ανέρχεται στα 95 g CO₂/MJ δηλαδή 342 tons CO₂/GWh.



Διάγραμμα 3.2: Το διάγραμμα ροής του κώδικα στην Python

3.3 Μελέτη Υπάρχοντος Συστήματος

Το 2019 εγκαταστάθηκε στην Ικαρία ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός με την ονομασία «Naeras». Αυτό το υβριδικό σύστημα, ιδιοκτησίας της ΔΕΗ Ανανεώσιμες, περιλαμβάνει τρεις ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 2,7 MW στην περιοχή Στραβοκουντούρα. Ακόμα διαθέτει δύο μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα ισχύος 1,05 MW στην περιοχή της

Προεσπέρας και 3,1 MW στην Κάτω Προεσπέρα, με συνολική αντλητική ισχύ 3 MW (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2019).



Εικόνα 3.3: Ο άνω και κάτω ταμιευτήρας του υδροηλεκτρικού συστήματος αποθήκευσης «Ναέρας» στην Ικαρία, (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019)

Ο ΜΥΗΣ στην Προεσπέρα λειτουργεί μόνο κατά τους μήνες Οκτώβριο έως Απρίλιο καθώς εκμεταλλεύεται την υπερχειλίση που λαμβάνει χώρα στο φράγμα Πέζι. Ακόμα λόγω περιβαλλοντικών νόμων, από το φράγμα απαγορεύεται η άντληση κατά τους θερινούς μήνες, καθώς το νερό του φράγματος το εκμεταλλεύονται για άρδευση και ύδρευση. Το αντλιοστάσιο στην κάτω Προεσπέρα διαθέτει 12 αντλίες, καθώς και 2 αγωγούς ένας προσαγωγής και ένας κατάθλιψης που βοηθούν στην ανακύκλωση του νερού μεταξύ των δύο δεξαμενών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία στη συνέχεια τροφοδοτείται στο δίκτυο του νησιού. Αυτό που κάνει το έργο να ξεχωρίζει, αποτελεί το γεγονός ότι το αντλιοστάσιο αξιοποιεί την ενέργεια που παράγεται από το αιολικό πάρκο του νησιού. Επομένως, συνδυάζοντας αυτές τις δύο μορφές ΑΠΕ, το έργο έχει συνολική ετήσια καθαρή ενέργεια ίση με 9,8 GWh (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2019).



Εικόνα 3.4: Διάταξη του υδροηλεκτρικού συστήματος αποθήκευσης «Ναέρας» στην Ικαρία, (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019)

Εκτός από τις ανεμογεννήτριες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, το νησί είναι επίσης εξοπλισμένο με δύο επιπλέον ανεμογεννήτριες στο αιολικό πάρκο Περδικίου. Οι ανεμογεννήτριες αυτές έχουν συνδυασμένη ισχύ 1,8 MW και παράγουν περίπου 4,2 GWh καθαρής ενέργειας ετησίως. Επιπλέον, υπάρχουν φωτοβολταϊκά πάνελ που βρίσκονται κοντά στην περιοχή του αεροδρομίου. Τα πάνελ αυτά έχουν συνολική ισχύ 1 MW και παράγουν περίπου 1,5 GWh καθαρής ενέργειας ετησίως (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019).

Εκτός όμως από τις καθαρές πηγές ενέργειας, το νησί διαθέτει ακόμα έναν τοπικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 15,85 MW στον Άγιο Κήρυκο, ο οποίος λειτουργεί κατά κύριο λόγο με mazut και diesel. Ο σταθμός αυτός τροφοδοτεί με 169 MWh το υδροηλεκτρικό πάρκο για την λειτουργία του ενώ με περίπου 18 GWh το νησί (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2019).

Υπάρχον Σύστημα για το 2019	
Σύστημα	Μονάδες (GWh)
ΑΠΕ	15,5
Mazut και Diesel	18
Σύνολο: 33,5 GWh	

Πίνακας 3.2: Το υπάρχον σύστημα της Ικαρίας για το 2019

3.4 Αλλαγές στο Υπάρχον Σύστημα

Παρατηρώντας λοιπόν το ήδη υπάρχον σύστημα (Πίνακας 3.1) συνειδητοποιήσαμε πως το υδροηλεκτρικό σύστημα του νησιού χρησιμοποιείται μόνο για παραγωγή ενέργειας και όχι για αποθήκευση. Ακόμα, στις δυο τεχνητές δεξαμενές οι υδροστρόβιλοι που χρησιμοποιούνται είναι τύπου Pelton, γεγονός που καθιστά αδύνατη την άντληση του νερού χωρίς την χρήση του αντλιοστασίου. Οι 12 αντλίες για την άνοδο του νερού έχουν χαμηλή απόδοση, επομένως πρώτο βήμα για την επίτευξη του στόχου μας, έτσι ώστε να μετατρέψουμε την Ικαρία σε ένα εν μέρη ενεργειακά αυτόνομο νησί, αποτελεί η αντικατάσταση του ενός υδροστροβίλου Pelton, αυτού στην περιοχή της Κάτω Προεσπέρας. Το είδος στροβίλου που επιλέχθηκε ήταν η Francis, καθώς αυτή μας επιτρέπει να αντλούμε το νερό με πολύ καλή απόδοση ανακυκλοφορίας στα 80% (συνολική άνοδος και κάθοδος).

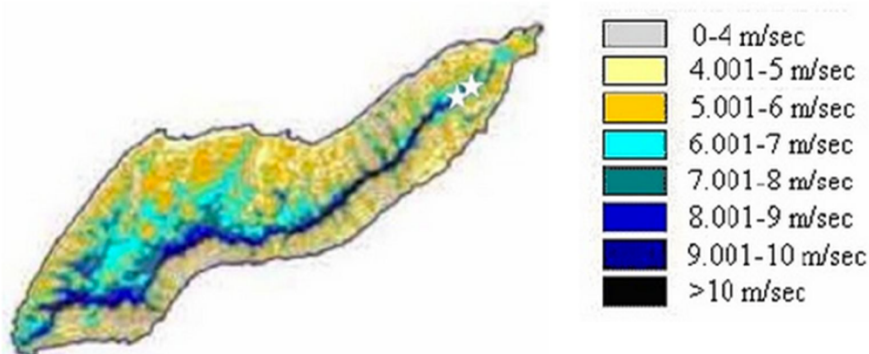
Ακόμα, το υδροηλεκτρικό αυτό σύστημα που μόνο παρήγαγε ενέργεια, το μετατρέπουμε με την χρήση μπαταρίας σε σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με ελάχιστο αποθηκευτικό χώρο τις 112 MWh. Η τιμή αυτή προκύπτει επειδή αυτό είναι το ποσό της ενέργειας που παράγεται ανάμεσα στις δυο τεχνητές δεξαμενές που διαθέτουμε. Συγκεκριμένα γνωρίζουμε ότι η χωρητικότητα των δεξαμενών είναι 80.000 m³ και η υψομετρική τους διαφορά ανέρχεται στα 505 m. Έτσι, μέσω του παρακάτω τύπου προκύπτει πως η αρχική θεωρητική χωρητικότητα της μπαταρίας θα είναι 112 MWh.

$$E = m * g * \Delta H = \frac{\left(\frac{80.000.000 * 10 * 505}{3.600.000} \right)}{1.000} = 112 \text{ [MWh]}$$

4 ΙΚΑΡΙΑ

4.1 Τοπολογία και Ιστορία της Ικαρίας

Η Ικαρία, ένα ελληνικό νησί στο βορειοανατολικό Αιγαίο, έχει έκταση περίπου 255 km², διαθέτει ομαλή ακτογραμμή που εκτείνεται σε μήκος περίπου 160 km (Visit Ikaria, 2023). Το νησί είναι ορεινό στο μεγαλύτερο μέρος του και διασχίζεται από την οροσειρά του Αθέρα, η οποία έχει διεύθυνση ΝΝΔ – ΒΒΑ, της οποίας η υψηλότερη κορυφή είναι 1.041 m και η οποία χωρίζει το νησί σε βόρειο και νότιο τμήμα. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις του νησιού βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο βορειοδυτικό τμήμα, στο δήμο Ραχών. Το κλίμα του νησιού θεωρείται ήπιο, με τα μελτέμια να αποτελούν το κύριο χαρακτηριστικό της θερινής περιόδου. Η Ικαρία θεωρείται ένα από τα νησιά με το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό (Σπυρόπουλος Γ., 2007).



Εικόνα 4.1: Αιολικό δυναμικό Ικαρίας, (Σπυρόπουλος, 2007)

Με πληθυσμό περίπου 8.312 κατοίκους, η Ικαρία έχει γνωρίσει ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια (The Green Tank, 2020). Ο πληθυσμός όμως αυξάνεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς το νησί είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς τουριστικούς προορισμούς στην Ελλάδα. Γνωστό για τα εντυπωσιακά βουνά του, το νησί αποτελεί κορυφαία επιλογή για τους ταξιδιώτες που αναζητούν αξέχαστες διακοπές στην Ελλάδα. Λόγω της έκθεσής της στους βορειοανατολικούς ανέμους, το Ικάριο Πέλαγος που περιβάλλει την Ικαρία μπορεί να είναι αρκετά άγριο. Το νησί χωρίζεται σε τρεις κύριους δήμους: Άγιος Κήρυκος (πρωτεύουσα), Εύδηλος (όπου βρίσκεται το λιμάνι) και Ραχών (που βρίσκεται στο κεντροδυτικό τμήμα του νησιού) (Visit Ikaria, 2023).

Το πρώτο όνομα του νησιού ήταν Δολίχη ή Δολιγή, το οποίο ορισμένοι ιστορικοί υποστηρίζουν ότι σημαίνει «σκουλήκι», ενώ άλλοι πιστεύουν πως αναφέρεται στο σχήμα του νησιού. Ονομάστηκε επίσης και Μάκρις, λόγω του επιμήκους σχήματός του, Ιχθυόεσσα, εξαιτίας του πλήθους των ψαριών στη θάλασσά του και Ανεμόεσσα, λόγω των ισχυρών ανέμων του. Τέλος, έγινε γνωστή και ως Οινόη, λόγω της μεγάλης παραγωγής κρασιού. Αξίζει να σημειωθεί ότι το όνομα Οινόη το πήρε αργότερα πόλη της Ικαρίας (Visit Ikaria, 2023).

Το όνομα Ικαρία, με το οποίο είναι γνωστό το νησί μέχρι σήμερα, έχει διαφορετικές προελεύσεις. Ωστόσο, η πιο γνωστή είναι αυτή από τον διάσημο μύθο του Ικάρου. Αφού δραπετεύσαν από το παλάτι του βασιλιά Μίνωα στην Κρήτη, ο Ίκαρος και ο πατέρας του Δαίδαλος πέταξαν προς την Ιωνία και τις ακτές της Μικράς Ασίας. Μαγεμένος από το μαγευτικό τοπίο που έκοβε την ανάσα, ο Ίκαρος αγνόησε την προειδοποίηση του πατέρα

του ότι αν πετούσε πολύ ψηλά θα έλιωναν τα φτερά του. Δυστυχώς, τα φτερά του πράγματι έλιωσαν και έπεσε στη θάλασσα και πνίγηκε.

Η Ικαρία είναι γνωστή για τα μοναδικά της έθιμα και τον ιδιότυπο νυχτερινό τρόπο ζωής που έχει διατηρηθεί από την εποχή πριν από την οθωμανική κυριαρχία. Εκείνα τα χρόνια, όταν η πειρατεία αποτελούσε πρόβλημα, οι κάτοικοι του νησιού έχτιζαν τα σπίτια τους σε κρυφές τοποθεσίες μακριά από τη θέα της θάλασσας, δίνοντας την εντύπωση ενός ακατοίκητου νησιού για να αποφύγουν τυχόν επιθέσεις. Κυρίως μετακινούνταν κατά τη διάρκεια της νύχτας για να παραμείνουν απαρατήρητοι από τις πιθανές απειλές στη θάλασσα. Κατά συνέπεια, ακόμη και σήμερα, οι επιχειρήσεις στο νησί εξακολουθούν να λειτουργούν κυρίως κατά τις βραδινές ώρες και συχνά παραμένουν ανοιχτές πολύ μετά τα μεσάνυχτα. Αυτός ο ιδιαίτερος τρόπος ζωής έχει οδηγήσει το νησί σε σταθερή υψηλή ζήτηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της νύχτας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

4.2 Ενεργειακό Δίκτυο Ικαρίας

Η ενεργειακή ανεξαρτησία είναι μια κρίσιμη πρόκληση για τα νησιωτικά συστήματα, όπως η Ικαρία, που δεν είναι διασυνδεδεμένα με το ενεργειακό δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Αυτή η κατάσταση απαιτεί καινοτόμες λύσεις για την παραγωγή, την αποθήκευση και τη διανομή ενέργειας, προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των κατοίκων τους.

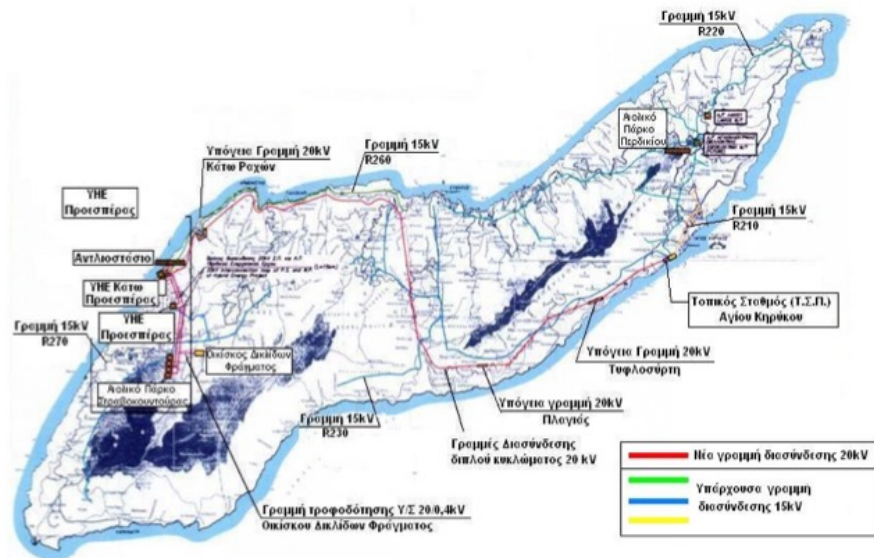
Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ) βρίσκονται αντιμέτωπα με την ανάγκη να αναπτύξουν αυτόνομες ενεργειακές λύσεις (ΔΕΔΔΗΕ, 2022 και ΡΑΕ, 2023). Αυτά τα νησιά δεν διαθέτουν φυσικές συνδέσεις με το ηπειρωτικό ενεργειακό δίκτυο, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να βασίζονται σε τοπικές πηγές παραγωγής και διανομής για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Για παράδειγμα, αυτό έχει επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο η Ικαρία και η Σάμος προμηθεύονται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και χρησιμοποιούν τους φυσικούς τους πόρους για τον ενεργειακό εφοδιασμό.

Σε διάφορα ευρωπαϊκά νησιά, συμπεριλαμβανομένης της Ικαρίας, δίνεται όλο και μεγαλύτερη έμφαση στην προώθηση της βιώσιμης ενέργειας. Η Ένωση των Ευρωπαϊκών Νησιών έχει προωθήσει πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη λύσεων καθαρής ενέργειας ειδικά για τα δυο αυτά νησιά. Στην μελέτη της Clean Energy EU Islands, η Σάμος επισημαίνεται ως παράδειγμα νησιού που επενδύει ενεργά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στην αποθήκευση ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ, 2022). Η πρόοδος αυτή περιλαμβάνει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων και μονάδων αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες, οι οποίες επιτρέπουν στη Σάμο να αξιοποιήσει την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εξασφαλίζοντας παράλληλα μια σταθερή παροχή ενέργειας.

Ο ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) είναι υπεύθυνος για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ελλάδα. Στο ενημερωτικό δελτίο του Αυγούστου 2022, αναφέρει την πρόοδο των έργων βελτίωσης του ενεργειακού συστήματος στα ΜΔΝ (ΔΕΔΔΗΕ, 2022). Οι επενδύσεις αυτές σε νέες υποδομές και τεχνολογίες αποσκοπούν στην ενίσχυση της αξιοπιστίας και της αποδοτικότητας της παροχής ενέργειας, με αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Η ελληνική κυβέρνηση έχει υλοποιήσει πρωτοβουλίες για την προώθηση της βιώσιμης ενέργειας στα νησιά. Το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος έχει εισαγάγει προγράμματα που προωθούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ενεργειακή αποδοτικότητα στα νησιά (ΥΠΕΝ, 2021). Μέσω επιδοτήσεων και επενδύσεων σε πράσινες τεχνολογίες, στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στη διασφάλιση της βιώσιμης χρήσης των φυσικών πόρων.

Τόσο στην Ικαρία όσο και στη Σάμο, το κοινό εμπόδιο της επίτευξης ενεργειακής ανεξαρτησίας αντιμετωπίζεται με πρωτοποριακά μέτρα. Αυτά περιλαμβάνουν επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και προηγμένες τεχνολογίες αποθήκευσης. Με την προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των βασικών ενδιαφερομένων και των κυβερνητικών φορέων, ο στόχος είναι να επιτευχθεί μια βιώσιμη στροφή προς την καθαρή ενέργεια που θα ωφελήσει τόσο το περιβάλλον όσο και τις τοπικές νησιωτικές κοινότητες.



Εικόνα 4.2: Δίκτυο Ικαρίας, (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2019)

4.4 Σενάρια

Λαμβάνοντας υπόψη το ήδη υπάρχον σύστημα του νησιού καθώς και τις αλλαγές που κάναμε σε αυτό δημιουργήθηκαν 10 διαφορετικά σενάρια για την επίτευξη της ενεργειακής αυτονομίας του νησιού (Πίνακας 3.1). Στα σενάρια 1 έως 4 μελετήθηκε η προσθήκη μόνο φωτοβολταϊκών για την επίτευξη του στόχου. Στα 5 έως 8 η προσθήκη φωτοβολταϊκών καθώς και ανεμογεννητριών, ενώ στα σενάρια 9 και 10 η προσθήκη φωτοβολταϊκών και μεγαλύτερης μπαταρίας.

Σενάρια	ΑΠΕ	Ισχύς Φ/Β (kWp)	Ισχύς Α/Γ (kW)
1ο	61 στρέμματα Φ/Β	12.200	-
2ο	65 στρέμματα Φ/Β	13.000	-
3ο	70 στρέμματα Φ/Β	14.000	-
4ο	75 στρέμματα Φ/Β	15.000	-
5ο	61 στρέμματα Φ/Β & 1 Α/Γ	12.200	900
6ο	61 στρέμματα Φ/Β & 2 Α/Γ	12.200	1.800
7ο	61 στρέμματα Φ/Β & 3 Α/Γ	12.200	2.700
8ο	65 στρέμματα Φ/Β & 1 Α/Γ	13.000	900
9ο	61 στρέμματα Φ/Β & 127 MWh μπαταρία	12.200	-
10ο	61 στρέμματα Φ/Β & 150 MWh μπαταρία	12.200	-

Πίνακας 3.1: Τα σενάρια που μελετήθηκαν

Αναλυτικότερα, στο 1^ο σενάριο η έκταση των φωτοβολταϊκών που επιλέχθηκε ήταν 61 στρέμματα των 12.200 kWp, καθώς τόσα είχαν υπολογισθεί πως θα χρειαστούν αρχικά για την κάλυψη την υπολειπόμενης κατανάλωσης. Στο 2^ο, 3^ο και 4^ο σενάριο αυξάνουμε την έκταση των φωτοβολταϊκών στα 65, 70 και 75 στρέμματα αντίστοιχα, με ισχύ στα 13.000 kWp, 14.000 kWp και 15.000 kWp αντίστοιχως. Στο 5^ο, 6^ο και 7^ο σενάριο τοποθετούμε 61 στρέμματα φωτοβολταϊκών, όσα δηλαδή και στο πρώτο, με την ίδια ισχύ, με την προσθήκη αυτή την φορά και ανεμογεννητριών με ισχύ ίση με 900 kW έκαστοι. Στο 5^ο τοποθετούμε μια ανεμογεννήτρια, στο 6^ο δυο και στο 7^ο τρεις. Στο 8^ο σενάριο επιλέγουμε έκταση και ισχύ φωτοβολταϊκών ίση με αυτή του 2^{ου} και μια επιπλέον ανεμογεννήτρια 900 kW. Ενώ τέλος στο 9^ο και 10^ο σενάριο κρατάμε το 1^ο σενάριο και αλλάζουμε την χωρητικότητα της μπαταρίας από 112 MWh σε 127 MWh και 150 MWh αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό της επιπλέον μπαταρίας στα σενάρια 9 και 10, λάβαμε υπόψη μας τις επιδοτήσεις που δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση σε κατοίκους, για την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πάνελ στις ταράτσες των σπιτιών τους. Γνωρίζοντας πως οι μόνιμοι κάτοικοι του νησιού είναι 8.312, θεωρήσαμε για το 9^ο σενάριο πως τα σπίτια ανέρχονται στα 1.500 και πως τα φωτοβολταϊκά έχουν φαινομενική ισχύ 10 kW. Αυτό έχει ως συνέπεια να προστίθενται στην μπαταρία μας 15 MWh, επομένως οι 112 MWh γίνονται 127 MWh. Για το 10^ο σενάριο αντί για 1.500 σπίτια θεωρήσαμε πως έχουμε 1.900 και πως τα φωτοβολταϊκά έχουν φαινομενική ισχύ 20 kW. Επομένως, προστίθενται στην μπαταρία μας 38 MWh και άρα θα έχουμε συνολική χωρητικότητα μπαταρίας 150 MWh.

Στο κάθε σενάριο υπολογίσαμε τις ανάγκες πετρελαίου καθώς και την πλεονάζουσα ενέργεια που δεν μπορούμε να αποθηκεύσουμε, έχοντας πάντα υπόψη πως η συνολική κατανάλωση ήταν 29,37 GWh. Έπειτα εξήχθησαν τα ποσοστά του πετρελαίου και της πλεονάζουσας ενέργειας που δεν μπορεί να αποθηκευτεί για το κάθε σενάριο. Αν το ποσοστό του πετρελαίου ήταν κάτω από 15% τότε το σενάριο θα μπορούσε να θεωρηθεί βιώσιμο, σε διαφορετική περίπτωση το σενάριο αυτό δεν θεωρείτο κατάλληλο για τον στόχο της διπλωματικής αυτής. Σύμφωνα με αυτά τα ποσοστά και την μείωση του CO₂ που επιτυγχάνεται στο κάθε σενάριο, επιλέχθηκε το καταλληλότερο.

5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το κάθε σενάριο, ύστερα από την εκτέλεση του κώδικα στην γλώσσα προγραμματισμού Python ήταν τα εξής:

Σενάρια	ΑΠΕ	Πετρέλαιο (GWh)	Ενέργεια που Απορρίπτεται (GWh)
1ο	61 στρέμματα Φ/Β	5,35	1,72
2ο	65 στρέμματα Φ/Β	4,90	2,16
3ο	70 στρέμματα Φ/Β	4,37	2,75
4ο	75 στρέμματα Φ/Β	3,92	3,40
5ο	61 στρέμματα Φ/Β & 1 Α/Γ	4,62	2,40
6ο	61 στρέμματα Φ/Β & 2 Α/Γ	3,98	3,15
7ο	61 στρέμματα Φ/Β & 3 Α/Γ	3,48	4,01
8ο	65 στρέμματα Φ/Β & 1 Α/Γ	4,18	2,86
9ο	61 στρέμματα Φ/Β & 127 MWh μπαταρία	5,27	1,66
10ο	61 στρέμματα Φ/Β & 150 MWh μπαταρία	5,14	1,55

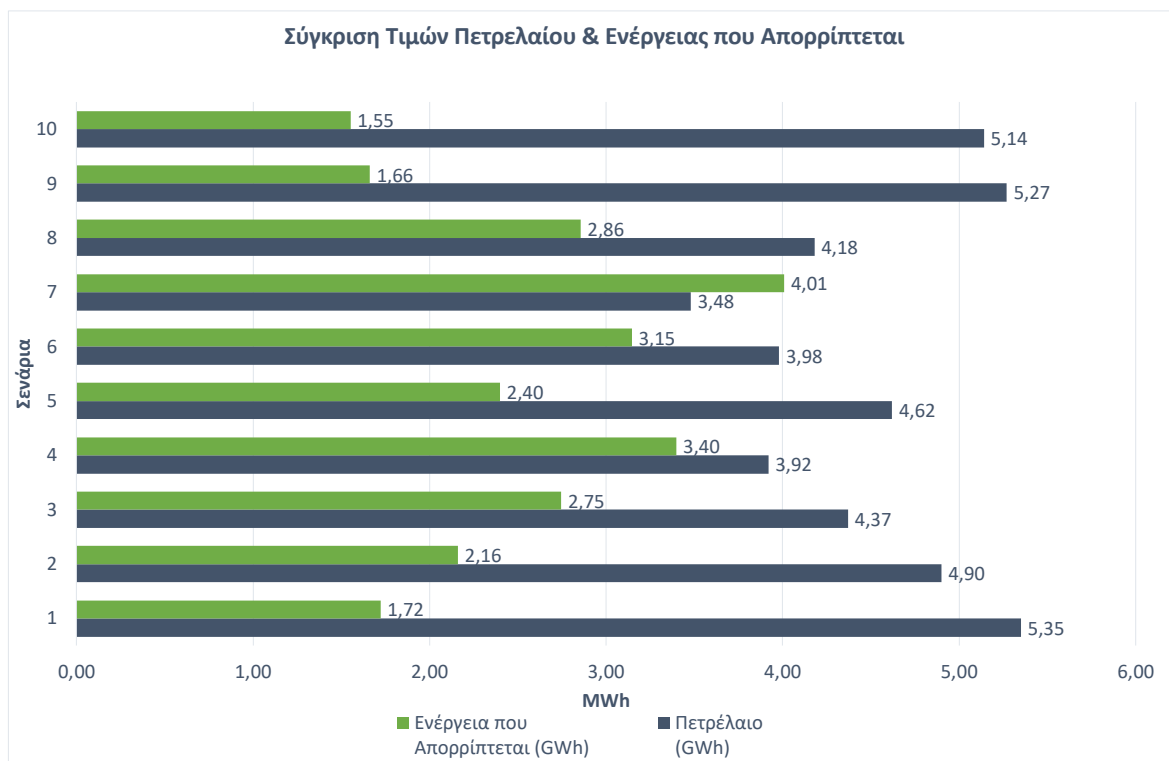
Πίνακας 5.1: Τα αποτελέσματα του κάθε σεναρίου

Σενάρια	Ποσοστό Πετρελαίου (%)	Ποσοστό Ενέργειας που Απορρίπτεται (%)	Ποσοστό ΑΠΕ (%)	Παραγωγή CO ₂ (tons CO ₂)
1ο	18,22%	5,86%	81,78%	1.830
2ο	16,68%	7,36%	83,32%	1.676
3ο	14,88%	9,35%	85,12%	1.495
4ο	13,35%	11,57%	86,65%	1.341
5ο	15,73%	8,17%	84,27%	1.580
6ο	13,55%	10,71%	86,45%	1.361
7ο	11,85%	13,65%	88,15%	1.190
8ο	14,23%	9,72%	85,77%	1.430
9ο	17,94%	5,66%	82,06%	1.802
10ο	17,50%	5,28%	82,50%	1.758

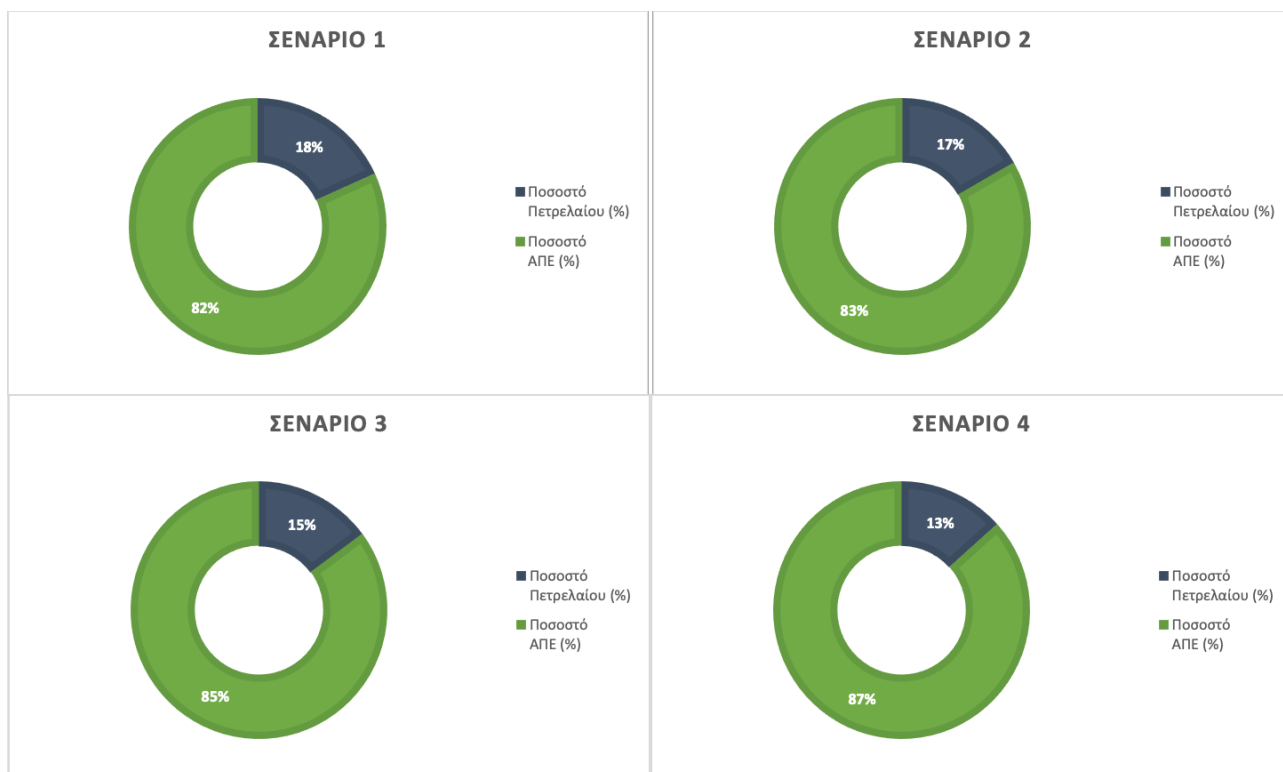
Πίνακας 5.2: Συνέχεια αποτελεσμάτων του κάθε σεναρίου

Μέσω των Πινάκων 5.1 και 5.2 δημιουργήθηκε το ράβδο-διάγραμμα που παρουσιάζει και συγκρίνει τις τιμές του πετρελαίου και της ενέργειας που απορρίπτεται για κάθε σενάριο (Διάγραμμα 5.1). Ακόμα, δημιουργήθηκαν διαγράμματα που παρουσιάζουν τα ποσοστά χρήσης ΑΠΕ και πετρελαίου για την κάλυψη της ετήσιας κατανάλωσης σε κάθε σενάριο (Διάγραμμα 5.2), ένα που παρουσιάζει τα ποσοστά ενέργειας που απορρίπτεται (Διάγραμμα 5.3) καθώς και ένα που παρουσιάζει την παραγωγή των αέριων εκπομπών του

θερμοκηπίου (Διάγραμμα 5.4). Ενώ τέλος, δημιουργήθηκε και το διάγραμμα κατανάλωσης και παραγωγής για όλο το έτος 2022 (Διάγραμμα 5.5).

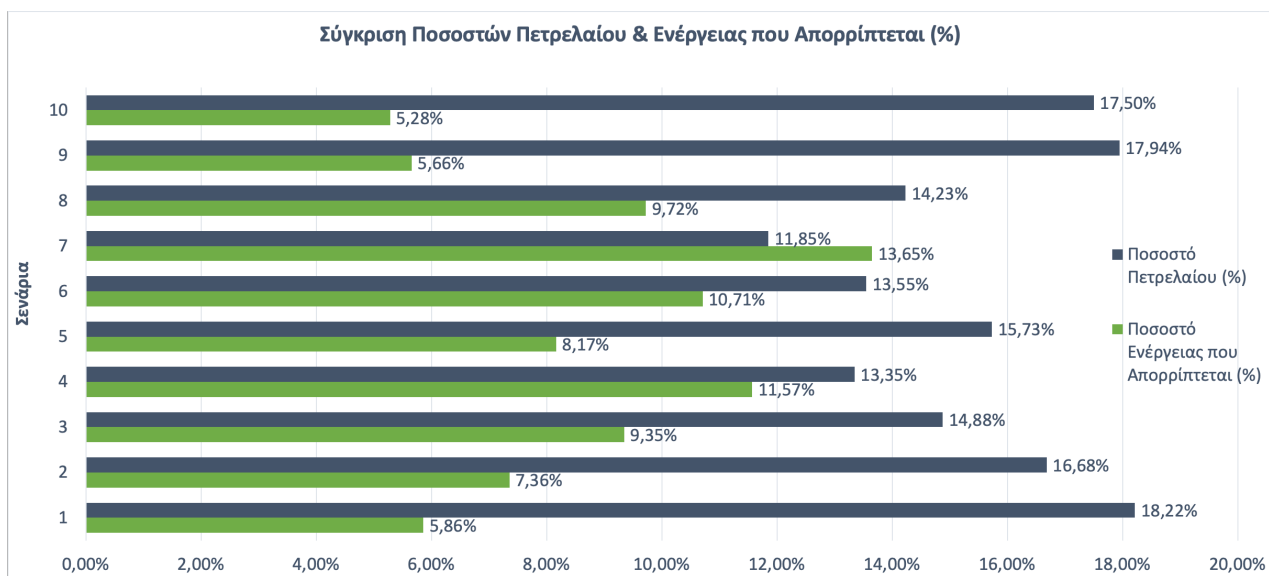


Διάγραμμα 5.1: Ράβδο-διάγραμμα που παρουσιάζει και συγκρίνει τις τιμές του πετρελαίου και το ποσό της ενέργειας που απορρίπτεται με βάση τα αποτελέσματα μας

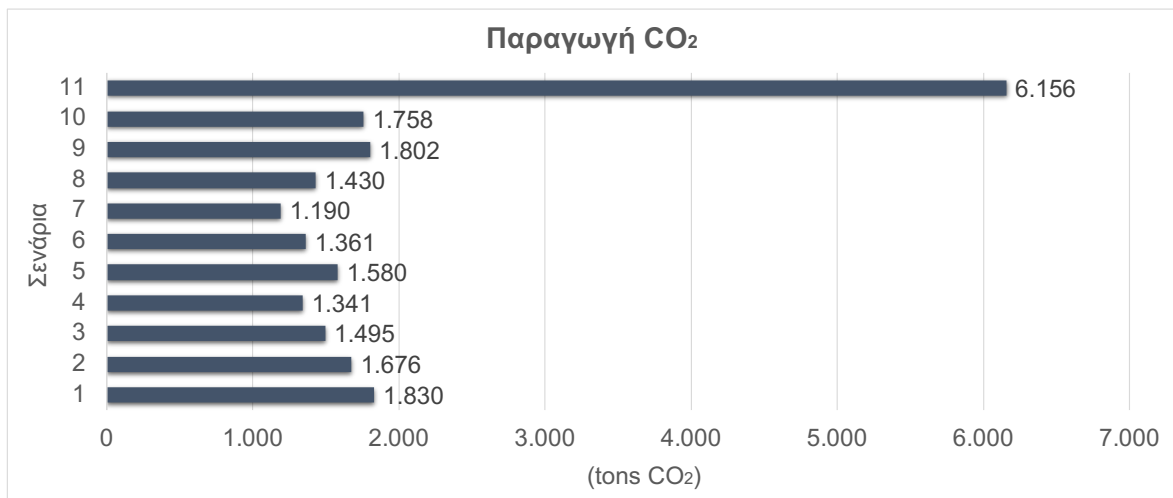




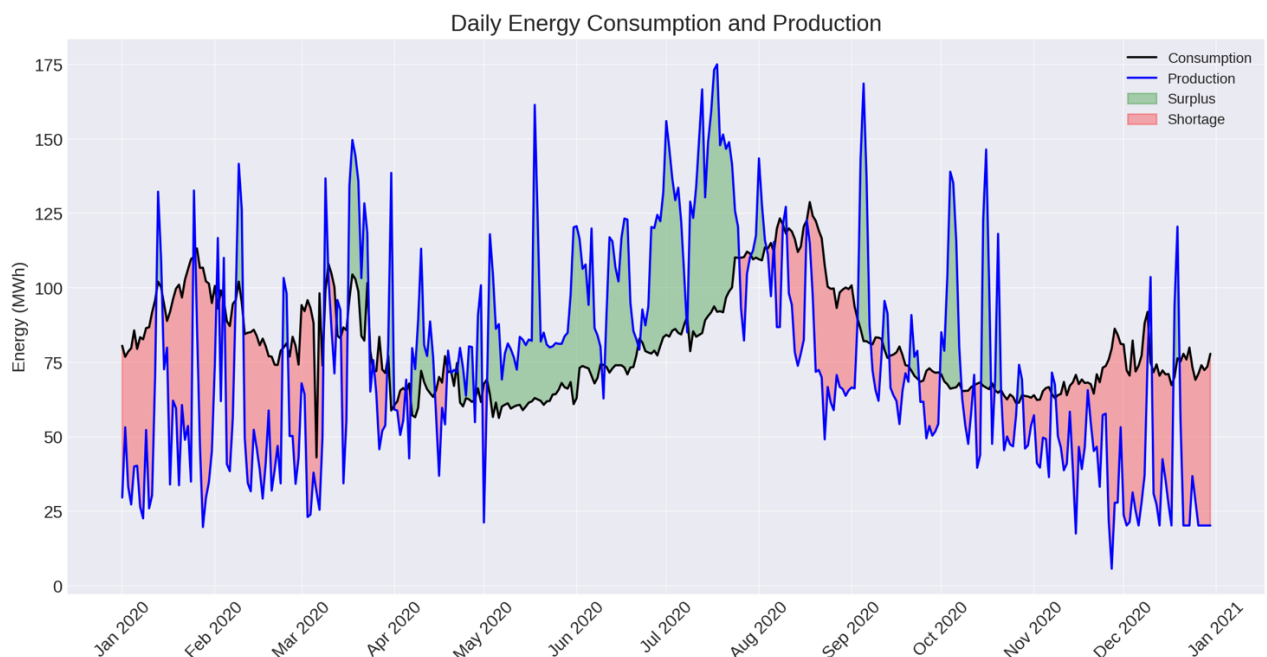
Διάγραμμα 5.2: Σύγκριση ποσοστού ΑΠΕ και πετρελαίου σε κάθε σενάριο



Διάγραμμα 5.3: Σύγκριση ποσοστών πετρελαίου και ενέργειας που απορρίπτονται σε κάθε σενάριο



Διάγραμμα 5.4: Παραγωγή αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου σε κάθε σενάριο



Διάγραμμα 5.5: Κατανάλωση & Παραγωγή Ενέργειας (MWh) όλου του έτους 2022 στην υπάρχουσα κατάσταση

5.2 Συζήτηση & Συμπεράσματα

Μέσω της σύγκρισης των παραπάνω διαγραμμάτων, καθώς και των πινάκων παρατηρούμε πως στα σενάρια 1, 9 και 10 η ενέργεια που παράγεται από το πετρέλαιο αγγίζει τις 5,35 έως 4,90 GWh. Οι τιμές αυτές είναι αρκετά υψηλές για να υποστηρίξουν την δημιουργία ενός εν μέρη ενεργειακά βιώσιμου νησιού. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται και στα ποσοστά πετρελαίου σε σχέση με την συνολική κατανάλωση του νησιού. Τα ποσοστά ανέρχονται στα 18,22%, 17,94% και 17,50% αντιστοίχως, ενώ η ετήσια κατανάλωση του νησιού για το 2022 αγγίζει τις 29,37 GWh. Ωστόσο, σε αυτά τα σενάρια παρατηρείται το μικρότερο ποσοστό ενέργειας που πετάγεται, αλλά παράλληλα η μεγαλύτερη παραγωγή αερίων του

θερμοκηπίου. Τέλος, μέσω των σεναρίων αυτών αντιλαμβανόμαστε πως η μεμονωμένη αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας, δίχως την αύξηση των ΑΠΕ δεν συνεισφέρει αποτελεσματικά στην μείωση της ποσότητας πετρελαίου που καταναλώνει το νησί και άρα στον δρόμο προς την βιωσιμότητα του.

Αντίστοιχα, στα σενάρια 2 και 5 αν και έχουμε αύξηση των ΑΠΕ, στο δεύτερο με την μορφή περισσότερων φωτοβολταϊκών και στο πέμπτο με την προσθήκη ανεμογεννητριών, ξανά παρατηρείται αυξημένη χρήση πετρελαίου. Το ποσοστό αυτή την φορά είναι μικρότερο από το αρχικό σενάριο και στο δεύτερο αλλά και στο πέμπτο σενάριο, αλλά δεν εντάσσεται στο όριο του 15% που είχαμε θέσει στην μεθοδολογία. Εξίσου, πιο αυξημένη είναι η ποσότητα ενέργειας που πετιέται λόγω της αύξησης των ΑΠΕ, ακόμα και αν αυτό βοηθάει στην μικρότερη παραγωγή εκπομπών σε αυτά τα δυο σενάρια.

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν μέσω των διαγραμμάτων 5.1, 5.2, 5.3 και 5.4 πως τα σενάρια που είναι πιο βιώσιμα για το νησί της Ικαρίας αποτελούν τα 3, 4, 6, 7 και 8. Τα σενάρια αυτά ανταποκρίνονται στον στόχο του ποσοστού πετρελαίου μικρότερου του 15% καθώς και στην παραγωγή λιγότερων αέριων εκπομπών σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια.

Αναλυτικότερα, στα σενάρια 3 και 4 που έχουμε την προσθήκη παραπάνω φωτοβολταϊκών παρατηρούμε την ποσότητα του πετρελαίου να μειώνεται στις 4,37 GWh και 3,92 GWh, αντίστοιχα σε σχέση με το αρχικό που έφτανε τις 5,35 GWh. Αυτή η μείωση είναι της τάξης του 1,22 και 1,36 φορές μικρότερη από το αρχικό σενάριο. Την μείωση αυτή την αντιλαμβανόμαστε από τα ποσοστά πετρελαίου όπου στο σενάριο 3 είναι 14,88% και στο 4 13,35%, ενώ ακόμα και από την ποσότητα παραγωγής CO₂ που στο 3^ο σενάριο είναι 1.495 τόνοι CO₂ και στο 4^ο 1.341 τόνοι CO₂. Ωστόσο, παρατηρείται μια κατανοητή αύξηση στην τιμή ενέργειας που απορρίπτουμε, λόγω αυτής της αύξησης των ΑΠΕ, με το 4^ο σενάριο να έχει το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που πετάγεται στα 11,57%.

Τα σενάρια 6 και 7 που αναφέρονται στην ίδια ποσότητα φωτοβολταϊκών, αλλά σε αύξηση ανεμογεννητριών παρουσιάζουν ακόμα μεγαλύτερη μείωση στην χρήση πετρελαίου με το ποσοστό του να είναι 13,55% και 11,85% αντίστοιχα. Παράλληλα η παραγωγή CO₂ έχει μειωθεί στο 1.361 τόνοι CO₂ και 1.190 τόνοι CO₂. Ωστόσο, όπως και στα προηγούμενα σενάρια το ποσοστό ενέργειας που απορρίπτεται είναι μεγαλύτερο, με το 7^ο σενάριο να έχει το μεγαλύτερο ποσοστό απόρριψης ενέργειας από όλα τα σενάρια στο 13,65%.

Τέλος στο 8^ο σενάριο έχουμε πετρελαϊκή κατανάλωση ίση με 4,18 GWh και ποσοστό πετρελαίου 14,23%, ενώ η ενέργεια που πετάγεται για το συγκεκριμένο σενάριο είναι σχετικά μικρή και αγγίζει το 9,72%. Οι εκπομπές CO₂ είναι εξίσου μειωμένες στους 1.430 τόνους.

Από όλα λοιπόν τα σενάρια συγκριτικά, τα πιο συμφέροντα αποτελούν το 4^ο και το 6^ο. Και τα δυο αυτά σενάρια έχουν ποσοστό πετρελαίου μικρότερο του 15% και παράλληλα σχετικά μικρή παραγωγή CO₂. Το 4^ο σενάριο αναφέρεται σε προσθήκη φωτοβολταϊκών 75 στρεμμάτων με ισχύ 15.000 kWp, ενώ το 6^ο σε προσθήκη φωτοβολταϊκών 61 στρεμμάτων με ισχύ 12.200 kWp και δυο ανεμογεννητριών 900 kW έκαστη. Ωστόσο, για την επιλογή ενός μόνο σεναρίου θα πρέπει να εξετασθούν και να μελετηθούν παράμετροι όπως το κόστος των μέσων αυτών, το κοινωνικό αντίκτυπό τους καθώς και ο χρόνος και ο τόπος κατασκευής τους.

Αν και η διπλωματική αυτή μελέτη δεν περιλαμβάνει την μελέτη των προαναφερθέντων παραμέτρων, μια ενδεικτική τοποθέτηση των σεναρίων αποτελεί:

Για το 4^ο σενάριο: Τα 75 στρέμματα φωτοβολταϊκών θα πρέπει να διαμοιραστούν με βάση το δίκτυο του νησιού της Ικαρίας σε 2 MW στην περιοχή του

αεροδρομίου και τα υπόλοιπα 13 MW θα μοιραστούν στα 3 ανάλογα με τις γραμμές του δικτύου στην περιοχή κοντά στο υδροηλεκτρικό πάρκο.

Για το 6^ο σενάριο: Τα 61 στρέμματα θα διαμοιραστούν όπως και στο προηγούμενο σενάριο με 2,2 MW να τοποθετούνται κοντά στην περιοχή του αεροδρομίου όπου υπάρχει είδη ένα μικρό φωτοβολταϊκό πάρκο και τα υπόλοιπα 10 MW θα μοιραστούν στην μέση σε δυο σημεία κοντά στην περιοχή του υδροηλεκτρικού πάρκου. Οι δυο ανεμογεννήτριες μπορούν να τοποθετηθούν είτε στο αιολικό πάρκο του υδροηλεκτρικού, στην περιοχή της Στραβοκουντούρας, είτε στο μικρό αιολικό πάρκο του Περδικίου.

Σε συνέχεια της διπλωματικής αυτής θα ήταν καλό να συνεχιστεί η έρευνα επί του θέματος πραγματοποιώντας τις προαναφερθείσες μελέτες. Θα ήταν συμφέρον να γίνει η κοστολόγηση του κάθε σεναρίου ως επιπλέον κρίσιμη παράμετρος. Επίσης, το κοινωνικό αντίκτυπο κάθε έργου θα μπορούσε να ποσοτικοποιηθεί με ένα δείκτη και να προστεθεί και αυτός ως κρίσιμη παράμετρος. Για κάθε παράμετρο θα πρέπει να ορισθεί ένας συντελεστής βαρύτητας που στην ουσία θα αξιολογεί το κάθε σενάριο. Τέλος, το σίγουρο είναι πως άλλη μια μελέτη ως συνέχεια της διπλωματικής, θα πρέπει να αφιερωθεί στην αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας που απορρίπτεται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ανδρίτσος Ν., 2015, *Ενέργεια και Περιβάλλον*, Κεφάλαιο 14 Αποθήκευση Ενέργειας, Σελ. 287 – 325
2. ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2019, *Ναέρας - Υβριδικό ενεργειακό έργο Ικαρίας*, <https://cutt.ly/OhQ40iv>, [08/2023]
3. ΔΕΔΔΗΕ, 2022, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά*, https://clean-energy-islands.ec.europa.eu/system/files/2022-03/7.%20Patsaka_HEDNO%20-%20Clean%20Energy%20EU%20Islands.pdf, [08/2023]
4. ΔΕΔΔΗΕ, 2022, *Πληροφοριακό Δελτίο Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά για τον Αύγουστο 2022*, <https://deddie.gr/media/25870/πληροφοριακο-δελτιο-2022-08-αυγουστοσ.pdf>, [08/2023]
5. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2020, *Καλύτερη αποθήκευση ενέργειας στην ΕΕ για μικρότερη εξάρτηση από τον άνθρακα*, Δελτίο Τύπου <https://www.europarl.europa.eu/news/el/press-room/20200706IPR82726/kaluteri-apothikeusi-energeias-stin-ee-gia-mikroteri-exartisi-apo-ton-anthraka>
6. Λαμπροπούλου Β., Καραγεωργόπουλος Α., Κορνάρος Μ., Τσούτσος Θ., 2004, *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς – Η ελληνική εμπειρία*, Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική Έκδοση Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΤΕΕ, ΙΙΙ, τευχ 1-2, σελ. 9-24
7. Μαρούχος Χ., 2018, *Η αποθήκευση ενέργειας μονόδρομος στη βιώσιμη και αειφόρο ανάπτυξη*, <https://www.teetkm.gr/η-αποθήκευση-ενέργειας-μονόδρομος-στ/>, [08/2023]
8. ΡΑΕ, *Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά*, [https://www.rae.gr/ilektrismos/mi-diasynd-nisia/#:~:text=Μη%20Διασυνδεδεμένα%20Νησιά%20\(ΜΔΝ\)%20χαρακτηρίζονται,Δίκτυο%20Διανομής%20της%20ηπειρωτικής%20χώρας](https://www.rae.gr/ilektrismos/mi-diasynd-nisia/#:~:text=Μη%20Διασυνδεδεμένα%20Νησιά%20(ΜΔΝ)%20χαρακτηρίζονται,Δίκτυο%20Διανομής%20της%20ηπειρωτικής%20χώρας), [08/2023]
9. Σιούτη Π. Γ., 2022, *Εγχειρίδιο Δικαίου Περιβάλλοντος*, Δ Έκδοση, Εκδόσεις ΣΑΚΚΟΥΛΑ
10. Σπυρόπουλος Γ., 2007, *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Απομονωμένων Περιοχών. Η περίπτωση της ενέργειας στην Ικαρία*, Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
11. Τσούτσος Θ., 2023, *Αειφόρος Ανάπτυξη και Οικονομικά της Κλιματικής Αλλαγής*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
12. Τσούτσος Θ., Κανάκης Ι., 2013, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Τεχνολογίες & Περιβάλλον*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
13. ΥΠΕΝ, 2002, *Καθορισμός μεθοδολογίας υπολογισμού της έντασης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και υποβολής εκθέσεων*, Άρθρο 15B του ν. 3054/2002, http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/2017/10/entasi_ekpomp_i_aeriou_652.pdf
14. ΥΠΕΝ, 2021, *Εθνικός Κλιματικός Νόμος – Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή*, Άρθρο 18 Μείωση των εκπομπών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, <http://www.opengov.gr/minenv/?p=12267>

15. Andersson J., Grönkvist S., 2019, *Large-scale storage of hydrogen*, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 44, Issue 23, Pages 11901-11919
16. Aranda, A. V., Fino, D., & Luis, P., 2021, *Prospects and challenges for hydrogen in the transition to a low-carbon energy system*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 135, Page 110202.
17. Binopoulou A., Baradakis E., Tsoutsos T., 2023, *Design of an Energy Autonomous Island Case Study of the Island of Ikaria*, Renewable and Sustainable Energy Systems Laboratory
18. Bloomberg NEF, 2019, *Energy storage investments boom as battery costs halves in the next decade*, <https://cutt.ly/DhOCpwY>, [08/2023]
19. Bloomberg NEF, 2019, *Battery pack prices fall as market ramps up with market average at \$156/kWh in 2019*, <https://cutt.ly/JhOT9Ye>, [08/2023]
20. Carpinelli G., Fazio A. R., Khormali S., and Mottola F., 2014, *Optimal sizing of battery storage systems for industrial applications when uncertainties exist*, Energies, Volume 7(1), Pages 130-149
21. Cengel, Y. A., & Boles, M. A., 2014, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, New York: McGraw-Hill Education
22. Chrysohoou C., Panagiotakos D. B., Pitsavos C., Bassiakos Y., Lazaros G., Tousoulis D., Stefanadis C., 2013, *Exposure to low environmental radiation and longevity. Insights from the Ikaria Study*, Volume 169, Pages e97 – e98
23. DOE OE Global Energy Storage Database, <https://cutt.ly/ihENbfg>, [08/2023]
24. Geriatrics & Gerontology International, 2023, Volume 23, Pages 585 – 646
25. Hua, J., Naterer, G. F., & Zhang, X., 2020, *Hydrogen energy storage for grid power and transportation: A review*, Applied Energy, Volume 257, Page 113937
26. Jafari, A., Rajaei, A., Karami, M., & Abbasi, A., 2021, *A review on energy storage systems: Classification, applications, and challenges*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 143, Page 110970
27. Krivik, P., Baca, P., 2013, *Energy Storage – Technologies and Applications*, Electrochemical Energy Storage, IntechOpen
28. Mazzucato, A. E., Manzolini, G., & Naviglio, A., 2019, *Hydrogen energy storage: A review of the techno-economic analysis*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 104, Pages 356 – 368
29. Poulain M., Herm A., Errigo A., Chrysohoou C., Legrand R., Passarino G., Stazi M. A., Voutekatis K. G., Gonos E. S., Franceschi C., Pes G. M., 2021, *Specific features of the oldest old from the Longevity Blue Zones in Ikaria and Sardinia, Mechanisms of Ageing and Development*, Volume 198
30. Poulain M., Herm A., Pes G. M., 2013, *The Blue Zones: areas of exceptional longevity around the world*, Vienna Yearbook of Population Research, Volume 11, Pages 87 – 108
31. Ramakumar, R., & Ranjith Kumar, R., 2021, *Recent advances in hydrogen production*

technologies: A review, Journal of Energy Storage, Volume 40, Page 102672

32. Sifakis N., Konidakis S., Tsoutsos T., 2021, *Hybrid renewable energy system optimum design and smart dispatch for nearly Zero Energy Ports*, Journal of Cleaner Production, Volume 310
33. Sifakis N., Tsoutsos T., 2020, *Nearly Zero Energy Ports: A necessity or a green upgrade?*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Renewable and Sustainable Energy Systems Laboratory
34. Skiniti G., Daras T., Tsoutsos T., 2022, *Analysis of the Community Acceptance Factors for Potential Wind Energy Projects in Greece*, Sustainability, Renewable and Sustainable Energy Systems Laboratory
35. The Green Tank, 2020, *Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας: Προκλήσεις και Προοπτικές*, https://thegreentank.gr/wp-content/uploads/2020/12/202012_StorageTechnologies_GreenTankReport.pdf, [08/2023]
36. Visit Ikaria, <https://www.visitikaria.gr/gr/ικαρία/ιστορία>, [08/2023]
37. Wang, H., Chen, L., Li, X., Li, Z., Li, Y., & Li, Y., 2020, *Review on hydrogen energy storage technology*, Journal of Energy Chemistry, Volume 51, Pages 20 – 39
38. Wang, X., Xiong, Z., & Wang, G., 2021, *A review on hydrogen energy storage for renewable energy system*, Energy Conversion and Management, Volume 231, Page 113769
39. Zhang, D., Wang, R., Sun, C., & Zhang, X., 2021, *Hydrogen production and storage: A review*, Energy, Volume 215, Page 119176
40. Zhou, Y., Wang, J., & Li, Y., 2021, *A review of energy storage technologies for renewable energy applications*, Journal of Energy Storage, Volume 38, Page 102430

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Τα δεδομένα της ωριαίας κατανάλωσης για έναν χρόνο, συγκεκριμένα το 2022, από την ΔΕΔΔΗΕ για το νησί της Ικαρίας:

ΣΥΣΤΗΜΑ ΙΚΑΡΙΑΣ : ΦΟΡΤΙΟ ΑΝΑ ΩΡΑ ΕΤΟΥΣ 2022 (MW)																								
Ημερομηνία / Ωρα	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
1/1/22	3,46	3,51	2,92	2,71	2,58	2,46	2,52	2,55	2,85	3,16	3,42	3,62	4,25	3,94	3,71	3,23	3,29	3,58	3,79	3,93	3,87	3,89	3,73	3,59
2/1/22	3,33	2,85	3,06	2,48	2,41	2,36	2,40	2,48	2,66	2,85	3,16	3,04	2,96	3,13	3,17	3,14	3,37	3,83	4,22	4,22	4,22	4,08	3,83	3,62
3/1/22	3,24	3,24	2,88	2,48	2,41	2,44	2,52	2,85	2,62	2,86	2,81	2,86	2,78	2,76	3,49	2,99	3,10	4,06	4,52	4,59	4,55	4,27	4,20	4,07
4/1/22	3,31	2,81	2,56	2,46	2,32	2,40	2,50	2,55	3,14	3,39	3,44	3,09	3,13	3,31	3,24	3,32	3,57	4,26	4,45	4,49	4,41	4,44	3,73	3,42
5/1/22	2,98	2,92	2,55	2,45	2,35	2,36	2,47	2,82	3,17	3,14	3,63	3,90	4,05	4,08	3,99	4,04	3,86	4,43	4,67	4,65	4,59	4,42	4,39	3,84
6/1/22	3,36	2,91	3,29	2,47	2,36	2,36	2,49	2,65	2,84	3,18	3,32	3,47	3,50	3,50	3,28	3,30	3,45	3,76	3,95	4,33	4,36	4,06	3,83	3,51
7/1/22	3,12	3,07	2,51	2,43	2,48	2,68	2,76	2,99	3,08	3,41	3,62	3,48	3,51	3,69	3,76	4,00	3,76	4,12	4,37	4,48	4,56	4,12	3,84	3,60
8/1/22	2,97	2,89	2,82	2,42	2,36	2,34	2,46	2,61	2,96	3,43	3,76	4,12	4,19	4,12	3,25	3,76	3,89	3,83	4,01	4,25	4,72	4,17	3,85	3,53
9/1/22	3,26	2,76	2,91	2,39	2,29	2,28	2,35	2,56	3,00	3,17	3,63	4,19	4,30	4,24	4,28	4,17	4,25	4,53	4,65	4,70	4,58	4,42	4,03	3,53
10/1/22	3,19	3,08	2,70	2,50	2,39	2,36	2,48	2,86	3,33	3,78	3,95	3,92	4,01	4,11	3,89	3,82	3,95	4,12	4,74	4,79	4,34	4,37	4,13	3,94
11/1/22	3,34	3,34	2,59	2,48	2,45	2,40	2,59	2,89	3,33	3,92	4,12	4,19	4,74	4,57	4,51	4,14	4,34	4,63	4,86	4,90	4,87	4,59	4,16	3,83
12/1/22	3,47	3,30	2,64	2,53	2,49	2,50	2,69	3,03	3,41	3,94	4,26	4,63	4,78	4,91	4,24	3,64	4,62	4,66	5,20	5,25	5,22	5,30	4,56	4,54
13/1/22	3,66	3,90	2,95	2,84	2,81	2,83	3,01	3,44	3,32	3,86	4,37	4,63	4,22	5,01	4,86	4,65	4,76	4,98	5,15	5,56	5,72	5,22	5,50	4,80
14/1/22	3,76	3,56	3,07	3,18	2,90	2,83	3,18	3,52	4,00	4,27	4,35	4,34	4,41	4,47	4,39	4,37	4,28	4,62	5,44	5,49	5,38	5,44	4,65	4,26
15/1/22	3,75	3,79	2,96	2,85	2,74	2,77	2,86	3,03	3,46	3,67	3,97	4,11	4,09	4,02	3,94	3,99	4,00	4,34	5,26	5,31	5,26	5,50	4,61	4,25
16/1/22	3,78	3,72	3,00	2,88	2,77	2,45	2,60	2,73	3,03	3,31	3,58	3,71	3,88	3,96	3,98	3,82	3,83	4,23	4,74	4,85	4,85	4,99	4,22	4,00
17/1/22	3,58	3,06	2,89	2,79	2,70	2,71	2,60	2,82	3,61	3,26	3,89	3,68	3,70	3,76	3,74	3,82	4,11	4,29	4,84	5,19	6,20	5,78	4,50	4,42
18/1/22	3,25	2,96	3,05	2,59	2,56	2,57	2,83	3,18	3,61	3,66	4,19	4,17	4,73	4,50	4,47	4,31	4,45	4,68	5,38	5,42	5,29	5,09	4,73	4,55
19/1/22	3,63	3,52	2,97	2,84	2,81	2,83	3,08	3,19	3,90	4,31	4,30	4,21	4,19	4,23	4,25	4,32	4,23	4,92	5,68	5,77	5,74	5,40	4,94	4,50
20/1/22	4,06	3,55	2,99	2,84	2,81	2,85	2,89	3,12	3,73	4,16	4,26	4,39	4,51	4,40	4,47	4,58	4,78	5,05	5,07	5,79	5,64	5,31	4,98	4,86
21/1/22	3,72	3,64	3,02	2,83	2,80	2,77	2,80	3,00	3,68	3,85	3,80	4,06	4,28	4,21	3,73	4,69	4,59	4,94	4,91	5,30	5,14	5,14	5,01	4,82
22/1/22	3,63	3,51	2,94	3,13	2,65	2,65	2,77	2,80	3,61	3,85	4,33	4,86	5,16	5,34	5,30	5,11	5,10	5,25	5,45	5,53	5,47	5,14	4,78	4,40
23/1/22	4,16	3,48	3,70	2,98	2,90	2,96	3,04	2,99	3,71	4,07	4,53	4,53	5,39	5,55	5,30	5,33	4,91	5,24	5,60	5,61	5,49	5,22	4,92	4,59
24/1/22	3,90	3,44	3,42	3,27	2,98	3,01	3,07	3,52	3,92	4,41	5,41	5,32	5,36	5,37	5,39	5,10	5,15	5,33	5,66	5,76	5,76	5,40	5,06	4,58
25/1/22	4,05	4,16	3,76	3,10	3,04	3,06	3,24	3,24	4,11	4,52	4,63	5,16	5,45	5,45	5,34	5,05	5,11	5,44	5,72	5,83	5,84	5,47	5,12	4,68
26/1/22	4,14	4,17	3,38	3,22	3,15	3,18	3,17	3,90	4,19	4,85	5,09	5,02	5,65	5,66	5,50	5,15	5,22	5,31	5,86	5,90	5,78	5,78	5,11	4,85
27/1/22	4,21	3,72	3,63	3,49	3,10	3,15	3,28	2,70	4,45	4,21	4,78	4,81	4,65	4,71	4,60	4,57	4,67	4,92	5,82	5,95	5,81	5,81	5,00	4,68
28/1/22	3,73	3,36	3,08	3,06	2,84	2,86	3,05	3,29	4,39	4,20	5,18	5,00	5,45	5,30	5,18	5,30	4,88	4,92	5,57	5,73	5,57	5,31	5,00	4,53
29/1/22	3,90	3,49	3,53	3,18	2,84	2,87	2,99	2,95	3,65	3,95	4,47	4,58	4,62	4,69	4,69	4,83	5,05	5,30	5,56	5,46	5,40	5,09	4,77	4,39
30/1/22	3,90	3,37	3,20	2,92	2,82	2,78	2,85	3,10	2,95	3,25	4,94	4,96	5,05	5,25	5,17	5,25	4,72	4,92	5,29	5,29	5,15	5,04	4,66	4,58
31/1/22	3,55	3,57	3,42	2,71	2,67	2,67	2,93	2,52	3,97	3,94	4,26	4,10	3,81	3,70	3,77	3,86	4,03	4,29	5,74	5,45	5,39	5,17	4,97	4,39

1/2/22	3,72	3,26	3,46	2,88	2,77	2,84	3,03	3,12	4,01	4,16	4,79	4,90	4,61	4,73	4,75	4,60	4,60	4,76	4,81	5,32	5,20	5,17	4,59	4,60
2/2/22	3,54	3,09	3,30	2,70	2,61	2,66	2,82	2,94	3,14	3,64	3,14	3,54	4,32	4,26	4,21	4,74	4,43	4,39	5,02	5,19	5,14	5,58	4,38	4,31
3/2/22	3,36	3,23	2,78	2,63	2,62	2,58	2,65	3,22	3,77	4,17	4,34	4,67	4,82	4,88	4,98	4,85	4,82	4,91	5,03	5,38	5,39	5,28	4,64	4,21
4/2/22	3,58	3,44	2,91	2,79	2,74	2,79	2,99	3,07	3,96	4,10	4,09	4,19	4,03	4,16	4,27	4,30	4,27	4,43	4,73	5,41	5,30	5,27	4,63	4,25
5/2/22	3,75	3,29	3,32	2,83	2,75	2,76	2,51	3,11	3,37	3,59	3,60	3,64	3,47	3,41	3,34	3,44	3,55	3,90	5,10	5,27	5,17	4,93	4,59	4,15
6/2/22	3,69	3,46	2,95	2,84	2,76	2,72	2,80	3,04	3,45	3,39	3,49	3,49	3,67	3,78	3,61	3,37	3,49	3,62	4,17	4,99	5,02	4,80	4,45	4,12
7/2/22	3,41	3,03	3,15	2,67	2,80	2,64	2,87	2,96	3,44	3,40	4,18	4,07	4,29	4,62	4,49	4,47	4,29	4,42	5,17	5,10	5,40	5,20	4,52	4,02
8/2/22	3,39	3,10	2,73	2,59	2,57	2,58	2,74	2,98	3,56	4,03	4,29	4,58	4,78	4,54	4,52	4,44	4,50	4,36	4,71	5,41	5,39	5,47	4,72	3,96
9/2/22	3,70	3,57	3,18	2,84	2,81	2,85	3,04	3,50	4,12	4,59	4,79	4,73	4,63	4,57	4,61	4,47	4,54	4,91	5,35	5,27	5,48	5,56	4,88	4,11
10/2/22	3,85	3,35	3,61	2,90	2,86	2,87	3,14	3,15	2,73	3,01	4,11	4,29	4,11	4,09	4,04	4,07	4,06	4,72	4,77	5,41	5,39	5,38	4,69	4,39
11/2/22	3,56	3,51	2,84	2,71	2,67	2,69	2,56	3,32	3,44	3,43	3,36	3,35	3,20	3,40	3,10	3,15	3,39	3,51	4,02	5,10	4,96	4,76	4,45	4,02
12/2/22	3,51	3,19	2,78	2,65	2,57	2,59	2,63	2,92	3,26	3,38	3,45	3,68	3,33	3,50	3,40	3,42	3,60	3,77	4,74	4,95	4,90	4,56	4,25	3,89
13/2/22	3,58	3,05	3,05	2,55	2,47	2,48	2,55	2,76	2,96	3,47	3,66	3,74	3,68	4,39	3,60	3,65	3,89	3,98	4,09	4,54	4,61	4,74	4,08	3,56
14/2/22	3,25	2,85	2,60	2,56	2,43	2,48	2,63	3,10	3,44	3,53	3,63	3,61	3,57	3,62	3,67	3,63	3,73	4,16	4,58	5,04	4,99	4,66	4,30	3,90
15/2/22	3,56	3,01	2,65	2,37	2,48	2,52	2,64	3,04	3,27	3,39	3,49	3,48	3,48	3,31	3,35	3,33	3,49	3,89	4,22	5,10	5,05	4,75	4,33	3,66
16/2/22	3,20	2,83	2,78	2,57	2,43	2,50	2,69	2,72	3,25	3,28	3,27	3,99	3,62	3,04	3,04	3,05	3,24	3,60	3,80	4,78	4,75	4,49	4,14	3,69
17/2/22	3,11	3,00	2,58	2,37	2,33	2,40	2,59	2,58	3,32	3,49	3,50	4,09	3,43	3,57	3,66	3,58	3,55	3,91	4,03	4,83	4,95	4,44	4,03	3,63
18/2/22	3,19	3,02	2,53	2,38	2,36	2,40	2,57	2,60	2,81	3,32	3,45	3,76	4,09	3,05	3,12	3,03	3,34	3,79	4,20	4,69	4,79	4,35	3,96	3,66
19/2/22	3,00	2,99	2,61	2,44	2,43	2,45	2,48	2,70	2,88	3,09	3,18	3,62	2,93	2,92	2,97	2,92	3,01	3,42	4,31	4,06	4,56	4,29	4,10	3,70
20/2/22	3,20	2,71	2,55	2,40	2,33	2,38	2,42	2,60	2,92	3,00	3,13	3,22	3,22	3,38	3,41	3,27	3,26	3,53	3,48	4,41	4,46	4,22	3,90	3,54
21/2/22	2,98	2,62	2,70	2,28	2,26	2,29	2,29	2,85	2,82	2,89	2,79	3,35	2,86	2,94	2,91	2,93	3,09	3,43	4,05	4,41	4,34	4,02	3,70	3,41
22/2/22	2,97	2,60	2,37	2,29	2,24	2,31	2,44	2,56	3,07	2,62	3,07	3,18	2,99	3,02	2,95	3,14	2,97	3,34	3,97	4,83	4,20	3,93	3,66	3,41
23/2/22	2,90	3,05	2,41	2,31	2,28	2,26	2,46	2,31	2,65	3,35	3,45	3,63	3,26	3,20	3,24	3,22	3,30	3,70	4,13	4,45	4,47	4,24	4,73	3,90
24/2/22	3,30	2,65	2,42	2,28	2,22	2,27	2,46	2,39	3,30	3,48	3,50	3,80	3,03	3,16	3,35	3,35	3,28	3,71	3,78	4,39	5,59	5,00	3,68	3,53
25/2/22	3,10	2,62	2,40	2,25	2,20	2,23	2,42	2,33	2,49	3,23	3,42	3,53	3,58	3,52	3,72	3,63	3,72	3,75	4,82	5,02	4,93	4,47	4,22	3,80
26/2/22	3,17	2,95	2,68	2,56	2,47	2,50	2,60	2,88	2,91	3,24	2,55	2,87	3,50	3,06	2,30	2,94	3,07	3,50	3,68	4,61	4,63	4,41	4,08	3,79
27/2/22	3,15	2,93	2,93	2,56	2,52	2,54	2,63	2,84	3,11	3,15	3,10	3,60	3,90	4,03	4,12	3,85	3,68	3,83	3,85	4,61	4,54	4,48	3,95	3,68
28/2/22	2,83	2,96	2,25	2,15	2,12	2,20	2,33	2,49	2,68	3,41	3,86	3,81	3,64	3,68	3,51	3,50	3,63	3,72	3,83	4,44	4,64	4,66	4,52	3,71
1/3/22	2,68	2,79	2,62	2,49	2,42	2,44	2,47	3,05	2,98	3,80	3,41	3,58	3,55	2,71	2,84	2,86	3,07	3,32	3,44	3,92	3,81	3,91	3,16	2,91
2/3/22	2,46	2,88	2,79	2,48	2,45	2,49	2,59	3,20	3,07	4,33	4,12	4,11	4,34	4,55	4,69	4,53	5,19	4,68	4,63	5,32	5,31	5,30	4,60	4,11
3/3/22	3,60	3,09	2,97	2,66	2,61	2,69	2,91	3,45	3,44	3,91	3,94	4,50	3,84	3,75	3,91	3,89	4,05	4,26	4,45	5,18	5,29	4,95	4,60	4,24
4/3/22	3,51	3,28	3,16	2,65	2,59	2,67	2,72	3,31	3,67	4,14	4,42	4,79	4,66	4,53	4,41	4,15	4,11	4,32	4,89	5,25	5,34	4,81	4,42	4,05
5/3/22	3,01	3,12	2,87	2,72	2,63	2,64	2,73	3,03	3,49	3,92	4,09	4,66	4,32	4,32	4,36	4,35	4,41	4,50	4,55	5,09	4,99	4,85	4,45	4,11
6/3/22	3,30	3,11	3,15	2,69	2,58	2,58	1,98	2,90	3,29	3,80	4,03	4,60	4,44	4,45	4,16	4,09	4,08	3,65	3,86	4,55	4,19	4,45	4,50	3,85
7/3/22	3,36	2,99	2,73	2,89	2,63	2,51	2,51	2,58	0,34	0,59	0,59	1,16	1,40	1,36	1,41	1,42	1,41	1,39	1,77	1,92	1,84	1,70	1,35	1,23
8/3/22	3,64	3,42	3,09	2,77	2,70	2,72	2,55	3,00	3,52	4,51	4,77	4,96	5,03	4,96	4,73	4,57	4,54	4,35	4,62	5,13	4,91	4,86	4,70	4,15
9/3/22	3,88	3,48	2,95	2,95	2,80	2,76	2,83	2,86	2,12	2,42	2,50	2,95	2,94	2,95	3,07	3,06	3,09	3,19	3,61	3,91	3,84	3,60	3,22	2,94
10/3/22	3,70	3,50	3,19	2,92	2,86	2,87	2,82	3,22	3,47	4,34	4,62	5,01	4,81	4,85	4,75	4,56	4,33	4,36	4,50	5,20	5,11	5,00	4,90	4,30

11/3/22	3,99	3,73	3,03	2,84	2,81	2,86	3,13	3,09	3,74	5,22	5,52	5,31	5,61	5,46	5,31	5,04	5,00	5,05	5,38	5,71	5,63	5,27	4,89	4,46
12/3/22	4,41	3,97	3,17	3,02	2,97	3,02	3,16	3,14	3,90	4,26	4,41	4,74	4,47	4,53	4,74	4,71	4,78	5,00	5,45	5,90	5,84	5,49	5,09	4,64
13/3/22	3,77	3,59	3,29	3,08	3,02	3,02	3,09	3,43	3,41	4,17	4,47	5,06	4,60	4,74	4,76	4,55	4,11	4,37	4,37	5,28	5,31	5,13	5,11	4,44
14/3/22	3,32	2,90	2,66	2,67	2,51	2,38	2,76	3,42	3,60	3,57	3,43	3,49	3,34	3,38	3,46	3,62	3,84	3,87	4,25	4,65	4,60	4,21	4,17	3,86
15/3/22	3,36	3,49	2,68	2,59	2,49	2,56	2,74	3,16	3,46	3,48	3,44	3,40	3,34	3,41	3,47	3,42	3,59	3,67	4,02	4,59	4,46	4,45	3,87	3,88
16/3/22	3,40	3,56	2,61	2,47	2,40	2,42	2,66	2,65	3,52	3,85	3,61	3,97	4,05	3,93	3,75	3,69	3,87	4,15	4,25	5,33	4,65	4,27	3,86	3,81
17/3/22	3,58	3,09	2,76	2,63	2,58	2,61	2,78	2,78	3,35	3,29	4,25	3,28	3,30	3,32	3,41	3,65	2,99	2,51	4,93	5,20	5,58	5,44	4,48	3,98
18/3/22	3,62	3,09	2,81	2,71	2,65	2,71	2,87	3,29	2,85	3,81	3,80	4,20	4,24	4,41	4,49	4,49	4,39	4,75	5,25	5,65	5,67	5,25	4,83	4,38
19/3/22	4,01	3,49	3,19	3,01	2,91	2,97	3,08	3,43	3,91	4,43	4,55	4,86	4,88	4,88	4,81	4,77	4,79	4,97	4,88	5,76	5,81	5,64	4,95	4,53
20/3/22	4,04	3,98	3,30	3,15	3,06	3,02	3,10	3,38	3,32	4,18	4,37	4,73	4,91	4,71	4,62	4,68	4,68	4,88	5,02	5,57	5,56	5,29	4,92	4,49
21/3/22	3,89	3,71	3,12	2,91	3,02	2,95	3,15	3,54	3,83	4,05	4,25	4,48	4,21	4,09	4,02	4,08	4,18	4,55	4,96	5,55	5,64	5,33	4,87	4,35
22/3/22	3,57	3,21	2,84	2,67	2,62	2,69	2,82	2,85	3,44	3,60	3,68	4,08	3,61	3,70	3,66	3,61	3,65	3,76	3,73	3,93	4,49	4,20	3,75	3,70
23/3/22	3,33	3,04	2,67	2,75	2,60	2,57	2,79	3,00	3,43	3,44	3,43	3,37	3,36	3,46	3,47	3,54	3,51	3,69	3,68	4,54	4,63	4,35	3,91	3,72
24/3/22	3,71	3,33	3,23	2,86	2,83	2,98	3,01	3,49	3,70	3,85	3,85	3,90	3,92	6,88	6,19	3,72	3,89	6,82	4,71	5,04	5,41	5,42	4,68	4,22
25/3/22	3,22	3,07	2,63	2,45	2,48	2,46	2,62	2,92	3,16	3,14	3,32	3,44	3,32	3,29	3,27	3,27	3,23	3,51	3,81	4,23	4,40	4,16	3,85	3,51
26/3/22	2,84	2,84	2,65	2,51	2,39	2,42	2,53	2,61	2,84	3,17	3,29	3,51	3,34	3,27	3,29	3,06	2,93	3,03	2,99	3,28	3,63	3,49	3,18	3,11
27/3/22	2,81	2,81	2,50	2,70	2,36	2,36	2,46	2,46	3,01	3,17	3,08	2,97	3,01	3,07	3,01	3,00	2,83	2,87	3,13	3,75	4,06	3,83	3,48	3,30
28/3/22	3,19	2,82	2,70	2,48	2,44	2,52	2,60	2,98	3,17	3,25	3,24	3,26	3,25	4,76	4,43	3,17	3,24	4,75	3,84	4,24	4,65	4,73	4,05	3,81
29/3/22	3,04	2,90	2,44	2,31	2,30	2,32	2,45	2,74	2,99	3,02	3,05	3,12	3,06	3,02	2,99	2,92	2,78	3,12	3,39	3,76	4,21	3,96	3,59	3,10
30/3/22	2,83	2,76	2,49	2,33	2,28	2,29	2,46	2,44	2,93	3,01	3,45	2,78	2,76	2,84	2,97	2,89	2,83	2,85	3,07	3,61	4,28	4,20	3,82	3,24
31/3/22	2,70	2,35	2,67	2,30	2,21	2,23	2,35	2,37	2,98	3,24	3,28	3,39	3,74	3,70	3,67	3,50	3,41	3,43	3,70	4,00	4,47	4,29	3,90	3,26
1/4/22	2,55	2,44	2,13	2,00	1,94	1,98	2,09	2,31	2,48	2,24	2,40	2,40	2,44	2,49	2,51	2,47	2,28	2,48	2,65	2,90	3,15	3,00	2,83	2,68
2/4/22	2,12	2,47	2,46	2,34	2,16	2,14	2,23	2,38	2,25	2,75	2,89	2,93	3,07	2,84	2,91	2,52	2,20	2,30	2,26	2,63	2,78	2,78	2,61	2,53
3/4/22	2,29	2,58	2,33	2,65	2,11	2,15	2,14	1,93	2,60	2,90	2,74	2,57	2,67	2,68	2,55	2,47	2,16	2,06	2,58	2,95	3,49	3,32	3,05	2,88
4/4/22	2,67	2,31	2,17	2,10	2,05	2,06	2,19	2,48	2,64	2,65	2,64	2,62	2,58	2,65	2,67	2,63	2,59	2,69	2,96	3,44	3,89	4,04	3,43	3,40
5/4/22	2,86	2,72	2,25	2,17	2,11	2,18	2,29	2,56	2,81	2,90	2,79	2,79	2,80	2,75	2,71	2,57	2,34	2,72	2,97	3,29	4,03	3,75	3,33	2,68
6/4/22	2,71	2,80	2,24	2,08	2,20	2,08	2,29	2,37	2,51	2,66	2,62	2,63	2,72	2,78	2,74	2,51	2,44	2,56	2,73	3,30	3,32	3,87	3,73	3,33
7/4/22	2,31	2,32	2,33	2,06	2,02	2,08	2,21	2,47	2,71	3,01	3,07	3,13	3,26	3,36	3,06	2,91	2,64	2,73	2,78	3,22	3,86	3,69	3,43	3,24
8/4/22	1,63	2,03	2,17	2,07	2,02	2,05	2,22	2,29	2,63	2,77	2,69	2,66	2,54	2,62	2,53	2,46	2,42	2,10	2,38	2,50	2,73	2,89	2,53	2,32
9/4/22	1,93	2,31	2,23	1,93	1,93	2,01	2,07	2,21	2,27	2,66	2,85	2,83	2,86	2,96	2,90	2,07	1,91	2,08	2,14	2,20	2,31	2,61	2,82	2,50
10/4/22	2,67	2,41	2,25	2,16	2,08	2,09	2,13	2,20	2,25	2,79	2,82	2,82	3,01	3,10	2,96	2,77	2,50	2,46	2,01	1,91	2,58	2,86	2,88	2,05
11/4/22	2,54	2,24	2,13	2,09	2,00	2,02	2,14	2,53	2,79	2,87	2,85	3,54	3,28	3,58	3,38	3,04	3,08	3,21	3,40	3,70	4,12	4,11	3,81	3,66
12/4/22	2,91	2,72	2,39	2,22	2,17	2,21	2,35	2,65	2,88	2,87	2,86	2,83	2,84	2,74	2,62	2,59	2,59	2,76	3,02	3,25	4,04	3,95	3,56	3,30
13/4/22	2,92	2,79	2,28	2,15	2,11	2,17	2,33	2,33	2,98	2,67	2,75	2,62	2,71	2,67	2,61	2,50	2,45	2,57	2,82	3,17	3,89	4,03	3,64	2,81
14/4/22	2,29	2,62	2,22	2,11	2,05	2,37	2,51	2,51	2,71	2,72	2,66	2,86	2,59	2,56	2,56	2,47	2,38	2,52	2,73	3,17	3,27	3,86	3,60	3,28
15/4/22	2,54	2,42	2,24	2,14	2,15	2,13	2,07	2,03	2,64	2,64	2,62	2,75	2,67	2,53	2,50	2,85	2,80	2,53	2,79	2,93	3,29	3,60	3,38	3,12
16/4/22	2,72	2,50	2,24	2,23	2,11	2,12	2,10	2,33	2,40	2,91	2,97	2,90	3,12	2,98	2,85	2,61	2,52	2,35	2,74	3,05	3,36	3,90	3,53	3,10
17/4/22	2,79	2,53	2,22	2,38	2,11	2,08	2,10	2,26	1,95	2,86	3,23	3,48	3,37	3,25	3,59	3,69	2,76	2,85	3,10	3,27	3,79	3,99	3,43	3,04
18/4/22	2,70	2,04	2,41	2,14	2,05	2,05	2,08	1,79	1,83	2,19	2,86	2,90	2,93	2,74	3,15	3,09	3,00	3,11	3,74	3,82	4,19	4,16	3,76	3,46
19/4/22	2,79	2,81	2,42	2,51	2,18	2,22	2,30	2,58	3,05	3,27	3,17	3,66	3,57	3,52	3,35	3,15	3,18	3,29	3,65	3,83	4,38	4,45	4,18	3,58
20/4/22	2,60	2,76	2,81	2,36	2,29	2,28	2,38	2,38	2,50	2,97	2,93	2,95	2,89	2,98	3,43	2,92	2,81	2,98	3,21	3,26	4,18	4,28	3,96	3,57

21/4/22	3,07	2,65	2,47	2,48	2,26	2,26	2,34	2,32	2,79	2,87	2,85	2,92	2,93	2,97	2,94	2,81	2,81	2,93	3,63	3,69	4,05	4,18	4,00	3,83
22/4/22	2,39	2,63	2,68	2,30	2,24	2,20	2,24	2,42	2,54	2,81	2,92	2,83	2,88	2,73	2,78	2,71	2,73	2,83	2,79	3,46	3,66	3,59	3,44	3,28
23/4/22	2,93	2,58	2,41	2,28	2,24	2,20	2,18	2,37	2,10	2,82	3,06	3,04	3,14	3,36	3,44	3,43	3,37	3,61	3,81	4,09	4,55	4,49	3,95	3,31
24/4/22	2,94	2,86	2,44	2,22	2,10	2,09	2,03	2,24	2,13	2,75	3,11	3,18	3,35	2,97	2,56	2,54	1,96	2,01	2,25	2,41	2,49	2,99	2,98	2,93
25/4/22	2,80	2,33	2,17	2,04	1,98	1,95	1,95	2,04	2,19	2,14	2,52	2,78	2,83	2,82	2,73	2,43	2,50	2,45	2,50	2,83	3,22	3,21	3,04	2,75
26/4/22	2,56	2,52	2,14	2,03	1,96	1,99	2,05	2,19	2,17	2,54	2,62	2,78	2,76	2,84	2,90	2,79	2,71	2,67	2,73	2,92	2,99	3,43	3,45	3,20
27/4/22	2,87	2,24	2,11	2,00	1,97	1,97	2,00	2,18	2,38	2,55	2,65	2,69	2,79	2,76	2,86	2,70	2,61	2,74	2,74	2,90	2,97	3,49	3,23	3,17
28/4/22	2,69	2,25	2,09	2,00	1,94	1,97	1,99	2,15	2,36	2,58	2,71	2,70	2,74	2,78	2,64	2,73	2,50	2,55	2,75	2,63	2,83	3,48	3,52	3,14
29/4/22	2,68	2,23	2,06	1,93	1,92	1,92	1,98	2,14	2,35	2,48	2,60	2,77	2,85	2,99	2,97	2,92	2,71	2,77	2,93	3,02	3,10	3,22	3,10	2,84
30/4/22	2,78	2,28	2,14	2,04	2,01	2,05	2,04	2,23	2,50	2,77	2,85	2,95	2,98	3,12	3,04	2,85	2,84	2,68	2,93	2,98	3,74	3,70	3,41	3,33
1/5/22	2,75	2,39	2,23	2,10	2,06	2,02	2,06	2,14	2,38	2,57	2,75	2,88	3,00	2,94	2,70	2,51	2,31	2,43	2,57	2,84	3,11	3,23	2,96	2,76
2/5/22	2,49	2,17	2,16	2,03	1,99	1,96	2,02	2,14	2,38	2,42	2,84	3,11	3,48	3,37	3,45	3,20	3,01	2,97	3,04	3,26	3,78	3,88	3,51	3,10
3/5/22	2,60	2,48	2,17	2,09	2,02	2,05	2,19	2,53	2,77	2,83	3,00	3,20	3,11	3,12	3,04	2,94	2,75	2,88	3,26	3,42	4,25	3,96	3,57	3,09
4/5/22	2,69	2,36	2,20	2,11	2,07	2,07	2,19	2,55	2,79	2,77	2,78	2,85	2,82	2,76	2,71	2,67	2,30	2,31	2,84	2,94	2,84	3,63	3,68	3,27
5/5/22	2,95	2,17	2,00	1,88	1,67	1,85	1,93	2,30	2,07	2,38	2,45	2,40	2,36	2,37	2,33	2,22	2,16	2,27	2,27	2,69	2,57	3,27	3,23	2,87
6/5/22	2,52	2,47	2,10	2,02	1,98	2,01	2,05	2,32	2,55	2,24	2,20	2,28	2,32	2,85	2,82	2,69	2,59	2,63	2,79	2,99	3,43	3,49	3,24	2,91
7/5/22	2,07	2,26	2,15	2,04	2,00	2,05	1,90	1,95	2,11	2,29	2,24	2,51	2,51	2,46	2,27	2,18	2,16	2,18	2,38	2,60	3,07	3,22	2,98	2,74
8/5/22	2,34	2,16	1,98	1,89	1,83	1,84	1,92	2,09	2,06	2,46	2,55	2,73	2,80	2,72	2,77	2,51	2,53	2,57	2,67	2,91	3,09	3,37	3,31	3,05
9/5/22	2,42	2,16	2,19	2,00	1,96	1,98	2,05	2,32	2,51	2,55	2,63	2,65	2,72	2,74	2,63	2,54	2,49	2,51	2,70	2,48	2,69	3,53	3,28	3,04
10/5/22	2,47	2,45	2,03	1,96	1,94	1,96	2,02	2,27	2,44	2,56	2,54	2,46	2,70	2,79	2,83	2,44	2,36	2,53	2,65	2,90	3,43	3,54	3,16	2,78
11/5/22	1,68	1,94	2,09	1,96	1,96	1,97	2,05	2,07	2,22	2,55	2,61	2,67	2,63	2,64	2,77	2,49	2,45	2,46	2,69	2,85	3,35	3,43	3,17	2,78
12/5/22	2,49	2,22	2,07	2,04	2,06	1,97	2,04	1,97	2,53	2,54	2,53	2,60	2,65	2,77	2,63	2,76	2,40	2,53	2,63	2,60	2,69	3,39	3,31	2,68
13/5/22	2,62	2,15	2,00	1,91	1,94	1,93	2,01	2,01	2,49	2,59	2,66	2,63	2,66	2,73	2,64	2,65	2,46	2,45	2,70	2,88	2,96	3,37	3,07	3,03
14/5/22	2,54	2,50	2,13	2,03	1,99	2,02	2,01	1,98	2,41	2,63	2,65	2,68	2,69	2,67	2,61	2,53	2,43	2,48	2,61	2,78	2,80	3,15	3,32	3,10
15/5/22	2,39	2,22	2,05	1,97	1,94	1,94	1,92	2,10	2,26	2,39	2,19	2,64	2,81	2,89	2,96	2,46	2,35	2,41	2,51	2,71	2,86	3,21	3,05	2,67
16/5/22	2,81	2,13	2,04	1,94	1,96	1,93	1,99	1,84	2,43	2,52	2,59	2,66	2,65	2,73	2,73	2,60	2,47	2,51	2,64	2,88	2,92	3,40	3,06	2,71
17/5/22	2,65	2,23	2,08	2,00	2,00	2,01	2,06	2,36	2,33	2,65	2,65	2,78	2,78	2,83	2,75	2,56	2,45	2,46	2,69	2,87	3,18	3,28	3,01	2,82
18/5/22	2,66	2,24	2,10	2,04	2,03	2,01	2,04	2,04	2,44	2,64	2,67	2,64	2,77	2,85	2,77	2,74	2,53	2,59	2,80	2,85	2,85	3,47	3,12	2,98
19/5/22	2,52	2,25	2,11	2,04	1,98	2,02	2,03	2,32	2,57	2,61	2,88	2,90	2,95	2,94	2,91	2,69	2,52	2,51	2,69	2,86	2,85	3,41	3,38	3,08
20/5/22	2,42	2,20	2,06	2,04	1,99	2,00	2,01	2,33	2,53	2,81	2,86	2,70	2,75	2,94	2,77	2,50	2,51	2,62	2,73	2,92	3,36	3,50	3,17	2,82
21/5/22	2,44	2,22	2,06	2,03	1,97	1,98	1,99	2,21	2,11	2,56	2,68	2,67	2,80	3,19	2,91	2,70	2,69	2,71	2,85	2,97	3,20	3,35	3,02	2,76
22/5/22	2,48	2,30	2,14	2,06	2,01	1,96	2,02	2,10	2,34	2,08	2,59	2,93	2,82	2,86	2,66	2,47	2,41	2,45	2,60	2,96	3,14	3,37	3,10	2,90
23/5/22	2,35	2,19	2,09	1,88	2,05	2,01	2,10	2,17	2,49	2,42	2,66	2,69	2,73	2,76	2,82	2,97	2,52	2,50	2,72	2,91	3,17	3,43	3,19	3,05
24/5/22	2,35	2,26	2,14	2,11	2,01	2,03	2,10	1,79	1,85	2,67	2,81	2,86	2,92	2,90	2,81	2,81	2,57	2,59	2,78	2,91	2,96	3,53	3,16	3,11
25/5/22	2,57	2,57	2,20	2,12	2,05	2,06	2,15	2,15	2,56	2,66	2,78	2,89	2,85	2,93	2,86	2,88	2,66	2,68	2,79	2,94	2,98	3,48	3,12	3,25
26/5/22	2,56	2,33	2,31	2,35	2,05	2,07	2,11	2,08	2,62	2,78	2,89	2,90	2,92	2,98	2,92	2,91	2,73	2,69	2,58	3,00	2,88	3,45	3,16	3,06
27/5/22	2,59	2,61	2,23	2,14	2,11	2,08	2,16	2,45	2,41	2,73	2,79	2,87	2,86	3,01	3,03	2,88	2,92	2,87	3,00	3,11	3,23	3,43	3,30	2,99
28/5/22	2,71	2,54	2,46	2,30	2,24	2,21	2,26	2,23	2,61	2,72	2,86	2,95	2,93	3,24	3,23	3,20	2,91	2,93	3,02	3,19	3,17	3,65	3,41	3,10
29/5/22	3,11	2,95	2,43	2,31	2,23	2,18	2,17	2,35	2,53	2,61	2,74	2,95	2,96	3,25	3,18	2,91	2,78	2,82	2,50	2,99	3,20	3,16	3,23	3,07
30/5/22	2,59	2,26	2,33	2,24	2,20	2,19	2,29	2,25	2,61	2,78	2,86	2,94	2,97	2,99	2,92	2,84	2,69	2,76	2,91	2,93	3,38	3,57	3,37	3,31
31/5/22	3,03	2,59	2,32	2,18	2,15	2,14	2,22	2,45	2,40	2,72	2,89	3,02	3,06	3,58	3,03	2,89	2,87	2,84	2,99	3,20	3,49	3,73	3,40	3,16

1/6/22	2,54	2,47	2,35	1,94	1,94	1,91	2,02	1,76	2,43	2,42	2,46	2,61	2,62	2,76	2,78	2,77	2,56	2,57	2,75	2,79	3,05	3,38	3,13	2,95
2/6/22	2,72	2,60	2,34	2,24	2,17	2,14	2,21	1,98	2,42	2,68	2,81	2,65	2,40	2,79	2,65	2,69	2,53	2,54	2,82	3,00	3,12	3,22	3,25	2,98
3/6/22	3,33	3,27	2,35	2,30	2,22	2,25	2,30	2,54	3,28	3,40	3,74	2,91	3,10	3,18	3,06	3,02	2,90	2,99	3,14	3,32	3,53	3,73	4,16	3,10
4/6/22	2,85	3,05	2,44	2,82	2,33	2,35	2,34	2,49	2,72	3,56	2,99	3,18	3,25	3,30	3,30	3,10	2,98	3,98	3,16	3,27	3,47	3,65	3,48	3,72
5/6/22	2,82	3,55	2,45	2,44	2,35	2,32	2,28	2,40	2,54	2,69	3,69	3,90	4,00	3,27	4,01	2,89	2,74	2,85	2,95	3,15	3,33	3,58	3,41	3,70
6/6/22	2,83	2,62	2,46	2,41	2,29	2,33	2,35	2,61	2,80	2,97	3,08	3,18	3,38	3,50	3,50	3,28	3,13	3,15	3,31	3,35	3,66	3,91	3,67	3,20
7/6/22	2,84	2,61	2,44	2,37	2,35	2,29	2,38	2,57	2,80	2,92	2,96	3,06	3,22	3,24	3,12	3,09	2,97	2,97	3,11	3,26	3,51	3,76	3,48	3,13
8/6/22	2,79	2,56	2,40	2,32	2,30	2,27	2,35	2,45	2,91	2,92	2,90	3,08	3,10	3,09	3,04	2,84	2,81	2,81	2,90	3,14	3,25	3,50	3,27	2,91
9/6/22	2,69	2,49	2,38	2,31	2,29	2,27	2,33	2,63	2,79	2,91	2,94	2,97	3,06	3,00	3,16	3,06	2,98	3,04	3,17	3,35	3,54	3,75	3,53	3,13
10/6/22	2,86	2,59	2,48	2,43	2,38	2,37	2,38	2,68	2,87	3,02	3,31	3,43	3,45	3,50	3,43	3,32	3,25	3,34	3,40	3,48	3,83	3,85	3,51	3,18
11/6/22	2,90	2,64	2,50	2,38	2,35	2,31	2,38	2,58	2,82	3,03	3,26	3,44	3,64	3,75	3,65	3,26	3,10	3,15	3,21	3,45	3,62	3,85	3,64	3,26
12/6/22	2,95	2,68	2,52	2,44	2,34	2,34	2,34	2,48	2,75	2,98	3,25	3,44	3,62	3,85	3,71	3,40	3,25	3,20	3,22	3,22	3,42	3,57	3,37	3,12
13/6/22	2,76	2,51	2,38	2,32	2,28	2,28	2,30	2,49	2,70	2,90	3,08	3,28	3,36	3,38	3,28	3,11	2,95	3,00	3,25	3,42	3,68	3,92	3,66	3,25
14/6/22	2,85	2,59	2,42	2,34	2,31	2,30	2,38	2,69	2,84	3,01	3,12	3,24	3,35	3,44	3,35	3,15	3,05	3,13	3,39	3,52	3,69	3,91	3,65	3,27
15/6/22	2,92	2,64	2,46	2,44	2,40	2,36	2,41	2,70	2,91	3,09	3,22	3,37	3,49	3,48	3,41	3,18	3,09	3,13	3,22	3,41	3,60	3,95	3,74	3,39
16/6/22	2,96	2,68	2,51	2,46	2,43	2,39	2,43	2,66	2,84	3,07	3,20	3,31	3,44	3,49	3,43	3,22	3,09	3,12	3,26	3,41	3,67	3,95	3,68	3,31
17/6/22	3,00	2,72	2,56	2,47	2,47	2,42	2,44	2,63	2,77	3,05	3,18	3,25	3,39	3,49	3,44	3,25	3,10	3,11	3,31	3,41	3,74	3,95	3,63	3,23
18/6/22	2,93	2,67	2,48	2,44	2,39	2,37	2,37	2,64	2,83	3,00	3,19	3,34	3,41	3,49	3,48	3,28	3,14	3,14	3,24	3,39	3,53	3,76	3,54	3,22
19/6/22	2,96	2,71	2,59	2,49	2,42	2,40	2,40	2,51	2,68	2,81	3,09	3,24	3,41	3,47	3,33	3,04	2,85	2,88	2,99	3,19	3,38	3,57	3,39	3,11
20/6/22	2,79	2,60	2,47	2,36	2,37	2,33	2,43	2,72	2,89	3,04	3,20	3,31	3,40	3,44	3,32	3,24	3,10	3,13	3,23	3,40	3,70	3,85	3,62	3,33
21/6/22	2,89	2,63	2,48	2,41	2,34	2,32	2,38	2,61	2,84	3,06	3,01	3,37	3,39	3,50	3,34	3,18	3,07	3,14	3,30	3,50	3,66	3,91	3,72	3,35
22/6/22	2,99	2,68	2,51	2,43	2,37	2,37	2,45	2,65	2,93	3,12	3,35	3,46	3,63	3,78	3,62	3,43	3,33	3,33	3,53	3,75	3,97	4,24	3,90	3,52
23/6/22	3,22	2,95	2,74	2,61	2,56	2,52	2,61	2,90	3,18	3,42	3,65	3,76	3,91	3,99	3,86	3,64	3,56	3,54	3,64	3,95	4,17	4,51	4,19	3,85
24/6/22	3,52	3,24	3,03	2,89	2,80	2,79	2,74	2,92	3,08	3,35	3,53	3,71	3,82	3,94	3,78	3,66	3,50	3,28	3,45	3,57	3,81	4,07	3,74	3,42
25/6/22	3,12	2,82	2,67	2,60	2,52	2,58	2,53	2,74	2,99	3,22	3,42	3,54	3,70	3,76	3,69	3,51	3,37	3,40	3,53	3,58	3,81	4,15	3,93	3,60
26/6/22	3,27	3,00	2,87	2,73	2,65	2,65	2,61	2,82	2,98	3,11	3,28	3,54	3,68	3,79	3,60	3,42	3,20	3,26	3,39	3,53	3,67	3,99	3,79	3,48
27/6/22	3,15	2,87	2,69	2,63	2,54	2,52	2,56	2,81	3,06	3,16	3,33	3,56	3,63	3,74	3,61	3,40	3,29	3,33	3,45	3,53	3,82	4,02	3,78	3,45
28/6/22	3,10	2,84	2,66	2,61	2,53	2,48	2,55	2,78	3,04	3,27	3,42	3,57	3,75	3,86	3,67	3,52	3,41	3,39	3,44	3,58	3,89	4,15	3,88	3,52
29/6/22	3,20	2,92	2,67	2,61	2,54	2,50	2,50	2,75	3,04	3,23	3,44	3,55	3,73	3,75	3,63	3,43	3,24	3,32	3,06	3,00	3,90	4,19	3,93	3,16
30/6/22	3,24	2,99	2,78	2,63	2,54	2,51	2,60	2,81	3,09	3,32	3,55	3,61	3,75	3,84	3,71	3,52	3,37	3,40	3,59	3,70	3,95	4,29	4,02	3,66
1/7/22	3,33	2,99	2,85	2,71	2,67	2,64	2,67	2,85	3,18	3,40	3,54	3,71	3,86	4,00	3,94	3,76	3,63	3,61	3,75	3,93	4,16	4,35	4,11	3,77
2/7/22	3,36	3,12	3,00	2,82	2,77	2,69	2,71	2,84	3,11	3,40	3,57	3,68	3,96	4,01	3,99	3,82	3,64	3,67	3,86	3,89	4,03	4,27	4,17	3,83
3/7/22	3,47	3,28	3,03	2,97	2,86	2,82	2,75	2,93	3,12	3,34	3,50	3,68	3,84	3,95	3,84	3,64	3,48	3,51	3,63	3,75	3,97	4,31	4,22	3,78
4/7/22	3,45	3,18	2,98	2,85	2,81	2,76	2,77	3,01	3,26	3,56	3,70	3,88	4,01	4,07	3,98	3,80	3,64	3,57	3,79	3,93	4,16	4,46	4,17	3,82
5/7/22	3,47	3,28	3,01	2,86	2,81	2,82	2,75	3,00	3,18	3,50	3,73	3,94	3,95	4,14	3,97	3,77	3,55	3,65	3,81	4,01	4,21	4,56	4,30	3,94
6/7/22	3,58	3,30	3,03	2,87	2,80	2,72	2,77	2,90	3,23	3,48	3,71	3,85	3,90	3,92	3,90	3,65	3,56	3,58	3,74	3,93	4,13	4,44	4,11	3,77
7/7/22	3,40	3,12	2,83	2,77	2,68	2,65	2,66	2,90	3,17	3,37	3,70	3,88	3,95	3,99	3,84	3,69	3,59	3,68	3,83	3,97	4,14	4,45	4,27	3,83
8/7/22	3,49	3,20	2,97	2,89	2,73	2,76	2,73	3,03	3,30	3,61	3,79	3,98	4,14	4,16	4,09	3,90	3,85	3,80	3,98	4,20	4,32	4,55	4,29	3,90
9/7/22	3,65	3,32	3,12	3,01	2,93	2,89	2,88	3,06	5,89	3,44	3,64	3,73	3,98	4,18	4,08	3,94	3,81	3,81	4,05	4,09	4,32	4,53	4,26	3,80
10/7/22	3,46	3,12	2,93	2,83	2,76	2,74	2,65	1,88	1,94	1,99	2,44	2,84	4,12	4,08	3,81	3,57	3,33	3,72	3,87	4,03	4,18	4,42	4,21	3,81

11/7/22	3,42	3,16	2,90	2,79	2,74	2,71	2,68	2,97	3,25	3,53	3,72	3,90	3,94	4,06	3,97	3,80	3,58	3,62	3,83	4,05	4,24	4,51	4,26	3,78
12/7/22	3,48	3,07	2,84	2,69	2,63	2,69	2,62	2,98	3,08	3,41	3,52	3,69	3,93	4,05	3,94	3,66	3,50	3,58	3,76	3,93	4,21	4,48	4,13	3,74
13/7/22	3,37	2,99	2,82	2,68	2,59	2,61	2,58	2,83	3,18	3,54	3,68	3,94	4,04	4,09	3,99	3,73	3,55	3,56	3,78	4,07	4,31	4,40	4,19	3,68
14/7/22	3,39	2,98	2,75	2,59	2,60	2,56	2,59	2,82	3,13	3,49	3,69	3,87	3,98	4,08	4,00	3,72	3,56	3,62	3,86	4,11	4,31	4,70	4,41	4,03
15/7/22	3,57	3,23	3,01	2,82	2,74	2,76	2,74	2,93	3,28	3,67	3,98	4,12	4,16	4,31	4,20	3,91	3,81	3,84	4,04	4,30	4,51	4,73	4,43	4,00
16/7/22	3,59	3,26	3,04	2,93	2,83	2,79	2,79	3,00	3,36	3,64	3,99	4,13	4,28	4,41	4,30	4,09	3,99	3,98	4,11	4,31	4,46	4,74	4,44	4,09
17/7/22	3,64	3,36	3,14	3,02	2,94	2,89	2,86	3,11	3,32	3,63	3,85	4,13	4,25	4,50	4,27	4,05	3,99	3,98	4,23	4,47	4,58	4,76	4,59	4,20
18/7/22	3,77	3,46	3,20	3,11	3,01	2,93	2,97	3,18	3,45	3,77	4,06	4,28	4,43	4,51	4,38	4,23	4,06	4,05	4,17	4,41	4,67	4,91	4,58	4,18
19/7/22	3,77	3,45	3,21	3,01	2,89	2,87	2,80	3,08	3,42	3,82	3,95	4,10	4,32	4,40	4,27	4,06	3,86	3,92	4,15	4,30	4,61	4,91	4,63	4,13
20/7/22	3,76	3,35	3,09	2,97	2,90	2,88	2,85	3,18	3,51	3,74	3,99	4,14	4,37	4,45	4,33	4,05	3,96	4,01	4,21	4,48	4,65	4,87	4,46	3,95
21/7/22	3,56	3,30	3,13	2,98	2,94	2,99	2,83	3,07	3,37	3,71	3,97	4,10	4,22	4,38	4,30	4,08	3,88	3,96	4,13	4,32	4,75	4,95	4,60	4,26
22/7/22	3,85	3,50	3,25	3,07	3,01	2,99	2,96	3,18	3,55	4,02	4,14	4,39	4,50	4,61	4,56	4,29	4,12	4,21	4,44	4,65	4,89	5,26	4,86	4,44
23/7/22	4,04	3,71	3,44	3,26	3,12	3,16	3,01	3,20	3,52	3,88	4,12	4,37	4,55	4,60	4,64	4,43	4,29	4,44	4,58	4,72	4,95	5,26	4,96	4,53
24/7/22	4,12	3,78	3,47	3,32	3,19	3,21	3,13	3,27	3,63	3,84	4,17	4,32	4,59	4,72	4,69	4,53	4,40	4,33	4,51	4,74	4,94	5,35	5,11	4,76
25/7/22	4,46	4,14	3,88	3,68	3,54	3,47	3,46	3,64	3,91	4,33	4,78	4,87	5,10	5,22	5,23	5,04	4,94	4,94	4,97	5,09	5,42	5,73	5,43	4,98
26/7/22	4,50	4,24	3,94	3,70	3,60	3,50	3,45	3,66	4,07	4,46	4,79	4,87	5,07	5,16	5,18	4,93	4,81	4,81	5,01	5,08	5,30	5,74	5,30	4,91
27/7/22	4,04	4,16	3,94	3,80	3,67	3,56	3,47	3,62	4,03	4,43	4,74	4,94	5,17	5,25	5,17	5,00	4,79	4,85	5,01	5,10	5,40	5,68	5,36	4,94
28/7/22	4,50	4,16	3,89	3,68	3,59	3,50	3,48	3,73	4,08	4,42	4,73	4,89	5,03	5,30	5,14	4,92	4,81	4,81	4,90	5,04	5,40	5,79	5,51	5,02
29/7/22	4,67	4,29	4,06	3,85	3,73	3,75	3,64	3,86	4,17	4,57	4,77	4,93	5,28	5,37	5,24	4,91	4,77	4,89	4,91	5,08	5,42	5,68	5,35	4,98
30/7/22	4,65	4,41	4,19	3,91	3,68	3,61	3,54	3,68	4,00	4,31	4,77	4,99	5,12	5,19	5,20	4,94	4,78	4,83	5,03	5,06	5,40	5,69	5,48	5,05
31/7/22	4,74	4,39	4,13	3,83	3,80	3,76	3,58	3,67	3,96	4,38	4,67	4,80	5,03	5,18	4,97	4,68	4,62	4,70	4,72	4,99	5,33	5,51	5,23	4,89
1/8/22	4,56	4,16	3,85	3,66	3,64	3,56	3,45	3,64	4,01	4,39	4,73	4,86	5,09	5,28	5,24	4,98	4,84	4,79	4,83	5,03	5,50	5,77	5,33	4,95
2/8/22	4,56	4,14	3,82	3,64	3,54	3,46	3,37	3,54	3,92	4,39	4,74	4,94	5,10	5,27	5,15	4,84	4,67	4,82	4,99	5,08	5,52	5,81	5,36	4,93
3/8/22	4,50	4,06	3,80	3,55	3,41	3,42	3,30	3,52	3,88	4,31	4,68	4,96	5,10	5,18	5,11	4,87	4,74	4,76	4,97	5,16	5,50	5,85	5,47	5,12
4/8/22	4,68	4,30	4,05	3,84	3,71	3,59	3,46	3,71	4,06	4,51	4,80	5,08	5,22	5,39	5,34	5,07	4,84	4,89	5,10	5,38	5,68	5,97	5,69	5,21
5/8/22	4,76	4,33	4,00	3,79	3,64	3,64	3,47	3,66	3,99	4,45	4,72	5,01	5,21	5,40	5,26	4,99	4,84	4,85	5,15	5,32	5,77	6,01	5,73	5,25
6/8/22	4,80	4,46	4,19	3,87	3,72	3,67	3,51	3,77	4,11	4,45	4,82	5,05	5,31	5,39	5,33	5,15	5,19	5,19	5,27	5,37	5,75	6,01	5,55	5,16
7/8/22	4,68	4,32	4,03	3,79	3,67	3,60	3,52	3,70	4,00	4,29	4,70	4,91	5,15	5,25	5,27	4,95	4,82	4,89	5,06	5,24	5,51	5,86	5,63	5,19
8/8/22	4,78	4,51	4,22	3,97	3,81	3,78	3,71	3,94	4,24	4,77	5,12	5,24	5,59	5,77	5,66	5,45	5,31	5,17	5,40	5,54	6,09	6,35	5,94	5,59
9/8/22	5,23	4,86	4,56	4,27	4,13	4,00	3,91	4,05	4,46	4,94	5,34	5,48	5,67	5,83	5,77	5,44	5,36	5,26	5,36	5,59	5,97	6,36	5,92	5,56
10/8/22	5,15	4,77	4,48	4,19	4,03	3,92	3,79	3,99	4,31	4,73	5,28	5,43	5,57	5,75	5,71	5,44	5,25	5,25	5,46	5,67	6,14	6,14	5,62	5,20
11/8/22	4,77	4,45	4,25	4,04	3,86	3,77	3,67	3,24	4,21	4,68	5,05	5,33	5,56	5,67	5,54	5,36	5,12	5,11	5,35	5,56	6,09	6,17	5,83	5,53
12/8/22	5,08	4,64	4,33	4,07	3,90	3,75	3,68	3,94	4,29	4,73	5,13	5,38	5,58	5,75	5,62	5,38	5,17	5,21	5,35	5,53	6,00	6,13	5,83	5,49
13/8/22	5,09	4,61	4,30	4,06	3,90	3,85	3,70	3,95	4,28	4,65	5,04	5,29	5,48	5,67	5,50	5,26	5,12	5,04	5,32	5,55	6,05	6,23	5,73	5,26
14/8/22	4,78	4,37	4,06	3,83	3,69	3,69	3,67	3,77	4,10	4,48	4,91	5,13	5,47	5,62	5,40	5,09	4,93	4,98	5,25	5,57	6,08	6,27	5,80	5,49
15/8/22	5,14	4,66	4,35	4,14	3,88	3,79	3,68	3,91	4,29	4,67	4,82	5,08	5,23	5,37	5,19	4,85	4,61	4,60	4,74	4,88	5,22	5,31	4,99	4,65
16/8/22	4,38	4,00	3,80	3,74	3,54	3,48	3,42	3,62	4,01	4,51	4,81	5,18	5,33	5,45	5,34	5,18	4,96	4,93	5,09	5,40	6,08	6,33	5,89	5,37
17/8/22	4,96	4,49	4,22	3,91	3,80	3,69	3,62	3,80	4,30	4,80	5,15	5,51	5,79	5,89	5,88	5,55	5,33	5,28	5,43	5,69	6,09	6,31	5,80	5,37
18/8/22	4,91	4,54	4,23	3,96	3,81	3,77	3,72	3,89	4,38	4,77	5,23	5,51	5,78	5,89	5,90	5,65	5,46	5,48	5,55	5,82	6,32	6,41	6,00	5,64
19/8/22	5,31	4,89	4,60	4,34	4,15	4,06	3,93	4,03	4,51	4,92	5,40	5,76	6,00	6,30	6,35	6,04	5,85	5,71	5,66	5,99	6,53	6,55	6,13	5,77
20/8/22	5,35	4,94	4,67	4,43	4,27	4,11	3,95	4,01	4,34	4,70	5,13	5,41	5,62	5,73	5,84	5,66	5,51	5,44	5,51	5,68	6,17	6,29	5,86	5,53
21/8/22	5,23	4,90	4,55	4,38	4,22	4,07	3,89	4,04	4,36	4,85	5,08	5,38	5,69	5,82	5,84	5,57	5,37	5,30	5,34	5,45	6,03	6,11	5,67	5,36

22/8/22	4,97	4,54	4,22	4,06	3,86	3,79	3,74	3,86	4,31	4,76	5,17	5,56	5,54	5,80	5,77	5,56	5,24	5,25	5,32	5,45	6,05	5,82	5,41	5,24
23/8/22	4,80	4,41	4,16	3,97	3,80	3,71	3,61	3,88	4,29	4,64	5,06	5,24	5,52	5,56	5,56	5,28	5,03	4,98	5,15	5,39	6,00	6,07	5,52	5,04
24/8/22	4,62	4,21	3,99	3,76	3,60	3,61	3,58	3,72	4,13	4,55	4,63	4,88	5,15	5,13	4,93	4,74	4,59	4,57	4,56	4,75	5,33	5,31	4,79	4,43
25/8/22	3,92	3,65	3,42	3,29	3,07	3,12	3,04	3,26	3,63	4,01	4,40	4,65	4,85	5,06	4,97	4,63	4,31	4,31	4,59	4,82	5,26	5,24	4,70	4,19
26/8/22	4,00	3,67	3,42	3,34	3,18	3,13	3,09	3,26	3,53	3,83	4,26	4,44	4,74	4,97	4,83	4,51	4,24	4,27	4,47	4,73	5,37	5,31	4,79	4,29
27/8/22	3,88	3,55	3,33	3,07	2,99	2,99	2,93	3,22	3,51	3,95	4,40	4,88	5,09	5,13	4,93	4,56	4,40	4,38	4,49	4,68	5,29	5,18	4,71	4,26
28/8/22	3,77	3,46	3,24	3,03	2,94	2,92	2,91	3,02	3,38	3,71	4,02	4,18	4,38	4,56	4,49	4,24	4,18	4,08	4,21	4,34	4,79	4,81	4,48	4,11
29/8/22	3,76	3,42	3,19	3,05	3,00	3,00	2,99	3,17	3,52	3,92	4,23	4,54	4,73	4,92	5,03	4,76	4,46	4,35	4,50	4,70	5,24	5,08	4,64	4,26
30/8/22	3,87	3,52	3,34	3,18	3,13	3,09	3,07	3,26	3,60	4,14	4,40	4,62	4,79	4,93	4,82	4,64	4,49	4,41	4,57	4,70	5,22	5,10	4,66	3,87
31/8/22	3,87	3,59	3,41	3,18	3,10	3,07	3,03	3,28	3,67	4,08	4,51	4,75	4,76	4,88	4,99	4,67	4,49	4,33	4,50	4,80	5,27	5,08	4,59	4,21
1/9/22	3,84	3,56	3,31	3,13	3,05	3,00	3,00	3,21	3,58	3,93	4,30	4,45	4,67	4,96	4,85	4,58	4,43	4,40	4,67	4,90	5,41	5,21	4,75	4,35
2/9/22	4,02	3,68	3,52	3,37	3,36	3,31	3,26	3,49	3,97	4,28	4,59	4,84	4,85	4,99	4,91	4,72	4,32	4,17	4,35	4,53	4,98	4,77	4,41	4,16
3/9/22	3,83	3,44	3,25	3,11	3,00	2,97	2,91	3,12	3,47	3,75	3,94	4,27	4,43	4,53	4,49	4,25	4,17	4,10	4,29	4,47	4,91	4,71	4,34	4,00
4/9/22	3,69	3,42	3,22	3,10	3,03	3,01	2,94	3,13	3,40	3,61	3,78	3,96	4,11	4,28	4,14	4,02	3,85	3,85	3,97	4,14	4,51	4,37	4,10	3,88
5/9/22	3,62	3,31	3,08	2,89	2,85	2,83	2,81	3,00	3,31	3,59	3,78	3,82	4,09	4,12	4,04	3,72	3,63	3,56	3,70	3,97	4,53	4,41	3,89	3,59
6/9/22	3,24	2,96	2,74	2,60	2,59	2,62	2,57	2,74	2,53	3,76	3,68	3,71	3,84	3,93	3,87	3,66	3,46	3,56	3,73	4,05	4,47	4,27	3,94	3,59
7/9/22	3,17	2,92	2,74	2,62	2,60	2,62	2,69	2,81	3,22	3,45	3,58	3,73	3,83	3,79	3,82	3,61	3,51	3,55	3,77	4,01	4,41	4,18	3,89	3,57
8/9/22	3,23	2,89	2,71	2,64	2,59	2,57	2,68	2,81	3,15	3,36	3,50	3,69	3,79	3,89	3,79	3,66	3,52	3,47	3,73	3,99	4,39	4,14	3,78	3,43
9/9/22	3,10	2,85	2,67	2,64	2,64	2,56	2,58	2,82	3,15	3,35	3,57	3,65	3,77	3,84	3,77	3,56	3,46	3,51	3,75	4,00	4,36	4,16	3,75	3,52
10/9/22	3,26	2,98	2,76	2,67	2,67	2,65	2,67	2,77	3,16	3,40	3,64	3,77	3,91	3,95	3,94	3,75	3,74	3,71	3,78	4,08	4,50	4,18	3,85	3,55
11/9/22	3,28	3,03	2,83	2,79	2,73	2,72	2,71	2,84	3,08	3,34	3,50	3,80	3,92	4,03	3,85	3,70	3,59	3,65	3,81	4,04	4,38	4,24	3,88	3,56
12/9/22	3,33	3,04	2,88	2,78	2,69	2,72	2,73	2,86	3,24	3,44	3,55	3,64	3,77	4,02	3,95	3,79	3,59	3,65	3,69	3,97	4,33	4,06	3,78	3,39
13/9/22	3,10	2,90	2,75	2,63	2,56	2,55	2,69	2,89	3,16	3,33	3,45	3,58	3,65	3,69	3,62	3,48	3,26	3,32	3,52	3,88	4,37	3,95	3,58	3,30
14/9/22	3,01	2,77	2,64	2,50	2,47	2,50	2,56	2,75	3,04	3,28	3,40	3,50	3,55	3,57	3,46	3,24	3,09	3,24	3,47	3,78	4,09	3,85	3,48	3,20
15/9/22	2,90	2,64	2,51	2,40	2,38	2,39	2,51	2,77	3,07	3,25	3,52	3,69	3,59	3,61	3,55	3,40	3,23	3,28	3,45	3,81	4,28	4,01	3,70	3,33
16/9/22	2,95	2,74	2,56	2,44	2,42	2,50	2,53	2,82	3,06	3,33	3,52	3,64	3,59	3,63	3,51	3,31	3,23	3,26	3,52	3,87	4,30	4,00	3,55	3,31
17/9/22	3,11	2,85	2,67	2,57	2,48	2,52	2,51	2,65	3,02	3,21	3,60	3,73	3,69	3,68	3,73	3,57	3,50	3,43	3,62	3,83	4,06	3,76	3,42	3,18
18/9/22	2,95	2,79	2,65	2,53	2,54	2,58	2,58	2,74	3,14	3,34	3,62	3,85	3,94	3,93	3,64	3,59	3,46	3,47	3,57	3,94	4,29	4,06	3,72	3,39
19/9/22	3,05	2,89	2,71	2,60	2,51	2,53	2,61	2,81	3,08	3,33	3,44	3,47	3,54	3,57	3,52	3,39	3,14	3,23	3,40	3,89	4,19	3,88	3,55	3,19
20/9/22	2,91	2,63	2,54	2,41	2,33	2,38	2,50	2,76	3,10	3,18	3,26	3,29	3,42	3,40	3,29	3,22	3,13	3,15	3,17	3,71	3,96	3,72	3,43	3,18
21/9/22	2,89	2,60	2,48	2,35	2,32	2,35	2,45	2,70	3,06	3,16	3,22	3,29	3,35	3,45	3,43	3,28	3,03	3,14	3,29	3,78	4,00	3,77	3,37	3,03
22/9/22	2,74	2,48	2,43	2,33	2,31	2,29	2,37	2,63	2,97	3,23	3,25	3,31	3,29	3,38	3,28	3,09	3,03	3,19	3,23	3,62	3,78	3,70	3,27	2,99
23/9/22	2,65	2,42	2,28	2,25	2,24	2,27	2,38	2,66	2,86	3,05	3,11	3,11	3,19	3,16	3,22	3,09	3,03	3,05	3,14	3,60	3,86	3,64	3,26	2,93
24/9/22	2,60	2,45	2,22	2,18	2,14	2,12	2,20	2,44	2,73	2,96	3,11	3,20	3,15	3,30	3,21	3,06	2,85	3,02	3,26	3,59	3,88	3,58	3,22	3,02
25/9/22	2,65	2,44	2,34	2,23	2,17	2,22	2,26	2,46	2,68	2,91	3,06	3,08	3,22	3,18	3,11	2,89	2,82	2,82	3,04	3,53	3,72	3,53	3,19	2,95
26/9/22	2,67	2,45	2,32	2,26	2,29	2,21	2,02	2,71	2,94	3,06	3,10	3,04	3,07	3,13	3,06	2,87	2,80	2,97	3,12	3,59	3,76	3,59	3,15	2,72
27/9/22	2,52	2,32	2,16	2,13	2,17	2,17	2,24	2,45	2,75	3,09	3,28	3,51	3,54	3,54	3,54	3,40	3,23	3,25	3,43	3,70	3,89	3,65	3,27	2,89
28/9/22	2,64	2,41	2,32	2,23	2,21	2,22	2,36	2,59	2,93	3,24	3,38	3,48	3,57	3,60	3,41	3,28	3,07	3,12	3,33	3,76	3,94	3,65	3,26	3,01
29/9/22	2,65	2,43	2,29	2,26	2,26	2,26	2,40	2,65	3,01	3,23	3,25	3,16	3,45	3,44	3,30	3,15	3,04	3,08	3,29	3,71	3,80	3,60	3,30	3,02
30/9/22	2,66	2,47	2,31	2,27	2,28	2,31	2,45	2,68	2,93	3,06	3,20	3,25	3,28	3,32	3,26	3,09	3,06	3,10	3,32	3,66	3,77	3,54	3,24	2,98

1/10/22	2,78	2,55	2,43	2,40	2,34	2,28	2,34	2,49	2,85	3,00	3,14	3,30	3,34	3,41	3,29	3,12	3,10	3,11	3,35	3,68	3,68	3,48	3,22	2,95
2/10/22	2,70	2,51	2,40	2,32	2,30	2,33	2,38	2,50	2,85	2,97	3,14	3,17	3,31	3,37	3,27	3,11	3,09	3,12	3,20	3,63	3,69	3,45	3,17	2,93
3/10/22	2,63	2,43	2,27	2,29	2,23	2,25	2,35	2,53	2,77	2,95	2,95	3,04	3,05	3,15	3,06	2,94	2,84	2,94	3,19	3,66	3,66	3,41	3,14	2,86
4/10/22	2,60	2,45	2,35	2,22	2,22	2,23	2,35	2,48	2,74	2,92	3,01	2,94	3,01	3,06	3,04	2,91	2,79	2,90	3,14	3,53	3,58	3,37	3,03	2,77
5/10/22	2,49	2,25	2,12	2,12	2,11	2,15	2,28	2,44	2,70	2,73	2,92	2,93	2,98	3,00	2,97	2,78	2,72	2,85	3,09	3,64	3,61	3,39	3,10	2,77
6/10/22	2,47	2,27	2,14	2,16	2,11	2,11	2,24	2,43	2,65	2,92	2,90	2,96	3,06	3,02	2,95	2,83	2,75	2,86	3,14	3,62	3,61	3,37	3,06	2,77
7/10/22	2,55	2,33	2,21	2,12	2,14	2,19	2,22	2,45	2,78	2,86	2,88	2,88	2,92	2,99	2,99	2,87	2,82	2,93	3,09	3,58	3,57	3,32	3,11	2,79
8/10/22	2,52	2,28	2,17	2,14	2,12	2,13	2,27	2,41	2,76	2,89	2,99	3,06	3,12	3,26	3,08	2,95	2,81	2,98	3,22	3,69	3,69	3,44	3,16	2,86
9/10/22	2,57	2,39	2,27	2,13	2,10	2,11	2,17	2,30	2,57	2,65	2,94	2,98	3,02	3,06	2,91	2,75	2,68	2,75	3,01	3,44	3,54	3,33	3,01	2,71
10/10/22	2,44	2,29	2,21	2,13	2,15	2,22	2,31	2,49	2,61	2,67	2,77	2,87	2,87	2,91	2,91	2,77	2,72	2,76	3,05	3,57	3,66	3,37	2,95	2,73
11/10/22	2,46	2,28	2,18	2,14	2,12	2,15	2,30	2,46	2,66	2,73	2,93	2,92	2,96	2,96	2,83	2,73	2,68	2,79	3,03	3,54	3,63	3,32	2,99	2,71
12/10/22	2,45	2,26	2,17	2,07	2,06	2,15	2,23	2,47	2,73	2,82	2,90	2,88	2,91	3,02	2,90	2,76	2,86	3,05	3,36	3,68	3,66	3,39	3,11	2,81
13/10/22	2,45	2,26	2,18	2,15	2,15	2,17	2,32	2,49	2,73	2,97	2,93	2,94	2,98	3,00	3,01	2,84	2,77	2,89	3,21	3,75	3,75	3,45	3,13	2,79
14/10/22	2,50	2,24	2,14	2,09	2,13	2,13	2,30	2,52	2,79	2,86	2,97	3,06	3,11	3,15	3,04	2,97	3,02	3,03	3,20	3,67	3,56	3,43	3,15	2,81
15/10/22	2,52	2,32	2,15	2,07	2,07	2,13	2,17	2,30	2,66	2,94	3,11	3,07	3,19	3,26	3,29	3,11	2,97	3,03	3,31	3,73	3,56	3,37	3,18	2,77
16/10/22	2,50	2,30	2,19	2,11	2,10	2,11	2,14	2,30	2,56	2,77	3,01	3,21	3,37	3,39	3,18	2,90	2,81	2,91	3,10	3,51	3,56	3,35	3,03	2,71
17/10/22	2,43	2,21	2,07	2,00	1,97	2,06	2,18	2,37	2,65	2,88	2,92	2,92	3,05	3,04	3,02	2,82	2,75	3,00	3,31	3,75	3,71	3,43	3,13	2,83
18/10/22	2,47	2,30	2,23	2,13	2,13	2,19	2,33	2,58	2,83	2,85	2,56	2,95	3,00	3,01	2,99	2,78	2,78	2,88	3,27	2,83	3,70	3,37	3,08	2,76
19/10/22	2,54	2,28	2,18	2,09	2,08	2,11	2,25	2,50	2,54	2,85	2,99	3,15	3,05	3,03	3,04	2,97	2,91	3,09	3,34	3,74	3,70	3,48	3,17	2,90
20/10/22	2,49	2,30	2,16	2,15	2,06	2,09	2,27	2,49	2,78	2,90	2,94	2,95	2,97	2,91	2,82	2,78	2,69	2,84	3,08	3,48	3,50	3,23	3,05	2,67
21/10/22	2,40	2,23	2,11	2,03	2,03	2,02	2,20	2,41	2,62	2,88	2,86	2,95	2,94	3,05	2,93	2,82	2,63	2,78	3,03	3,41	3,39	3,25	2,99	2,79
22/10/22	2,49	2,27	2,19	2,08	2,06	2,07	2,15	2,28	2,58	2,86	3,02	2,94	3,07	3,13	2,98	2,79	2,67	2,90	3,13	3,51	3,43	3,27	3,06	2,71
23/10/22	2,46	2,27	2,18	2,09	2,08	2,09	2,16	2,23	2,46	2,65	2,81	2,92	2,99	3,01	2,90	2,63	2,65	2,71	2,96	3,32	3,35	3,25	2,95	2,68
24/10/22	2,32	2,11	1,99	1,94	1,92	1,98	2,14	2,35	2,48	2,66	2,66	2,73	2,78	2,78	2,78	2,69	2,65	2,76	3,05	3,52	3,46	3,24	2,94	2,62
25/10/22	2,35	2,20	2,08	2,04	2,05	2,06	2,17	2,36	2,50	2,66	2,81	2,81	2,96	3,01	2,83	2,69	2,66	2,81	3,12	3,55	3,53	3,27	2,98	2,72
26/10/22	2,41	2,16	2,09	2,02	2,00	2,09	2,26	2,49	2,63	2,73	2,78	2,77	2,88	2,91	2,81	2,69	2,65	2,66	3,09	3,32	3,30	3,10	2,90	2,65
27/10/22	1,83	1,41	1,64	2,02	1,92	1,97	2,08	2,25	2,50	2,63	2,77	2,72	2,69	2,86	2,84	2,73	2,67	2,79	3,10	3,47	3,47	3,23	2,98	2,75
28/10/22	2,41	2,20	2,12	2,03	2,01	2,11	2,19	2,23	2,71	2,89	2,80	2,47	2,48	2,63	2,72	2,54	2,53	2,55	2,88	3,21	3,20	3,05	2,87	2,66
29/10/22	2,41	2,23	2,07	2,02	1,99	2,03	2,11	2,23	2,49	2,70	2,78	2,92	2,96	2,95	2,91	2,73	2,73	2,89	3,23	3,47	3,35	3,10	2,96	2,72
30/10/22	2,42	2,27	2,17	2,08	2,03	2,06	2,09	2,34	2,65	2,77	2,85	2,88	3,00	2,87	2,80	2,57	2,70	3,00	3,42	3,38	3,15	2,99	2,75	2,46
31/10/22	2,22	2,08	2,00	1,98	2,00	2,08	2,20	2,42	2,62	2,72	2,69	2,77	2,75	2,78	2,75	2,69	2,75	3,09	3,49	3,46	3,35	3,18	2,88	2,59
1/11/22	2,35	2,13	2,02	1,97	2,00	2,02	2,20	2,41	2,58	2,55	2,63	2,69	2,79	2,74	2,79	2,70	2,82	3,11	3,41	3,41	3,34	3,15	2,79	2,52
2/11/22	2,27	2,12	2,07	2,03	2,06	2,07	2,21	2,38	2,55	2,67	2,72	2,77	2,81	2,81	2,77	2,75	2,77	3,18	3,58	3,45	3,34	3,14	2,87	2,60
3/11/22	2,31	2,09	1,99	1,95	1,93	1,98	2,17	2,39	2,56	2,56	2,54	2,58	2,67	2,74	2,67	2,69	2,79	3,14	3,45	3,36	3,29	3,08	2,83	2,61
4/11/22	2,31	2,11	2,05	2,02	2,03	2,02	2,14	2,38	2,46	2,55	2,62	2,62	2,72	2,67	2,63	2,69	2,84	3,19	3,43	3,33	3,23	3,04	2,83	2,60
5/11/22	2,34	2,24	2,05	2,00	1,97	2,02	2,12	2,36	2,60	2,62	2,74	2,91	2,94	3,08	2,98	2,92	2,96	3,21	3,55	3,58	3,42	3,17	2,88	2,67
6/11/22	2,40	2,18	2,05	2,01	2,00	2,02	2,08	2,26	2,44	2,63	2,83	3,29	3,51	3,54	3,27	2,89	2,93	3,40	3,48	3,49	3,27	3,01	2,83	2,58
7/11/22	2,43	2,29	2,27	2,24	2,18	2,18	2,27	2,51	2,76	2,96	2,96	2,83	2,77	2,76	2,67	2,69	2,78	3,29	3,59	3,61	3,61	3,35	3,04	2,65
8/11/22	2,35	2,15	2,07	2,00	1,97	2,04	2,22	2,40	2,56	2,57	2,61	2,61	2,67	2,82	2,83	2,84	2,98	3,39	3,57	3,53	3,39	3,21	2,93	2,63
9/11/22	2,37	2,13	2,06	2,01	2,02	2,04	2,16	2,30	2,51	2,52	2,47	2,45	2,46	2,55	2,63	2,63	2,73	3,22	3,58	3,60	3,52	3,29	3,05	2,60
10/11/22	2,34	2,10	1,99	1,92	1,94	2,00	2,16	2,38	2,54	2,51	2,51	2,52	2,60	2,67	2,77	2,76	2,91	3,37	3,62	3,64	3,58	3,35	3,08	2,71

11/11/22	2,31	2,11	2,03	1,98	2,00	2,00	2,17	2,38	2,52	2,57	2,58	2,69	2,74	2,69	2,74	2,66	2,82	3,32	3,76	3,68	3,56	3,28	3,06	2,72
12/11/22	2,44	2,24	2,15	2,05	2,05	2,07	2,19	2,26	2,51	2,70	2,81	2,91	3,04	3,09	3,12	3,11	3,12	3,58	3,84	3,85	3,70	3,51	3,22	2,88
13/11/22	2,60	2,36	2,19	2,08	2,06	2,11	2,13	2,26	2,43	2,61	2,66	2,72	2,74	2,63	2,61	2,63	2,75	3,13	3,53	3,45	3,36	3,19	3,05	2,67
14/11/22	2,36	2,12	2,06	2,02	2,00	2,05	2,22	2,43	2,57	2,65	2,64	2,70	2,77	2,80	2,86	2,89	3,20	3,65	3,83	3,83	3,79	3,55	3,20	2,95
15/11/22	2,60	2,34	2,15	2,09	2,11	2,12	2,26	2,57	2,58	2,56	2,76	2,71	2,71	2,71	2,68	2,87	3,15	3,65	3,94	4,00	3,90	3,62	3,29	2,89
16/11/22	2,55	2,26	2,10	2,03	2,03	2,08	2,27	2,52	2,74	2,95	3,07	3,00	3,06	3,15	3,05	2,99	3,21	3,72	4,08	4,09	3,91	3,69	3,32	2,93
17/11/22	2,49	2,24	2,10	2,01	2,02	2,06	2,20	2,55	2,82	2,82	2,74	2,62	2,69	3,00	3,02	3,07	3,08	3,51	3,75	3,79	3,68	3,45	3,15	2,81
18/11/22	2,40	2,13	2,06	1,99	2,01	2,07	2,24	2,49	2,82	2,95	3,05	3,14	3,27	3,25	3,10	3,05	3,13	3,52	3,77	3,81	3,69	3,41	3,08	2,81
19/11/22	2,53	2,23	2,10	2,04	1,98	2,00	2,10	2,25	2,57	2,84	3,04	2,93	2,96	3,17	3,20	3,16	3,19	3,71	3,82	3,67	3,56	3,28	3,00	2,74
20/11/22	2,44	2,21	2,09	1,98	1,93	1,96	2,03	2,15	2,41	2,66	2,94	3,20	3,38	3,44	3,36	3,25	3,17	3,53	3,71	3,69	3,61	3,38	3,02	2,67
21/11/22	2,28	2,15	2,00	1,95	1,95	1,98	2,15	2,39	2,63	2,77	2,97	2,93	3,00	3,02	2,97	2,94	3,11	3,55	3,82	3,83	3,76	3,46	3,19	2,85
22/11/22	2,39	2,18	2,05	1,97	1,96	1,95	2,13	2,44	2,53	2,58	2,61	2,60	2,66	2,65	2,63	2,76	2,81	3,39	3,72	3,68	3,65	3,41	3,05	2,71
23/11/22	2,38	2,13	2,02	1,96	1,88	1,94	2,10	2,34	2,59	2,90	3,07	3,34	3,50	3,53	3,49	3,33	3,41	3,76	3,98	3,92	3,80	3,57	3,25	2,81
24/11/22	2,35	2,17	2,09	2,00	1,98	2,04	2,18	2,53	2,69	2,63	2,67	2,96	2,97	2,91	2,92	2,93	3,17	3,63	3,88	3,91	3,88	3,61	3,31	2,88
25/11/22	2,50	2,21	2,05	2,00	1,99	2,05	2,26	2,57	2,85	3,13	3,07	3,28	3,27	3,24	3,24	3,41	3,54	3,89	4,13	4,13	3,95	3,77	3,47	3,21
26/11/22	2,84	2,52	2,32	2,23	2,13	2,18	2,34	2,47	2,69	2,87	2,89	2,91	2,91	3,10	3,41	3,44	3,60	4,11	4,24	4,17	3,98	3,80	3,48	3,13
27/11/22	2,85	2,55	2,39	2,26	2,24	2,26	2,32	2,49	2,83	3,15	3,30	3,25	3,36	3,48	3,45	3,33	3,44	3,94	4,32	4,26	4,09	3,83	3,42	3,14
28/11/22	2,72	2,42	2,24	2,16	2,16	2,19	2,35	2,73	2,98	3,17	3,31	3,48	3,70	4,00	3,99	3,91	3,86	4,20	4,34	4,41	4,27	4,09	3,68	3,30
29/11/22	2,83	2,57	2,35	2,23	2,13	2,18	2,39	2,71	3,04	3,03	2,98	2,98	2,97	3,06	3,18	4,04	4,49	5,38	5,70	5,62	5,64	5,33	4,94	4,55
30/11/22	3,05	2,42	2,26	2,17	2,08	2,16	2,41	2,79	3,13	3,16	3,85	3,91	3,84	4,19	4,17	4,08	4,25	4,81	4,91	4,76	4,56	4,14	3,80	3,35
1/12/22	2,60	2,30	2,18	2,06	2,00	2,05	2,25	2,62	3,05	3,20	3,60	3,61	3,79	3,59	3,54	3,59	4,04	4,67	4,94	4,97	4,80	4,62	4,13	2,99
2/12/22	2,59	2,35	2,22	2,17	2,10	2,15	2,34	2,67	3,02	3,17	3,52	3,65	3,59	3,78	3,71	3,54	3,79	4,58	4,68	4,63	4,55	4,34	4,12	3,77
3/12/22	2,79	2,45	2,32	2,18	2,16	2,11	2,19	2,48	2,71	2,82	3,10	3,08	2,97	3,01	3,12	3,23	3,42	3,95	4,15	4,02	3,88	3,65	3,42	3,10
4/12/22	2,83	2,53	2,29	2,15	2,09	2,16	2,29	2,38	2,63	2,67	2,82	2,95	3,02	3,18	3,13	3,14	3,28	3,65	3,86	3,86	3,74	3,58	3,31	3,01
5/12/22	2,66	2,31	2,16	2,09	2,14	2,14	2,31	2,71	2,96	3,00	3,39	3,43	3,53	3,60	3,65	3,75	3,84	4,82	5,14	5,03	4,95	4,64	4,40	3,64
6/12/22	2,73	2,38	2,18	2,12	2,09	2,08	2,26	2,61	2,83	2,95	3,10	3,02	2,99	3,24	3,18	3,25	3,37	3,91	4,01	3,85	3,87	3,56	3,32	3,01
7/12/22	2,65	2,38	2,26	2,18	2,11	2,15	2,37	2,66	2,90	3,01	2,93	3,00	3,03	3,13	3,12	3,09	3,28	4,07	4,37	4,32	4,21	3,90	3,55	3,17
8/12/22	2,71	2,42	2,23	2,12	2,10	2,14	1,11	2,02	2,78	3,23	3,49	3,64	3,85	3,87	3,67	4,27	4,36	4,73	3,24	4,15	4,31	4,14	3,56	3,15
9/12/22	2,85	2,53	2,32	2,23	2,20	2,26	2,27	2,69	2,55	3,18	3,70	3,88	3,95	3,95	4,12	4,29	4,62	5,06	5,25	5,13	5,06	4,88	4,72	4,40
10/12/22	3,83	3,09	2,34	2,20	2,18	2,24	2,32	2,67	3,41	4,07	4,17	4,28	4,38	4,49	4,58	4,58	4,65	4,90	5,05	4,98	4,77	4,66	4,23	3,88
11/12/22	3,03	2,47	2,27	2,14	2,15	2,15	2,21	2,38	2,72	3,10	3,35	3,62	3,80	3,91	3,72	3,47	3,48	3,70	3,88	3,86	3,77	3,52	3,26	2,98
12/12/22	2,64	2,34	2,15	2,06	2,04	2,11	2,31	2,66	2,96	2,97	3,03	3,02	3,16	3,10	3,15	3,07	3,28	3,76	3,92	3,85	3,89	3,81	3,38	3,02
13/12/22	2,61	2,31	2,13	2,03	2,00	2,05	2,21	2,53	2,95	2,97	3,18	3,39	3,62	3,66	3,69	3,59	3,56	3,91	4,08	4,01	3,85	3,68	3,34	2,98
14/12/22	2,66	2,32	2,15	2,10	2,07	2,09	2,27	2,68	2,88	3,10	3,09	3,00	2,94	2,92	2,79	2,93	3,11	3,63	3,91	3,90	3,85	3,69	3,37	3,05
15/12/22	2,60	2,33	2,18	2,02	2,01	2,07	2,20	2,48	2,79	2,91	3,05	3,18	3,16	3,34	3,45	3,26	3,42	3,90	4,02	3,97	3,93	3,71	3,34	2,96
16/12/22	2,65	2,34	2,17	2,09	2,08	2,07	2,24	2,58	2,82	3,02	3,15	3,09	3,11	3,13	3,17	3,13	3,27	3,60	3,88	3,80	3,73	3,59	3,28	2,99
17/12/22	2,66	2,32	2,18	2,03	2,00	2,05	2,10	2,30	2,69	3,07	3,16	3,29	3,33	3,30	3,26	3,23	3,36	3,70	3,83	3,77	3,68	3,59	3,26	2,94
18/12/22	2,55	2,31	2,20	2,09	2,04	2,08	2,13	2,25	2,57	2,82	2,98	3,08	3,10	3,13	2,97	2,87	2,93	3,34	3,54	3,45	3,56	3,45	3,11	2,80
19/12/22	2,55	2,24	2,09	2,01	1,98	2,05	2,20	2,40	2,73	2,90	2,82	2,82	2,86	3,00	3,09	3,11	3,30	3,68	3,89	3,94	3,91	3,77	3,50	3,17
20/12/22	2,75	2,42	2,26	2,16	2,18	2,16	2,33	2,65	2,88	3,14	3,27	3,32	3,35	3,34	3,37	3,39	3,59	4,04	4,34	4,27	4,24	3,96	3,63	3,31
21/12/22	2,86	2,52	2,32	2,21	2,16	2,22	2,43	2,78	3,02	3,09	3,09	3,18	3,11	3,12	3,15	3,22	3,42	3,87	4,19	4,15	4,13	3,93	3,72	3,32

22/12/22	2,85	2,58	2,40	2,27	2,18	2,29	2,42	2,73	3,05	3,26	3,11	3,16	3,27	3,39	3,53	3,50	3,62	4,15	4,35	4,37	4,27	4,06	3,74	3,31
23/12/22	2,88	2,56	2,40	2,31	2,28	2,30	2,41	2,71	3,02	3,15	3,29	3,24	3,23	3,17	3,18	3,27	3,25	3,74	4,08	4,21	4,20	3,95	3,71	3,36
24/12/22	2,95	2,61	2,37	2,30	2,24	2,30	2,36	2,49	2,91	3,26	3,27	3,31	3,47	3,53	3,59	3,73	3,81	4,29	4,57	4,56	4,45	4,21	3,86	3,52
25/12/22	3,17	2,77	2,57	2,43	2,35	2,32	2,42	2,58	2,96	3,23	3,70	4,00	3,97	3,72	3,27	2,78	2,70	2,94	3,19	3,26	3,37	3,33	3,25	3,08
26/12/22	2,79	2,56	2,41	2,26	2,23	2,21	2,23	2,31	2,53	2,57	2,72	2,81	2,83	2,85	2,98	2,98	3,11	3,43	3,78	3,79	3,71	3,53	3,38	3,12
27/12/22	2,81	2,53	2,32	2,24	2,21	2,23	2,32	2,50	2,70	2,86	2,93	2,96	2,92	2,80	2,83	2,86	3,13	3,65	3,94	4,00	3,95	3,74	3,55	3,21
28/12/22	2,79	2,55	2,33	2,29	2,23	2,24	2,34	2,49	2,83	2,98	3,07	3,01	3,04	3,05	3,11	3,18	3,37	3,77	4,22	4,28	4,07	3,81	3,64	3,36
29/12/22	2,97	2,63	2,42	2,36	2,26	2,28	2,42	2,53	2,77	2,91	3,01	2,95	3,00	2,89	2,98	3,08	3,20	3,67	3,98	3,94	3,86	3,69	3,39	3,20
30/12/22	2,80	2,58	2,37	2,33	2,26	2,25	2,34	2,48	2,69	3,01	3,01	2,99	2,93	3,13	3,21	3,12	3,25	3,72	4,15	4,14	4,11	3,81	3,57	3,30
31/12/22	2,99	2,67	2,49	2,34	2,27	2,29	2,39	2,51	2,77	2,91	2,93	3,01	2,98	3,12	3,29	3,30	3,63	4,35	4,75	4,81	4,64	4,22	3,81	3,41

Ο κώδικας που δημιουργήθηκε στην Python:

```
import xlrd
importxlsxwriter
importdatetime, time
importnumpy as np

defdatetime_to_int(dt):
    returnint(dt.strftime("%Y%m%d%H%M%S"))

onoma = "Ikaria Consumption.xls"
workbook =xlsxwriter.Workbook(onoma)
worksheet = workbook.add_worksheet("Data")

source_a = "Weather Data 2022.xls"
book_a = xlrd.open_workbook(source_a)
sheet_a= book_a.sheet_by_index(0)

source_b = "Ikaria Consumption Data 2022.xls"
book_b = xlrd.open_workbook(source_b)
sheet_b = book_b.sheet_by_index(0)

Date = []
Consumtion = []

Sun_Irradiance = []
Temperature_2m = []
Wind_Speed_50m = []

Sun_Irradiance_Energy = []
Battery = []
Oil_Electricity = []
Waste_Electricity = []
n = 0
```

```

for i in range(2, sheet_b.nrows):
    Date.append(datetime_to_int(xlrd.xldate.xldate_as_datetime(sheet_b.cell_value(i,0), book_b.datemode)))
    n = n + 1

    for j in range(1,25):
        Consumption.append(float(sheet_b.cell_value(i,j)))

for i in range(1, sheet_a.nrows):
    Sun_Irradiance.append(float(sheet_a.cell_value(i,3)))
    Temperature_2m.append(sheet_a.cell_value(i,4))
    Wind_Speed_50m.append(sheet_a.cell_value(i,6))

Sun_Irradiance_Energy.append(0.)

for i in range(2, sheet_a.nrows):
    Sun_Irradiance_Energy.append(((Sun_Irradiance[i-1] + Sun_Irradiance[i-2])/2)/1000) #kWh/m2

A = 61000
npv = 0.2
nT = 0.9
nP = 1
GIE = np.array(Sun_Irradiance_Energy)
Epv = (npv * nT * nP * A * GIE)/1000 #MWh

WS_Fifty = np.array(Wind_Speed_50m)

Rated_Wind_Speed = WS_Fifty
Rated_Wind_Speed[Rated_Wind_Speed > 15.00] = 15.00
Rated_Wind_Speed[Rated_Wind_Speed < 5.00] = 0

Wind_Power = 0.7 * 0.59 * 0.5 * 1.2 * (3.14 * (20.15 ** 2)) * (Rated_Wind_Speed ** 3)/1000 #kW

Wind_Power_Hydro = 3 * Wind_Power #kW

Wind_Power_Other = 2 * Wind_Power #kW

Total_Wind_Energy = (Wind_Power_Hydro + Wind_Power_Other)/1000 #MWh

Production = Epv + Total_Wind_Energy #MWh

Total_Consumption = np.array(Consumption)

Total_Production_sub_Consumption_Wind = Total_Wind_Energy - Total_Consumption #MWh

Total_Production_sub_Consumption = Epv + Total_Wind_Energy - Total_Consumption #MWh

Final_Production_sub_Consumption = 0.8 * Total_Production_sub_Consumption #MWh|

```

```

Storage = 112

Battery.append(Final_Production_sub_Consumption[0] + Storage)

Oil_Electricity.append(0)

Waste_Electricity.append(0)

for i in range(1,8760):

    if (Final_Production_sub_Consumption[i] >= 0):
        Battery.append(Battery[i-1] + 0.8*Final_Production_sub_Consumption[i])
    else:
        Battery.append(Battery[i-1] + 1.2*Final_Production_sub_Consumption[i])

    if (Battery[i] >= Storage):
        Waste_Electricity.append(Battery[i]-Storage)
        Oil_Electricity.append(0)
        Battery[i] = Storage
    elif (Battery[i] < 0):
        Waste_Electricity.append(0)
        Oil_Electricity.append(10)
        Battery[i] = Battery[i] + 10
    else:
        Waste_Electricity.append(0)
        Oil_Electricity.append(0)

for i in range(len(Battery)):

    cell_format = workbook.add_format({'bold': True, 'align': 'center'})
    cell_format.set_font_size(12)

    worksheet.write(0,1,'Consumtion [MWh]',cell_format)
    worksheet.write(0,2,'Photovoltaic energy [MWh]',cell_format)
    worksheet.write(0,3,'Wind Energy [MWh]',cell_format)
    worksheet.write(0,4,'Production [MWh]',cell_format)
    worksheet.write(0,5,'Final Production - Consumption [MWh]',cell_format)
    worksheet.write(0,6,'Battery [MWh]',cell_format)
    worksheet.write(0,7,'Oil_Electricity [MWh]',cell_format)
    worksheet.write(0,8,'Waste_Electricity [MWh]',cell_format)

    worksheet.write(i+1,1,Consumtion[i])
    worksheet.write(i+1,2,Epv[i])
    worksheet.write(i+1,3,Total_Wind_Energy[i])
    worksheet.write(i+1,4,Production[i])
    worksheet.write(i+1,5,Final_Production_sub_Consumption[i])
    worksheet.write(i+1,6,Battery[i])
    worksheet.write(i+1,7,Oil_Electricity[i])
    worksheet.write(i+1,8,Waste_Electricity[i])

workbook.close()

```

Τα βήματα που έχουμε προγραμματίσει τον κώδικα να εκτελεί είναι:

1. Εισαγωγή Βιβλιοθηκών
2. Συνάρτηση Μετατροπής Ημερομηνίας
3. Ορισμός Ονομάτων Αρχείων
4. Άνοιγμα Αρχείων και Ανάγνωση Δεδομένων
5. Υπολογισμός Παραγωγής Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά Συστήματα
6. Υπολογισμός Παραγωγής Ενέργειας από Αιολικά Συστήματα
7. Διαφορά Παραγωγής και Κατανάλωσης
8. Διαχείριση Μπαταρίας
9. Εξαγωγή Δεδομένων και Αποθήκευση τους σε Excel

Αναλυτικότερα, στην πρώτη φάση του κώδικα γίνεται εισαγωγή ορισμένων βιβλιοθηκών που είναι απαραίτητες για την εργασία μας. Μια σημαντική βιβλιοθήκη είναι η «xlrd», η οποία επιτρέπει την ανάγνωση δεδομένων από Excel αρχεία, ενώ η «xlswriter» επιτρέπει τη δημιουργία και την εγγραφή δεδομένων σε αρχεία Excel. Οι βιβλιοθήκες «datetime» και «time» χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση ημερομηνιών και χρόνων στον κώδικα, ενώ η «numpy» είναι απαραίτητη για την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.

Έπειτα με την συνάρτηση «datetime_to_int()» μετατρέπεται η ημερομηνία σε ακέραιο αριθμό, με τη μορφή «%Y%m%d%H%M%S». Τα σύμβολα «%» σε αυτή την μορφή δηλώνουν τα κενά. Αυτή η μετατροπή ήταν χρήσιμη για την αποθήκευση και τη σύγκριση των ημερομηνιών.

Για την εκτέλεση του προγράμματος, καθορίζονται τα ονόματα των αρχείων που θα χρησιμοποιηθούν. Το αρχείο όπου θα αποθηκευτούν τα αποτελέσματα ονομάζεται «opoma», ενώ τα δύο αρχεία εισόδου που περιέχουν δεδομένα καιρού και δεδομένα κατανάλωσης «source_a» για το «Weather Data 2022.xls» και «source_b» για το «Ikaria Consumption Data 2022.xls».

Με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης «xlrd», τα αρχεία Excel ανοίγονται και τα δεδομένα διαβάζονται σε λίστες. Για κάθε γραμμή στο αρχείο κατανάλωσης, ο κώδικας διαβάζει την ημερομηνία και τις ώρες κατανάλωσης και τα αποθηκεύει σε λίστες. Ομοίως, για τα δεδομένα καιρού, διαβάζει την ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμοκρασία στα 2m και την ταχύτητα του ανέμου στα 50m.

Στην συνέχεια, εκτελούνται μια σειρά από υπολογισμούς για την επεξεργασία των δεδομένων που διάβασε ο κώδικας, για να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Υπολογίστηκε αρχικά η παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μετατρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία. Στον κώδικα, αυτή η ακτινοβολία αποθηκεύεται στη λίστα που ονομάζεται «Sun_Irradiance». Με βάση αυτήν την ακτινοβολία, υπολογίζεται η απαιτούμενη ακτινοβολία των φωτοβολταϊκών σε kWh/m². Λαμβάνοντας υπόψη την επιφάνεια τους, τους συντελεστές καθώς και την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία υπολογίζεται η συνολική παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα ως «Ern» σε MWh.

Η παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτριες βασίζεται στη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ταχύτητα του ανέμου, η οποία μετράται και αποθηκεύεται στη λίστα «Wind_Speed_50m», παίζει καθοριστικό ρόλο στον προσδιορισμό της παραγόμενης ενέργειας. Υπάρχει μια ελάχιστη ταχύτητα ανέμου κάτω από την οποία η ανεμογεννήτρια δεν παράγει ενέργεια και μια μέγιστη ταχύτητα πάνω από την οποία η παραγωγή περιορίζεται. Στον κώδικα, αυτές οι τιμές είναι 7.00 m/s και 14.18 m/s αντίστοιχα, μέσω βιβλιογραφίας. Με βάση τα δεδομένα για την ταχύτητα του ανέμου πραγματοποιούνται υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της ισχύος που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες σε kW. Διάφοροι παράγοντες όπως η απόδοση, η επιφάνεια των πτερυγίων, ο συντελεστής Benz, η πυκνότητα και η ταχύτητα του αέρα λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό αυτό. Με βάση την ισχύ αυτή «Wind_Power», υπολογίζεται στην συνέχεια η ολική ενέργεια των αιολικών «Total_Wind_Energy» σε MWh, ως το άθροισμα της ενέργειας που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του υβριδικού πάρκου, 3 στον αριθμό, καθώς και από τις άλλες 2 που υπάρχουν στο νησί.

Έπειτα, αφού έχει εκτελέσει τους υπολογισμούς για την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και αιολικά συστήματα, τα αθροίζει για να βρει την ολική παραγωγή ενέργειας «Production» σε MWh. Αυτή, στην συνέχεια την αφαιρεί από την κατανάλωση «Consumption» για να υπολογίσει το ενεργειακό πλεόνασμα ή έλλειμμα του νησιού σε MWh. Το αποτέλεσμα αυτό πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή απόδοσης 0,8 (ή 80%) για να προκύψει η τελική τιμή «Final_Production_sub_Consumption».

Η διαχείριση της ενέργειας που αποθηκεύεται στη μπαταρία «Battery» είναι ζωτικής σημασίας για την συνολική απόδοση του συστήματος. Συγκρίνοντας τη συνολική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ και τις ανεμογεννήτριες, με την ενέργεια που καταναλώνεται, προσδιορίζεται η κατάσταση της μπαταρίας. Αν η παραγωγή υπερβαίνει την κατανάλωση, η περίσσεια ενέργειας αποθηκεύεται στη μπαταρία. Εάν η μπαταρία γεμίσει, η περίσσεια ενέργεια χάνεται «Waste_Electricity». Από την άλλη πλευρά, όταν η παραγωγή υπολείπεται της κατανάλωσης, η ενέργεια αντλείται από την μπαταρία για να αντισταθμιστεί. Σε περίπτωση που η μπαταρία εξαντληθεί, ενεργοποιείται ένα εξωτερικό σύστημα παραγωγής ενέργειας με πετρέλαιο «Oil_Electricity» για να αναπληρώσει το έλλειμμα.

Τέλος, τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε ένα νέο αρχείο Excel, το οποίο περιλαμβάνει τα εξαγόμενα δεδομένα που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, την παραγωγή από φωτοβολταϊκά και αιολικές πηγές, τη διαφορά μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης, την κατάσταση της μπαταρίας και την ενέργεια που απορρίπτεται όταν η μπαταρία είναι γεμάτη. Επιπλέον, τυχόν παραγωγή ενέργειας από πετρέλαιο καταγράφεται κατά περίπτωση.